

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



TESIS:

**Evaluación del encapsulado de Pirofosfato férrico y Fumarato
ferroso en el yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé)**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO (A) EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

**Bach. Flor Julisa CRISTAN SULCARAY
Bach. Enrique GARCIA JAYO**

ASESOR:

Dr. Juan Carlos PONCE RAMÍREZ

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A lo largo de este camino, hemos aprendido que la vida nos desafía constantemente, revelándonos habilidades y destrezas que no sabíamos que teníamos. Sin embargo, lo que más valoramos de este proceso es que, aunque a veces intentamos avanzar solos, siempre logramos mejores resultados cuando contamos con el apoyo y la compañía adecuada. Durante el desarrollo de esta tesis, enfrentamos momentos de grandes retos y dudas, pero también aprendimos que, en los momentos más difíciles, la ayuda correcta siempre llega cuando la necesitamos.

Por ello, dedicamos esta tesis primero, a Dios, quien nos dio la fortaleza y la guía para seguir adelante. También, a nuestras familias, *especialmente a nuestros padres, les agradecemos profundamente su amor incondicional y su apoyo constante. Su fe en nosotros ha sido el motor que me permitió completar este camino. Sin ustedes, este logro no habría sido posible*, a nuestros amigos, que estuvieron a nuestro lado en cada decisión y sacrificio que tuvimos que tomar. Gracias por su paciencia, apoyo y amor incondicional. Y, finalmente, a todas las personas que de alguna forma estuvieron presentes en este proyecto, permitiéndonos no solo cumplir con este logro, sino disfrutar cada paso del recorrido.

AGRADECIMIENTO

Concluyendo una etapa tan significativa en nuestras vidas, queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que hicieron posible este logro, caminando junto a nosotros en cada momento y convirtiéndose en fuente de inspiración, apoyo y fortaleza.

Una mención especial está dedicada a Dios, a nuestras familias y a nuestros amigos. Gracias por ser nuestra guía, por darnos su amor incondicional y por demostrarnos que el verdadero valor de la vida está en ayudar a otros a alcanzar sus metas.

Nuestra gratitud eterna también está dirigida a la institución que nos acogió, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, y a la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Durante estos años, no solo encontramos conocimiento, sino también valores y humanidad en cada uno de los docentes y en el personal administrativo que nos acompañó en este camino.

Finalmente, un agradecimiento muy especial al asesor de nuestra tesis, el Dr. Juan Carlos Ponce Ramírez, por sus valiosas enseñanzas, apoyo constante y guía, que fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo y para nuestra formación profesional.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO | 3 |
| 1.1. Acerola | 3 |
| 1.1.1. Valor nutricional | 4 |
| 1.1.2. Composición fitoquímica | 5 |
| 1.2. Yogur | 5 |
| 1.3. La anemia | 7 |
| 1.3.1. Prevalencia de anemia en Perú | 8 |
| 1.3.2. Causa de la anemia | 9 |
| 1.4. Requerimientos nutricionales en los niños para evitar la anemia | 11 |
| 1.4.1. Hierro | 11 |
| 1.4.2. Vitamina A y C | 11 |
| 1.5. Fortificación de los alimentos | 12 |
| 1.5.1. Etapas para la fortificación con hierro los alimentos | 12 |
| 1.5.2. Compuestos de hierro usados en la fortificación de alimentos | 13 |
| 1.5.3. La absorción de hierro | 15 |
| 1.5.4. Mejoradores de la adsorción del hierro | 16 |
| 1.6. Productos fortificados con perspectivas a entrar en el mercado | 17 |
| 1.7. Encapsulado | 18 |
| 1.7.1. Agentes encapsulantes | 19 |
| 1.7.2. Métodos de encapsulación | 21 |
| 1.8. Prueba de calidad del encapsulado | 24 |
| 1.8.1. Higroscopicidad | 24 |
| 1.8.2. Solubilidad | 24 |
| CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS | 25 |
| 2.1. Lugar de ejecución | 25 |
| 2.2. Materia prima | 25 |
| 2.3. Insumos | 25 |
| 2.4. Materiales | 26 |
| 2.5. Equipos | 26 |
| 2.6. Reactivos | 27 |
| 2.7. Metodología experimental | 27 |
| 2.7.1. Tipo de investigación | 27 |
| 2.7.2. Nivel de investigación | 27 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 2.7.3. | Diseño de la investigación | 27 |
| 2.8. | Diseño estadístico de la investigación | 38 |
| 2.8.1. | Diseño estadístico para la evaluación de la concentración del encapsulante | 38 |
| 2.8.2. | Diseño estadístico para la evaluación del efecto del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado en el yogur frutado con acerola | 38 |
| 2.8.3. | Diseño estadístico para la evaluación del efecto del mejor tratamiento de yogur fortificado en los niveles de hemoglobina en niños | 39 |
| 2.1. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 39 |
| 2.2. | Técnicas de procesamiento y análisis de datos | 39 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 41 |
| 3.1. | Análisis químico proximal y físico químico de la acerola | 41 |
| 3.2. | Determinación de la concentración de encapsulante para los fortificantes mediante pruebas de solubilidad e higroscopicidad | 43 |
| 3.2.1. | Evaluación de la solubilidad | 43 |
| 3.2.2. | Evaluación de la higroscopicidad | 46 |
| 3.3. | Evaluación del efecto de la concentración de pirofosfato férrico y fumarato ferroso den encapsulado en el desarrollo del yogur fortificado | 48 |
| 3.3.1. | Aceptabilidad | 48 |
| 3.3.2. | Contenido de hierro | 53 |
| 3.4. | Análisis del efecto del mejor tratamiento de yogur fortificado en los niveles de hemoglobina en niños. | 56 |
| 3.4.1. | Efecto del yogur fortificado con pirofosfato férrico encapsulado | 56 |
| 3.4.2. | Efecto del yogur fortificado con fumarato ferroso encapsulado | 58 |
| CONCLUSIONES | | 62 |
| RECOMENDACIONES | | 63 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 64 |
| ANEXOS | | 73 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Composición nutritiva del fruto de acerola. | 4 |
| Tabla 2 Composición nutricional del yogur natural. | 6 |
| Tabla 3 Características fisicoquímicas del yogurt. | 6 |
| Tabla 4 Límites de hemoglobina utilizados para definir anemia. | 8 |
| Tabla 5 Ingestas de hierro recomendado. | 16 |
| Tabla 6 Tratamientos en estudio. | 28 |
| Tabla 7 Tratamientos de fortificación del yogurt con pulpa de acerola. | 32 |
| Tabla 8 Composición químico proximal de la acerola (En 100 g). | 41 |
| Tabla 9 Composición fisicoquímica del fruto de acerola. | 43 |
| Tabla 10 Valores de solubilidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado. | 44 |
| Tabla 11 Análisis de varianza de la solubilidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado. | 45 |
| Tabla 12 Solubilidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado. | 46 |
| Tabla 13 Análisis de varianza de la higroscopicidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado. | 48 |
| Tabla 14 Valores de la evaluación sensorial del yogur fortificado. | 49 |
| Tabla 15 Análisis de varianza del color del yogur con pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado. | 50 |
| Tabla 16 Análisis de varianza del sabor del yogur con pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado. | 51 |
| Tabla 17 Prueba de ordenamiento de tuckey del atributo sabor. | 51 |
| Tabla 18 Análisis de varianza del aroma del yogur con pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado. | 52 |
| Tabla 19 Análisis de varianza de la textura del yogur con pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado. | 53 |
| Tabla 20 Contenido de hierro en yogur fortificado (mg/100 mL). | 54 |

| | |
|---|----|
| Tabla 21 ANVA de la variable dependiente concentración de hierro en el yogur fortificado. | 55 |
| Tabla 22 Prueba de tuckey para la concentración de hierro en yogur fortificado. | 56 |
| Tabla 23 Efecto del consumo de yogur fortificado en niños convalecientes de anemia. | 57 |
| Tabla 24 Prueba de muestras pareadas del efecto del consumo de yogur fortificado con pirofosfato férrico en niños. | 58 |
| Tabla 25 Efecto del consumo de yogur fortificado en niños convalecientes de anemia. | 59 |
| Tabla 26 Prueba de muestras pareadas del efecto del consumo de yogur fortificado con fumarato férrico en niños. | 60 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Fruto de acerola. | 3 |
| Figura 2 Porcentaje de menores de 5 años con desnutrición crónica, según área de residencia. | 7 |
| Figura 3 Estado actual de la anemia en nuestro país. | 9 |
| Figura 4 Etiología de la anemia. | 10 |
| Figura 5 Esquema de la encapsulación y los efectos impartidos sobre el compuesto encapsulado. | 19 |
| Figura 6 Estructuras químicas del alginato, indicando dos grupos ácidos, | 20 |
| Figura 7 Representación esquemática de los liposomas. | 23 |
| Figura 8 Diseño experimental de la investigación. | 27 |
| Figura 9 Diagrama de flujo de la elaboración de yogur frutado con acerola fortificado con pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado. | 31 |
| Figura 10 Solubilidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado.. | 44 |
| Figura 11 Higroscopicidad porcentual alcanzada por los tratamientos en estudio. | 47 |
| Figura 12 Perfil sensorial del yogur fortificado. | 49 |
| Figura 13 Concentración de hierro alcanzada en los tratamientos en estudio | 54 |
| Figura 14 Efecto del consumo de yogur fortificado en niños convalecientes de anemia. | 57 |
| Figura 15 Efecto del consumo de yogur fortificado (Fumarato ferroso) en niños convalecientes de anemia. | 60 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1 Métodos de análisis químico proximal utilizado para acerola | 73 |
| Anexo 2 Ficha de evaluación sensorial. | 77 |
| Anexo 3 Solubilidad de los encapsulados de pirofosfato férrico y fumarato ferroso. | 79 |
| Anexo 4 Encapsulado de pirofosfato férrico $Fe_4(P_2O_7)_3$ y fumarato ferroso $C_4H_2FeO_4$, | 80 |
| Anexo 5 Secado de los encapsulados de pirofosfato férrico $Fe_4(P_2O_7)_3$ 0.5, 1.0, 1.5 % y fumarato ferroso $C_4H_2FeO_4$ 0.5, 1.0, 1.5%. | 81 |
| Anexo 6 Proceso de higroscopicidad de pirofosfato férrico $Fe_4(P_2O_7)_3$ y fumarato ferroso $C_4H_2FeO_4$. | 82 |
| Anexo 7 Elaboración del yogur en la planta piloto de jugos y conservas. | 83 |
| Anexo 8 Yogurt con el encapsulante de pirofosfato férrico $Fe_4(P_2O_7)_3$ y fumarato ferroso $C_4H_2FeO_4$. | 84 |
| Anexo 9 Marco muestral, técnica de muestreo y criterios de elegibilidad. | 85 |
| Anexo 10 Formato de instrumento de recolección de datos. | 87 |
| Anexo 11 Reporte de análisis reportados por el Hospital de Apoyo Jesús Nazareno. | 88 |
| Anexo 12 Informe del puesto de Salud Villa San Cristóbal | 89 |
| Anexo 13 Constancia de la Municipalidad de Jesús Nazareno del proceso de investigación. | 91 |
| Anexo 14 Orientación y explicación del documento de consentimiento informado para la distribución del yogur fortificado a los niños. | 92 |
| Anexo 15 Evidencias de consentimiento informado - Formato de consentimiento informado firmado por el padre o tutor – pirofosfato férrico. | 93 |

RESUMEN

En el Perú, la anemia es un grave problema de salud pública que afecta a numerosos niños. Aunque hay pocos alimentos usados como vehículos para combatirla, el yogur podría ser una buena alternativa por su aceptación infantil, aunque aún faltan estudios que respalden su eficacia con este fin. Ante ello el trabajo de investigación tuvo como objetivo: Evaluar el efecto del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado en yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé).

La metodología tuvo tres etapas: primero se encapsularon el pirofosfato férrico y el fumarato ferroso; luego se elaboró el yogur frutado con acerola y los fortificantes encapsulados; y finalmente se evaluó su efecto en la hemoglobina de los niños. Los mejores tratamientos fueron T3 (3% de alginato de sodio) para el pirofosfato férrico, con 1,4% de solubilidad y 10% de higroscopicidad, y T4 (1% de alginato de sodio) para el fumarato ferroso, con 0,19% de solubilidad y 9% de higroscopicidad.

En cuanto a aceptabilidad y concentración de hierro, el mejor tratamiento fue el tratamiento T2 (1,0% de pirofosfato férrico encapsulado) con un valor de 4,53 puntos en la escala hedónica, seguido del T6 (1,5% de fumarato ferroso).

El mejor yogur fortificado con pirofosfato férrico encapsulado fue el tratamiento T2 (1,0%), que redujo la anemia infantil moderada de un 42,3% a un 9,2% en cinco meses. En el caso del fumarato ferroso encapsulado, el tratamiento T6 (1,5%) logró mejorar de un 76,9% a un 11,54% la recuperación de niños con anemia moderada a leve.

Palabras claves: Pirofosfato férrico, fumarato ferroso, anemia, encapsulado, yogur.

ABSTRACT

In Peru, anemia is a serious public health problem that affects many children. Although there are few foods used as vehicles to combat it, yogurt could be a good alternative because of its acceptance by children, although studies are still needed to support its effectiveness for this purpose. Given this, the research aimed to: Evaluate the effect of ferric pyrophosphate and ferrous fumarate encapsulated in fruit yogurt with acerola (*Malpighia emarginata* Sessé).

The methodology consisted of three stages: first, ferric pyrophosphate and ferrous fumarate were encapsulated; then, fruit yogurt with acerola and the encapsulated fortifiers was prepared; and finally, its effect on the children's hemoglobin was evaluated. The best treatments were T3 (3% sodium alginate) for ferric pyrophosphate, with 1,4% solubility and 10% hygroscopicity, and T4 (1% sodium alginate) for ferrous fumarate, with 0,19% solubility and 9% hygroscopicity.

In terms of acceptability and iron concentration, the best treatment was treatment T2 (1,0% encapsulated ferric pyrophosphate) with a value of 4,53 points on the hedonic scale, followed by T6 (1,5% ferrous fumarate).

The best yogurt fortified with encapsulated ferric pyrophosphate was treatment T2 (1,0%), which reduced moderate childhood anemia from 42,3% to 19,2% in five months. In the case of encapsulated ferrous fumarate, treatment T6 (1.5%) improved the recovery of children with moderate to mild anemia from 76,9% to 11,54%.

Keywords: Ferric pyrophosphate, ferrous fumarate, anemia, encapsulation, yogurt.

INTRODUCCIÓN

La anemia es un problema de salud pública que afecta a millones de niños en todo el mundo, especialmente en países en desarrollo. Según la (Organización Mundial de la Salud, 2023), la anemia se define como una condición en la que el número de glóbulos rojos o la concentración de hemoglobina son insuficiente para satisfacer las necesidades fisiológicas del cuerpo. Esta condición puede tener múltiples causas, siendo la deficiencia de hierro una de las más comunes. La anemia por deficiencia de hierro es particularmente prevalente en niños debido a sus altas necesidades de crecimiento y desarrollo, lo que los hace más vulnerables a las deficiencias nutricionales. Nutricionales (López et al., 2016).

El hierro es un mineral fundamental para la fabricación de hemoglobina, una proteína que se encuentra en los glóbulos rojos y cuya función es llevar el oxígeno desde los pulmones hasta las partes del cuerpo. La falta de hierro puede provocar una reducción en la producción de hemoglobina, lo que puede dar lugar a anemia y a sus síntomas relacionados, entre ellos la debilidad, el cansancio y la disminución del rendimiento cognitivo. (López et al., 2016). La suplementación de hierro es una estrategia comúnmente utilizada para prevenir y tratar la anemia por deficiencia de hierro. Sin embargo, la biodisponibilidad del hierro, es decir, la fracción de hierro que es absorbida y utilizada por el cuerpo, puede variar dependiendo de la forma en que se administra y de la presencia de otros nutrientes que pueden influir en su absorción (García-Casal et al., 2019).

El yogur frutado con Acerola, una fruta rica en vitamina C, se ha propuesto como un vehículo potencial para la suplementación de hierro debido a su capacidad para mejorar la absorción de este mineral. La vitamina C es conocida por su capacidad para reducir el hierro férrico a hierro ferroso, una forma más fácilmente absorbida por el intestino (García-Casal et al., 2019). En este contexto, el pirofosfato férrico es una forma de hierro que se ha utilizado en la fortificación de alimentos debido a su alta estabilidad y baja reactividad, mientras que el fumarato ferroso es conocido por su alta biodisponibilidad y eficacia en la corrección de la deficiencia de hierro (Pineda & Ashmead, 2001).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la incorporación de pirofosfato férrico y fumarato ferroso en el yogur frutado con acerola. Se espera que los resultados de esta investigación proporcionen una base científica para el desarrollo de estrategias nutricionales efectivas en la prevención y tratamiento de la anemia infantil. Además, este estudio busca contribuir al conocimiento existente sobre la biodisponibilidad del hierro en diferentes matrices alimentarias y su interacción con otros nutrientes, lo que podría tener implicaciones importantes para futuras intervenciones nutricionales y políticas de

salud pública.

Fortalecer los alimentos no debe modificar su calidad nutricional, su cualidad, sus propiedades de inocuidad y calidad, ni mucho menos cambiar el sabor de estos o la absorción de otros nutrientes. No obstante, una opción de consumo es la ingesta de productos enriquecidos con nutrientes que mejoran o proporcionan estas carencias de hierro; no obstante, numerosas familias no disponen de productos ricos en hierro, por lo cual no son utilizados eficazmente. El proyecto de investigación actual analizará la fortificación de los derivados lácteos (yogur frutado) con pirofosfato férrico y fumarato ferroso.

Por lo cual, el presente trabajo tiene como objetivos:

- a. Determinar la mejor concentración de encapsulante para el pirofosfato férrico y fumarato ferroso mediante pruebas de solubilidad e higroscopicidad.
- b. Evaluar el efecto de la concentración de pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado en el contenido de hierro y sus características sensoriales en el yogur frutado con acerola.
- c. Analizar el efecto del mejor tratamiento de yogur fortificado sobre los niveles de hemoglobina en niños.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Acerola

La acerola, cuyo nombre científico es *Malpighia emarginata* Sessé, es un arbusto que se da en áreas con clima cálidos, tanto tropicales como subtropicales. Es originaria del sur de México, la zona central de América y la parte norte de Sudamérica (Rodríguez-González et al., 2024).

La acerola “ha recibido distintos nombres populares dependiendo del país en donde se cultiva: cereza de Barbados, cereza de las Antillas, cereza colorada, manche o semeruco” (Mezadri et al., 2006). Su fruto tiene forma de drupa y guarda en su interior tres semillas, que representan entre el 19 y el 25% del peso total. El tamaño de cada fruto varía entre 1 y 4 cm, y su peso se mueve entre 2 y 15 g (Rodríguez-González et al., 2024).

Figura 1

Fruto de acerola.



Nota. Tomado de The Food Tech (2020).

Al principio es de color verde, pero a medida que madura va tomando tonos amarillos y rojizos. Este proceso de maduración es bastante rápido, y la planta produce

frutos entre 3 y 4 veces al año. Se estima que cada planta produce alrededor de 20 a 30 kg de frutos anualmente.

1.1.1. Valor nutricional

La acerola es una fuente rica en macro y micronutrientes. Los estudios demuestran que contiene entre 0,21 y 0,80 gramos de proteína por cada 100 gramos, 0,23 gramos de grasa por cada 100 gramos, 3,57 gramos de carbohidratos por cada 100 gramos, una acidez que varía de 1,04 a 1,87 gramos por cada 100 gramos, 0,4 gramos de ceniza por cada 100 gramos y minerales como 11,7 mg de calcio, 17,1 mg de fósforo y 0,24 mg de hierro, todos por cada 100 gramos (Mezadri et al., 2006).

Tabla 1

Composición nutritiva del fruto de acerola.

| Componentes | Unidades | Cantidad |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|
| Energía | Kcal | 17,00 |
| Agua | g | 90,60 |
| Proteína | g | 0,21 |
| Lípidos | g | 0,23 |
| Hidratos de carbono | g | 3,57 |
| Cenizas | g | 0,40 |
| Fibra dietética | g | 3,00 |
| Ca | mg | 11,70 |
| P | mg | 17,10 |
| Fe | mg | 0,24 |
| Tiamina | mg | 0,02 |
| Riboflavina | mg | 0,07 |
| Piridoxina | mg | 8,70 |
| Vitamina C | mg | 695-4827 |
| Acidez valorable (Acido málico) | g | 1,04-1,87 |

Nota. tomado de Mezadri et al. (2006) y Musser (2010).

Destaca su contenido de vitamina C, que va de 695 a 4827 mg por cada 100 gramos. En cuanto a carotenoides, presenta entre 0,32 y 40,6 mg por cada 100 gramos; y las vitaminas tiamina (0,02 mg/100 g), riboflavina (0,07 mg/100 g) y piridoxina (8,7 mg/100 g). (Mezadri et al., 2006; R. S. Musser, 2010).

1.1.2. Composición fitoquímica

La acerola destaca como un aporte externo valioso de ácido ascórbico, acompañado de diversos componentes fitoquímicos. Dado que el cuerpo humano no produce ácido ascórbico, es fundamental obtenerlo mediante la alimentación. Esta vitamina cumple múltiples roles biológicos vinculados al sistema inmune, la producción de colágeno, la captación de hierro, el freno a la creación de nitrosaminas y la actividad antioxidante; asimismo, promueve el aprovechamiento del calcio para fortalecer huesos y vasos (Souza et al., 2014).

La acerola “es un fruto muy rico en vitamina C, y en otros antioxidantes como carotenoides, taninos y fenoles”. La vitamina C es una vitamina soluble en agua, lo que significa que si se ingiere un exceso de la cantidad diaria requerida, la orina lo expulsará, evitando así la toxicidad por acumulación (The Food Tech, 2020).

Los compuestos fenólicos presentes en los frutos de la acerola se clasifican en no flavonoides y flavonoides y poseen importantes propiedades bioactivas, que aportan efectos beneficiosos para la salud del consumidor (Delva & Goodrich-Schneider, 2013). Las antocianinas son flavonoides y se encuentran principalmente en la piel, aunque también pueden encontrarse en la pulpa de algunas frutas. La presencia de compuestos antioxidantes en las frutas, especialmente en la acerola, ha aumentado su consumo por parte de la población y ha impulsado la inversión en investigación y la publicación de resultados sobre los compuestos funcionales que contienen las frutas y las propiedades beneficiosas asociadas a su consumo regular (Yamamoto et al., 2015).

1.2. Yogur

Se define al yogur como “un producto obtenido de la fermentación láctica a través de la acción del *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* el *Streptococcus thermophilus* sobre la leche entera, desnatada o pasteurizada”. Puede ser acompañado con otras bacterias lácticas que, por su actividad, contribuyen para la determinación de las características del producto acabado (Codex Alimentarius, 2011).

El yogur ha alcanzado gran fama, impulsado por sus bondades para el organismo y esa consistencia que lo caracteriza; su elaboración permite ajustarse a los deseos y requerimientos de quien lo consume. Este producto fermentado, que comúnmente se hace con leche de vaca y se conoce desde tiempos remotos, surge cuando las proteínas lácteas se cuajan gracias al ácido láctico generado por las bacterias lácticas (Robinson, 2003).

Tabla 2*Composición nutricional del yogur natural.*

| Componentes | Unidades | Cantidad |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| Energía | Kcal | 62,00 |
| Proteína | g | 3,40 |
| Lípidos | g | 3,20 |
| Hidratos de carbono | g | 4,00 |
| Ca | mg | 87,90 |
| P | mg | 142,00 |
| Na | mg | 47,00 |
| K | mg | 186,00 |
| Mg | mg | 14,00 |
| Fe | mg | 0,09 |
| Zn | mg | 0,55 |
| Tiamina | mg | 30,00 |
| Riboflavina | mg | 0,19 |
| Equiv. Niacina | mg | 1,50 |
| Vitamina B6 | µg | 0,05 |
| Folatos | µg | 3,60 |
| Vitamina B12 | µg | 0,20 |
| Vitamina A (Equiv. Retinol) | µg | 9,80 |
| Vitamina D | µg | 60,00 |

Nota. Tomado de Moreiras et al. (2013).

Según el reglamento de la leche y productos lácteos se muestran las características fisicoquímicas del yogurt en la tabla 3.

