



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD INGENIERIA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**Desarrollo de galletas enriquecidas con hierro utilizando sangre de cordero
deshidratada y harina de machica para mejorar su valor nutritivo**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Oñate Altamirano, Hamilton Ismael

Tutor:

Mgs. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga

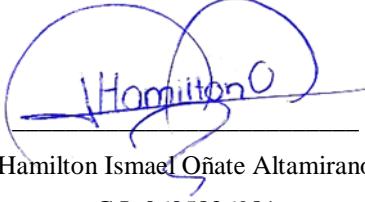
Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Hamilton Ismael Oñate Altamirano**, con cédula de ciudadanía **0605826981**, autor del trabajo de investigación titulado: **Desarrollo de galletas enriquecidas con hierro utilizando sangre de cordero deshidratada y harina de machica para mejorar su valor nutritivo**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cessionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 18 de diciembre 2025.

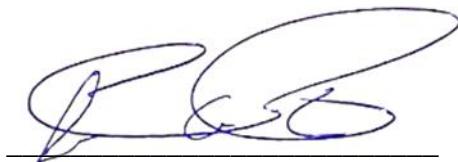


Hamilton Ismael Oñate Altamirano
C.I: 0605826981

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Sebastián Alberto guerrero Luzuriaga** catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación **Desarrollo de galletas enriquecidas con hierro utilizando sangre de cordero deshidratada y harina de machica para mejorar su valor nutritivo**, bajo la autoría de **Hamilton Ismael Oñate Altamirano**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 18 días del mes de diciembre de 2025



MsC. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga

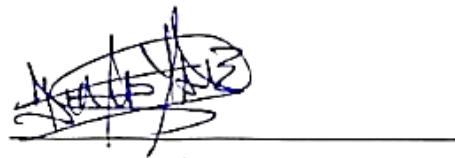
C.I:0603950577

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

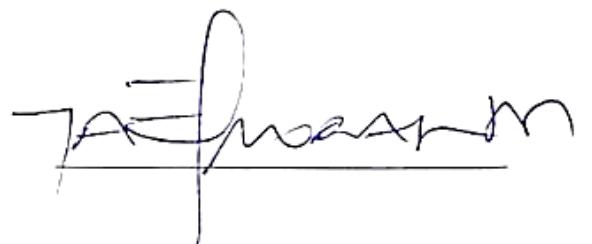
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Desarrollo de galletas enriquecidas con hierro utilizando sangre de cordero deshidratada y harina de machica para mejorar su valor nutritivo, presentado por Hamilton Ismael Oñate Altamirano, con cédula de identidad número 0605826981, bajo la tutoría de Mgs. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 18 de diciembre de 2025.

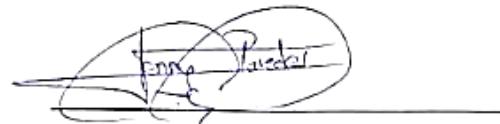
Diana Yáñez Sevilla, PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



José Antonio Escobar, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Jenny Paredes, PhD
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



CERTIFICACIÓN

Que, **HAMILTON ISMAEL OÑATE ALTAMIRANO** con CC: 0605826981, estudiante de la Carrera de AGRINDUSTRIA, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"DESARROLLO DE GALLETAS ENRIQUECIDAS CON HIERRO UTILIZANDO SANGRE DE CORDERO DESHIDRATADA Y HARINA DE MACHICA PARA MEJORAR SU VALOR NUTRITIVO."**, cumple con el 13% (9% Textos potencialmente generados por la IA, 2% Similitudes) de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO MAGISTER+**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 12 de diciembre de 2025



Mgs. Sebastián Guerrero L.
TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

A mi madre, **Eva Lucía**, por ser el corazón que me sostiene, la voz que me anima y la fuerza que me impulsa a seguir adelante. Tu amor incondicional y tu ejemplo de vida son mi mejor inspiración para nunca darme por vencido. Gracias por enseñarme, con tu entrega y valentía, que nunca hay que rendirse.