Tabla 3*Características fisicoquímicas del yogur.*

| Características | Unidad | Yogur entero | Yogur parcialmente descremado | Yogur descremado |
|--|---------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Materia grasa láctea | g/100g | Mínimo 3.0 | 0.6-2.9 | Máximo 0.5 |
| Sólidos no grasos lácteos | g/100g | Mínimo 8.2 | Mínimo 8.2 | Mínimo 8.2 |
| Acidez valorable expresada como % de ácido láctico | g/100g | Mínimo 0.6 | Mínimo 0.6 | Mínimo 0.6 |
| | | | Máximo 1.5 | Máximo 1.5 |
| Proteína láctea (N x 6.38) | g/100g | Mínimo 2.7 | Mínimo 2.7 | Mínimo 2.7 |

Nota. Tomado de Vásquez-Villalobos et al. (2015).

Las características de calidad que se evalúan en forma independiente son: apariencia externa, apariencia del producto, viscosidad, sabor y olor.

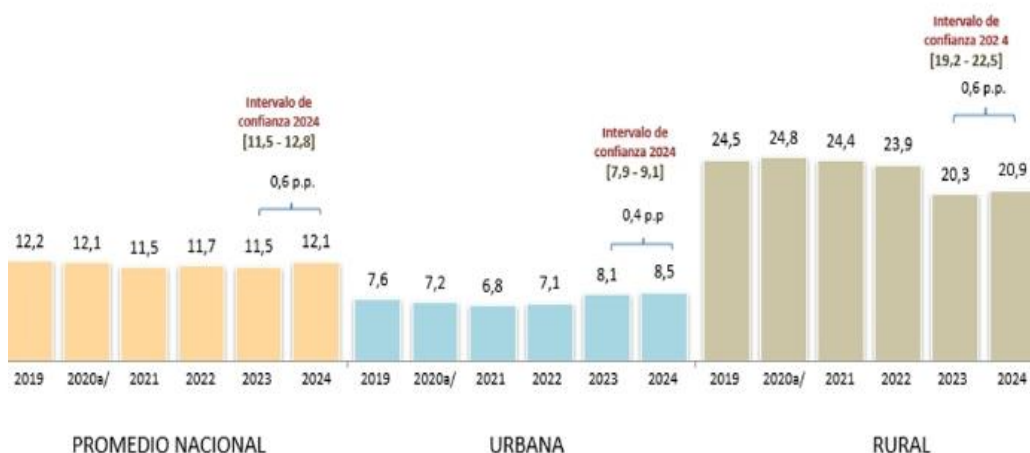
- **Apariencia externa:** Se evalúa la limpieza, defectos sellados, fecha e impresión general visual
- **Apariencia del producto:** Se evalúa el color e impresión. El color debe ser de leche natural o correspondiente a las frutas. Superficie suave como porcelana, suficientemente batido, sin separación de suero.
- **Viscosidad:** Se evalúa la viscosidad y homogeneidad del producto.
- **Gusto y olor:** El yogur debe tener sabor y olor característico; si tiene frutas, debe tener un sabor típico a la fruta adicionada, y agradable (Vásquez-Villalobos et al., 2015).

1.3. La anemia

La disminución de la concentración de hemoglobina en el cuerpo es lo que define la anemia, una enfermedad de la sangre que generalmente ocurre entre los 2 y 6 años con valores normales de 12 a 13,5 g/dL. La hemoglobina, que es una proteína contenida en los glóbulos rojos, se combina con el oxígeno para permitir su transporte y uso por los distintos tejidos del organismo. La médula ósea, que se encuentra dentro de determinados huesos, es donde se generan la mayor parte de los elementos sanguíneos. Los síntomas que se presentarán cuando el nivel de hemoglobina en la sangre decrezca son: palidez, fatiga, irritabilidad, falta de tolerancia al ejercicio y aumento de la frecuencia cardíaca (Bastos-Oreiro, 2009a).

Figura 2

Porcentaje de menores de 5 años con desnutrición crónica, según área de residencia.



Nota. Tomado de Aguilar (2025).

El progreso de una nación se basa en los niños, ya que de ellos dependen las decisiones y la competitividad de la misma. La fase de 0 a 5 años es crucial ya que durante este lapso se desarrolla casi el 90% del cerebro. Se generan millones de conexiones neuronales que pueden fortalecerse o disminuir dependiendo de la calidad de la nutrición y las vivencias de cada infante. Estas influirán en el progreso de sus capacidades y habilidades futuras.

La desnutrición crónica y la anemia son dos serias dificultades que afectan el desarrollo de los niños y son vistas como problemas de salud pública debido a su efecto futuro en el desempeño escolar, la salud y la habilidad para producir ingresos (Dávila, 2025).

Tabla 4

Límites de hemoglobina utilizados para definir anemia.

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

Nota. Tomado de Organización Mundial de la Salud (2023).

1.3.1. Prevalencia de anemia en Perú

Hoy en día, la anemia infantil en Perú se incrementó a 43,1% a escala nacional. Las cinco áreas con el porcentaje más alto de recién nacidos afectados por anemia son: Puno (70,4%), Ucayali (59,4%), Madre de Dios (58%), Loreto (58%) y Huancavelica (56%) números alarmantes. El porcentaje de niños y niñas con anemia, de seis a 35 meses de edad, se elevó a 43,1% a nivel nacional durante 2023, en comparación con un 42,4% registrado en 2022, de acuerdo con la más reciente Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (INEI, 2024).

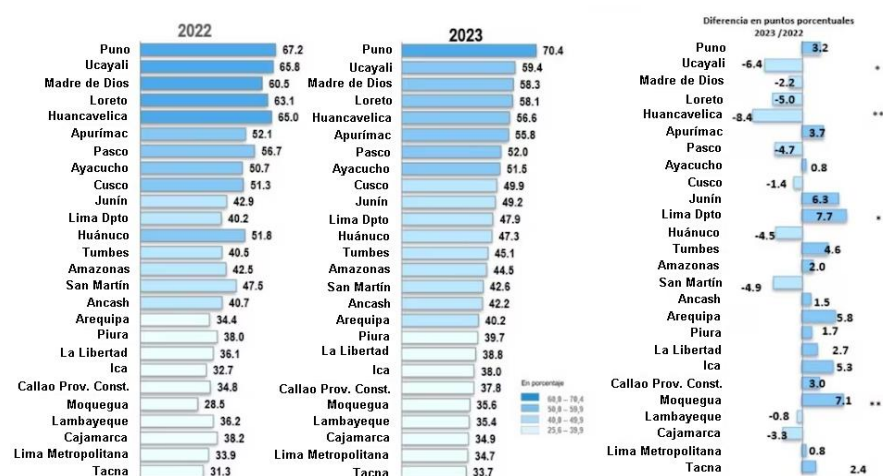
De acuerdo con Unicef, las cifras revelan que Perú no ha conseguido disminuir la anemia en infantes de 6 a 35 meses; más bien, se ha notado un aumento del 4,3% en su presencia entre 2021 (38,8%) y 2023 (43,1%). Asimismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS), expone que la anemia es causada por la falta de hierro, y esto ocurre cuando la hemoglobina está en 11,0 gramos por decilitro o menos, lo cual ha incrementado en 16 de las 25 regiones peruanas (INEI, 2024).

Sin embargo, tales promedios clasificatorios resultan imprecisos, dado que hay

comunidades en las alturas andinas donde la anemia supera el 90%. Diversas investigaciones señalan que las mayores incidencias de anemia se localizan en zonas andinas del Perú; por ejemplo, en la región rural de la sierra, se detecta un 30,7% de anemia gestacional en mujeres embarazada. Ello ocurre porque estas familias campesinas cultivan y comen alimentos pobres en hierro, limitando su consumo de productos animales como menudencias y sangre, así como de verduras verdes. Su alimentación se centra sobre todo en papas y maíz (Hernández-Vásquez et al., 2017).

Figura 3

Estado actual de la anemia en nuestro país.



Nota: Tomado de Gonzales (2024).

En las zonas campestres donde la agricultura predomina, aparte de los motivos habituales vinculados a la anemia (como la precariedad económica, la limitada formación académica de las madres, la dificultad para acceder a la atención sanitaria y una salud deficiente), hay otros aspectos que se relacionan con la ingesta y el suministro de comida. Los datos analizados muestran que enfocar la agricultura hacia la nutrición es clave para combatir la desnutrición en zonas de riesgo y para mejorar la seguridad alimentaria. En la agricultura, la variedad en la producción agrícola y en la alimentación están relacionadas y deben complementarse con planes para aumentar los ingresos (Ordinola et al., 2021).

1.3.2. Causa de la anemia

La anemia puede surgir por diversas razones, desde hemorragias repentinas o continuas, pasando por la malaria y las infecciones parasitarias, hasta problemas en la fabricación de glóbulos rojos. Estos últimos abarcan deficiencias nutricionales, envenenamiento por metales, trastornos de la hemoglobina y enfermedades inflamatorias de larga duración.

En territorio peruano, son escasas las indagaciones que ahondan en las múltiples causas que originan la anemia. A nivel nacional, se carece de análisis sobre carencias nutricionales concretas y diferenciadas. Sin embargo, indagaciones puntuales revelan que, en las regiones más desfavorecidas, la proporción de nutrientes y micronutrientes valiosos que se ingieren apenas alcanza el 50% o 33% de los requerimientos. Este déficit impacta de manera adversa a individuos en etapas de desarrollo, como niños, bebés y adolescentes, o a quienes siguen desarrollándose, como gestantes.

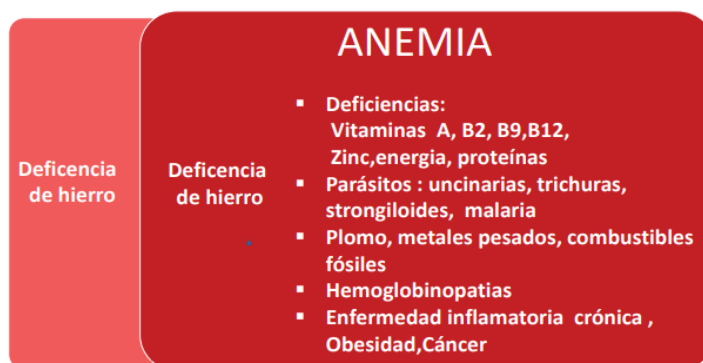
A pesar de ser una nación con tradición minera, donde gran parte de esta labor se realiza de manera no regulada, carecemos de investigaciones o información que conecten la anemia con la exposición a metales dañinos, ni tampoco contamos con un mapa que muestre dónde se concentran estos problemas.

En el Perú, la carencia de hierro es la principal causa de anemia nutricional. Durante la última década, se ha asumido que esta deficiencia es la causa primordial de anemia, enfocando las estrategias de control y prevención en ella. Sin embargo, estudios peruanos señalan que la falta de hierro solo explica menos de la mitad de los casos de anemia. Este hallazgo destaca la necesidad de revisar nuestros enfoques e implementar intervenciones más efectivas, considerando también la falta de vitamina B, folato, vitamina A y zinc (micronutrientes clave) así como la baja ingesta de proteínas, sobre todo las de origen animal.

Las anemias relacionadas con la inflamación se asocian a dolencias crónicas, la obesidad y también a infecciones frecuentes, como las respiratorias y las que causan diarrea. Desafortunadamente, una fracción considerable de la población peruana, sobre todo quienes residen en zonas rurales y las periferias urbanas, carece de acceso a agua segura para beber y a sistemas de saneamiento esenciales. Esto provoca que haya un elevado índice de enfermedades infecciosas (Colegio Médico del Perú, 2023).

Figura 4

Etiología de la anemia.



Nota: Tomado de Feldman et al. (2017).

En contraste, la desnutrición crónica se manifiesta en el retraso del crecimiento infantil. Se evalúa comparando la altura con la edad, revelando si el niño crece adecuadamente y sin riesgo para el desarrollo de órganos clave (como el cerebro). Usualmente, esto ocurre por una dieta insuficiente en cantidad, calidad y variedad de alimentos, sumado a la carencia de agua segura y condiciones sanitarias básicas (Bastos-Oreiro, 2009b).

1.4. Requerimientos nutricionales en los niños para evitar la anemia

Para un crecimiento y desarrollo óptimos, es fundamental que los niños tengan una dieta balanceada. Esta dieta debería comprender productos lácteos, agua fresca, una variedad de vegetales y frutas, granos integrales y fuentes de proteínas.

1.4.1. Hierro

El hierro no hemo, presente en los vegetales, se asimila peor que el hierro hemo, que se encuentra en los productos animales. Sin embargo, la absorción del hierro no hemo mejora sustancialmente al combinarse la vitamina C con otros ácidos orgánicos frecuentes en las plantas. Por lo tanto, incrementar el consumo de alimentos ricos en vitamina C, como los cítricos, ayuda a contrarrestar la menor biodisponibilidad del hierro no hemolítico (Duyff, 2007).

En alimentos comunes para niños, tales como nueces, soja, legumbres y cereales integrales, existe el fitato, que entorpece la correcta asimilación del hierro. Sin embargo, las técnicas de cocción e industriales mencionadas disminuyen la presencia de fitatos, impulsando así una mejor absorción del hierro. Se aconseja el consumo de ciertas frutas desecadas, como dátiles, uvas, higos y ciruelas, pues son una fuente rica en hierro y son parte fundamental de la alimentación. La anemia causada por la falta de hierro es un asunto de salud que afecta a muchos; por tanto, si fuera necesario, es bueno valorar el uso de suplementos (American Dietetic Association & Dietitians of Canada, 2003).

1.4.2. Vitamina A y C

La vitamina A representa un nutriente crucial, dado que juega un papel esencial en el crecimiento y desarrollo adecuados del bebé. Su función antimicrobiana es vital para mantener la integridad del epitelio. Además, esta vitamina resulta fundamental para una función visual correcta, ya que su carencia dificulta la visión tanto de día como de noche.

Algunos expertos en nutrición sugieren que, en ocasiones, niños mayores de un año pueden necesitar suplementos de vitaminas específicas, como la A, C y D, hasta los cinco años. Esto se da, por ejemplo, en aquellos con dietas limitadas o poca

exposición solar. No obstante, esto no es común en España gracias a las condiciones climáticas del país. (Rodríguez-Palmero, 2001).

1.5. Fortificación de los alimentos

Para subsanar la carencia de nutrientes vitales en una sociedad, el camino más eficaz es enriquecer los alimentos de consumo diario, gracias a su fácil acceso, amplio alcance y precio asequible. Sumado a esto, el proceso de fortificación cuenta con el visto bueno de la gente y no implica modificar la dieta habitual (Scrimshaw, 2005).

1.5.1. Etapas para la fortificación con hierro los alimentos

La fortificación de alimentos con hierro implica un conjunto de etapas cuidadosamente planificadas para garantizar que el mineral permanezca estable, su biodisponibilidad y la aceptación sensorial del producto final:

a) Análisis de la necesidad de fortificación

Debe establecer el grupo de interés y los alimentos más adecuados para la intervención, examinar los datos epidemiológicos acerca de la carencia de hierro en la población y examinar los patrones de alimentación para seleccionar un tipo de alimentación adecuado (por ejemplo, cereales, productos lácteos, harinas) (García-Casal, 2014).

b) Elección de la sustancia de hierro

La selección implica balancear: optar por un compuesto que el cuerpo absorba con facilidad y altere poco el sabor y aroma de la comida (como el ferrosulfato o fumarato ferroso), que destaca por su biodisponibilidad; o bien, decantarse por uno que se absorba menos, pero sea más estable en el alimento, impactando mínimamente sus cualidades sensoriales (tal como el pirofosfato férrico o el hierro encapsulado) (Pachón et al., 2015).

c) Investigaciones de viabilidad tecnológica

Se examinará qué tan estable es el hierro y cómo se comporta junto a los alimentos, además de estudios de estabilidad durante la elaboración y el depósito, para valorar las posibles relaciones con otros elementos que pudieran afectar su actividad biológica (Hurrell, 2002).

d) Exámenes de reconocimiento sensorial

Asegurar que el enriquecimiento no perjudique las propiedades organolépticas del alimento (sabor, color, olor, aroma y textura) y realizar evaluaciones sensoriales

utilizando paneles capacitados y usuarios, observar si hay modificaciones en la composición para reducir las alteraciones organolépticas (Allen, 2006).

e) Evaluaciones de biodisponibilidad

Para determinar cuánto hierro enriquecido asimila el organismo, se realizan análisis de solubilidad y biodisponibilidad “in vitro”, simulando distintas condiciones del estómago. Además, se efectúan estudios “in vivo” con personas o modelos animales para confirmar la absorción (Miller, 2013).

f) Elaboración a nivel industrial

Se pone en marcha el proceso de fortificación en el ámbito industrial preservando los criterios de calidad, modificar los parámetros de mezcla y dosificación para Implementar sistemas de control de calidad en cada fase del procedimiento (FAO/WHO, 2006).

g) Supervisión y valoración del efecto

Evaluar la efectividad de la intervención en cuanto a la disminución de la falta de hierro, ejecutar investigaciones a largo plazo en la población y valorar la fidelidad al uso del producto potenciado (Peña-Rosas et al., 2014).

1.5.2. Compuestos de hierro usados en la fortificación de alimentos

Seleccionar el compuesto adecuado depende de si es compatible con el alimento, el tipo de alimento que se busca mejorar y qué tan bien se quiere que el cuerpo lo aproveche. Entre los compuestos que usualmente se añaden para la fortificación de los alimentos, se encuentran:

a) Sulfato ferroso (FeSO_4)

Es una sal de hierro común, aunque su color y posible sabor metálico pueden afectar la calidad del alimento, especialmente en productos como la harina. Entre sus características tenemos: Alta biodisponibilidad, asequible y de fácil adquisición.

Uno de sus inconvenientes es que podría modificar tanto el sabor como la intensidad de los alimentos; además, tiende a oxidarse si existe humedad. Respecto a su uso, se recomienda para fortalecer harinas, granos y mezclas deshidratadas (Clinisciences, 2022).

b) Fumarato ferroso ($\text{C}_4\text{H}_2\text{FeO}_4$)

Un tipo diferente de compuesto de hierro, con usos similares al sulfato ferroso, se usa para enriquecer alimentos. Lo que lo hace especial es que es más estable que el sulfato ferroso y el cuerpo lo absorbe mejor. Aunque cuesta más, podría alterar el

gusto si se usa mucho. Se encuentra en alimentos ya preparados, alimentos para bebés y suplementos alimenticios (PubChem, 2025)

c) Pirofosfato férrico ($\text{Fe}_4[\text{P}_2\text{O}_7]_3$)

El pirofosfato férrico es un compuesto diseñado para reemplazar el hierro. El hierro no ligado a otras moléculas puede provocar diversos efectos adversos, dado que puede acelerar la formación de radicales libres y la peroxidación de lípidos, aparte de generar interacciones indeseadas en el plasma sanguíneo.

Entre sus características favorables, destaca su alta biodisponibilidad: el cuerpo absorbe eficientemente el hierro presente en el pirofosfato férrico, aumentando al máximo su capacidad para corregir la falta de hierro y haciéndolo adecuado para poblaciones susceptibles. El pirofosfato férrico se emplea para mejorar el valor nutricional de alimentos básicos, así como en suplementos alimenticios y productos funcionales (Srivastav et al., 2024).

d) Bisglicinato ferroso ($\text{C}_4\text{H}_8\text{FeN}_2\text{O}_4$)

El bisglicinato ferroso, un tipo de quelato, se utiliza como un aporte de hierro en la dieta. Este compuesto cumple una función nutritiva y actúa como quelato al combinarse con la glicina, creando así una estructura en forma de anillo. Se incluye en alimentos para mejorar la calidad de la alimentación o en suplementos con el objetivo de combatir la anemia por falta de hierro o la deficiencia de este mineral.

Cuando una molécula de hierro se enlaza con dos de glicina, se forma una estructura cíclica que es muy estable. Este compuesto se absorbe de forma más sencilla en el intestino, sin depender de la acidez del estómago, y provoca menos molestias a nivel gástrico. Su función es enriquecer los alimentos y evitar la deficiencia de hierro en el organismo (Fischer et al., 2023).

e) Gluconato ferroso o Ferrosulfato de glucosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{FeO}_{14}$)

El gluconato ferroso, una forma de suplemento de hierro, tiende a ser más suave y, por lo tanto, suele ser más fácil de tolerar. Se emplea para abordar la anemia causada por la falta de hierro. A menudo se prefiere debido a su menor agresividad y mejor aceptación por el estómago. Su aplicación es habitual en el tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro, ayudando a restaurar los niveles adecuados de este mineral. A menudo se prefiere debido a su menor agresividad y mejor aceptación por el estómago (PubChem, 2025b).

f) EDTA férrico sódico (NaFeEDTA)

El EDTA férrico sódico, conocido igualmente como NaFeEDTA o feredetato de sodio, se utiliza para agregar hierro a comestibles deshidratados como el pan, la harina y las galletas, así como a diversas bebidas. Este compuesto presenta una biodisponibilidad elevada, sobre todo en alimentos con alta concentración de fitatos, los que suelen complicar la adecuada absorción del hierro.

Su aplicación se extiende a productos alimenticios básicos, sazones y aderezos dirigidos a sectores de la población que se consideran más susceptibles a deficiencias (Evstatiev et al., 2021).

1.5.3. La absorción de hierro

La absorción del hierro que obtenemos de los alimentos se produce principalmente en las células del yeyuno superior y del duodeno, zonas del intestino delgado. El equilibrio de hierro corporal depende en gran medida de esta absorción intestinal, ya que carecemos de mecanismos activos para eliminar el hierro del organismo. Una alimentación occidental normal aporta unos 7 mg de hierro por cada 1000 kcal, pero solo llegamos a aprovechar entre 1 y 2 mg al día. La mayor parte del hierro que consumimos, hasta un 90%, es hierro no hemo, presente en los alimentos como complejos de Fe^{+3} y su absorción se ve afectada por factores dietéticos y el estado del hierro en el cuerpo (Boldt, 1999; Hsu et al., 2020).

El organismo asimila con mayor facilidad el hierro hemo, cuya absorción se ve menos afectada por los componentes de la alimentación, a diferencia del hierro no hemo. Este tipo de hierro representa solo un 10 % del total que obtenemos de los alimentos. Aunque la absorción del hierro hemo y no hemo involucra mecanismos moleculares diferentes en el intestino, ambos tipos de hierro terminan uniéndose a la misma reserva dentro de la célula y pueden almacenarse en la proteína destinada a guardar este mineral (Fleming & Bacon, 2005; Gulec et al., 2014).

Asimismo, los modelos de consumo alimentario afectan la absorción del hierro no hemo. Uno de los requerimientos para vivir saludablemente es consumir la cantidad adecuada de hierro. La Junta de Alimentación y Nutrición del Instituto de Medicina (IOM) ha fijado los valores recomendados para la ingesta dietética diaria (RDA), que son el nivel promedio de nutrientes que una persona sana debe consumir al día para cubrir las necesidades nutricionales apropiadas del cuerpo. Además, para los lactantes de 0 a 6 meses de edad, se determinó una ingesta promedio (AI) de hierro que es igual a la

ingesta media de hierro en lactantes saludables que reciben leche materna (Junta de Alimentos y Nutrición & Instituto de Medicina, 2001; Shubham et al., 2020).

En la tabla 5 se presentan las recomendaciones diarias de ingesta de hierro.

Tabla 5

Ingestas de hierro recomendado.

| Grupo | Edad (años) | Cantidad diaria de hierro (miligramos-mg) |
|-------------------------|--------------------|--|
| Adultos | 19+ | 8 mg |
| Adultos (que menstrúan) | 19+ | 18 mg |
| Personas embarazadas | 19-50 | 27 mg |
| Lactancia materna | 19-50 | 9 mg |
| adolescentes | 9-13 | 8 mg |
| adolescentes | 14-18 | 11 mg |
| Niños | 1-3 | 7 mg |
| Niños | 4-8 | 10 mg |

Nota. Tomado de Cheyne (2025).

1.5.4. Mejoradores de la adsorción del hierro

Mejorar la forma en que el cuerpo asimila el hierro es crucial en salud y nutrición poblacional, especialmente para evitar la deficiencia de hierro. Componentes esenciales que facilitan una mejor asimilación del hierro son los ácidos orgánicos presentes en frutas y verduras, tales como el ácido málico y el cítrico, junto con la vitamina C (ácido ascórbico), pues ayudan a que el hierro no hemo se absorba de manera eficiente.