A mi padre, **Juan Teodoro**, por tu apoyo, tu trabajo silencioso y tu esfuerzo a lo largo de estos años. Gracias por brindarme, a tu manera, las herramientas necesarias para seguir construyendo mi camino.

A mi hermano, **Johnny Marcelo**, por estar siempre a mi lado con su confianza, sus palabras de aliento y sus sabios consejos en cada etapa de este camino.

A mis queridas hermanas, **Karla Sofía** y **Pamela Cristina**, porque su amor, apoyo incondicional y compañía han sido indispensables en mi vida. Han sido más que hermanas mis mejores amigas, confidentes y pilares en los momentos más difíciles. Gracias por estar siempre, por animarme y por caminar a mi lado con tanto cariño.

A mi primo, **Enrique Sebastián**, por su generosidad, su cercanía y su respaldo en los momentos más difíciles. Gracias por estar presente cuando más lo necesité.

A mis adorados sobrinos, **Ander Matías**, **Gabriel Alejandro** y **Tomás Sebastián**, porque su ternura, alegría e inocencia me han llenado de energía y han sido una inspiración para seguir persiguiendo mis sueños.

Y a mi angelito del cielo, mi abuelito **Medardo**, quien desde lo alto me ha bendecido con su amor eterno y ha sido una luz silenciosa que me ha acompañado en cada desafío. Gracias por ser guía y fuerza desde el cielo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza, por haber guiado cada uno de mis pasos en este recorrido académico, iluminando mi camino en los momentos de incertidumbre y brindándome serenidad en los desafíos.

A mi madre Eva Lucia, mi pilar inquebrantable, por su amor inmenso, su apoyo incondicional y por ser siempre mi mayor ejemplo de esfuerzo, fe y perseverancia. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por animarme a continuar cuando más lo necesitaba.

A mi padre Juan Teodoro, por su apoyo en todo este tiempo y ser una parte fundamental en este proceso.

A mi hermano Johnny, por estar presente con su apoyo constante y por sus sabios consejos, que han sido guía y sostén en momentos cruciales de mi vida.

A mis dos princesas mis hermanas, Karla y Pamela, por su cariño, su comprensión infinita y por brindarme siempre palabras de aliento y compañía sincera.

A mi primo Sebastián, por su colaboración desinteresada, su tiempo y su disposición para tenderme la mano cuando más lo necesitaba.

A mis adorados sobrinos, Matías, Gabriel y Tomás, por ser una fuente inagotable de alegría, luz e inspiración. Su inocencia y entusiasmo me han recordado la importancia de seguir adelante con esperanza y entusiasmo.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme sabios conocimientos que me ayudaran a lo largo de mi vida profesional y regalarme las mejores experiencias como estudiante, un agradecimiento muy especial a mi tutor MsC. Sebastián Guerrero por su paciencia y su valioso tiempo en todo este tiempo.