Adicionalmente, la vitamina A (betacarotenos), algunos probióticos, los alimentos fermentados y la ingesta combinada con hierro hemo (de origen animal) también juegan un papel importante.

a) Ácido Ascórbico

La vitamina C se destaca como uno de los agentes más eficientes para potenciar la adsorción del hierro no hemo. Funciona transformando el hierro férrico (Fe^{3+}) en ferroso (Fe^{2+}), que tiene una solubilidad superior y una absorción más sencilla en el intestino. Esto se logra al generar un compuesto soluble que simplifica su viaje hacia el torrente sanguíneo. Además, mantiene al hierro disuelto, incluso en el ambiente alcalino que se encuentra en el intestino delgado (Cook & Reddy, 2001).

Investigaciones han evidenciado que el consumo de alimentos altos en vitamina C en combinación con fuentes de hierro no hemo incrementa de manera significativa su biodisponibilidad. Se ha demostrado que el ácido ascórbico potencia la absorción cuando se combina con hierro inorgánico, un efecto que se intensifica al ingerirlo junto con los alimentos. Al añadir dosis de ácido ascórbico que variaban entre 25 y 1000 mg a una comida líquida que contenía 4,1 mg de hierro no hemo, la absorción de hierro aumentó del 0,8 % hasta alcanzar un 7,1 % (Cook & Reddy, 2001; Teucher et al., 2025).

1.6. Productos fortificados con perspectivas a entrar en el mercado

Los alimentos enriquecidos se caracterizan por la adición deliberada de uno o más nutrientes indispensables, ya sea que no se encontraban de forma natural en ellos, o que se perdieron en el proceso de elaboración, transporte o conservación. La finalidad primordial de esta práctica es optimizar la composición nutricional del alimento, buscando prevenir o subsanar carencias específicas en un conjunto o grupo demográfico determinado. Estos suplementos pueden abarcar minerales, vitaminas, aminoácidos, grasas esenciales y otros nutrientes, elegidos cuidadosamente según las necesidades nutricionales y alimentarias de la población objetivo (Baldelli et al., 2023).

a) Cereales y productos de grano

Debido a su alto consumo global, tanto la harina de trigo como el arroz suelen ser fortificados. Los estudios han evidenciado que enriquecer la harina con hierro puede optimizar de forma significativa los niveles de este mineral en sectores de la población más susceptibles a su deficiencia (Hurrell, 2002).

(Velásquez, 2025), en su investigación, tras analizar los datos, se observa que enriquecer la harina de trigo y el arroz con hierro podría ser útil para reducir la probabilidad de anemia en algunos sectores de la población. Sin embargo, no se apreció un impacto significativo al fortificar la harina de maíz. La solidez de las pruebas es de baja a muy baja, lo que implica que se requieren más estudios rigurosos para confirmar estas conclusiones.

b) Productos Lácteos

El yogur es muy nutritivo, ya que aporta buenas cantidades de zinc, calcio y vitamina B, además de generar reacciones biológicas positivas en el organismo. Pruebas de alimentación en animales revelaron que aquellos que consumieron yogur clásico mostraron una mejor asimilación del calcio en comparación con el grupo de control. No obstante, no se observaron cambios en la asimilación del hierro ni del magnesio. Se puede mejorar aún más el valor nutricional del yogur agregando probióticos, vitaminas o minerales (El-Abbadi et al., 2014).

(Sazawal et al., 2013), en su estudio de investigación: “Impacto de la fortificación del yogur con micronutrientes en los marcadores del estado de micronutrientes y el crecimiento”, la mitad de los niños mostraban anemia leve, aunque no se identificó deficiencia de hierro en ellos. A pesar de que los niveles promedio de yodo y RBP eran normales, el zinc estaba un poco bajo para su edad. Tras un año de complementos y mejora nutricional, no hubo cambios en el estado del hierro, pero sí subieron notablemente los niveles de hemoglobina.

Para aumentar el consumo de este mineral de hierro, sobre todo en mujeres en estado y menores, se han elaborado yogures y leches enriquecidas con hierro. El reto técnico que implica incorporar hierro a los productos lácteos abarca la biodisponibilidad y la estabilidad de dicho mineral.

c) Bebidas y jugos

Los jugos de frutas fortificados con hierro son una opción práctica y aceptada por consumidores de diferentes edades. La presencia de vitamina C en algunas frutas, como la naranja o la acerola, potencia la absorción del hierro no hemo. Las bebidas de frutas prensadas entregan una cantidad notable de minerales, incluyendo hierro, potasio y calcio, además de vitaminas solubles en agua como la A, B y la C (Duque et al., 2014).

1.7. Encapsulado

Este proceso consiste en generar una barrera protectora entre dicho componente y un material de recubrimiento. La selección del material de recubrimiento y la técnica de encapsulación más apropiada dependerán tanto del objetivo final del producto como de las condiciones específicas del proceso utilizado. Para evitar interacciones químicas y físicas no deseadas, y al mismo tiempo proteger las características biológicas, funcionales y fisicoquímicas de un componente central, se recurre a la encapsulación (Pino & Aragón, 2021).

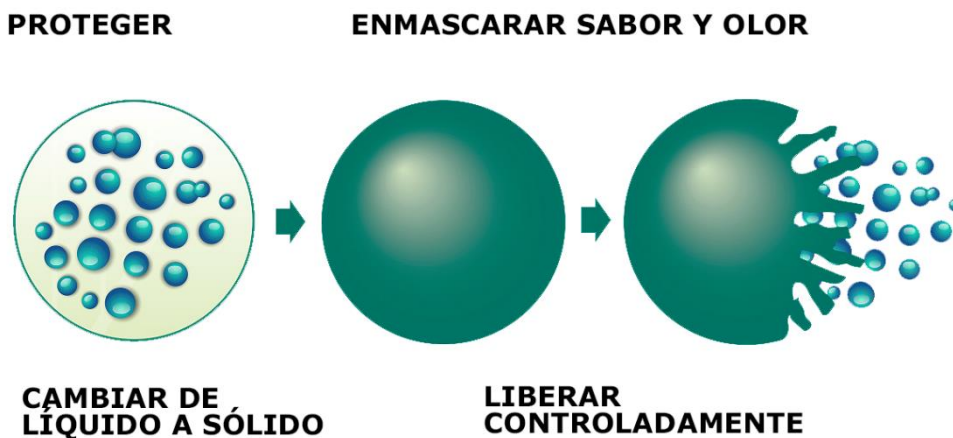
La encapsulación de compuestos es un proceso que se ha desarrollado hace poco tiempo, pero los progresos significativos y veloces han posibilitado su uso en múltiples campos industriales, sobre todo en el sector farmacéutico, cosmético y alimenticio. La encapsulación es un proceso que consiste en la cobertura o atrapamiento de un componente activo o núcleo por una pared matricial. Esta matriz aísla la molécula bioactiva del entorno que la rodea hasta que se suelta en respuesta a las condiciones externas, como la temperatura, el pH, la presión, etc (Turek & Stintzing, 2013).

Un gran número de investigaciones científicas se enfocan en alcanzar diferentes objetivos, tales como optimizar la firmeza de las composiciones creadas, extender la duración de la liberación, salvaguardar y blindar los atributos activos, atenuar la

alteración de lípidos, mantener las características sensoriales y exhibir actividad biológica incluso ante circunstancias extremas de acidez, radiación y temperatura (Zabot et al., 2022).

Figura 5

Esquema de la encapsulación y los efectos impartidos sobre el compuesto encapsulado.



Los retos más importantes al encapsular hierro son lograr que el producto final sea estable y mantener los costos bajo control. Conseguir estabilidad en productos líquidos puede ser particularmente difícil, ya que las partículas de hierro encapsulado podrían separarse en bebidas como leche y zumos durante el almacenamiento. Para saber qué materiales y técnicas de encapsulación funcionan mejor, es esencial definir con precisión qué tipo de producto se desea obtener con el hierro encapsulado, el programa alimentario específico en el que se usará, a quién va dirigido, y las condiciones en que se guardará y transportará, entre otros aspectos clave (Durán et al., 2017).

1.7.1. Agentes encapsulantes

Los biopolímeros alimentarios se emplean en el procedimiento de encapsulación. Los biopolímeros se dividen en tres categorías: los polímeros sintéticos que provienen de recursos renovables, los derivados del petróleo y los producidos de manera natural. (Rehman et al., 2019)

Se ha documentado el uso de diversos polímeros (sintéticos y naturales) para la encapsulación de compuestos bioactivos, incluyendo sustancias como dextrano, almidón, el alginato sódico, la goma arábica, el quitosano, la celulosa y la carboximetilcelulosa, quitina, así como la pectina, la goma laca, la goma xantana, la zeína, el pululano, la maltodextrina, la proteína del lactosuero, el galactomanano,

colágeno, gomas, zeína, ácido hialurónico, almidón modificado, la policaprolactona, el caseinato de sodio y gelatina, entre otros (Zabot et al., 2022).

Entre los principales encapsulantes podemos indicar:

a. Gomas

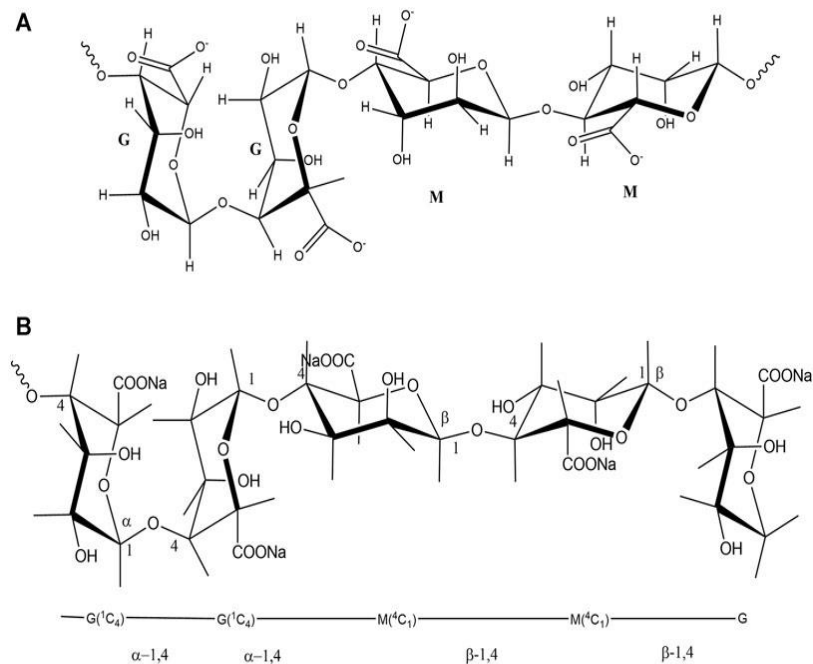
Las gomas “son generalmente insípidas, pero pueden tener un efecto pronunciado en el gusto y sabor de alimentos, son solubles, de baja viscosidad, poseen características de emulsificación y es muy versátil para la mayoría de los métodos de encapsulación” (Huertas, 2010).

Dentro de las gomas empleadas en la encapsulación, tenemos al alginato, el cual es un polímero extraído de las algas pardas (Phaeophyceae) marinas en la naturaleza que actúa como recubrimiento, exhibe propiedades notables como su compatibilidad con los tejidos vivos, su seguridad y su capacidad para disolverse fácilmente (gracias a su afinidad por el Ca⁺⁺) (Mollah et al., 2021).

Un tipo común es el alginato de calcio, ampliamente empleado para proteger bacterias lácticas (BAL) debido a su precio accesible, su inocuidad y su simple manipulación. Las investigaciones señalan que las preparaciones con alginato de calcio ofrecen la mejor defensa; esto se confirma al observar un incremento en la supervivencia de las bacterias en diversos entornos controlados, en comparación con su estado libre (Durán et al., 2017).

Figura 6

Estructuras químicas del alginato, indicando dos grupos ácidos,



Nota. Tomado de Mollah et al. (2021).

b. Proteínas

Son ampliamente utilizados como encapsulantes, como proteínas alimenticias como caseinato de sodio, proteína de lactosuero, aislados de proteína de soya (Madene et al., 2006).

Sin necesidad de modificaciones químicas o enzimáticas, la manera en que los polisacáridos y las proteínas se relacionan, realmente proporciona nuevas capacidades a las proteínas de soya, sobre todo en lo que respecta a la generación de espuma, la acción como surfactante y, sobre todo, las características de solubilidad (Liu et al., 2025).

Estas zonas de contacto contribuyen a la firmeza de las emulsiones, potenciando la eficacia del proceso de encapsulación y logrando una dispersión del tamaño de las partículas más conveniente. En múltiples análisis, el método de atomización se ha empleado como matriz para encapsular proteínas de guisantes, así como las características esenciales de las micropartículas producidas. Al usar mezclas de polisacáridos y proteínas, se facilita la integración de las cualidades singulares inherentes a cada uno de dichos polímeros (Mollah et al., 2021).

c. Carbohidratos

Los hidratos de carbono y sus variantes, tales como los jarabes de maíz, las maltodextrinas, los almidones y las gomas arábicas, tienen la propiedad de ligar gustos. Dicha aptitud se ve reforzada por su variabilidad, costo accesible y extendido empleo en la industria alimentaria. Estos elementos resultan ser los más apropiados para su utilización como componentes encapsuladores, dado que resaltan por su reducida viscosidad, su alta concentración de materiales sólidos y su favorable capacidad de disolución (Garnica & Alcántar, 2023).

La maltodextrina es un carbohidrato que tiene la capacidad de combinar distintos gustos, una cualidad que se ve reforzada por su diversidad, su costo accesible y su aplicación frecuente en los alimentos. Estas propiedades la convierten en un componente perfecto para ser utilizada como agente encapsulador, gracias a su reducida densidad, su alto nivel de componentes sólidos y su fácil disolución. La relación entre los polisacáridos y las sustancias que dan sabor ha sido analizada en diversas indagaciones, dado que se usan el almidón y elementos que proceden de él, como las β -ciclodextrinas y las maltodextrinas, para envolver compuestos aromáticos (Garnica & Alcántar, 2023).

1.7.2. Métodos de encapsulación

Entre los métodos de encapsulación primordiales analizados en la investigación se encuentran tanto procedimientos físicos como químicos, por ejemplo, la liofilización,

el secado por atomización, la extrusión, la inclusión molecular, la captura de liposomas, la coacervación, la formación de complejos, la separación de fases, la polimerización interfacial y el secado supercrítico utilizando antisolventes (Zabot et al., 2022)

Al seleccionar el método, se consideran factores como el costo, las características del material de recubrimiento, el tamaño de partícula deseado, la técnica de liberación y su aplicación final.

a. Proceso físico secado por aspersión

La técnica de secado por atomización implica transformar una disolución, que contiene hierro en su parte central y un componente encapsulador a modo de barrera protectora (como, por ejemplo, hidratos de carbono tales como la maltodextrina, elementos derivados del almidón, celulosa, alginato, quitosano o proteínas obtenidas del suero lácteo o de la soja) (Morais et al., 2022).

Por lo general, se produce una dispersión con una viscosidad que oscila entre baja y media. En esta situación, el material central se mantiene suspendido en la solución acuosa del material de recubrimiento en distintas proporciones. A continuación, esta combinación se introduce en un equipo de atomización (también conocido como secador por aspersión), que elimina el agua de las dispersiones. Así se obtiene un polvo compuesto por millones de micropartículas cuyo tamaño varía aproximadamente entre 10 y 400 μm (Gómez Huamaní & Terres Quispe, 2023).

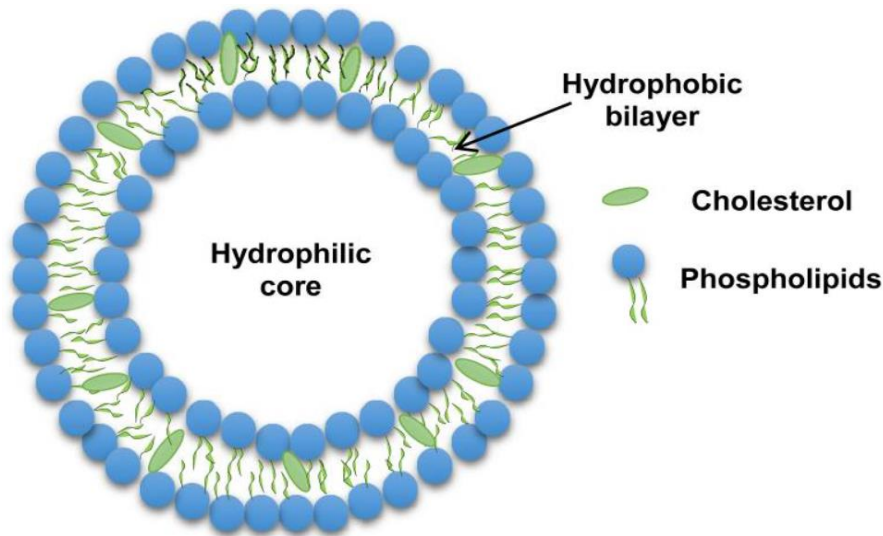
Este procedimiento de encapsulación es uno de los más empleados en el sector alimenticio gracias a sus elevados rendimientos, costos reducidos y beneficios de almacenaje. No obstante, no es el método más utilizado para encapsular hierro, ya que los materiales que permiten el uso del equipo de atomización tradicional suelen ser solubles en agua, y no ofrecen una suficiente defensa contra la oxidación del hierro y sus malas propiedades organolépticas, especialmente cuando se considera el empleo de hierro encapsulado para el enriquecimiento de alimentos líquidos o suplementación oral (Durán et al., 2017).

b. Proceso de captura de liposomas

Los liposomas son vesículas lipídicas esféricas (generalmente de 50 a 500 nm de diámetro de tamaño de partícula) compuestas de una o más bicapas lipídicas, como resultado de la emulsión de lípidos naturales o sintéticos en un medio acuoso (Jha et al., 2016).

Figura 7

Representación esquemática de los liposomas.



Nota. Tomado de Nsairat et al. (2022).

Para encapsular el hierro, es preciso generar vesículas o emulsiones de lípidos dentro de liposomas, empleando diversos procedimientos. La técnica más socorrida es la rotoevaporación, que genera una capa de lípidos al disolver estos en disolventes orgánicos para después evaporarlos. Seguidamente, al entrar en contacto con una solución acuosa que alberga el material a encapsular, la capa origina liposomas multilamelares homogéneos. Con un baño de ultrasonido, se puede aminorar el tamaño de los liposomas entre 0.2 y 5 μm (Durán et al., 2017).

La aplicación de esta técnica se ve restringida debido a que los liposomas son químicamente y físicamente inestables, a su modesta eficiencia y capacidad de encapsulación, a la liberación anticipada del hierro desde su interior y al elevado precio del tratamiento. En principio, si los liposomas mantienen su integridad estructural, el hierro debería permanecer estable durante el procedimiento. Sin embargo, al utilizarlos como suplemento oral, resulta complicado lograrlo, puesto que su tránsito por el tracto gastrointestinal los descompone rápidamente, a causa de la presencia de ácidos biliares y lipasa pancreática en el intestino delgado, lo que intensifica su desintegración (Jha et al., 2016; Nsairat et al., 2022).

c. La gelación iónica

La gelación iónica se refiere a la reacción química entre algunos polisacáridos, como el alginato de sodio, y una solución de cationes divalentes (conocida como solución reticulante o gelificante), siendo el CaCl_2 el más utilizado. Estas reacciones generan estructuras de "cajas de huevos" en las que se encuentran atrapados los

compuestos que se buscan encapsular. Para encapsular hierro a través de este método, es imprescindible elaborar una solución de alginato de sodio en niveles de 1,5-3% p/v donde diversas fuentes de hierro pueden ser dispersas. Después, utilizando jeringas, pipetas, aspersores o un disco atomizador, se dispersan las dispersiones en la solución gelificante, creando perlas de diferentes tamaños, variando entre 200 y 5.000 μm , dependiendo del dispositivo utilizado (Durán et al., 2017).

1.8. Prueba de calidad del encapsulado

1.8.1. Higroscopicidad

Es una característica física que posee la habilidad de absorber humedad en un entorno saturado de humedad relativa, dado que un encapsulado de excelente calidad debe poseer una baja higroscopicidad (Jarrín, 2021).

Es una propiedad de los materiales granulados que posee una porosidad, que debido a esto puede captar o expulsar humedad del entorno. El producto con higroscopicidad alcanza un balance con el entorno cuando no incrementa ni pierde humedad. Debido a las circunstancias que surgen. Este fenómeno solo ocurre en ciertos materiales con alta porosidad. La higroscopicidad es una característica de los materiales granulares que se relaciona con la porosidad; gracias a esta capacidad higroscópica, el material puede ser almacenado considerando la interacción de factores físicos, químicos y biológicos (Díaz Ortiz, 2011; Jarrín, 2021)

1.8.2. Solubilidad

La solubilidad se refiere a qué tan rápido y en qué medida las partículas encapsuladas se deshacen en agua. Aspectos como las interacciones entre las moléculas del soluto y el disolvente, así como la temperatura, influyen en la solubilidad de los sólidos en líquidos. Implica, además, la aptitud particular para que una sustancia se diluya en otra. Esto puede mostrarse como un porcentaje de los elementos disueltos, o bien, en unidades como un litro o un gramo por litro (Jarrín, 2021).

La capacidad de disolución revela que, al crecer las áreas sin forma definida, la aptitud de los polvos para disolverse en agua se incrementa. No obstante, si predomina una condición cristalina, su facilidad para disolverse se reduce, puesto que brinda un ordenamiento más sistematizado de las unidades.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

El presente investigación se realizó en los Laboratorios de Análisis de Alimentos, control de calidad y el Centro Experimental de Jugos y Conservas de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Puesto de Salud Villa San Cristóbal, Los análisis específicos de contenido de hierro en las muestras de yogur fortificado con pirofosfato férrico y fumarato ferroso se efectuaron en el laboratorio de Certificaciones Nacionales de Alimentos S.A.C. (CENA S.A.C.), institución privada especializada en la evaluación fisicoquímica, microbiológica y nutricional de productos alimenticios.; La investigación tuvo una duración de 6 meses, iniciándose el 29 de noviembre del 2024 y culminando el 10 de julio del 2025.

2.2. Materia prima

Se utilizó la leche fresca proveniente de centro de producción de Alpachaca y la Acerola que se adquirió de la ciudad de Pucallpa.

2.3. Insumos

Entre los insumos empleados en la investigación, tenemos:

- Cultivo láctico YF-L812 Hansen
- Fumarato ferroso - Ferrovit
- Pirofosfato férrico - Ferrosil
- Azúcar comercial
- Sorbato de Potasio

2.4. Materiales

Dentro de los materiales utilizados tenemos:

- Vasos de precipitado Pírex de 250 mL, 100 mL y 50 mL
- Fiola 50 mL, 100 mL y 250 mL
- Probeta de 100 mL, 50 mL y 10 mL.
- Erlenmeyer de 50 y 100 mL.
- Luna de reloj
- Varilla de vidrio
- Tubos de ensayo de 10 mL
- Bolsas de polipropileno
- Jeringa de 25 mL
- Papel filtro
- Papel aluminio
- Buretas de 50 mL
- Placas Petri (PIREX).
- Envases de vidrio con tapa rosca de 100 mL.
- Envase de plástico
- Colador de plástico
- Cuchillos de acero inoxidable
- Baldes de plástico de capacidad 20 L
- Jarras de plástico 0,5 y 1 Litro
- Plumón indeleble
- Vasos descartables
- Mesa de acero inoxidable
- Cucharón de acero inoxidable
- Envases de plástico de 0.5 y 1 litro
- Termómetro 0-100°C

2.5. Equipos

- Balanza analítica OHAUS, modelo AS200 capacidad máxima 200 g.
- Balanza eléctrica marca súper-SS, capacidad 5 kg
- Centrifugador
- Agitador magnético
- Estufa
- Deshidratador marca Maqorito

- Espectrofotómetro Genesys 10S VIS Thermo Scientific
- Cocina a gas
- Refrigeradora marca Coldex.

2.6. Reactivos

- Alginato de sodio
- Cloruro de calcio (CaCl₂)
- Hidróxido de Sodio
- Agua destillada

2.7. Metodología experimental

El presente estudio tendrá los siguientes aspectos de diseño de investigación metodológico.

2.7.1. Tipo de investigación

Teniendo en cuenta la naturaleza del proyecto, se empleará el tipo de investigación experimental.