Gracias, de todo corazón, a cada uno de ustedes por formar parte de este logro. Su amor, compañía y apoyo han sido fundamentales para alcanzar esta meta que hoy se concreta con orgullo y gratitud.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	13
1.2. Antecedentes.....	13
1.2. Problema.....	14
1.3. Justificación.....	15
1.4. Objetivos	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Estado de arte.....	17
2.2. Fundamentos teóricos	18
2.2.1. Alimentos funcionales y nutrición.....	18
2.2.2. La sangre de cordero como fuente de hierro	20
2.2.3. La harina de machica: características y valor nutricional.....	21
2.2.4. Galletas como vehículo nutricional	21
2.2.5. Aceptabilidad sensorial.....	21
2.2.6. Temperaturas para deshidratar sangre de cordero	22
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	22
3.1 Tipo de Investigación.	22
3.2 Diseño de la investigación.....	23
3.2.1 Procedimiento	23
3.2.2 Formulación:	27
3.3 Técnicas de Recolección de Datos	28
3.4 Población de Estudio y Tamaño de Muestra	30
3.5 Métodos de Análisis y Procesamiento de Datos.....	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 Resultado formulación de galletas con sangre de cordero	32
4.2 Selección de la mejor formulación mediante fichas sensoriales de aceptabilidad. ..	33
4.3 Resultados del análisis fisicoquímico.....	37
4.4 Determinación de hierro	38
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	40
5.1 Conclusiones.....	40
5.2 Recomendaciones	40
BIBLIOGRÁFIA	42
ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Características del hierro en la sangre de cordero	19
Tabla 2 Clasificación taxonómica del cordero	20
Tabla 3 Composición nutricional de sangre bovina	20
Tabla 4 Composición nutricional de la harina de machica (100g)	21
Tabla 5 Métodos de deshidratación de la sangre de cordero	22
Tabla 6 Formulación de galletas fortificadas con hierro	27
Tabla 7 Análisis físico-químicos	29
Tabla 8 Análisis microbiológicos	30
Tabla 9 Formulaciones de galletas fortificadas	32
Tabla 10 Resultados de la prueba de degustación	33
Tabla 11 Puntuación ponderada y rangos	34
Tabla 12 Resultados de la prueba Friedman	34
Tabla 13 Análisis de la prueba Post hoc (Nemenyi)	35
Tabla 14 Medias y desviaciones estándar análisis físico químico, microbiológico	37
Tabla 15 Contenido de hierro	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Hierro en la sangre animal	19
Figura 2 Diagrama de proceso deshidratación sangre de cordero	24
Figura 3 Diagrama del proceso de elaboración de galletas enriquecidas	25
Figura 4 Ficha de evaluación sensorial.....	28

RESUMEN

La carencia de hierro es un problema nutricional, muy severo y grave, especialmente en las poblaciones vulnerables, lo que impulsa la búsqueda de alimentos que contribuyen a mejorar el aporte de micronutrientes. En este contexto. La investigación tuvo como propósito desarrollar galletas enriquecidas con hierro mediante la incorporación de sangre de cordero, deshidratado y harina de machica y evaluar la calidad físico-química, microbiológica y sensorial del producto. El estudio presentó un diseño experimental completamente aleatorizado, se elaboraron tres formulaciones de galletas con diferentes concentraciones de sangre deshidratada de cordero, T1 al 5%, T2 al 10%, T3 al 15%, se realizaron los respectivos análisis físico-químicos, microbiológicos y sensoriales, se contó con la participación de 40 jueces no entrenados para determinar las diferencias significativas entre las formulaciones, se aplicó la prueba no paramétricas de Friedman y análisis post hoc de Nemenyi. Los resultados demostraron que la formulación T2 al 10% de sangre deshidratada de cordero, obtuvo la mayor aceptación sensorial destacándose en sabor color, textura, olor y dulzor con características similares de una galleta comercial. Por el mismo lado, mantuvo niveles adecuados de estabilidad físicos, químicos y microbiológicos durante un almacenamiento de un lapso de 30 días, cumpliendo con los parámetros establecidos por la norma técnica ecuatoriana (INEN 2085:2005). En conclusión, la incorporación de sangre deshidratada de cordero en la elaboración de galletas representa una estrategia novedosa y muy viable para incrementar el contenido de hierro sin alterar negativamente la calidad del producto. Se recomienda aplicar pruebas con diferentes segmentos de consumidores como mujeres embarazadas, niños, adultos y personas con enfermedades catastróficas, así como evaluar estrategias para reducir las barreras culturales asociadas al consumo de diferentes tipos de sangre animal.

Palabras claves: Hierro, sangre de cordero deshidratada, harina de machica, galletas funcionales, aceptación sensorial.