2.7.2. Nivel de investigación

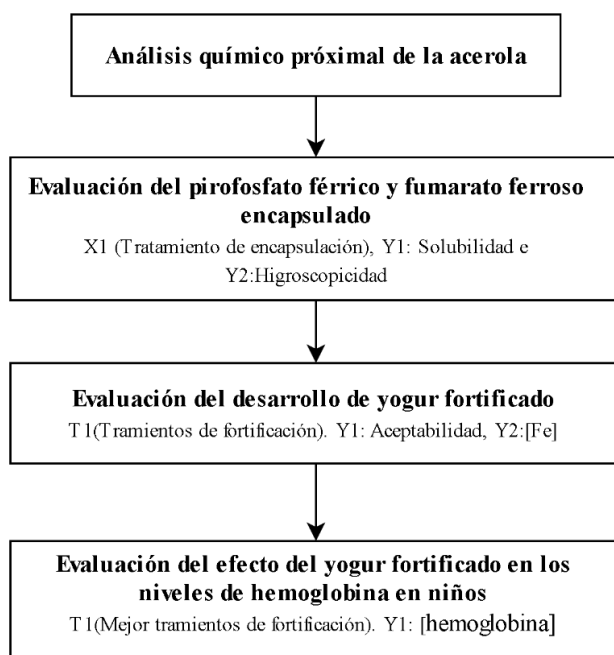
El presente proyecto es una investigación descriptiva y explicativa.

2.7.3. Diseño de la investigación

El Diseño experimental para la evaluación del encapsulado de Pirofosfato férrico y Fumarato ferroso en el yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé), se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Diseño experimental de la investigación.



Según el diseño experimental de la investigación se siguió los siguientes procedimientos:

a. Análisis químico proximal y físico químico

Se realizó los siguientes análisis a la acerola, utilizando la siguiente metodología según (AOAC, 2007):

- Proteínas: Método AOAC 935.39C – Semicrokjeldahl
- Grasas: Método AOAC 935.39 Soxhlet
- Humedad: NTP 206.011 Método de la Estufa
- Ceniza: Método AOAC 935.39B
- Carbohidratos: Por diferencia

Para el análisis fisicoquímico del fruto de la acerola se manejó los siguientes métodos:

- pH (AOAC 981.12 pH)
- Acidez (AOAC 940.15)

b. Evaluación de la solubilidad e higroscopicidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado

En la investigación se utilizó como diseño estadístico el modelo factorial de 2x3 con 3 repeticiones, es decir 2 factores (A: Tipo de fortificador) y (B: Concentración de encapsulante) y como variable dependiente (Y) las pruebas de solubilidad e higroscopicidad para los tratamientos propuestos.

La evaluación de la solubilidad significa la eficacia del hierro encapsulados para formar una solución o disolverse en agua, lo que afecta la propiedad funcional del hierro encapsulado y la evaluación de higroscopicidad que nos permitió determinar el comportamiento higroscópico de las partículas de hierro encapsuladas para comparar la estabilidad del hierro encapsulado a diferentes tratamientos que se observa en la Tabla 6.

Tabla 6

Tratamientos en estudio.

| Tratamientos | Descripción del tratamiento |
|---------------------|---|
| T1 | Fumarato ferroso 30% + 1% Alginato de sodio + 1% CaCl ₂ |
| T2 | Fumarato ferroso 30% + 2% Alginato de sodio + 1% CaCl ₂ |
| T3 | Fumarato ferroso 30% + 3% Alginato de sodio + 1% CaCl ₂ |
| T4 | Pirofosfato férrico 32% + 1% Alginato de sodio + 1% CaCl ₂ |
| T5 | Pirofosfato férrico 32% + 2% Alginato de sodio + 1% CaCl ₂ |
| T6 | Pirofosfato férrico 32% + 3% Alginato de sodio + 1% CaCl ₂ |

Los controles de la variable dependiente que se realizaron fueron:

i. Solubilidad

De acuerdo a lo que menciona (Jarrín, 2021; Serna-Cock et al., 2015), la prueba de solubilidad es una de las más importantes ya que la mayoría de las sustancias encapsuladas son añadidas a alimentos que tienen alto contenido de agua, esta prueba nos indica que cuando el encapsulado es amorfo la solubilidad es mayor y por lo tanto la disolución es más rápida, pero cuando es en forma cristalina la solubilidad es menor.

Procedimiento:

- Se pesó 1 g de muestra de material encapsulado empleando una balanza analítica, registrando con precisión la cantidad utilizada para el análisis.
- Posteriormente, se midieron 100 mL de agua destilada a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) y se añadieron a la muestra en un vaso de precipitados limpio.
- La mezcla obtenida se sometió a agitación constante en un agitador magnético durante 5 minutos, con el propósito de obtener una dispersión homogénea del material encapsulado en el medio acuoso, la suspensión se transfirió cuidadosamente a tubos debidamente identificados para cada muestra.
- Luego, las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 20 minutos, con el fin de separar la fracción soluble del residuo insoluble y asegurar una clarificación adecuada del sobrenadante.
- Transcurrido el tiempo de centrifugación, se recuperó el sobrenadante con precaución, evitando alterar el sedimento, y se extrajo una alícuota de 25 mL.
- Dicha alícuota se trasvasó a una placa Petri previamente tarado, registrando su masa inicial para el cálculo posterior de sólidos disueltos.
- Luego la placa con la alícuota se introdujo en un horno a 105 °C, donde se secó hasta alcanzar peso constante, con el fin de eliminar completamente la humedad y cuantificar únicamente los sólidos solubles presentes.
- Finalmente, se registró la masa de la placa Petri con el residuo seco, y mediante la diferencia de peso se determinó la cantidad de sólidos disueltos en la muestra.
- La solubilidad del material encapsulado se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de solubilidad} = \frac{W \text{ sobrenadante seco}}{W \text{ muestra humeda}} \times 100$$

ii. Higroscopicidad

La prueba de higroscopicidad es aquella que se realiza al encapsulado, que consiste en la retención de la humedad del aire por absorción, a mayor absorción de

humedad disminuye la calidad del encapsulado. (Jarrín, 2021).

Procedimiento:

- Se pesó con precisión 1 g de la muestra en polvo del material encapsulado, utilizando una balanza analítica debidamente calibrada, registrando el peso inicial.
- Posteriormente, se preparó un recipiente de vidrio hermético que contenía en su interior una solución saturada de cloruro de sodio (NaCl), la cual permitió mantener una humedad relativa constante del 75 %, creando un ambiente controlado de absorción de humedad.
- La muestra previamente pesada se colocó cuidadosamente dentro del recipiente, y se evitó con un hilo el contacto directo con la solución salina, garantizando así que la humedad absorbida proviniera exclusivamente del vapor de agua del entorno.
- Una vez posicionada la muestra, el recipiente se cerró herméticamente para impedir fugas de humedad y mantener la estabilidad de las condiciones internas.
- A continuación, el sistema se introdujo en una cámara de incubación y se mantuvo a una temperatura controlada de 25 °C durante un periodo continuo de siete (7) días, tiempo suficiente para permitir que el material encapsulado adsorbiera la humedad ambiental hasta alcanzar equilibrio higroscópico.
- Transcurrido el tiempo de exposición, el recipiente fue retirado cuidadosamente de la cámara y abierto inmediatamente para evitar variaciones de humedad que pudieran alterar el resultado.
- La muestra se extrajo rápidamente y se pesó de inmediato en la balanza analítica, registrando el peso final, correspondiente al material tras la absorción de humedad.
- Finalmente, la higroscopicidad (%) se calculó aplicando la siguiente fórmula:

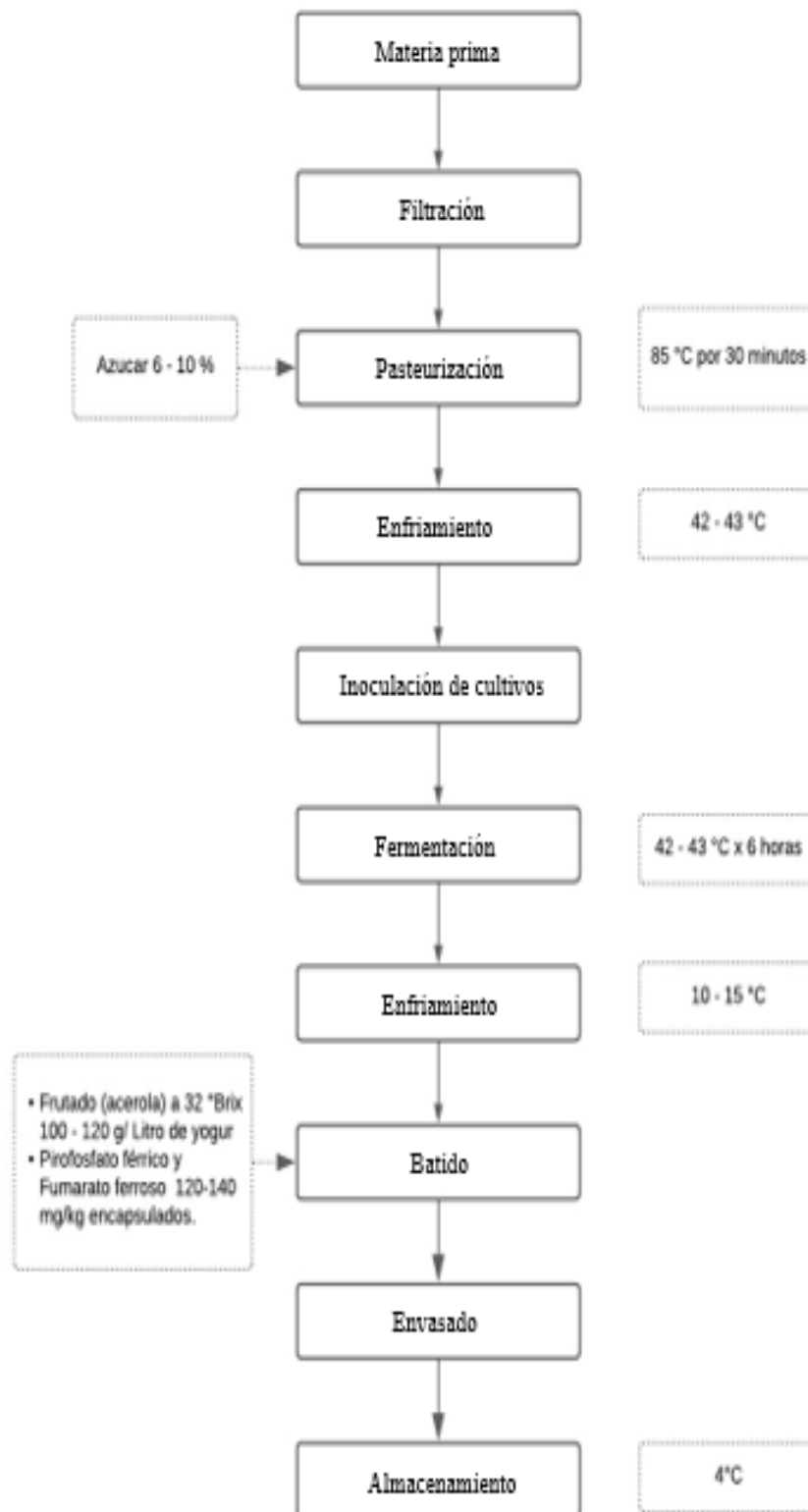
$$\% \text{ de higroscopicidad} = \frac{W \text{ saturado} - W \text{ seco}}{W \text{ seco}} \times 100$$

c. Evaluación del desarrollo del yogur fortificado

Se elaboró el yogur fortificado y frutado con acerola según la figura 9.

Figura 9

Diagrama de flujo de la elaboración de yogur frutado con acerola y fortificado con pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado.



La descripción de las operaciones se detalla a continuación:

- **Recepción:** Inspección de calidad fisicoquímica y microbiológica de la leche para asegurar su aptitud en la producción.
- **Pasteurización:** Tratamiento térmico para destruir microorganismos patógenos y reducir la flora microbiana, garantizando la seguridad del producto.
- **Enfriamiento:** Reducción de la temperatura de la leche pasteurizada a 42-45 °C para preparar la leche para la fermentación.
- **Inoculación de cultivos lácticos:** Adición de bacterias lácticas (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*) que fermentarán la lactosa y acidificarán el yogur.
- **Fermentación:** Proceso de incubación a 42-43 °C durante 4-6 horas para generar ácido láctico y desarrollar la textura y acidez del yogur.
- **Enfriamiento:** Enfriamiento rápido del yogur a 4-6 °C para detener la fermentación y estabilizar el pH y la textura del producto.
- **Batido (acerola y fortificante):** Mezcla de la pulpa de acerola pasteurizada y el pirofosfato férrico con el yogur según la tabla 7, asegurando una distribución homogénea.

Tabla 7

Tratamientos de fortificación del yogurt con pulpa de acerola.

| Tratamientos | Descripción |
|--------------|---|
| T1 | 0.5 % de $Fe_4(P_2O_7)_3$ + 8% pulpa de acerola |
| T2 | 1.0 % de $Fe_4(P_2O_7)_3$ + 8% pulpa de acerola |
| T3 | 1.5 % de $Fe_4(P_2O_7)_3$ + 8% pulpa de acerola |
| T4 | 0.5 % de $C_4H_2FeO_4$ + 8% pulpa de acerola |
| T5 | 1.0 % de $C_4H_2FeO_4$ + 8% pulpa de acerola |
| T6 | 1.5 % de $C_4H_2FeO_4$ + 8% pulpa de acerola |

- **Envasado:** Llenado de envases en condiciones asépticas para evitar la contaminación, utilizando envases esterilizados.
- **Almacenamiento:** Conservación del producto terminado en refrigeración a 4-6 °C para mantener la calidad y prolongar la vida útil.

Los controles a realizar serán los siguientes:

i. Aceptabilidad

La evaluación sensorial del yogur frutado con acerola y fortificado con pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado se llevó a cabo mediante una prueba afectiva utilizando una escala hedónica estructurada de cinco puntos, con el objetivo de determinar el nivel de aceptación de los consumidores frente a las distintas formulaciones del producto. La ficha de evaluación, presentada en el Anexo 2, fue diseñada para examinar cuatro atributos sensoriales fundamentales: color, sabor, aroma y textura. En esta, los panelistas expresaron si les parecía “Muy agradable”, “Agradable”, “No me gusta ni me disgusta”, “Desagradable” y “Muy desagradable”, asignando valores del 1 al 5, donde 1 correspondió a “Muy desagradable” y 5 a “Muy agradable”, se llevó a cabo con 15 panelistas semi entrenados.

Se realizó la evaluación sensorial a través una prueba de nivel de agrado o hedónica , y se estudiaron las características de color, olor, sabor y textura.(Zare et al., 2011). Hernández (2005), “recomienda aplicar la prueba afectiva en la evaluación sensorial con la finalidad de medir la preferencia o el grado de aceptación, especialmente cuando se mejora el producto.

Procedimiento:

- Se preparó las muestras de yogur, cada muestra fue codificada para su mayor visión y entendimiento.
- Se entregó una hoja de evaluación sensorial con la pregunta para cada muestra.
- Se proporcionó un vaso con agua para enjuagar la boca entre cada evaluación
- Cada panelista recibió 6 vasos con muestras (10 mL) de cada tipo de yogur a 4°C que estuvieron almacenados un tiempo determinado.
- Terminado la evaluación se procedió a recoger las fichas de evaluación sensorial del panelista. (Zare et al., 2011).

Los datos obtenidos permitieron establecer el grado de preferencia y aceptación global de las muestras, identificando la formulación con la mayor aceptación sensorial entre los panelistas.

Los resultados serán evaluados estadísticamente por el análisis de varianza (ANVA) y cuando hubo significancia ($p < 0.05$) se efectuaron comparaciones de medias por la prueba de rangos múltiples de Tukey.

ii. Cuantificación de hierro total

Esta metodología permite determinar la cantidad total de hierro en los alimentos se basa en la formación de compuestos coloreados al combinar 1,10-fenantrolina con el ion ferroso (Fe^{2+}), los cuales se miden usando espectrofotometría a una longitud de onda de 510 nm. Previamente, es crucial transformar todo el hierro férrico a su forma

ferrosa para obtener una lectura precisa. El proceso abarca la descomposición y el acondicionamiento de la muestra, así como la generación del compuesto y su valoración mediante una curva de calibración, confirmando así la exactitud de los datos, según el método AOAC 944.02 (AOAC, 2007), en cual se describe:

Procedimiento:

- Se pesó 5,0 g de muestra en crisol de porcelana y se sometió a incineración en seco en mufla a 500 - 550°C hasta obtener ceniza blanca (libre de carbono).
- Luego, se añadió 5mL de ácido clorhídrico concentrado al residuo, y se evaporó a sequedad en baño maría, tapando en una luna de reloj.
- El residuo se disolvió con 1 mL de HCl, y 3 mL de agua destilada, calentando durante 5 minutos.
- La solución resultante se transfirió a un matraz aforado de 100mL, el cual se diluyó con agua destilada y se filtró por presencia de turbidez.
- Se tomó una alícuota de 10 mL, a la cual se añade 1 mL de cloruro de hidroxilamina, 5 mL de solución buffer de acetato y 1mL de 1,10-fenantrolina; esta mezcla se afora a 25mL con agua destilada, se dejó reposar 5 minutos y se midió su absorbancia a 510 nm.

d. Evaluación del efecto del mejor tratamiento de yogur fortificado sobre los niveles de hemoglobina en niños.

En esta evaluación se utilizará un diseño completamente al azar para comparar el mejor tratamiento de yogur de acerola fortificado con pirofosfato férrico y con fumarato ferroso para evaluar el efecto en la hemoglobina de los niños.

VI = [Fe] de Pirofosfato férrico y Fumarato ferroso

VD = [Fe] en la sangre del niño.

Así elegiremos el tratamiento que mejor efecto tiene en los niveles de hemoglobina en los niños.

Los controles a realizados fueron:

a) Cuantificación de hemoglobina

Se determinará la hemoglobina en muestras sanguíneas por medio del método Bioquímico (Hemoglobinómetro), este es un método rápido y portátil, comúnmente usado en campo o en clínicas con pocos recursos, el cual se realizará en un laboratorio del hospital de apoyo del distrito Jesús Nazareno por su importancia y utilidad clínica en las diferentes patologías.

Procedimiento:

Cada niño pasara por tamizaje. Luego se pasará por el control de Cred (control de crecimiento y desarrollo), peso, talla, edad.

- Para la obtención de la muestra, se limpiará la zona totalmente con una torunda de algodón embebida en solución de isopropanol y retirar el exceso con una torunda de algodón seco y estéril.
- La piel debe estar completamente seca antes de realizar la punción ya que cualquier residuo de alcohol podría hemolizar la muestra obtenida.
- Para la recolección de muestra se coloca la cubeta en medio de la gota de sangre (5 a 10 mL), para ello se llenará automáticamente solo, por capilaridad. Nunca volver a llenar la cubeta luego del primer llenado.
- Colocar la cubeta en el espacio diseñado para tal fin en la porta cubeta (asegurarse que este bien colocada) e introduzca la porta cubeta dentro del fotómetro.
- La lectura se debe realizar inmediatamente obtenida la muestra hasta por un máximo de 10 minutos. Los resultados aparecerán en la pantalla luego de 15 a 45 segundos de haberse colocado la cubeta dentro del fotómetro.
- Si su nivel de hemoglobina esta fuera del rango normal, se investigara posibles causas como anemia, deshidratación o enfermedades respiratorias esto con la finalidad de encontrar la causa y dar solución al problema.

Materiales a utilizar

- a) Un Hemoglobinómetro completo (analizadores que proporcionan resultados de análisis de sangre rápido y preciso, incluidas las pruebas de hemo).
- b) Espectrofotómetro: se utiliza para medir la concentración de hemo en la sangre. Este método se basa en medir la absorción de luz en una muestra de sangre que pasa a través de un prisma, determinando así el contenido de hemoglobina.
- c) La hemómetro: dispositivos portátiles para análisis rápidos, especialmente en entornos de atención primaria o situaciones de emergencia (generalmente con una punción en el dedo).
- d) Centrifugador: aunque no se utilizara directamente para medir la hemoglobina, utilizaremos para preparar muestras de sangre antes del análisis. Esto nos ayuda a separar los componentes sanguíneos (plasma, glóbulos rojos, etc.) y usarse para medir indirectamente el hemo.

- e) Microscopía y recuento celular: para evaluar las características de los glóbulos rojos y estimar indirectamente los niveles de hemoglobina.
- f) Lancetas desechables de una longitud máxima de hoja de 2.4 mm (para bebés y niños) o de 3.2 mm (para adultos).
- g) Solución acuosa 1 - 75% de Isopropanol.
- h) Almohadillas de secado estériles o torundas de algodón.
- i) Curitas.
- j) Lejía al 10%
- k) Bolsas de bioseguridad.
- l) Guantes
- m) Papel secante.
- n) Papel toalla.

En el periodo de repleción de los niveles de hemoglobina de los niños de 3 a 6 años, se tendrá dos grupos experimentales de 15, la cual el primer grupo recibirá el primer derivado lácteo yogur frutado con acerola fortificado con pirofosfato férrico, el segundo grupo recibirá yogur frutado con acerola fortificada con fumarato ferroso, con el fin de incrementar las concentraciones de los niveles de hemoglobina.

Criterios fundamentales

a. Criterios de inducción

- Es esencial garantizar que las madres comprendan los objetivos del estudio, los posibles beneficios y los riesgos asociados con la suplementación de yogur con hierro.
- La metodología del estudio se explica claramente, especificando la frecuencia y duración de la ingesta de yogur.
- Informar sobre la confidencialidad y el manejo de los datos personales de acuerdo con las leyes de privacidad aplicables.
- El texto proporciona información sobre el compromiso temporal que incluye el estudio y los incentivos asociados.

b. Criterios de consentimiento informado

El formulario de consentimiento incluirá:

- Objetivo del estudio: El estudio evalúa la biodisponibilidad y aceptación del yogur con adición del fortificante encapsulado.
- Descripción del procedimiento: Explicar el proceso de consumo del yogur, frecuencia y duración de la participación.

- Riesgos y beneficios: Determinar los beneficios y efectos secundarios, como intolerancias o malestar gastrointestinal.
- Confidencialidad de los datos: Garantizar la confidencialidad y el uso exclusivo de la información personal de los participantes para los fines de la investigación.
- Derecho a retirarse: Garantizar que los participantes puedan retirarse del estudio en cualquier momento sin repercusiones.
- Firma del participante: Incluir un espacio para que los participantes firmen, confirmando que comprenden el estudio y aceptan participar.

c. Criterios de inclusión

Para definir a los participantes que pueden ser parte del estudio, se considerará:

- **Edad:** Participantes niños (3 - 6 años) que puedan consumir con consentimiento informado de los padres.
- **Estado de salud:** niños con anemia y en buen estado de salud general y sin condiciones que afecten la absorción de hierro, como enfermedades gastrointestinales o trastornos hematológicos.
- **Interés y disposición:** niños dispuestos a consumir yogur de manera regular durante el período de estudio.
- **Ausencia de alergias:** niños sin alergias conocidas a productos lácteos o acerola.
- **No estar en tratamiento con suplementos de hierro:** Para evitar la interferencia con la evaluación del producto.

d. Criterios de exclusión

Los participantes que deberán ser excluidos del estudio incluyen:

- **Condiciones médicas específicas:** niños con enfermedades crónicas que afecten la absorción o metabolismo de hierro, niños sin anemia o con anemia ferropénica no controlada, síndrome de malabsorción, enfermedades gastrointestinales crónicas o insuficiencia renal.
- **Tratamiento con suplementos que interfieren con la absorción de hierro:** Esto incluye niños en tratamiento con hierro oral o inyectable o aquellos que consumen medicamentos que pueden interactuar con el hierro.
- **Alergias a componentes del yogur o acerola:** niños con alergias alimentarias a los productos lácteos o la acerola.
- **Historia de rechazo a productos lácteos:** niños con intolerancia a la lactosa o aversión al yogur.

2.8. Diseño estadístico de la investigación

2.8.1. Diseño estadístico para la evaluación de la concentración del encapsulante

El diseño estadístico utilizado es un modelo factorial de 2x3 con 3 repeticiones, es decir 2 factores (A: Tipo de fortificador) y (B: Concentración de encapsulante).

Se eligió un diseño factorial porque es un tipo de experimento que estudia los efectos de dos o más factores (variables independientes) sobre una respuesta (variable dependiente), y sus posibles interacciones, probando todas las combinaciones posibles de los niveles de esos factores. (Montgomery, 2022).

Los tratamientos se muestran en la Tabla 6, y su modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta (solubilidad e higroscopicidad).

μ : Media común de todos los datos del experimento

α_i : Efecto del i-ésimo factor A, tipo de fortificador.

β_j : Efecto del j-ésimo factor B, concentración de encapsulante.