ABSTRACT

Iron deficiency is a severe nutritional problem, especially in vulnerable populations, prompting the search for foods that improve nutrient intake. This study aimed to develop iron-enriched cookies by incorporating dehydrated lamb blood and machica flour, and to evaluate their physicochemical, microbiological, and sensory quality. Three formulations with different concentrations of dehydrated lamb blood (T1: 5%, T2: 10%, T3: 15%) were prepared and analyzed using a completely randomized design. Forty non-expert judges evaluated sensory attributes, and the Friedman test with Nemenyi post-hoc analysis was applied. Formulation T2 (10% dehydrated lamb blood) achieved the highest sensory acceptance, with flavor, color, texture, aroma, and sweetness comparable to a commercial cookie, and maintained adequate physicochemical and microbiological stability over 30 days, meeting Ecuadorian standards (INEN 2085:2005). In conclusion, incorporating dehydrated lamb blood is a viable strategy to increase iron content without compromising quality. Further studies are recommended to assess acceptance in diverse consumer groups and to explore strategies for reducing cultural barriers related to the consumption of animal blood.

Keywords: Iron, dehydrated lamb blood, machica flour, functional cookies, sensory acceptance.



Reviewed by:

MsC. Edison Damian Escudero
ENGLISH PROFESSOR
C.C.0601890593

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.

1.2. Antecedentes

La deficiencia de hierro constituye un problema nutricional a nivel mundial, especialmente en países en vías de desarrollo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más del 30% de la población mundial padece de anemia, siendo los grupos más afectados los niños, mujeres embarazadas y adultos mayores (OMS, 2021). Esta situación se produce, en la mayoría de los casos, por una ingesta dietética incorrecta de hierro, lo cual compromete la producción de hemoglobina y, por ende, el transporte eficiente de oxígeno en el organismo. La anemia ferropénica puede implicar consecuencias graves para la salud, como fatiga crónica, disminución de la capacidad cognitiva, decaimiento del sistema inmunológico y en casos más graves, retraso en el crecimiento infantil (UNICEF, 2020).

Ante esta problemática, la incorporación de alimentos ricos en hierro en la dieta diaria se presenta como una estrategia esencial para prevenir la anemia y mejorar la calidad de vida. En este contexto, el desarrollo de productos alimenticios elaborados con ingredientes naturales y locales con alto contenido de hierro se perfila como una solución accesible, sostenible y culturalmente aceptada. Entre estos ingredientes destacan la sangre de cordero es rica en proteínas completas, hierro hemo de alta biodisponibilidad, vitamina B12, zinc y fósforo mientras que la harina de machica aporta carbohidratos complejos, fibra, proteínas vegetales, vitaminas del complejo B y minerales como hierro, fósforo y magnesio que han demostrado poseer propiedades nutricionales significativas y un gran potencial para ser utilizados en la elaboración de alimentos funcionales (García et al., 2022; López et al., 2021).

La sangre de cordero, a normalmente es desechada en las prácticas de faenado, es una fuente importante de hierro hemo, el cual presenta una mayor biodisponibilidad que el hierro no hemo presente en los vegetales (Pérez et al., 2016). Su incorporación en productos alimenticios puede representar una alternativa eficiente y eficaz para incrementar los niveles de hierro en la dieta, especialmente en lugares vulnerables. Por su parte, la harina de machica, elaborada a partir del maíz tostado y molido, es un alimento muy típico y tradicional en los Andes sudamericanos y es consumida por su valor energético, contenido en fibra, proteínas y otros micronutrientes como el fósforo y el magnesio (Torres et al., 2018).

La perfecta combinación de estos ingredientes permite la elaboración de alimentos funcionales con alto valor nutricional, como es el caso de las galletas enriquecidas en hierro con la incorporación de sangre deshidratada de cordero. Este tipo de alimento no solo ofrece un aporte significativo de nutrientes esenciales, sino que también puede ser fácilmente aceptado por la población debido a su familiaridad, eficacia y sabor. Varios estudios anteriores han demostrado que el uso de sangre animal deshidratada en la formulación de productos horneados, como panes y galletas pueden mejorar el contenido de hierro sin alterar

negativamente las propiedades sensoriales de los productos (Auquiñivin et al., 2015; Castro et al., 2015).

En consecuencia, esta investigación tiene como propósito desarrollar galletas enriquecidas con hierro utilizando sangre de cordero deshidratada y harina de machica. Se evaluará la concentración de hierro, como la aceptabilidad sensorial del producto final. De tal manera, se busca presentar una nueva alternativa alimentaria viable y culturalmente adecuada para combatir la deficiencia de hierro en poblaciones vulnerables, sin alterar características organolépticas y la apariencia del alimento.

1.2. Problema

La deficiencia de hierro constituye las principales causas de anemia a nivel mundial y afecta específicamente a mujeres, niños y poblaciones vulnerables. Esta condición da consecuencias significativas para la salud, entre ellas fatiga, debilidad, disminución en el rendimiento cognitivo y afectaciones en el desarrollo infantil, siendo víctimas de esta enfermedad los niños, mujeres embarazadas y personas de la tercera edad. El hierro es muy esencial para la síntesis de hemoglobina y el transporte de oxígeno, por lo que su déficit compromete funciones vitales del organismo. Según la Organización Mundial de la Salud (2023), la prevención de esta deficiencia requiere la incorporación de alimentos ricos en hierro dentro de la dieta; sin embargo, la disponibilidad de productos accesibles, nutritivos y culturalmente aceptados continúa siendo limitada.

Además de la existencia de otros ingredientes naturales como la sangre de cordero, la machica y entre otros conocidos por su mayor contenido de hierro y otros nutrientes esenciales en el uso de la industria alimentaria sigue siendo reducido. Investigaciones anteriores, dan evidencia que la sangre animal es una fuente altamente biodisponible de hierro hemo (Toldrá et al., 2021), mientras que la machica, posee un valor nutricional destacable y es parte de la tradición alimentaria de los pueblos andinos (Vera, 2019). No obstante, estos recursos continúan infrautilizados, lo que limita su potencial para el desarrollo de alimentos funcionales, con valor agregado.

El actual desafío radica en formular productos que se utilicen estos ingredientes, sin modificar de manera brusca las características sensoriales que los consumidores esperan en alimentos alternativos y convencionales como: sabor, aroma y textura. En consecuencia se vuelve esencial diseñar alternativas alimentarias que combinen adecuadamente estos ingredientes y mantengan una alta aceptabilidad y aporten cantidades relevantes de hierro biodisponible.

Si bien, existen estudios sobre la fortificación de alimentos en hierro, persiste una brecha de conocimiento respecto al desarrollo de galletas, elaboradas con sangre, deshidratada de cordero y harina de machica, así como sobre su valor nutricional específico, su estabilidad y su aceptabilidad sensorial en consumidores locales. Esta falta de evidencia dificultad la creación de estrategias basadas en ingredientes naturales que podrían combatir a reducir la anemia por deficiencia de hierro.

Dentro de este contexto se hace necesario indagar la formulación, caracterización nutricional y aceptación sensorial de las galletas elaboradas con estos de ingredientes naturales con el propósito de determinar su viabilidad como alternativa alimentaria, nutritiva, accesible y culturalmente aceptada por parte de los consumidores.

1.3. Justificación

Esta investigación tiene como objetivo el desarrollo de galletas enriquecidas en hierro, utilizando sangre de cordero, deshidratada y harina de machica con el objetivo de mejorar su valor nutricional y contribuir a la prevención de la anemia ferropénica en poblaciones vulnerables de la ciudad de Riobamba, que tienen una mala alimentación por falta de productos fortificados en hierro y naturales. La anemia por deficiencia de hierro representa uno de los principales problemas de la salud pública en América Latina, afectando especialmente a los niños, mujeres embarazadas, parroquias rurales y comunidades de bajos recursos que poseen una mala alimentación (Organización Mundial de la salud [OMS], 2021).

La sangre animal, en particular la del cordero, es una fuente rica en hierro hemo de fácil absorción con el organismo humano, lo cual se convierte en una excelente alternativa para combatir la anemia ferropénica (Gómez & López, 2019). sin embargo, este subproducto suele ser desecharo durante el proceso de faenamiento en diferentes lugares, generando un desaprovechamiento de recursos por su alto potencial nutricional (Rodríguez et al., 2020). Su incorporación en productos alimenticios representa no sólo una estrategia nutricional, sino también una práctica de sostenibilidad alimentaria.