$\alpha\beta_{ij}$: Efecto de la interacción i-ésimo factor A, en el j-ésimo factor B

ε_{ij} : Efecto del error experimental o efecto aleatorio de muestreo.

Los resultados serán evaluados estadísticamente por el análisis de varianza (ANVA) y cuando hubo significancia ($p < 0.05$) se efectuaron comparaciones de medias por la prueba de rangos múltiples de Tukey.

2.8.2. Diseño estadístico para la evaluación del efecto del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado en el yogur frutado con acerola

Los tratamientos se muestran en la Tabla 7, y su modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta (Aceptabilidad y Conc. de hierro).

μ : Media común de todos los datos del experimento

α_i : Efecto del i-ésimo factor A, tipo de fortificador.

β_j : Efecto del j-ésimo factor B, concentración de fortificador de encapsulante.

$\alpha\beta_{ij}$: Efecto de la interacción i-ésimo factor A, en el j-ésimo factor B

ε_{ij} : Efecto del error experimental o efecto aleatorio de muestreo.

Los resultados serán evaluados estadísticamente por el análisis de varianza (ANVA) y cuando hubo significancia ($p < 0.05$) se efectuaron comparaciones de medias por la prueba de rangos múltiples de Tukey.

2.8.3. Diseño estadístico para la evaluación del efecto del mejor tratamiento de yogur fortificado en los niveles de hemoglobina en niños

Se aplicó el diseño estadístico DCA (Diseño completamente al azar) de y su modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta (Niveles de hemoglobina).

μ : Media común de todos los datos del experimento

α_i : Efecto del i -ésimo factor A, (Pirofosfato férrico y fumarato ferroso).

ε_{ij} : Efecto del error experimental o efecto aleatorio de muestreo.

Los resultados serán evaluados estadísticamente por el análisis de significancia (ANVA) a través de la prueba de t-Student para muestras apareadas, el cual implica la aplicación de un determinado tratamiento a los mismos individuos, en dos momentos diferentes (Antes y un después), de existir significancia ($p < 0.05$) se efectuaron la prueba de comparaciones múltiples de t-student.

2.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas empleadas en el estudio abarcaron tanto las evaluaciones químicas proximales como las pruebas fisicoquímicas, los cuales se realizaron siguiendo las normas y procedimientos de análisis establecidos, según (AOAC, 2007).

En relación a los instrumentos se la utilizó el formato de la escala de Likert de cinco puntos para realizar el análisis sensorial al producto elaborado. La escala de Likert la definen (Hernández Sampieri & Fernández-Collado, 2014), "Consiste en un conjunto de ítem presentados en formas de afirmaciones con las cuales se pide la reacción de los participantes".

Asimismo, los instrumentos de los laboratorios utilizados para determinar proteínas, grasa, fibra, humedad y otros se consideraron para tal fin.

2.10. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En este estudio, se examinó cifras obtenidas de las pruebas de laboratorio usando métodos de recolección de datos y la observación experimental.

Los datos recabados de acuerdo a las variables dependientes e independientes en función a cada objetivo en estudio, fueron analizados mediante la aplicación de la estadística descriptiva, lo que implica la tabulación de datos en tablas y gráficos acordes a las dimensiones y variables consideradas.

Adicionalmente, se determinó indicadores estadísticos de centralización y dispersión como la mediana, el promedio y la desviación estándar.

Además, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para cada variable de respuesta para comprender su importancia y el grado de significancia entre las variables en estudio como solubilidad, higroscopicidad, aceptabilidad, contenido de hierro, y finalmente niveles de hemoglobina, así como la concentración del encapsulante y finalmente se analizaron los principales efectos de las variables de respuesta y sus interacciones. Se utilizó el paquete estadístico SPSS 29 y el Excel.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al diseño experimental de la investigación detallado en la Figura 8 se considera los siguientes:

4.1. Análisis químico proximal y físico químico de la acerola

4.1.1. Análisis químico proximal

Los resultados del análisis químico proximal del fruto de acerola (*Malpighia emarginata* Sessé), se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8

Composición químico proximal de la acerola (En 100 g).

| Nutrientes | Valores (%) | | Desviación Estándar (SD) (%) |
|-------------------|--------------------|---|-------------------------------------|
| Agua | 92,51 | ± | 0,5312 |
| Proteína | 0,25 | ± | 0,0074 |
| Grasas | 0,30 | ± | 0,0114 |
| Carbohidratos | 4,97 | ± | 0,0821 |
| Ceniza | 0,39 | ± | 0,0054 |

El porcentaje de humedad alcanzado fue del 92,51%, correspondiendo a los valores habituales para frutas tropicales, resultando superior al 92,07% obtenido por (Paiva et al., 2025), lo que corrobora que el resultado se sitúa dentro del margen previsto. Esta alta cantidad de agua es propia de la acerola madura y puede ser afectada por el estado fisiológico del fruto, la variedad y el tipo de variedad.

El contenido de proteína de la acerola analizada mostró un valor de 0,25 g, este resultado se encuentra dentro del rango de 0,21 g a 0,80 g manifestado por (Gunn,

2015; Mezadri et al., 2006)

Este valor resultante, aunque está ubicado en la parte inferior del intervalo teórico, confirma la presencia de proteínas en la acerola y puede estar relacionado con una serie de factores, como las condiciones climáticas (lluvias, disponibilidad de nutrientes del suelo, variación de la temperatura), el tratamiento del cultivo, la localización geográfica, la aplicación de pesticidas, el estadio de la maduración o el procesado y almacenamiento (Mezadri et al., 2006).

El contenido de grasa de la acerola analizado fue de 0,30 g, este resultado resulto igual al reportado por (The Food Tech, 2020), pero está dentro del rango teórico especificado por Mezadri et al. (2020), y superior al 0,22 g reportado por (Gunn, 2015). El hecho de que el resultado experimental esté dentro de las clasificaciones esperadas confirma la precisión del procedimiento utilizado para determinar el contenido de lípidos y recomienda un buen uso de los datos bibliográficos disponibles.

En cuanto al contenido de carbohidratos de la acerola, esta alcanzo el valor de 4,95 g por 100 g de fruta. Este valor se marca en el intervalo de 3,57 a 7,80 g indicado por (Mezadri et al., 2006), pero resulto inferior al 7,69 g reportado por (Food Struct, 2024). Este desajuste puede atribuirse a varios factores (las condiciones, la madurez y las variaciones genéticas del crecimiento del fruto), entre otros.

En el contenido de ceniza del fruto de acerola este alcanzo el valor de 0,39 g, resultando inferior al 0,4 g reportado por (Mezadri et al., 2006); sin embargo resulto superior al .valor de 0,36 g/100 g obtenido por (Paiva et al., 2025), el valor está incluido en los rangos de los datos proporcionados por fuentes científicas para frutas frescas. Las posibles razones de este número abarcan la composición del terreno, la aplicación de fertilizantes, la clase de acerola cultivada y la existencia o ausencia de desechos sólidos en la pulpa (tales como piel o semillas). La presencia de cenizas es tolerable y no constituye una carencia nutricional.

4.1.2. Análisis físico químico

Los resultados del análisis físico químico del fruto de acerola (*Malpighia emarginata* Sessé), se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9*Composición fisicoquímica del fruto de acerola.*

| Nutrientes | Unidades | Valores | Desviación | Estándar (SD) |
|-------------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------|
| pH | pH | 3,45 | ± | 0,0031 |
| °Brix | °Brix | 7,98 | ± | 0,0046 |
| Acidez titulable | % | 1,18 | ± | 0,0009 |
| Vitamina C | % | 1649,37 | ± | 28,3386 |

En cuanto al pH, la acerola alcanzo un valor de 3,45, este valor resulto igual al 3,45 alcanzado por (Arguello1, 2020). Para el caso de los °Brix, se determinó un valor de 7,98, resultando inferior a los 8,09 °Brix determinado por (Arguello1, 2020); sin embargo cae dentro del rango promedio de 7-8 °Brix reportado por (R. dos S. Musser et al., 2004).

La acidez titulable evaluada fue del 1,18% de ácido cítrico, lo que se sitúa en el rango normal para frutas cítricas, este valor resulto inferior al valor de 2,57 g de ácido cítrico obtenido por (Paiva et al., 2025); sin embargo (Mezadri et al. 2020) indica que los valores de acidez deben oscilar entre 1,04 – 1,87 g/100 g estas variaciones se puede generar en función del grado de madurez y las condiciones de cultivo. La acidez es una característica sensorial significativa que influye en el gusto del producto final y también favorece la estabilidad microbiana del yogur.

La concentración de vitamina C en la pulpa de acerola estudiada llegó a 1649,37 mg/100 g, situándose en la zona intermedia del rango reportado por (Mezadri et al., 2006) y Paiva et al. (2023), quienes indican un contenido de entre 695 y 4827 mg/100 g. Esta variación puede atribuirse a varios elementos, tales como la oxidación del ácido ascórbico durante el procesamiento, la madurez del fruto al momento de recolectarlo, o la duración de exposición al aire y luz, que influyen en la estabilidad de esta vitamina hidrosoluble. Pese a la leve reducción en comparación con el valor máximo teórico, la acerola continúa siendo una fuente importante de vitamina C, apta para su empleo en alimentos funcionales.

4.2. Determinación de la concentración de encapsulante para los fortificantes mediante pruebas de solubilidad e higroscopicidad

4.2.1. Evaluación de la solubilidad

Los resultados obtenidos de la solubilidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado se observan en la Tabla 10.

Tabla 10

Valores de solubilidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado.

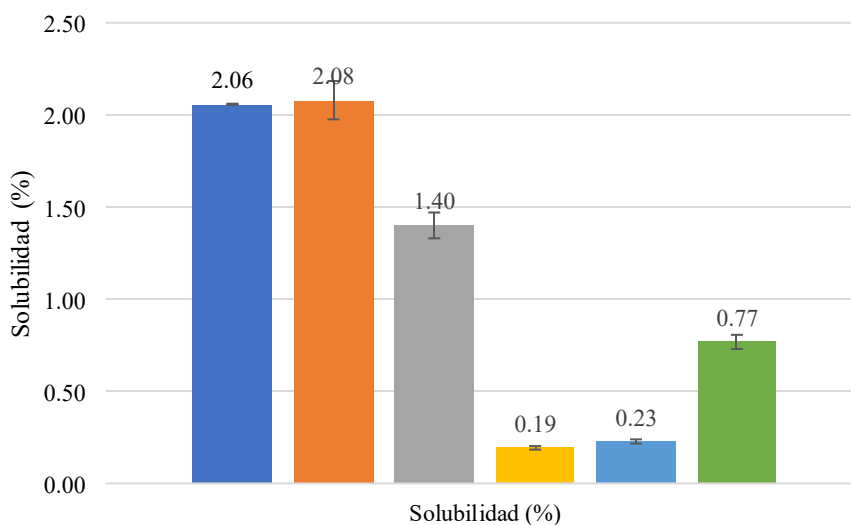
| Tratamientos | Solubilidad (%) | Desviación Estándar (SD) |
|---|-----------------|--------------------------|
| T1 (1.0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 2,06 | 0,00529 |
| T2 (2.0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 2,08 | 0,01140 |
| T3 (3.0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 1,40 | 0,03945 |
| T4 (1.0% Alginato + Fumarato ferroso) | 0,19 | 0,00091 |
| T5 (2.0% Alginato + Fumarato ferroso) | 0,23 | 0,00263 |
| T6 (3.0% Alginato + Fumarato ferroso) | 0,77 | 0,00116 |

De acuerdo a estos resultados podemos indicar que el tratamiento T2 fue el que logro el mayor porcentaje de solubilidad (2,08%) utilizando el fortificador Pirofosfato férrico y un 2,0% de encapsulante alginato. Asimismo, el tratamiento T4 fue el que alcanzo el menor porcentaje de solubilidad (0,19%) utilizando el fortificador Fumarato Ferroso y un 1,0% de encapsulante alginato.

Este resultado corrobora con lo mencionado por (Zhang et al., 2016), quienes manifiestan que las propiedades de las perlas de gel de alginato, tales como el tamaño de las perlas, la porosidad y el perfil de liberación, pueden controlarse mediante factores de ajuste como el pH. Por lo que podemos deducir que dependiendo de que fortificador se use, la solubilidad de las capsulas va estar influenciado con el pH, por lo tanto a menor pH menor es la solubilidad y viceversa, tal como lo indica (Weng et al., 2023).

Figura 10

Solubilidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado.



En la Figura 10 se observa que la solubilidad del pirofosfato férrico fue mayor alcanzando valores de 2,08% de solubilidad como máximo en el tratamiento T1((1.0% Alginato+ Pirofosfato férrico) y una solubilidad mínima de 1,40% en el tratamiento T3(3,0% Alginato+ Pirofosfato férrico). Para el caso del fumarato ferroso el tratamiento T6(3,0% Alginato + Fumarato ferroso) alcanzo el mayor valor de solubilidad (0,77%), mientras que el tratamiento T4 (1,0% Alginato + Fumarato ferroso), fue el que alcanzo el menor porcentaje de solubilidad 0,19%.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos afirmar que el fumarato ferroso encapsulado es menos soluble que el pirofosfato férrico encapsulado, este comportamiento de ser menos soluble del fumarato ferroso se debe a que en pH alcalinos (pH entre 6 y 7) como el agua es menos solubles y en medios ácidos (pH < 4), su solubilidad aumenta significativamente, ya que los protones favorecen la disociación del fumarato y la liberación del ion Fe^{2+} , tal como lo señala (Dary & Mora, 2005).

(Tian et al., 2016), manifiestan que, en cuanto al comportamiento de la solubilidad del Pirofosfato férrico en agua, este es ligeramente soluble a pH de 5,0 a 8,5 debido a la formación de complejo poco solubles como el óxido férrico (Fe_2O_3) y los iones pirofosfato.

Para determinar el grado de significancia de los factores en estudio los datos triplicados obtenidos de solubilidad de cada tratamiento, fueron sometidos al análisis de variancia para un modelo factorial de 2x3, cuyos resultados de significancia se puede observar en la Tabla 11.

Tabla 11

Análisis de varianza de la solubilidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado.

| Origen | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|---------------------|----|------------------|-----------|-------|
| Modelo corregido | 10,978 ^a | 5 | 2,196 | 7646,985 | 0,000 |
| Intersección | 22,637 | 1 | 22,637 | 78840,938 | 0,000 |
| Fortificador | 9,460 | 1 | 9,460 | 32948,901 | 0,000 |
| % Encapsulante | 0,015 | 2 | 0,007 | 25,737 | 0,000 |
| Fortificador * | 1,503 | 2 | 0,751 | 2617,276 | 0,000 |
| Encapsulante | | | | | |
| Error | 0,003 | 12 | 0,000 | | |
| Total | 33,619 | 18 | | | |
| Total corregido | 10,982 | 17 | | | |

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

De acuerdo a los resultados de la Tabla 11, se puede aseverar que existe diferencias significativas entre el factor fortificante, en el factor % Encapsulante, así como la interacción entre los factores fortificante*% Encapsulante, es decir influyen significativamente en la solubilidad.

Para determinar el mejor tratamiento fueron sometidos los datos a una prueba de ordenamiento de Tuckey al 0,05 de confiabilidad, determinándose que el tratamiento que menor solubilidad alcanzo fue el T4(1,0% Alginato + Fumarato ferroso) con un 0,19% de solubilidad y el tratamiento que mayor porcentaje de solubilidad alcanzo fue el tratamiento T2(2,0% Alginato+ Pirofosfato férrico) con un 2,08%.

4.2.2. Evaluación de la higroscopicidad

Los resultados de la evaluación de higroscopicidad del encapsulado de Pirofosfato férrico y de fumarato ferroso según la metodología descrita se puede apreciar en la siguiente Tabla 12.

Tabla 12

Higroscopicidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado.

| Tratamientos | Higroscopicidad (%) | Desviación Estándar |
|--|----------------------------|----------------------------|
| T1(1.0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 9,90 | 0,00361 |
| T2(2.0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 10,10 | 0,01266 |
| T3(3.0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 10,00 | 0,03911 |
| T4(1.0% Alginato + Fumarato ferroso) | 10,00 | 0,10394 |
| T5(2.0% Alginato + Fumarato ferroso) | 9,00 | 0,03659 |
| T6(3.0% Alginato + Fumarato ferroso) | 9,09 | 0,08500 |

De acuerdo a los resultados de la Tabla 12, podemos indicar que el tratamiento que alcanzo la menor higroscopicidad fue el tratamiento T5(2,0% Alginato + Fumarato ferroso) con un 9% de higroscopicidad, mientras que el tratamiento T2(2,0% Alginato+ Pirofosfato férrico), fue el tratamiento que alcanzo mayor higroscopicidad al vapor de agua con un 10,10% de higroscopicidad.

Sin embargo, se podemos observar que las variaciones de los porcentajes de higroscopicidad no son muy distanciadas, esto comportamiento se puede fundamentar básicamente de que el gel de alginato constituye una barrera física para el paso de agua en forma de vapor, tal como lo indica Lai et al. (2024). Por consiguiente, la incorporación

de alginato como agente encapsulante contribuye a disminuir la higroscopicidad de los compuestos de hierro, debido a su capacidad para formar una matriz polimérica que limita la absorción de humedad del ambiente. Este efecto mejora la estabilidad física y química del material encapsulado, reduciendo la tendencia a la aglomeración y favoreciendo su conservación durante el almacenamiento (Lupo Pasin, 2014).

Figura 11

Higroscopicidad porcentual alcanzada por los tratamientos en estudio.



De acuerdo a los resultados de la Figura 11, podemos afirmar que los tratamientos de encapsulación en Pirofosfato férrico fueron los que alcanzaron mayores porcentajes de higroscopicidad, en comparación a los menores porcentajes de higroscopicidad obtenidos en la encapsulación del fumarato ferroso.

Rodríguez-Barona et al. (2016), manifiestan que este comportamiento de limitar la higroscopicidad se podría relacionar al grado de polimerización logrado entre el encapsulante-Alginato y la matriz específica-Fortificante.

Por lo tanto se puede afirmar que el fumarato ferroso encapsulado formó una mejor estructura polimérica, lo que trajo como resultado una menor higroscopicidad en las muestras en estudio; asimismo otro factor que influye en la higroscopicidad de alimentos es la temperatura del medio, tal como lo indica (Naskar et al., 2010).

Para determinar el grado de significancia de los factores en estudio se realizó el análisis de variancia del % de higroscopicidad, cuyos resultados se puede observar en la Tabla 13.

Tabla 13

Análisis de varianza de la higroscopicidad del pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado.

| Factor de variabilidad | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-------------------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|------------|-------------|
| Modelo corregido | 3,702 ^a | 5 | 0,740 | 210,810 | 0,000 |
| Intersección | 1688,405 | 1 | 1688,405 | 480791,279 | 0,000 |
| Fortificador | 1,817 | 1 | 1,817 | 517,425 | 0,000 |
| Encapsulante | 0,637 | 2 | 0,319 | 90,753 | 0,000 |
| Fortificador * Encapsulante | 1,247 | 2 | 0,624 | 177,558 | 0,000 |
| Error | 0,042 | 12 | 0,004 | | |
| Total | 1692,149 | 18 | | | |
| Total corregido | 3,744 | 17 | | | |

a. R al cuadrado = ,989 (R al cuadrado ajustada = ,984)

Tras analizar los datos presentados en la Tabla 13, se concluye que hay un grado de significancia entre el factor fortificante, así como en el factor porcentaje del encapsulante, y en la relación que existe entre ambos. Esto implica que dichos factores ejercen un efecto significativo en el grado de higroscopicidad evaluada.

Ante los resultados de significancia de los datos analizados se sometió a la prueba de Tukey, fijando un nivel de confianza del 95%, se buscó identificar el tratamiento más eficaz, es decir menor higroscopicidad. Los resultados arrojaron que la menor higroscopicidad se identificó en el tratamiento T5 (2,0% Alginato + Fumarato ferroso), mostrando un valor de tan solo 9,0%. Por otro lado, el tratamiento T2 (2,0% Alginato + Pirofosfato férrico) exhibió la mayor higroscopicidad, alcanzando el valor de 10,10%.

4.3. Evaluación del efecto de la concentración de pirofosfato férrico y fumarato ferroso del encapsulado en el desarrollo del yogur fortificado

4.3.1. Aceptabilidad

Los valores de la evaluación sensorial de la aceptabilidad del yogur fortificado con encapsulados de Pirofosfato férrico y de fumarato ferroso se observa en la Tabla 14.

Tabla 14

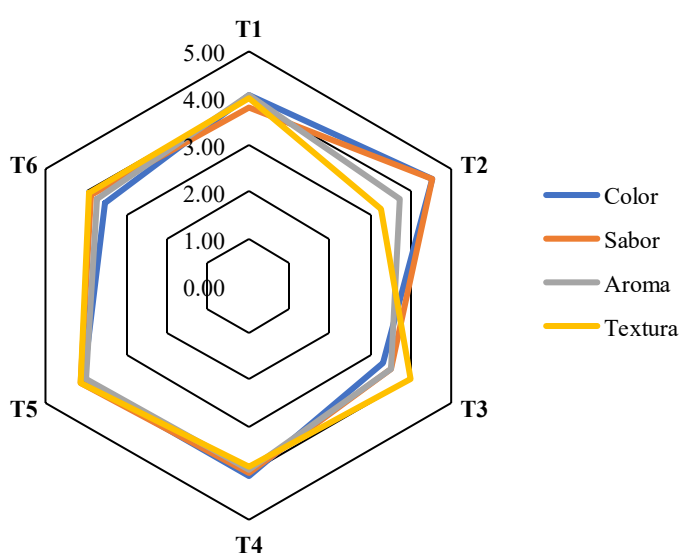
Valores de la evaluación sensorial del yogur fortificado.

| Tratamientos | Color | Sabor | Aroma | Textura |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| T1(1,0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 4,07 | 3,80 | 4,07 | 4,00 |
| T2(2,0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 4,33 | 4,53 | 4,13 | 3,93 |
| T3(3,0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 3,87 | 3,53 | 3,53 | 4,00 |
| T4(1,0% Alginato + Fumarato ferroso) | 4,07 | 4,00 | 3,93 | 4,00 |
| T5(2,0% Alginato + Fumarato ferroso) | 4,07 | 4,13 | 4,00 | 4,00 |
| T6(3,0% Alginato + Fumarato ferroso) | 3,73 | 3,87 | 3,73 | 3,93 |

De acuerdo a los resultados, podemos inferir que en el atributo color el tratamiento que tuvo mayor aceptabilidad fue el tratamiento T2(1,0% de pirofosfato encapsulado), el cual alcanzo un valor de 4,53 puntos en la escala hedónica; para el atributo sabor el mejor tratamiento fue el T2(1,0% de pirofosfato encapsulado) con un puntaje de 4,53 puntos, para el atributo aroma el tratamiento que alcanzo el mejor puntaje fue el tratamiento T2(1,0% de pirofosfato encapsulado), con 4.13 puntos, y finalmente para el atributo textura el tratamiento que alcanzo el mejor puntaje fue el T5(1,0% de fumarato ferroso).

Figura 12

Perfil sensorial del yogur fortificado.



De acuerdo al perfil sensorial del yogur fortificado podemos inferir que el tratamiento T2, resalta en los atributos de color y sabor, destacando en el perfil sensorial

mejor que los otros tratamientos en estudio.

Navas, (2012), manifiesta que “en el diseño de cualquier producto alimenticio nuevo o modificado es importante considerar lo que agrada, lo que desagrada y las preferencias de los grupos consumidores a quienes se destina”, es decir que el atributo sabor y aroma son los más destacables en una evaluación sensorial de alimentos. Esta afirmación concuerda con los resultados obtenidos en la investigación realizada, reafirmando que el yogur frutado con acerola modificado con Pirofosfato férrico encapsulado es más aceptable en sabor y aroma.

En el Análisis de variancia para el atributo color, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 15

Tabla 15

Análisis de varianza del color del yogur con pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado.

| Origen | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|----------|-------------|
| Modelo corregido | 5,778 ^a | 19 | 0,304 | 0,755 | 0,749 |
| Intersección | 1456,044 | 1 | 1456,044 | 3617,145 | 0,000 |
| Panelistas | 2,622 | 14 | 0,187 | 0,465 | 0,944 |
| Tratamientos | 3,156 | 5 | 0,631 | 1,568 | 0,181 |
| Error | 28,178 | 70 | 0,403 | | |
| Total | 1490,000 | 90 | | | |
| Total corregido | 33,956 | 89 | | | |

a. R al cuadrado = ,170 (R al cuadrado ajustada = -,055)

De acuerdo a la Tabla 15, se puede afirmar que no existe diferencias significativas entre tratamientos, debido a que el coeficiente de determinación ($R^2 = .170$) indica que el modelo explica solo el 17 % de la variabilidad del atributo color. Asimismo, el R^2 ajustado presentó un valor negativo ($-0,055$), lo que evidencia que el modelo no es adecuado para explicar el comportamiento del color del yogur. por lo que no se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey.