Asimismo, la harina de machica elaborada a partir del maíz tostado y molido, es un alimento típico de alto valor cultural y nutricional en la región andina, caracterizado por su contenido de carbohidratos complejos, fibras y micronutrientes (Vega et al., 2018). Su inclusión en el producto busca favorecer la aceptación sensorial por parte de los consumidores, promoviendo la elaboración de alimentos funcionales, culturalmente apropiados para el paladar de los consumidores.

Éste estudio tiene como finalidad contribuir de manera significativa al desarrollo y mejora de productos alimenticios, que además de presentar un adecuado valor nutricional, sean accesibles por la población objetivo y logren un elevado nivel de aceptación sensorial y cultural, por parte de los diferentes consumidores involucrados en esta investigación, de tal manera se busca generar información pertinente que favorezca la formulación de alimentos innovadores y de calidad orientados a responder a las necesidades, nutricionales y preferencias del público que va dirigido esta investigación.

1.4. Objetivos

a. General

- Desarrollar galletas enriquecidas en hierro utilizando sangre de cordero deshidratada y harina de machica.

b. Específicos

- Formular galletas utilizando sangre de cordero deshidratada y harina de machica, evaluando diferentes proporciones para maximizar el contenido de hierro.
- Determinar la calidad microbiológica y contenido de hierro en las galletas elaboradas.
- Determinar la aceptabilidad sensorial del producto final mediante pruebas de degustación a consumidores.
- Evaluar el efecto de la inclusión de harina de sangre en la vida útil de galletas las galletas durante 30 días de almacenamiento.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. Estado de arte

La deficiencia de hierro es uno de los problemas nutricionales más prevalentes a nivel mundial, especialmente en los países vías de desarrollo en donde afecta principalmente a los niños, mujeres embarazadas, personas adultas y personas con enfermedades catastróficas esta enfermedad motivaron a diversas investigaciones centradas en el desarrollo de alimentos funcionales que actúen como un producto eficaz de suplementación de hierro, biodisponibilidad, utilizando ingredientes no convencionales y subproductos de origen animal.

Baca (2015) investigó la incorporación de la sangre de cordero, deshidratada en galletas, afirmando que es posible mejorar significativamente el contenido de hierro en el producto, sin afectar bruscamente sus características sensoriales, este hallazgo fue respaldado por Garay (2018), quien menciona la formulación a base de quinua y sangre bovina, identificando qué porciones de hasta el 50%, eran preferidas por sus propiedades organolépticas y el perfil nutricional.

Chinchay et al. (2024) desarrollaron barras energéticas con sangre de liofilizada de cordero, dirigida a los niños de Jaén, demostrando mejoras en la aceptabilidad sensorial y un incremento considerable del contenido de hierro

Álamo (2022) examinó la producción de padre enriquecido con sangre bovina, mostrando un impacto positivo en los niveles de hemoglobina en consumidores anémicos, sin rechazos por parte de los de valores sensoriales por su parte (Guevara et al., 2014) validaron en modelos animales, los beneficios de galletas certificadas con sangre de carnero, cuyo efecto fue comparable al de suplementos farmacológicos.

Hoyos et al. (2020) presentan galletas infantiles comerciales en Perú concluyendo que muchas de ellas contienen altos niveles de azúcares y grasas saturadas y presentan bajo contenido de hierro y fibra en estos productos, este tipo de evaluaciones pone en evidencia la necesidad de diseñar productos alternativos más nutritivos y aceptados por el público objetivo.

Por otro lado, Mena et al. (2016) elaboraron, hamburguesas de enriquecidas con sangre, porcina, obteniendo resultados positivos, en términos de aceptación sensorial, y la mejora del contenido de hierro hemo. En otro estudio, (Quispe & Morales 2017) evaluaron la formulación de galletas con sangre de res y harina de trigo. Reportando un incremento significativo en el aporte de hierro biodisponible.

Asimismo, Delgado et al. (2019) desarrollaron barras de cereal, fortificadas con hemoglobina, porcina en comunidades rurales de Bolivia, logrando una reducción sustancial

en los indicadores de anemia en escolares, de igual manera, Contreras y Velázquez (2021) utilizaron sangre, deshidratada en fideos, encontrando resultados prometedores en el estudio piloto con adolescentes anémicos.

Una investigación muy relevante, se ha centrado en la revalorización de sus productos pecuarios (López Benavides, 2020). Sostiene que la sangre animal al ser rica en hierro hemo y proteínas de alto valor biológico, puede incorporarse con éxito en alimentos procesados, reduciendo el desperdicio y generando un impacto muy positivo en la nutrición pública para erradicar varias enfermedades que se pueden combatir.

En cuanto a la harina de Machica ha sido un poco explorada como parte de alimentos funcionales. Sin embargo, Paredes et al. (2018) destacan su contenido de carbohidratos complejos, fibras y micro nutrientes esenciales, así como su importancia cultural en la dieta andina, esta harina, tradicionalmente utilizada en la elaboración de varios productos como: bebidas y snacks presenta un potencial notable en la formulación de productos con alto valor agregado.

Otro estudio muy relevante, es el de Herrera y Silva (2023), quienes desarrollaron panecillos energéticos, con sangre de ovino y harinas locales, obteniendo resultados satisfactorios, en cuanto a la aceptación sensorial y contenido nutricional. También Arévalo et al., (2022) implementaron un programa de alimentación escolar, en Ecuador, utilizando galletas, fortificadas con sangre de res, evidenciando una reducción significativa de los niveles de anemia, después de tres meses de consumo regular.

Finalmente, la investigación de Moreno y Cueva (2021) investigan sobre los hábitos de consumo y a la aceptación de productos. Con ingredientes tradicionales, reveló que la aceptación aumenta significativamente cuando los alimentos son percibidos como parte de la identidad cultural, y están alineados con las costumbres alimentarias de la población objetiva.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Alimentos funcionales y nutrición.

Los alimentos funcionales son aquellos que además de nutrir ofrecen beneficios extras para la salud y ayudan a prevenir enfermedades crónicas que no se transmiten de persona a persona (Granato et al., 2020). Dentro de este tipo de alimentos, el hierro es un micronutriente muy importante, ya que el cuerpo lo necesita para múltiples funciones, sin embargo, su absorción depende de la forma en la que se encuentre y el tipo de alimento que lo陪伴e (Abbaspour et al., 2019).

Investigaciones más recientes señalan que el hierro hemo que se encuentra en los alimentos de origen animal, como la sangre. Se absorbe mucho mejor que el hierro no hemo que proviene de los vegetales. De hecho, el hierro hemo puede absorberse entre dos y cuatro veces mejor porque es más estable y no se ve tan afectado por sustancias presentes en otro

alimentos que puede disminuir su absorción (García-Castal et al., 2018). Por esta razón, añadir ingredientes ricos en hierro hemo a productos alimenticios funcionales es una estrategia efectiva y se respaldan por estudios científicos. Esta práctica permite aumentar el aporte de hierro y mejorar su aprovechamiento en el organismo, especialmente en grupos de población que presenta riesgo de anemia.

Figura 1

Hierro en la sangre animal



Nota. Recuperado de *Google Imágenes* (s. f.).
<https://share.google/images/GuprwehrITxFnx4Q6>

Tabla 1

Características del hierro en la sangre de cordero

Características	Hierro Hemo	Hierro No Hemo
Origen	Animal (carne, hígado, sangre de cordero)	Vegetal (legumbres, cereales)
Forma química	Fe ²⁺ dentro del grupo hemo	Fe ³⁺ libre o unido a compuestos
Biodisponibilidad	Alta (15–35%)	Baja (2–20%)
Factores que afectan	Poco afectado por dieta	Inhibido por fitatos, taninos; potenciado por vitamina C
En sangre de cordero	~70–80% del hierro total	~20–30% del hierro total
Importancia	Fuente principal de hierro absorbible	Completa el aporte total pero requiere buena combinación dietética.