En el Análisis de variancia para el atributo sabor, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16

Análisis de varianza del sabor del yogur con pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado.

| Origen | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|---------------------|----|------------------|----------|-------|
| Modelo corregido | 15,578 ^a | 19 | 0,820 | 3,504 | 0,000 |
| Intersección | 1424,044 | 1 | 1424,044 | 6086,486 | 0,000 |
| Panelistas | 6,956 | 14 | 0,497 | 2,123 | 0,020 |
| Tratamientos | 8,622 | 5 | 1,724 | 7,370 | 0,000 |
| Error | 16,378 | 70 | 0,234 | | |
| Total | 1456,000 | 90 | | | |
| Total corregido | 31,956 | 89 | | | |

a. R al cuadrado = ,487 (R al cuadrado ajustada = ,348)

En la Tabla 16 se observa que existieron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), lo que evidencia que los tratamientos tuvieron un efecto significativo sobre el atributo sabor del yogur fortificado. Asimismo, se encontraron diferencias significativas entre panelistas ($p < 0,05$). El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.487$) indica que el modelo explicó el 48,7 % de la variabilidad del sabor, mientras que el R^2 ajustado (0.348) confirma la adecuación del modelo. Por ello, se procedió a la aplicación de la prueba de comparación múltiple de Tukey. cuyo resultado se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17

Prueba de ordenamiento de tuckey del atributo sabor.

| Tratamientos | N | Subconjunto | | |
|--|----|-------------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| T3(3,0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 15 | 3,53 | | |
| T1(1,0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 15 | 3,80 | 3,80 | |
| T6(3,0% Alginato + Fumarato ferroso) | 15 | 3,87 | 3,87 | |
| T4(1,0% Alginato + Fumarato ferroso) | 15 | 4,00 | 4,00 | |
| T5(2,0% Alginato + Fumarato ferroso) | 15 | | 4,13 | 4,13 |
| T2(2,0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 15 | | | 4,53 |
| Sig. | | 0,101 | 0,419 | 0,223 |

En la Tabla 17 se observa que el tratamiento T2 alcanzo el valor de 4,53 resultando ser el mayor, pero resultado estadísticamente iguales a los tratamientos T5 respectivamente. Este comportamiento nos afirma que el pirofosfato férrico y el fumarato ferroso no tuvieron un efecto significativo para afectar el color, resultando ser iguales estadísticamente.

En el Análisis de variancia para el atributo aroma, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18

Análisis de variancia del aroma del yogur con pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado.

| Origen | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|----------|-------|
| Modelo corregido | 9,433a | 19 | 0,496 | 1,409 | 0,151 |
| Intersección | 1368,900 | 1 | 1368,900 | 3884,716 | <,001 |
| Panelistas | 5,600 | 14 | 0,400 | 1,135 | 0,344 |
| Tratamientos | 3,833 | 5 | 0,767 | 2,176 | 0,067 |
| Error | 24,667 | 70 | 0,352 | | |
| Total | 1403,000 | 90 | | | |
| Total corregido | 34,100 | 89 | | | |

a R al cuadrado = ,277 (R al cuadrado ajustada = ,080)

En la Tabla 18 se observa que no existieron diferencias significativas entre tratamientos para el atributo aroma ($p > 0,05$), lo que indica que la incorporación de pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado no afectó significativamente este atributo sensorial. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre panelistas ($p > 0,05$). El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,277$) y el R^2 ajustado (0,080) evidencian que el modelo presentó una baja capacidad explicativa para el aroma, por lo que no se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey.

En el Análisis de variancia para el atributo textura, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19

Análisis de varianza de la textura del yogur con pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado.

| Origen | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|--------------------|----|------------------|----------|-------|
| Modelo corregido | 8,044 ^a | 19 | 0,423 | 0,991 | 0,482 |
| Intersección | 1424,044 | 1 | 1424,044 | 3332,645 | 0,000 |
| Panelistas | 7,956 | 14 | 0,568 | 1,330 | 0,213 |
| Tratamientos | 0,089 | 5 | 0,018 | 0,042 | 0,999 |
| Error | 29,911 | 70 | 0,427 | | |
| Total | 1462,000 | 90 | | | |
| Total corregido | 37,956 | 89 | | | |

a. R al cuadrado = ,212 (R al cuadrado ajustada = -,002)

En la Tabla 19 se observa que no existieron diferencias significativas entre tratamientos para el atributo textura ($p > 0,05$), lo que indica que la incorporación de pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado no tuvo efecto significativo sobre la textura del yogur frutado con acerola. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre panelistas ($p > 0,05$). El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,212$) y el R^2 ajustado ($-0,002$) evidencian que el modelo presentó una baja capacidad explicativa para este atributo, por lo que no se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey.

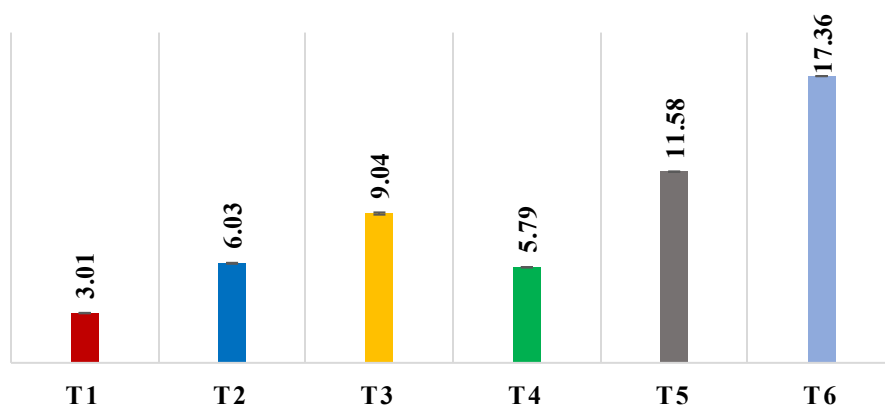
4.3.2. Contenido de hierro

En cuanto al contenido de hierro de los tratamientos en estudio, los resultados se pueden observar en la Tabla 20.

Tabla 20*Contenido de hierro en yogur fortificado (mg/100 mL).*

| Tratamientos | [Fe] (mg/100 mL) | Desviación estándar |
|--|------------------|---------------------|
| T1(1,0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 3,01 | 0,01473 |
| T2(2,0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 6,03 | 0,03011 |
| T3(3,0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 9,04 | 0,06850 |
| T4(1,0% Alginato + Fumarato ferroso) | 5,79 | 0,01578 |
| T5(2,0% Alginato + Fumarato ferroso) | 11,58 | 0,00976 |
| T6(3,0% Alginato + Fumarato ferroso) | 17,36 | 0,00604 |

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 20, podemos decir que a medida que se incrementa la concentración de los fortificantes encapsulados en el yogurt frutado con acerola, la concentración de hierro se incrementa, sin embargo este incremento es menos notable en el pirofosfato férrico encapsulado, en el cual con 1,5% de encapsulado se alcanzó el valor de 9,04 mg/100 mL y a la vez resulto más acentuado en el caso del fumarato ferroso encapsulado en el que con un 1,5% de encapsulado se alcanzó un máximo de 17,36 mg/100 mL de yogur.

Figura 13*Concentración de hierro alcanzada en los tratamientos en estudio*

En la Figura 13, se observa que el pirofosfato férrico encapsulado, alcanzo las menores concentraciones de hierro, en relación al fumarato ferroso encapsulado. Este comportamiento resulta muy previsible, debido a que la concentración o equivalencia al hierro no hemínico es conocida, tal es el caso que para el caso del pirofosfato férrico esta tiene una relación de pureza del 32,87% y para el fumarato férrico su relación de

pureza es de 30.14%, tal como lo indica el (Vademecum, 2025).

Luego de determinar la normalidad de los datos en estudio ($p > 0.05$) se sometió a la data para determinar el grado de significancia entre los factores en estudio los cuales fueron sometidos al análisis de variancia para un modelo factorial de 2x3, cuyos resultados de significancia se puede observar en la Tabla 21.

Tabla 21

ANVA de la variable dependiente concentración de hierro en el yogur fortificado.

| Factores de variabilidad | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|----------------------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|------------|-------------|
| Modelo corregido | 393,839 ^a | 5 | 78,76 | 79652,1 | 0,001 |
| Intersección | 1394,97 | 1 | 1394,97 | 1410650,09 | 0,001 |
| Fortificador | 138,44 | 1 | 138,44 | 140000,36 | 0,001 |
| Conc.Fortificante | 232,32 | 2 | 116,16 | 117465,16 | 0,001 |
| Fortificador * Conc.Fortificante | 23,07 | 2 | 11,53 | 11666,69 | 0,001 |
| Error | 0,01 | 12 | 0,001 | | |
| Total | 1788,82 | 18 | | | |
| Total corregido | 393,85 | 17 | | | |

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

En la Tabla 21 se observa que el modelo factorial 2x3 fue altamente significativo ($p < 0.05$), lo que evidencia que los factores en estudio influyeron sobre la concentración de hierro en el yogur fortificado. Se encontraron diferencias significativas tanto para el tipo de fortificador como para la concentración del fortificante ($p < 0,05$). Asimismo, se evidenció una interacción significativa entre ambos factores, lo que indica que el efecto de la concentración dependió del fortificador empleado. El elevado coeficiente de determinación ($R^2 = 1,000$) demuestra un ajuste adecuado del modelo. En consecuencia, se procedió a la aplicación de la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Tabla 22*Prueba de tuckey para la concentración de hierro en yogur fortificado.*

| Tratamientos | N | Subconjunto | | | | | |
|--------------|---|-------------|--------|--------|--------|---------|----------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| T1 | 3 | 3,0167 | | | | | |
| T4 | 3 | | 5,7900 | | | | |
| T2 | 3 | | | 6,0300 | | | |
| T3 | 3 | | | | 9,0433 | | |
| T5 | 3 | | | | | 11,5767 | |
| T6 | 3 | | | | | | 17,3633 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

De acuerdo a los resultados de la Tabla 22, se puede afirmar que el tratamiento T6 fue el que alcanzo la mayor concentración de Fe en el yogur fortificado con 17.36 mg/100 mL.

4.4. Análisis del efecto del mejor tratamiento de yogur fortificado en los niveles de hemoglobina en niños.

4.4.1. Efecto del yogur fortificado con pirofosfato férrico encapsulado

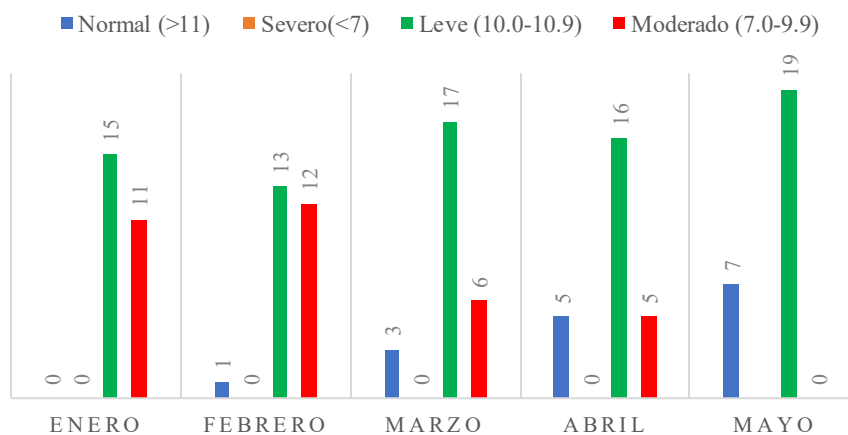
Para verificar el efecto del yogur fortificado con pirofosfato férrico encapsulado, se tomó al tratamiento que tuvo mejor aceptabilidad en la evaluación sensorial, por lo que se empleó el tratamiento T2(1,5% de pirofosfato férrico encapsulado), el cual se repartió un yogurt de 100 mL del mes de enero hasta el mes de mayo (5 meses) a los 26 niños y niñas menores de 6 años de la base de datos que maneja la Municipalidad distrital de Nazarenas.

Los resultados se observan en la Tabla 23.

Tabla 23*Efecto del consumo de yogur fortificado en niños convalecientes de anemia.*

| Condición | Unidad hemoglobina (Hb) | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo |
|----------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Normal (>11) | Hb | 0 | 1 | 3 | 5 | 7 |
| Leve (10.0-10.9) | Hb | 15 | 13 | 17 | 16 | 19 |
| Moderado (7.0-9.9) | Hb | 11 | 12 | 6 | 5 | 0 |
| Severo (<7) | Hb | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL (niños) | Hb | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |

De los resultados de la tabla 23, podemos afirmar que se inició el estudio en el primer mes (enero) con 26 niños, de los cuales 11 de ellos se catalogaban como niños con anemia moderada (Hb<10). En el segundo mes (Febrero) se redujo a 13 niños y niñas con anemia moderada (Hb<10), para el tercer mes (Marzo) se redujo a 6 niños y niñas con anemia moderada (Hb<10), para que finalmente en el cuarta mes (abril) se redujera a 5 niños y quinto mes (mayo) se redujera a 0 niños y niñas con anemia moderada (Hb<10).

Figura 14*Efecto del consumo de yogur fortificado en niños convalecientes de anemia.*

De la Figura 14 podemos afirmar que el consumo diario de 100 mL de yogur fortificado con pirofosfato férrico encapsulado permitió reducir la cantidad de niños y niñas con anemia moderada de un 42.30% a un 0%, en un periodo de 5 meses.

Para el caso del pirofosfato férrico encapsulado, West Bengal Chemical Industries Limited, (2025) manifiesta que no cambia el sabor ni el color de los alimentos

(a diferencia de otras sales de hierro, como el sulfato ferroso. Asimismo, el pirofosfato férrico se elige como una herramienta valiosa y versátil en la lucha contra la deficiencia de hierro. Su alta biodisponibilidad, su suavidad, su amplio rango de aplicaciones y, sobre todo, su color blanco, lo convierten en una opción preferida para la fortificación y suplementación de alimentos. Por lo que los resultados obtenidos confirmar esta aseveración teórica.

Para validar el efecto del consumo de yogur fortificado con pirofosfato férrico encapsulado se realizó un análisis estadístico de comparación de medias de t-Student, cuyos resultados se observa en la Tabla 24.

Tabla 24

Prueba de muestras pareadas del efecto del consumo de yogur fortificado con pirofosfato férrico en niños.

| | | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Significación | |
|-------|-----------------|-------------------------|-------------------------|--|----------|----------------|--------|----|-------------------|-------|
| | Media | Desv. estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | P de un factor | | | P de dos factores | |
| | | | | Inferior | Superior | | | | | |
| Par 1 | Antes - Después | -1,158 | 0,828 | 0,162 | -1,492 | -0,823 | -7,129 | 25 | 0,000 | 0,000 |

De acuerdo a estos resultados de la Tabla 24 podemos afirmar que $p < 0,05$ a un nivel de significancia del 5%, por lo que se rechaza la hipótesis nula ($H_0: \mu = 0$) y se acepta la hipótesis alternante ($H_0: \mu \neq 0$), es decir que el consumo de yogur frutado con acerola y fortificado con pirofosfato encapsulado tuvo un efecto positivo en mejorar e incrementar la hemoglobina en los niños materia de estudio, reduciendo la incidencia de anemia de un 43% a un 23% en tres meses.

4.4.2. Efecto del yogur fortificado con fumarato ferroso encapsulado

Los resultados del efecto del consumo de yogur fortificado con fumarato ferroso encapsulado, se tomó al tratamiento que tuvo mejor aceptabilidad en la evaluación sensorial (T5: 1,0% de fumarato ferroso encapsulado), por lo que se empleó el tratamiento cuyos resultados se observan en la Tabla 25.

Tabla 25*Efecto del consumo de yogur fortificado en niños convalecientes de anemia.*

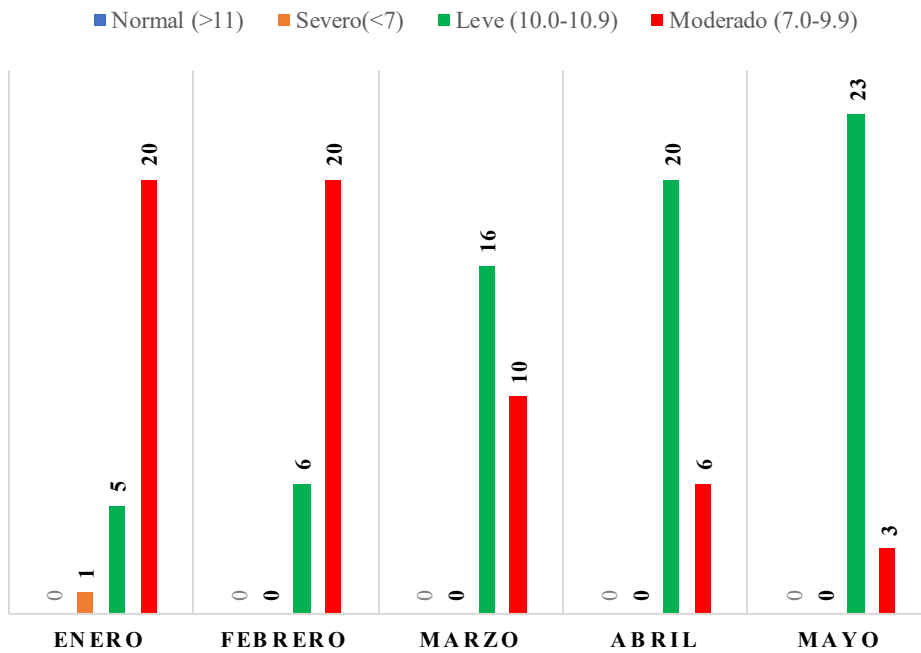
| Condición | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo |
|---------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|
| Normal (>11) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Leve (10.0-10.9) | 5 | 6 | 16 | 20 | 23 |
| Moderado (7.0-9.9) | 20 | 20 | 10 | 6 | 3 |
| Severo(<7) | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |

De acuerdo a la Tabla 25, se puede afirmar que el yogur fortificado con fumarato ferroso encapsulado, se logró reducir de un 76,5% de niños en condición de anemia moderada (7.0-9.9 Hb) se ha reducido en un periodo de 3 meses a un 38,5% de niños con anemia moderada y a los 5 meses se redujo a un 11,54%. Este comportamiento se refleja en el incremento de niños en condición de Leve (10,0-10,9 Hb), de incremento de 5 niños en condición de Leve en el primer mes a 23 niños en el quinto mes, alcanzando un incremento 460%.

De acuerdo a estos resultados se puede afirmar que el yogurt fortificado con fumarato ferroso tuvo un buen comportamiento en mejorar las condiciones de anemia de los niños y niñas menores de 6 años. Este resultado se puede contrastar de que estos efectos se deben básicamente que el fumarato actúa mejor a pH ácidos, (Vademecum, 2025), además la acerola brinda un complemento de vitamina C del fruto de acerola lo que a través del sinergismo generado mejoro la biodisponibilidad del hierro, (Mezadri et al., 2006), lo que trajo como consecuencia un incremento de la hemoglobina es estos niños.

Figura 15

Efecto del consumo de yogur fortificado (Fumarato ferroso) en niños convalecientes de anemia.



De acuerdo a la Figura 15, se afirma que se logró recuperar a niños con anemia a leve en un 460% aproximadamente.

Para validar el efecto del consumo de yogur fortificado con fumarato ferroso encapsulado se realizó un análisis estadístico de comparación de medias de t-Student, cuyos resultados se observa en la Tabla 26.

Tabla 26

Prueba de muestras pareadas del efecto del consumo de yogur fortificado con fumarato ferroso en niños.

| | | Diferencias emparejadas | | | | t | gl | Significación | | |
|-----|---------|-------------------------|----------------|-------------------------|--|----------|-------|----------------|-------------------|-------|
| | | Media | Desv. estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | P de un factor | P de dos factores | |
| | | | | | Inferior | Superior | | | | |
| Par | Antes - | -4,478 | 17,229 | 3,045 | -10,69 | 1,734 | -1,47 | 31 | 0,026 | 0,012 |
| 1 | Después | | | | | | | | | |

De acuerdo al análisis de la Tabla 26, y de acuerdo a los resultados de $p < 0,026$, se puede afirmar que el yogur fortificado con fumarato ferroso encapsulado tuvo un buen

resultado en la mejora del contenido de hierro en sangre en los niños menores a 6 años. Por lo cual se puede afirmar que el factor o variable de estudios (% de fortificador) tuvo efecto positivo en la reducción de la anemia en el grupo de niños en estudio.

CONCLUSIONES

1. Se determinó la concentración del encapsulante en el pirofosfato férrico y fumarato ferroso, estableciendo que para el encapsulado de pirofosfato férrico el mejor tratamiento fue el T3(3% de alginato de sodio) quien alcanzo un 1.4% de solubilidad y un 10% de higroscopicidad, para el caso del encapsulado de fumarato ferroso el mejor tratamiento fue el T4(1% de Alginato de sodio), quien alcanzo un 0.19% de solubilidad y un 9% de higroscopicidad.
2. Se determina el efecto de la concentración de pirofosfato férrico y fumarato ferroso del encapsulado en la aceptabilidad y concentración de hierro, determinándose que en la prueba de aceptabilidad (Color, sabor, aroma y textura) el mejor tratamiento fue el tratamiento T2(1,0% de pirofosfato férrico encapsulado) el cual alcanzo un valor promedio de 4,53 puntos en la escala hedónica, para el caso de la concentración de hierro el mejor tratamiento fue el T6(1,5% de fumarato ferroso).
3. Se analizó el efecto del mejor tratamiento de yogur fortificado en los niveles de hemoglobina en niños, determinándose que el yogur frutado con acerola con pirofosfato férrico encapsulado T2 (1,0% de pirofosfato férrico encapsulado) redujo la incidencia de anemia moderada de un 42,3% a un 19,2% en cinco meses. Mientras que el yogur frutado con acerola con fumarato ferroso encapsulado T6 (1,5% de fumarato ferroso encapsulado) se logró recuperar a niños con anemia moderada de un 76,9% a un 11,54% en un periodo de 5 meses apropiadamente.
4. Finalmente, se evaluó la incorporación de pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado en yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé), determinándose que el yogur frutado con acerola y con 1,5% de fumarato ferroso encapsulado resulta viable para su uso en la mejora de estado de anemia de moderado a leve lográndose alcanzar una reducción de 76,9% a un 11,54%.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar la incorporación de otros fortificadores encapsulados como el sulfato ferroso y Bisglicinato ferroso como encapsulante, así como otros alimentos como vehículos para la lucha contra la anemia.
2. Utilizar recurso como las frutas de la región que cuenten con altas concentraciones de ácido ascórbicos como el aguaymanto para mejorar la adsorción del hierro.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, M. (2025, junio 25). Perú: Más del 43% de niños padece anemia infantil y la desnutrición crónica se eleva al 12% en menores de cinco años | Punto Seguido - UPC. <https://puntoseguido.upc.edu.pe/peru-mas-del-43-de-ninos-padece-anemia-infantil-y-la-desnutricion-cronica-se-eleva-al-12-en-menores-de-cinco-anos/>
- Allen, L. (2006). Guidelines on food fortification with micronutrients. World Health Organization ; Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- American Dietetic Association & Dietitians of Canada. (2003). Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: Vegetarian diets. *Journal of the American Dietetic Association*, 103(6), 748-765. <https://doi.org/10.1053/jada.2003.50142>
- AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (18th ed.). Oxford University Press.
- Arguello1, D. S. (2020). Evaluación poscosecha y caracterización físico-química de material de acerola (*Malpighia emarginata*) Clon INTA 92. *Alcances Tecnológicos*, 13(1), 50-58. <https://doi.org/10.35486/at.v13i1.170>
- Baldelli, A., Ren, M., Liang, D. Y., Lai, S., Hartono, B., Sum, K., & Pratap-Singh, A. (2023). Sprayed microcapsules of minerals for fortified food. *Journal of Functional Foods*, 101, 105401. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105401>
- Bastos-Oreiro, M. (2009a). Anemia ferropénica: Tratamiento. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 101(1). <https://doi.org/10.4321/S1130-01082009000100010>
- Bastos-Oreiro, M. (2009b). Anemia ferropénica: Tratamiento. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 101(1). <https://doi.org/10.4321/S1130-01082009000100010>
- Boldt, D. H. (1999). New perspectives on iron: An introduction. *The American Journal of the Medical Sciences*, 318(4), 207-212. <https://doi.org/10.1097/00000441-199910000-00001>
- Cheyne, K. (2025, enero 13). Iron Absorption: Understanding Factors that Enhance or Inhibit Uptake. Canadian Digestive Health Foundation. <https://cdhf.ca/en/iron-absorption-understanding-factors-that-enhance-or-inhibit-uptake/>
- Clinisciences. (2022). Sulfato ferroso. <https://www.clinisciences.com/es/comprar/cat-sulfato-ferroso-6211.html>
- Codex Alimentarius, C. de. (2011). *Leche y Productos Lácteos*. Segunda edición. D - FAO.