Nota. Adaptado de Iron bioavailability from animal blood as a food ingredient: A review. Trends in Food Science & Technology, por Gómez-Basurto, Morales, & Barba, (2021); Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. American Journal of Clinical Nutrition, por Hallberg & Hulthén, (2000).

2.2.2. La sangre de cordero como fuente de hierro

La sangre de cordero es muy rica en proteínas, hierro hemo o hemínico, vitamina B12 y zinc, se han demostrado que 100 g de sangre deshidratada contiene aproximadamente de 150 a 220 mg de hierro, dependiendo del método de secado y la especie animal (Gómez, 2024). Su incorporación en alimentos requiere de procesos higiénicos adecuados para evitar riesgos microbiológicos como la E. coli o salmonella (OMS, 2018). Además de estudios en humanos y animales han demostrado que su consumo moderado mejora los niveles de hemoglobina, combatiendo de manera eficaz la anemia.

Tabla 2

Clasificación taxonómica del cordero

Clasificación taxonómica	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Orden	Artiodacyla
Familia	Bovidae
Genero	Ovis Linnaeus, 1758
Especie:	Ovis aries Linnaeus, 1758
Subespecie en Ecuador:	Especie monotípica
Nombre común en español:	Oveja
English common name:	Sheep
Nombres comunes:	Borrego, cordero

Nota. Adaptado de Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador, por D.G. Tirira, 2021. 3a edición., versión 2022. <https://bioweb.bio/faunaweb/mamiferoslibrorojo/FichaEspecie/Ovis%20aries%5BToda%20la%20poblaci%C3%B3n%20del%20Ecuador%5D>

Tabla 3

Composición nutricional de sangre bovina

Componente	Contenido en sangre bovina entera*
Agua	~ 80.9%
Proteína Total	~ 17.3%
Grasa (lípidos totales)	~ 0.23%
Minerales (cenizas)	~ 0.62%
Carbohidratos	~ 0.07%
Hierro hemo en sangre en polvo	~ 195.46 mg/100g

Nota. Adaptado de A review of slaughterhouse blood and its compounds, processing and application in the formulation of novel non-meat products. Food & Nutrition Journal, por (Chiroque et al. 2023); Production and Use of a Shelf-Stable Bovine Blood Powder for Food Fortification as a Food-Based Strategy to Combat Iron Deficiency Anaemia in Sub-Saharan Africa, Kikafunda, J. K., & Sserumaga, P. (2005). African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, por AJFAND (2019).

2.2.3. La harina de machica: características y valor nutricional

La machica es un producto andino elaborado a partir de la cebada y maíz tostado y posterior molido, es ampliamente consumido en regiones andinas por su valor energético y su capacidad para complementar otras fuentes proteicas (Zambrano et al., 2020). Contiene carbohidratos complejos, fibras dietéticas y una porción moderada de proteínas vegetales, lo que le convierte en un ingrediente versátil para productos horneados y la utilización en alimentos funcionales.

Tabla 4

Composición nutricional de la harina de machica (100g)

Nutriente	Cantidad aproximada
Energía kcal	302 kcal
Proteína g	8.6
Carbohidratos g	77.4
Fibra g	10.1
Hierro mg	12.3
Calcio mg	74
Fosforo mg	320
Niacina (B3) mg	8.7

Nota. Adaptado de Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (García et al. 2017).

2.2.4. Galletas como vehículo nutricional

Las galletas representan un vehículo eficiente para la fortificación debido a su aceptación universal, facilidad de producción y larga vida útil. Según la FAO (1981), los productos de panadería pueden ser adaptados con ingredientes funcionales sin comprometer su textura ni su sabor si se ajustan las proporciones de los ingredientes. Además, permiten técnicas de conservación como el secado y empaquetado hermético que favorecen la estabilidad del hierro y la inocuidad del producto.

2.2.5. Aceptabilidad sensorial

La aceptabilidad sensorial es un criterio fundamental en el desarrollo de productos