- Colegio Médico del Perú. (2023). La anemia infantil en el Perú: Situación y retos. Arte Perú. <https://www.cmp.org.pe/wp-content/uploads/2023/11/INFORME-DEL-SEMINARIO-LA-ANEMIA-INFANTIL-EN-EL-PERU.pdf>
- Cook, J. D., & Reddy, M. B. (2001). Effect of ascorbic acid intake on nonheme-iron absorption from a complete diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(1), 93-98. <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.1.93>
- Dary, O., & Mora, J. O. (2005). FOOD FORTIFICATION | Developing Countries. En B. Caballero (Ed.), *Encyclopedia of Human Nutrition (Second Edition)* (pp. 302-309). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-226694-3/02129-3>
- Dávila, C. (2025). Anemia y Desnutrición Crónica: ¿Por qué no hemos logrado la meta? - Propuestas Bicentenario. <https://propuestasdelbicentenario.pe/blog/2023/04/27/anemia-y-desnutricion-cronica-por-que-no-hemos-logrado-la-meta/>
- Delva, L., & Goodrich-Schneider, R. (2013). Antioxidant activity and antimicrobial properties of phenolic extracts from acerola (*Malpighia emarginata* DC) fruit. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(5), 1048-1056. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12061>
- Díaz Ortiz, J. E. (2011). Propuesta metodológica para determinar el potencial de humedad de un material granular a partir de la humedad relativa. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 7(1), 73-79. <https://doi.org/10.25100/iyc.v7i1.2528>
- Duque, A. L., Giraldo, G. A., & Cortés, M. (2014). FORTIFICACIÓN DE PULPA DE UCHUVA CON CALCIO, OLIGOFRUCTOSA Y VITAMINA C, ESTABILIZADA CON HIDROCOLOIDE. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 124-133.
- Durán, S., Crovetto, M., Espinoza, V., Mena, F., Oñate, G., Fernández, M., Coñuecar, S., Guerra, Á., & Valladares, M. (2017). Caracterización del estado nutricional, hábitos alimentarios y estilos de vida de estudiantes universitarios chilenos: Estudio multicéntrico. *Revista médica de Chile*, 145(11), 1403-1411. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872017001101403>
- Duyff, R. L. (2007). *American Dietetic Association Complete Food and Nutrition Guide*. <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/5681/63/L-G-0000568163-0002356308.pdf>
- El-Abbadi, N. H., Dao, M. C., & Meydani, S. N. (2014). Yogurt: Role in healthy and active aging. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 99(5 Suppl), 1263S-70S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.073957>
- Evstatiev, R., Cervenka, A., Austerlitz, T., Deim, G., Baumgartner, M., Beer, A., Krnjic, A., Gmainer, C., Lang, M., Frick, A., Schachner, H., Khare, V., & Gasche, C.

- (2021). The food additive EDTA aggravates colitis and colon carcinogenesis in mouse models. *Scientific Reports*, 11(1), 5188. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84571-5>
- FAO/WHO. (2006). *FOOD FORTIFICATION TECHNOLOGY*.
<https://www.fao.org/4/w2840e/w2840e03.htm>
- Feldman, L., Najle, R., Rivero, M. A., Rodríguez, E. M., & Estein, S. M. (2017). Anemia inflamatoria: Fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. *Acta Bioquím Clín Latinoam*, 361-374.
- Fischer, J. A. J., Cherian, A. M., Bone, J. N., & Karakochuk, C. D. (2023). The effects of oral ferrous bisglycinate supplementation on hemoglobin and ferritin concentrations in adults and children: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition Reviews*, 81(8), 904-920.
<https://doi.org/10.1093/nutrit/nuac106>
- Fleming, R. E., & Bacon, B. R. (2005). Orchestration of iron homeostasis. *The New England Journal of Medicine*, 352(17), 1741-1744.
<https://doi.org/10.1056/NEJMp048363>
- Food Struct. (2024). Acerola nutrition: Calories, carbs, GI, protein, fiber, fats. *Food Struct*. <https://foodstruct.com/food/acerola>
- García-Casal, M. N., Peña-Rosas, J., & Giyose, B. (2019). Fortificación de alimentos con hierro.
- García-Casal, M. N. (2014). Planning and Implementing Food Fortification Programs to Combat Micronutrient Malnutrition: Iron. *Food and Nutrition Sciences*, 5(10), 880-888. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.510097>
- Garnica, G., & Alcántar, M. (2023). Microencapsulación de sabores y aromas. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/259-numero-30/468-microencapsulacion-de-sabores-y-aromas.html>
- Gomez Huamaní, K. J., & Terres Quispe, J. J. (2023). "Efecto de la fortificación de la leche pasteurizada y queso andino con pirofosfato férrico liposomal, ácido ascórbico y retinol en los niveles de hemoglobina y aceptabilidad en niños entre 5 a 10 años". <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5201>
- Gonzales, P. M. A. (2024, marzo 15). Anemia infantil en Perú: El 43.1% de bebés y niños menores de tres años son los más afectados. *infobae*.
<https://www.infobae.com/peru/2024/03/15/mas-ninos-con-anemia-en-peru-crecen-las-cifras-a-431-en-menores-de-3-anos/>
- Gulec, S., Anderson, G. J., & Collins, J. F. (2014). Mechanistic and regulatory aspects of intestinal iron absorption. *American Journal of Physiology. Gastrointestinal and Liver Physiology*, 307(4), G397-409.

<https://doi.org/10.1152/ajpgi.00348.2013>

- Gunn, N. (2015). Productos elaborados con acerola: "Composición química, satisfacción y nivel de información de ella en adultos".
<https://rdi.unsta.edu.ar/items/b7ecd667-08b7-4ab6-b561-8e5122f20caf>
- Habib, M., Singh, S., Jan, S., Jan, K., & Bashir, K. (2025). The future of the future foods: Understandings from the past towards SDG-2. *Npj Science of Food*, 9(1), 138. <https://doi.org/10.1038/s41538-025-00484-x>
- Hernández Sampieri, R., & Fernandez-Collado, C. F. (2014). Metodología de la investigación (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.
- Hernández-Vásquez, A., Azañedo, D., Antiporta, D. A., & Cortés, S. (2017). Análisis espacial de la anemia gestacional en el Perú, 2015. *Rev. peru. med. exp. salud publica*, 43-51.
- Hsu, M. Y., Mina, E., Roetto, A., & Porporato, P. E. (2020). Iron: An Essential Element of Cancer Metabolism. *Cells*, 9(12), 2591. <https://doi.org/10.3390/cells9122591>
- Huertas, R. A. P. (2010). Revisión: Microencapsulación de Alimentos.
- Hurrell, R. F. (2002). Fortification: Overcoming Technical and Practical Barriers. *The Journal of Nutrition*, 132(4), 806S-812S. <https://doi.org/10.1093/jn/132.4.806S>
- INEI. (2024). Perú: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar, Endes 2023—Informes y publicaciones—Instituto Nacional de Estadística e Informática—Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/5601739-peru-encuesta-demografica-y-de-salud-familiar-endes-2023>
- Jarrín, K. (2021). Obtención de microcápsulas de colágeno hidrolizado enriquecido con pulpa de Ananas comusus (piña) mediante el método de secado por atomización para su posterior aplicación en la industria alimentaria.
<https://repositorio.espe.edu.ec/items/95456f9f-a746-47d3-93cd-02ea4c1ed8f7>
- Jha, S., Sharma, P. K., & Malviya, R. (2016). Liposomal Drug Delivery System for Cancer Therapy: Advancement and Patents. *Recent Patents on Drug Delivery & Formulation*, 10(3), 177-183.
<https://doi.org/10.2174/1872211310666161004155757>
- Junta de Alimentos y Nutrición, & Instituto de Medicina. (2001). Ingestas Dietéticas de Referencia de Vitamina A, Vitamina K, Arsénico, Boro, Cromo, Cobre, Yodo, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Silicio, Vanadio y Zinc.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1402387>
- Lai, J., Azad, A. K., Sulaiman, W. M. A. W., Kumarasamy, V., Subramaniyan, V., & Alshehade, S. A. (2024). Alginate-Based Encapsulation Fabrication Technique for Drug Delivery: An Updated Review of Particle Type, Formulation Technique,

- Pharmaceutical Ingredient, and Targeted Delivery System. *Pharmaceutics*, 16(3), 370. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16030370>
- Liu, B., Larsson, L., Caballero, A., Hao, X., Oling, D., Grantham, J., & Nyström. (2025). Enhancers of Iron Absorption: Ascorbic Acid and other Organic Acids. *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/7991048_Enhancers_of_Iron_Absorption_Ascorbic_Acid_and_other_Organic_Acids
- Lopez, A., Cacoub, P., Macdougall, I. C., & Peyrin-Biroulet, L. (2016). Iron deficiency anaemia. *The Lancet*, 387(10021), 907-916. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60865-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60865-0)
- Lupo Pasin, B. (2014). Estudio de la gelificación de alginatos para encapsulación: Caracterización, preparación y aplicaciones en alimentos funcionales. Tesis Doctorals - Departament - Enginyeria Química.
<https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/64943>
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., & Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release – a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(1), 1-21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x>
- Mezadri, T., Fernández-Pachón, M. S., Villaño, D., García-Parrilla, M. C., & Troncoso, A. M. (2006). El fruto de la acerola: Composición y posibles usos alimenticios. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 56(2), 101-109.
- Miller, D. (2013). Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition. *Food Policy*, 42, 115-128. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.06.008>
- Mollah, M. Z. I., Zahid, H. M., Mahal, Z., Faruque, M. R. I., & Khandaker, M. U. (2021). The Usages and Potential Uses of Alginate for Healthcare Applications. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 8.
<https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.719972>
- Montgomery, D. (2022). *Design and Analysis of Experiments*, (9th Edition). John Wiley & Sons, Inc.
- Morais, V. F. M., Manuela E. Pintado, Rui MSC Morais, Alcina MMB, Pintado, M. E., Rui MSC Morais, & Alcina MMB Morais. (2022). Valorización de compuestos bioactivos micro/nanoencapsulados de origen vegetal para aplicaciones alimentarias hacia la sostenibilidad. <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/1/32>
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). Tablas de composición de alimentos. Sociedad Española de Nutrición (SEÑ).
<https://www.sennutricion.org/es/publicacion/tablas-de-composicin-de-alimentos-moreiras-et-al>

- Musser, R. dos S., Lemos, M. A., Lima, V. L. A. G. de, Mélo, E. de A., Lederman, I. E., & Santos, V. F. dos. (2004). Características físico-químicas de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. *Food Science and Technology*, 24, 556-561. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000400013>
- Musser, R. S. (2010). Caracterización de acerolas (Malpighia emarginada). UFRPE.
- Naskar, B., Dan, A., Ghosh, S., & Moulik, S. P. (2010). Viscosity and Solubility Behavior of the Polysaccharide Inulin in Water, Water + Dimethyl Sulfoxide, and Water + Isopropanol Media. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 55(7), 2424-2427. <https://doi.org/10.1021/jc900834c>
- Navas, J. S. R. (2012). (PDF) Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor. *ResearchGate*, 12(1). https://www.researchgate.net/publication/257890512_Analisis_sensorial_pruebas_orientadas_al_consumidor
- Nsairat, H., Khater, D., Sayed, U., Odeh, F., Al Bawab, A., & Alshaer, W. (2022). Liposomes: Structure, composition, types, and clinical applications. *Heliyon*, 8(5), e09394. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09394>
- Ordinola, M., Fonseca, C., Maldonado, L., Suárez, V., Pradel, W., Devaux, A., & Hareau, G. (2021). Sistemas alimentarios y productivos en la zona andina. *Agricultura, nutrición y generación de ingresos*, 28.
- Organización Mundial de la Salud. (2023). Anemia. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>
- Pachón, H., Spohrer, R., Mei, Z., & Serdula, M. K. (2015). Evidence of the effectiveness of flour fortification programs on iron status and anemia: A systematic review. *Nutr Rev.*, 73(11), 780-795.
- Paiva, Y. F., Figueirêdo, R. M. F. de, & Queiroz, A. J. de M. (2025). (PDF) Physicochemical Aspects, Bioactive Compounds, Phenolic Profile and In Vitro Antioxidant Activity of Tropical Red Fruits and Their Blend. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.3390/molecules28124866>
- Peña-Rosas, J. P., Garcia-Casal, M. N., Pachón, H., Mclean, M. S., & Arabi, M. (2014). Technical considerations for maize flour and corn meal fortification in public health: Consultation rationale and summary. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 1-7. <https://doi.org/10.1111/nyas.12434>
- Pineda, O., & Ashmead, H. D. (2001). Effectiveness of treatment of iron-deficiency anemia in infants and young children with ferrous bis-glycinate chelate. *Nutrition*, 17(5), 381-384. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(01\)00519-6](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(01)00519-6)
- Pino, J. A., & Aragón, Y. (2021). Conocimientos actuales acerca de la encapsulación

- de aceites esenciales. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 52(1), 010-025.
- PubChem. (2025a). Ferrous Fumarate.
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6433164>
- PubChem. (2025b). Ferrous Gluconate.
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23616740>
- Rehman, A., Ahmad, T., Aadil, R. M., Spotti, M. J., Bakry, A. M., Khan, I. M., Zhao, L., Riaz, T., & Tong, Q. (2019). Pectin polymers as wall materials for the nano-encapsulation of bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 90, 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.05.015>
- Robinson, R. (2003). *Tipos de yogur y su elaboración*. (Vol. 2). Academic Press y Elsevier Science.
- Rodríguez-González, D., Colominas-Aspuro, A. M., & Zumbado-Fernández, H. M. (2024). Utilización de suero lácteo en la elaboración de una bebida refrescante con fructooligosacáridos y pulpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). *Cienc. Tecnol. Agropecuaria*, 25(3).
https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num3_art:3692
- Rodríguez-Palmero, M. (2001). Ingesta de minerales y vitaminas en la población infantil. *Offarm: farmacia y sociedad*, 20(11 (DIC)), 90-94.
- Sazawal, S., Habib, A. A., Dhingra, U., Dutta, A., Dhingra, P., Sarkar, A., Deb, S., Alam, J., Husna, A., & Black, R. E. (2013). Impact of micronutrient fortification of yoghurt on micronutrient status markers and growth – a randomized double blind controlled trial among school children in Bangladesh. *BMC Public Health*, 13(1), 514. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-514>
- Scrimshaw, N. S. (2005). La Fortificación de Alimentos: Una Estrategia Nutricional Indispensable. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 18(1), 64-68.
- Serna-Cock, L., Torres-León, C., & Ayala-Aponte, A. (2015). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. *Información tecnológica*, 26(2), 41-50.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200006>
- Shubham, K., Anukiruthika, T., Dutta, S., Kashyap, A. V., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2020). Iron deficiency anemia: A comprehensive review on iron absorption, bioavailability and emerging food fortification approaches. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 58-75.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.021>
- Souza, K. O. de, Moura, C. F. H., Brito, E. S. de, & Miranda, M. R. A. de. (2014). Antioxidant compounds and total antioxidant activity in fruits of acerola from cv. Flor Branca, Florida Sweet and BRS 366. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36,

- 294-304. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-410/13>
- Srivastav, A., Kshirsagar, S., Adhav, T., Ganu, G., & Shah, A. (2024). Efficacy and Safety of Microsomal Ferric Pyrophosphate Supplement for Iron Deficiency Anemia in Pregnancy. *Cureus*, 16(3), e57108. <https://doi.org/10.7759/cureus.57108>
- Teucher, B., Olivares, M., & Cori, H. (2025). (PDF) Enhancers of Iron Absorption: Ascorbic Acid and other Organic Acids. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/7991048_Enhancers_of_Iron_Absorption_Ascorbic_Acid_and_other_Organic_Acids
- The Food Tech. (2020). Acerola en polvo con etiqueta limpia. <https://thefoodtech.com/soluciones-y-tecnologia-alimentaria/acerola-en-polvo-con-etiqueta-limpia/>
- Tian, T., Blanco, E., Smoukov, S. K., Velez, O. D., & Velikov, K. P. (2016). Dissolution behaviour of ferric pyrophosphate and its mixtures with soluble pyrophosphates: Potential strategy for increasing iron bioavailability. *Food Chemistry*, 208, 97-102. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.078>
- Turek, C., & Stintzing, F. C. (2013). Estabilidad de los aceites esenciales: Una revisión. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12006>
- Vademecum. (2025). Ficha de FERROSIL 100 mg/5 ml Sol. Oral en envase unidos de Perú 🇵🇪. <https://www.vademecum.es/peru/medicamento/1487690/ferrosil-100-mg-5-ml-sol-oral-en-envase-unidos>
- Vásquez-Villalobos, V., Aredo, V., Velásquez, L., & Lázaro, M. (2015). Propiedades fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de yogur de leche descremada de cabra frutado con mango y plátano en pruebas aceleradas. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 177-189. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.04>
- Velásquez, A. (2025). Impacto potencial de la fortificación de alimentos a gran escala en la reducción de la anemia infantil en Perú: Una estimación basada en una revisión de revisiones sistemáticas. *An Fac med.*, 86(1), :86-104./.
- Weng, Y., Yang, G., Li, Y., Xu, L., Chen, X., Song, H., & Zhao, C.-X. (2023). Alginate-based materials for enzyme encapsulation. *Advances in Colloid and Interface Science*, 318, 102957. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2023.102957>
- West Bengal Chemical Industries Limited. (2025). Pirofosfato férrico: Mejorando la salud con una suplementación de hierro superior. <https://www.wbcil.com/about-wbcil/>
- Yamamoto, L. Y., Koyama, R., Assis, A. M. de, Borges, W. F. S., Oliveira, I. R. de, & Roberto, S. R. (2015). Color of berry and juice of «Isabel» grape treated with abscisic acid in different ripening stages. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50,

1160-1167. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001200005>

Zabot, G. L., Schaefer Rodrigues, F., Polano Ody, L., Vinícius Tres, M., Herrera, E., Palacin, H., Córdova-Ramos, J. S., Best, I., & Olivera-Montenegro, L. (2022). Encapsulation of Bioactive Compounds for Food and Agricultural Applications. *Polymers*, 14(19), 4194. <https://doi.org/10.3390/polym14194194>

Zare, F., Boye, J. I., Orsat, V., Champagne, C., & Simpson, B. K. (2011). Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International*, 44(8), 2482-2488. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.002>

Zhang, Z., Zhang, R., Zou, L., & McClements, D. J. (2016). Protein encapsulation in alginate hydrogel beads: Effect of pH on microgel stability, protein retention and protein release. *Food Hydrocolloids*, 58, 308-315. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.03.015>

ANEXOS

Anexo 1

Métodos de análisis químico proximal utilizado para acerola

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

El método se aplica a todos los alimentos, excepto aquellos que pueden contener compuestos inestables en lugar de agua, o aquellos expuestos a degradación de hasta 100 °C, que es en el caso de fruta fresca.

Materiales y equipos de laboratorio:

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

Procedimiento:

Pesar 5 gramos de muestra. Coloque en el horno durante 105°C durante 4 horas. La humedad de la prueba se logra por la diferencia de peso y luego aumenta en el porcentaje. La determinación se realiza de acuerdo con la diferencia de peso entre el peso original de la muestra (100%) y el porcentaje de humedad encontrado, lo que alcanza el porcentaje de materia seca.

Cálculos:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} \times 100$$

Donde:

P₀ = Peso de la capsula vacía.

P₁ = Peso de la capsula con la muestra antes del secado.

P₂ = Peso de la capsula con la muestra seca.

2. Determinación de ceniza (Método AOAC 935.39B)

La muestra se quema a 650 °C para quemar toda la materia orgánica. El material inorgánico no destruido a esta temperatura se llama ceniza.

Equipo:

- Horno de incineración (Mufla).
- Crisol de porcelana
- Desecador con desecante de perclorato de magnesio

Procedimiento:

Pesar entre 1.5 y 2.0 gramos de muestra en un crisol de porcelana, colóquela en el horno de combustión y manténgalo a 650 °C durante 4 horas. Luego se retira de la Mufla y el crisol se mueve para secarse para enfriarse a temperatura ambiente. Cuando este frío pesa, previene la absorción de humedad y el peso de los registros. Guarde la muestra de cenizas si desea hacer reglas minerales más tarde.

Cálculos:

$$\% \text{ de Cenizas} = \left(\frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de muestra original}} \right) \times 100$$

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

Esto se logra destruyendo la materia orgánica, ya sea por concentrado, nutrición o cualquier otro compuesto, después de la exposición al ácido sulfúrico caliente, que se logra como resultado del sulfato de amonio. Lo que luego se destila en el amoníaco.

Reactivos y equipos de laboratorio:

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

Procedimiento:

Pesar 0.5-2 gramos de muestra homogenizada de acerola, luego se insertó en la bandera con un catalizador. Agregue 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, coloque la pelota en la cocina digestiva y el calor. La digestión termina cuando el contenido de la pelota es claro, cristalino e incoloro (si necesita agregar gotas de peróxido), es cuando la digestión es muy lenta y complicada. Después del enfriamiento, agregue cuidadosamente 5 mL de hidróxido de sodio concentrado (NaOH) c al alcalino de la mezcla y conéctese inmediatamente al aparato de destilación y el amoníaco de destilación, que se libera en un boret que contiene ácido bórico.

Inserte la muestra digerida en la máquina de destilación, agregue 5 ml de hidróxido de sodio concentrado y conecte inmediatamente el vapor para crear destilación. Agregue el refrigerador y obtenga un destilado Erlenmeyer con 125 mL que contenga 5 mL de mezcla de ácido bórico, así como indicadores de pH. La destilación termina cuando no

hay amoníaco y hay zapatos con ácido clorhídrico evaluado (Aprox. 0.05 N). Anotar el volumen de los gastos.

Cálculos:

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

$$\% \text{ de Proteína} = \frac{(V_{\text{acido}} - V_{\text{blanco}}) \times N_{\text{acido}} \times 14.007 \times F}{P} \times 6.25$$

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

Donde:

V_{acido} = Volumen gastado de ácido en la muestra.

V_{blanco} = Volumen gastado en el blanco.

N_{acido} = Normalidad del ácido.

14.007 = Peso atómico del nitrógeno.

F = Factor de corrección (según preparación del ácido).

P = Peso de la muestra.

6.25 = Factor de conversión de nitrógeno a proteína (usualmente, para alimentos frescos).

4. Determinación de grasas (AOAC 935.39 -Método de Soxhlet)8i

Se obtiene usando un disolvente orgánico (generalmente aceite o éter etílico), donde los lípidos se destruyen o se disuelven.

Reactivos y equipos de laboratorio:

- Éter de petróleo
- Sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4)
- Nitrógeno gaseoso (opcional)
- Extractor Soxhlet
- Matraces
- Condensador de reflujo
- Balanza analítica
- Baño María
- Estufa
- Desecador

Procedimiento:

Pesar 5 gramos de muestra, y luego se coloca en un cartucho poroso. Está sujeto a extracción continua con solvente durante varias horas (generalmente 4-8). El solvente se evapora y pesa el residuo grasiento.

5. Determinación de fibra (AOAC 985.29 / 991.43)

Se determina una parte completa de la fibra dietética total (soluble + insoluble).

Reactivos y equipos de laboratorio:

- Ácido Sulfúrico diluido.
- Hidróxido de sodio.
- Ácido Bórico + indicador de pH
- Ácido Clorhídrico, aprox. 0.05 N
- Balones de digestión.
- Erlemeyer.
- Cocina de digestión
- Aparato de destilación de Kjeldahl
- Bureta

Procedimiento:

Tome una cierta cantidad de muestra homogeneizada, luego colóquelo en la bandera con un catalizador. Filtrar para separar la fracción insoluble. La fibra soluble se precipita con etanol. Después de secar, pesar.

6. Determinación de carbohidratos (por diferencia)

Los carbohidratos no se obtienen directamente, sino que se calculan como la fracción restante después de que se determinan los componentes principales de los alimentos restantes.

Cálculos:

% de Carbohidratos

$$= 100 - (\%Humedad + \%Proteina + \%Grasas + \%Cenizas + \%Fibra dietetica)$$

Anexo 2

Ficha de evaluación sensorial.

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Ficha de evaluación sensorial

Sexo..... Edad..... Fecha..... Hora.....

Proyecto: "Evaluación yogur frutado con acerola fortificado"

INSTRUCCIONES PARA LA EVALUACION SENSORIAL

Indique el grado que le gusta o disgusta de cada muestra, colocando una (X) dentro del recuadro según su criterio de aceptación. Recuerde tomar agua entre muestra a muestra.

Producto: Yogur con pirofosfato y fumarato ferroso encapsulado

| Escala | Color | | | | | |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₁ | T ₂ | T ₃ |
| Muy agradable | | | | | | |
| Agradable | | | | | | |
| No me gusta ni me disgusta | | | | | | |
| Desagradable | | | | | | |
| Muy desagradable | | | | | | |

| Escala | Sabor | | | | | |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₁ | T ₂ | T ₃ |
| Muy agradable | | | | | | |
| Agradable | | | | | | |
| No me gusta ni me disgusta | | | | | | |
| Desagradable | | | | | | |
| Muy desagradable | | | | | | |

| Escala | Aroma | | | | | |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₁ | T ₂ | T ₃ |
| Muy agradable | | | | | | |
| Agradable | | | | | | |
| No me gusta ni me disgusta | | | | | | |
| Desagradable | | | | | | |
| Muy desagradable | | | | | | |

| Escala | Textura | | | | | |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₁ | T ₂ | T ₃ |
| Muy agradable | | | | | | |
| Agradable | | | | | | |
| No me gusta ni me disgusta | | | | | | |
| Desagradable | | | | | | |
| Muy desagradable | | | | | | |

Observaciones del evaluador

.....

.....

¡Gracias por su participación!

Anexo 3

Solubilidad de los encapsulaos de pirofosfato férrico y fumarato ferroso.

| Tratamientos | Peso placa (g) P0 | Peso placa + sobrenadante (g) P1 | Peso sobrenadante húmedo (g) | Peso placa + sobrenadante seco P2 | Peso sobre nadante seco | % de solubilidad en agua |
|---|-------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| T1 (0.5% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 45.026 | 53.107 | 8.082 | 45.192 | 0.166 | 2.058 |
| T2 (1.0% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 65.015 | 72.372 | 7.357 | 65.168 | 0.153 | 2.080 |
| T3 (1.5% Alginato+ Pirofosfato férrico) | 44.014 | 51.105 | 7.091 | 44.113 | 0.099 | 1.400 |
| P4 (0.5% Alginato + Fumarato ferroso) | 43.739 | 51.973 | 8.234 | 43.755 | 0.016 | 0.193 |
| P5 (1.0% Alginato + Fumarato ferroso) | 52.985 | 61.639 | 8.654 | 53.004 | 0.020 | 0.228 |
| P6 (1.5% Alginato + Fumarato ferroso) | 52.879 | 61.303 | 8.425 | 52.943 | 0.065 | 0.768 |

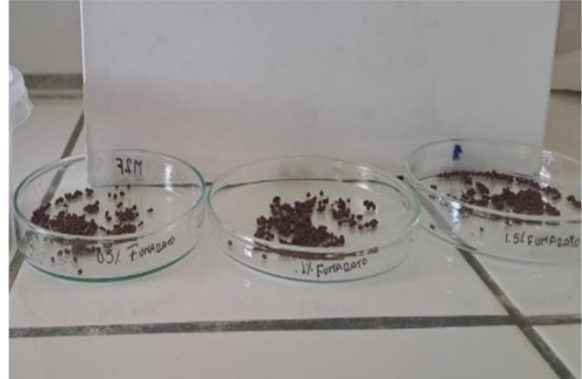
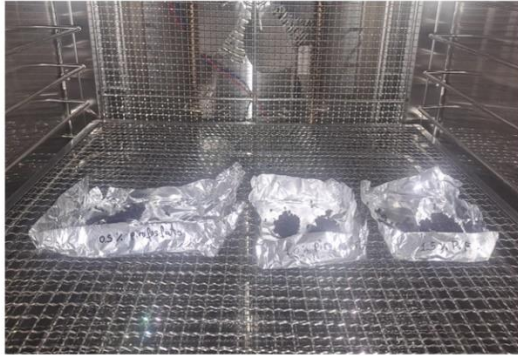
Anexo 4

Encapsulado de pirofosfato férrico $Fe_4(P_2O_7)_3$ y fumarato ferroso $C_4H_2FeO_4$,



Anexo 5

Secado de los encapsulados de pirofosfato férrico $Fe_4(P_2O_7)_3$ 0.5, 1.0, 1.5 % y fumarato ferroso $C_4H_2FeO_4$ 0.5, 1.0, 1.5%.



Anexo 6

Proceso de higroscopicidad de pirofosfato férrico $Fe_4(P_2O_7)$ y fumarato ferroso $C_4H_2FeO_4$.



Anexo 7

Elaboración del yogur en la planta piloto de jugos y conservas.



Anexo 8

Yogurt con el encapsulante de pirofosfato férrico $Fe_4(P_2O_7)$ y fumarato ferroso $C_4H_2FeO_4$.



Anexo 9

Marco muestral, técnica de muestreo y criterios de elegibilidad.

El estudio se llevó a cabo con una muestra de niños y niñas de entre tres y seis años de edad que vivían en el distrito Jesús Nazareno y estaban registrados en el Puesto de Salud Villa San Cristóbal. Por lo general, la muestra incluía a niños con un diagnóstico de anemia leve o moderada, determinado mediante la medición de la hemoglobina capilar y la confirmación clínica durante los exámenes físicos.

Se utilizó el método de muestreo no probabilístico por conveniencia, eligiendo a los niños que cumplían con los criterios clínicos y que acudían de manera regular a los chequeos sanitarios. Con este tipo de muestreo se logró un monitoreo constante y controlado, garantizando que los datos completos estuvieran disponibles a lo largo de todo el periodo experimental.

Los criterios de elegibilidad considerados fueron:

- Niños y niñas con edades comprendidas entre 3 y 6 años diagnosticados con anemia leve o moderada.
- Ausencia de enfermedades infecciosas o parasitarias activas al inicio del estudio.
- No haber recibido tratamiento farmacológico con hierro en los tres meses previos.
- Residencia comprobada dentro del distrito de Jesús Nazareno.
- Autorización y participación activa de los padres o tutores durante todo el seguimiento.

Durante el periodo de análisis, los niños fueron evaluados mensualmente en cuanto a sus condiciones biométricas, de salud y nutrición, tomando como base los protocolos establecidos por el Ministerio de Salud (MINSA, 2023). Los indicadores biométricos evaluados incluyeron peso, talla, índice de masa corporal (IMC), perímetro braquial y nivel de hemoglobina (g/dL), los cuales se registraron de manera sistemática en cada control.

Las condiciones de salud y nutrición fueron cuidadosamente controladas para evitar la influencia de factores externos sobre el contenido de hemoglobina. Se registraron antecedentes alimentarios mediante entrevistas dirigidas a los padres, verificándose una mejoría en los hábitos alimenticios, especialmente en el consumo de alimentos ricos

en hierro (cárnicos, vísceras, menestras) y frutas fuente de vitamina C, que favorecen la absorción del hierro no hemo. Adicionalmente, se realizó el seguimiento de la adherencia al tratamiento suplementario, observándose una asistencia superior al 90 % en los controles programados.

Estas condiciones, sumadas a la intervención nutricional y educativa brindada por el personal de salud, se muestra en el anexo 1, permitieron reducir la incidencia de anemia y mejorar el perfil nutricional general de los niños durante el periodo de análisis, garantizando que los resultados reflejaran con precisión la evolución real del estado hematológico sin interferencias de otros factores externos.

Anexo 10

Formato de instrumento de recolección de datos.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

I. DATOS DEL RESPONSABLE Y DEL PACIENTE

Apellidos y nombres del niño(a):

Apellidos y nombres de la Madre, Padre o tutor:

Fecha de nacimiento del niño(a):

Establecimiento de salud donde es atendido el niño(a):
.....

II. ASIGNACIÓN DEL PACIENTE SELECCIONADO

Grupo de tratamiento control

- ✓ Grupo experimental 1: Tratamiento de yogur frutado con acerola y fortificado con pirofosfato férrico ()
- ✓ Grupo experimental 2: Tratamiento de yogur frutado con acerola y fortificado con fumarato ferroso ()

III. DATOS CLÍNICOS Y DEMOGRÁFICOS SEGÚN GRUPO TRATADO

Sexo del niño(a)

✓ Masculino ()

✓ Femenino ()

Peso: _____ kg

Talla: _____ cm

La niña(o) ha sido diagnosticada con parasitosis intestinal ()

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
"JESUS MARQUEZ"
APACUCHO
Luis Ferrnandez Pérez Enriquez
FARMACIA DE ESPECIALIDAD EN NUTRICIÓN

Anexo 11

Reporte de análisis reportados por el Hospital de Apoyo Jesús Nazareno.



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JESÚS NAZARENO
Creada mediante Ley N° 27281 de fecha 06.06.2000
SUBGERENCIA DE DESARROLLO HUMANO

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

Jesús Nazareno, 30 de diciembre de 2024

OFICIO MULTIPLE N° 024 - 2024 – MDJN/GM-SGDH/LFRE

SEÑORES:

Jefatura del Puesto de Salud Villa San Cristóbal
Director del Hospital de Apoyo de Jesús Nazareno

CARGO
B. C. D.
Principa Obregón Ceoñas
LIC. EN ENFERMERIA
CEP 45525
31-12-24

ASUNTO : Solicito información real de niños con anemia y el porcentaje de niños menores de 03 a 06 años pertenecientes al distrito Jesús Nazareno, en el marco a implementar acciones que mejoren la calidad de vida de cada uno de ellos.

REF. : OFICIO N°001-2024-PRJC.

Es grato dirigirme a usted, para expresarle mi cordial saludo; a nombre de la Municipalidad Distrital de Jesús Nazareno y el mío propio, a la vez saludo a su Equipo Técnico que le acompaña, en el marco del cuidado y la mejora de la calidad de vida de nuestros niños menores de 06 años, este despacho está coordinando implementar una estrategia de lucha frontal contra la anemia, por ello solicito a usted acceda a brindarnos toda la información del % de anemia, relación de niños y otros datos de los niños entre 03 a 06 años de edad, acción que se viene trabajando con la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, asimismo invito a usted y su equipo de profesionales a sumarse a este gran trabajo que nos darán mucha satisfacción al concluir la primera etapa de experimentación.

Para las coordinaciones de todo el trabajo sírvase comunicarse con Enrique García Jayo 968787497 o Flor Cristan Julisa 958820869.

Sin otro particular y agradeciéndole por la atención que le brinde al presente, hago propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JESUS NAZARENO AYACUCHO
Luis Fernando Rivera Enriquez
GERENTE DE DESARROLLO HUMANO

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO
RED DE SALUD AYACUCHO
HOSPITAL DE APOYO JESUS NAZARENO
31 DIC 2024
REG. N° 2745 - 05 FOLIO 5
M. P. N. O. U. F. U. R. E.

Arch.
SGDH.

Anexo 12

Informe del puesto de Salud Villa San Cristóbal



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Ayacucho, 09 de junio del 2025

INFORME N°35-2025 – JPSVSC-MRL-RED HGA-AYA.

ASUNTO : Remito información y análisis requerida sobre niños con anemia de 03 a 06 años del distrito de Jesús Nazareno

REFERENCIA : OFICIO MULTIPLE N° 024 - 2024 – MDJN/GM-SGDH/LFRE

Por medio del presente tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de saludarlo cordialmente y a la vez en atención al documento de la referencia, informarle que el Puesto de Salud Villa San Cristóbal ha brindado la información y el análisis solicitado respecto a los niños y niñas de 03 a 06 años con diagnóstico de anemia, pertenecientes al distrito de Jesús Nazareno.

La información fue obtenida mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando a los niños y niñas con anemia leve, moderada o normal según los registros clínicos del establecimiento. Los criterios de elegibilidad consideraron a niños que no presentaran enfermedades infecciosas activas, parasitosis ni antecedentes de tratamiento con hierro en los tres meses previos al tratamiento del micronutriente. Se priorizó a los menores con residencia comprobada en el distrito. Durante las evaluaciones mensuales, se tomaron en cuenta las condiciones biométricas, de salud y nutrición de los menores, registrándose indicadores antropométricos como peso, talla y nivel de hemoglobina, de acuerdo con la Norma Técnica de Salud N° 139-MINSA.

En el período establecido para el tratamiento, toda la información anteriormente mencionada fue proporcionada para los fines correspondientes, donde se ha observado pacientes con mejora en el estado nutricional de la mayoría de los niños con signos de anemia, evidenciándose una disminución de los casos reportados. Este avance ha sido posible gracias a el tratamiento recibido por el micronutriente (suplemento de Hierro), que también fue acompañado de las orientaciones a las madres en la ingesta de alimentos con hierro y sus chequeos periódicos de tratamientos en posibles parásitos intestinales,

Es todo cuanto, al informe a usted, para su conocimiento y demás fines.

Atentamente,


Belinda Obregón Coñas
LIC. EN ENFERMERÍA
C.E.P: 45525

Anexo 13

Constancia de autorización de parte de la Municipalidad de Jesús Nazareno



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JESUS NAZARENO

Creada mediante Ley N° 27281 de fecha 06.06.2000
AA. del Villa San Cristóbal Mo. L. del 04- Ayacucho

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

**LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JESUS NAZARENO DE LA
PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, A
TRAVES DEL SUB GERENTE DE DESARROLLO HUMANO QUIEN
SUSCRIBE.**

OTORGA CONSTANCIA DE AUTORIZACION

Los investigadores CRISTAN SULCARAY, FLOR JULISA y GARCIA JAYO, ENRIQUE de la facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, de la escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la universidad de San Cristóbal de Huamanga, se les otorga la constancia de autorización de la entrega de los alimentos fortificados con altos contenido en hierro como (yogur fortificado con hierro), bajo consentimiento de los padres de familia.

Los padres de familia fueron informados acerca de los valores nutricionales, además de la absorción del hierro en el cuerpo para la reducción de la anemia y desnutrición de los niños del distrito de Jesús Nazareno, a través del consumo de este producto.

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

Jesús Nazareno, 06 de enero del 2025

Atentamente,


Luis Fernando Rivera Enriquez
SUB GERENTE DE DESARROLLO HUMANO

Prolongación Av. Los Incas N° 389 - AA. HBL Villa San Cristóbal - Jesús Nazareno - Ayacucho
Perú 066 Ayacucho, Perú

Anexo 13

Constancia de la Municipalidad de Jesús Nazareno del proceso de investigación.



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JESÚS NAZARENO
Creada mediante Ley N° 27281 de fecha 06.06.2009
A.A. Villa San Cristóbal Mo. L. 06604 - Ayacucho

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JESÚS NAZARENO DE LA SUB GERENCIA DE DESARROLLO SOCIAL, QUIEN SUSCRIBE,

DA CONSTANCIA

Los Investigadores Flor Julisa Cristan Sulcaray con código: 19170118 y Enrique García Jayo con código: 19182126 de la facultad de Ingeniería Química Y Metalurgia, de la Escuela Profesional de Ingeniería En Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, realizaron la charla orientativa para poner en conocimiento a los padres y solicitar su autorización para una posterior entrega de los productos fortificados: YOGUR FRUTADO CON ACEROLA Y FORTIFICADO CON PIROFOSFATO FERRICO Y FUMARATO FERROSO, que fueron distribuidos a las madres que tienen niños que con signos de anemia en nuestro distrito de Jesús Nazareno, (sector de VILLA SAN CRISTOBAL, ILLACRUZ Y INTIRRAYMI), para lo cual se vio mejoras significativas de hemoglobina en nuestros niños a través del consumo del yogurt fortificado en una población de 30 niños, de 03 a 06 años de edad, lo cual se ha efectuado con las coordinaciones previas y la autorización de los interesados.

Para el cual el producto YOGUR FRUTADO CON ACEROLA Y FORTIFICADO CON PIROFOSFATO FERRICO Y FUMARATO FERROSO, son muy eficientes para la prevención, reducción de la anemia e incremento de la hemoglobina en un periodo de tres meses, según resultado del tamizaje de hemoglobina, del establecimiento de salud, de esta manera se logra obtener un alimento funcional para prevenir la anemia que aqueja a nuestros niños de nuestro distrito.

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

Jesús Nazareno, 09 de junio del 2025

Atentamente,


Luis Fernando Rivera Enrique
DIRECTOR GENERAL DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JESÚS NAZARENO

Prolongación Av. Los Incas N° 389 - AA. Hll. Villa San Cristóbal - Jesús Nazareno - Ayacucho
Perú 066 Ayacucho, Perú

Anexo 14

Orientación y explicación del documento de consentimiento informado para la distribución del yogur fortificado a los niños.



Anexo 15

Evidencias de consentimiento informado - Formato de consentimiento informado firmado por el padre o tutor – pirofosfato férrico.

Formato de Consentimiento Informado para Padres o Tutores

Nombre de la investigación: Evaluación de la incorporación de pirofosfato férrico y fumarato ferroso encapsulado en yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata Sessé*)

Investigadores responsables: CRISTAN SULCARAY, Flor Julisa

GARCIA JAYO, Enrique

Lugar de la investigación: Hospital de Apoyo de la Municipalidad Distrital de Jesús Nazareno

Estimado padre/madre/tutor(a):

Su hijo/a ha sido seleccionado a participar en una investigación cuyo objetivo es evaluar el efecto de un yogur fortificado con hierro encapsulado en la recuperación de niveles de hemoglobina en niños. Este estudio se llevará a cabo en el Hospital de Apoyo de la Municipalidad Distrital de Jesús Nazareno y contará con todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad y bienestar de los participantes.

Descripción del estudio

Este estudio involucra la administración controlada de un yogur fortificado con hierro y la toma de muestras de sangre para evaluar los niveles de hemoglobina en los participantes antes y después de la intervención. La participación de su hijo/a es completamente voluntaria.

Procedimientos

1. Su hijo/a consumirá un yogur fortificado con hierro, diseñado específicamente para este estudio.
2. Se realizarán análisis de sangre para medir los niveles de hemoglobina mensualmente por un periodo de tres meses.
3. Todas las pruebas se realizarán bajo supervisión médica y siguiendo las normativas de bioseguridad.

Posibles beneficios

- **Beneficios:** Los participantes podrán experimentar una mejora en los niveles de hemoglobina, y los resultados de este estudio contribuirán al desarrollo de productos alimenticios que ayudan a combatir la deficiencia de hierro en la población infantil.

Confidencialidad

Confidencialidad



Toda la información obtenida durante el estudio será confidencial y se usará únicamente con fines de investigación. Los datos personales de su hijo/a no serán divulgados en ningún informe o publicación de los resultados.

Derechos del participante

La participación es voluntaria sin ninguna penalización. La negativa a participar o el retiro del estudio no afectarán de ninguna manera la atención médica que su hijo/a reciba en el Hospital de Apoyo de la Municipalidad Distrital de Jesús Nazareno.

Consentimiento

Yo, Dores Sulca Digna, en calidad de padre/madre/tutor(a) de CRIS (nombre del niño/a), autorizo su participación en el estudio mencionado. He leído y comprendido la información proporcionada, y he tenido la oportunidad de hacer preguntas, las cuales fueron respondidas satisfactoriamente.

- Firma del padre/madre/tutor(a): 
- Fecha: 27-12-24
- Firma del investigador: 
- Fecha: 27-12-24

Contacto

Si tiene alguna pregunta o inquietud sobre el estudio, puede comunicarse con los investigadores, a los números 958820869 o 968787497.

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Evaluación del encapsulado de Pirofosfato férrico y Fumarato ferroso en el yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé)**Expositora: Flor Julisa Cristan Sulcaray
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 2568353

Resolución Decanal N° 187-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 05-12-2025

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día jueves once de diciembre del año dos mil veinticinco, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Flor Julisa Cristan Sulcaray**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA (Miembros) y Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Evaluación del encapsulado de Pirofosfato férrico y Fumarato ferroso en el yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé)**, presentado por la Bachiller **Flor Julisa Cristan Sulcaray**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 187-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Flor Julisa Cristan Sulcaray**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición de la Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ, Mg. JACK Edson HERNANDEZ MAVILA y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Evaluación del encapsulado de Pirofosfato férrico y Fumarato ferroso en el yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé)

**Expositora: Flor Julisa Cristan Sulcaray
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 2568353 Resolución Decanal N° 187-2025-UNSCH-FIQM/D Fecha: 05-12-2025

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO CATORCE (14).**

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que la Bachiller **Flor Julisa Cristan Sulcaray**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo la una de la tarde con cinco minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente


.....
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI
Miembro


.....
Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA
Miembro


.....
Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ
Miembro-Asesor


.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
Secretario Docente

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:
(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Evaluación del encapsulado de Pirofosfato férrico y Fumarato ferroso en el yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé)

Expositor: Enrique Garcia Jayo
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2568353 Resolución Decanal N° 187-2025-UNSCH-FIQM/D Fecha: 05-12-2025

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día jueves once de diciembre del año dos mil veinticinco, se reunieron el Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Enrique Garcia Jayo**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA (Miembros) y Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Evaluación del encapsulado de Pirofosfato férrico y Fumarato ferroso en el yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé)**, presentado por el Bachiller **Enrique Garcia Jayo**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 187-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Enrique Garcia Jayo**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ, Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERIA
QUÍMICA Y
METALURGIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:
(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Evaluación del encapsulado de Pirofosfato férrico y Fumarato ferroso en el yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé)

Expositor: Enrique Garcia Jayo
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2568353 Resolución Decanal N° 187-2025-UNSCH-FIQM/D Fecha: 05-12-2025

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO CATORCE (14).**

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Enrique Garcia Jayo**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo la una de la tarde con cinco minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente


.....
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI
Miembro


.....
Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA
Miembro


.....
Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ
Miembro-Asesor


.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
Secretario Docente

FACULTAD DE INGENIERIA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

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

Que, los Sres. Flor Julisa CRISTAN SULCARAY y Enrique GARCIA JAYO egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias han remitido, con el aval y por intermedio de su asesor Ing. Juan Carlos Ponce Ramírez, la Tesis: Evaluación del encapsulado de Pirofosfato férrico y Fumarato ferroso en yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé), y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 12% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha enero 09 de 2026 e Identificador de la Entrega N° 2854471109.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, 09 de enero del 2026.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA
E. P. DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Ing. E.P. Matilde J. Martos Alcántara
DIRECTOR

c.c. : Archivo.
Constancia N° 009

Evaluación del encapsulado de Pirofosfato férrico y Fumarato ferroso en el yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé)

por Flor Julisa Cristan Sulcaray y Enrique Garcia Jayo

Fecha de entrega: 09-ene-2026 12:29p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2854471109

Nombre del archivo: ur_frutado_con_acerola_Malpighia_emarginata_Sess_-p_ginas_1.pdf (1.45M)

Total de palabras: 18036

Total de caracteres: 94665

Evaluación del encapsulado de Pirofosfato férrico y Fumarato ferroso en el yogur frutado con acerola (*Malpighia emarginata* Sessé)

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 12% | 12% | 3% | 9% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----|--|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga | 6% |
| | Trabajo del estudiante | |
| 2 | repositorio.unsch.edu.pe | 2% |
| | Fuente de Internet | |
| 3 | academica-e.unavarra.es | 1% |
| | Fuente de Internet | |
| 4 | docplayer.es | 1% |
| | Fuente de Internet | |
| 5 | es.scribd.com | <1% |
| | Fuente de Internet | |
| 6 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo | <1% |
| | Trabajo del estudiante | |
| 7 | repositorio.unap.edu.pe | <1% |
| | Fuente de Internet | |
| 8 | www.apnoticias.pe | <1% |
| | Fuente de Internet | |
| 9 | Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD | <1% |
| | Trabajo del estudiante | |
| 10 | Submitted to Universidad del Bosque | <1% |
| | Trabajo del estudiante | |

11

Fuente de Internet

<1 %

12

repositorio.iestpffaa.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

13

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

14

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo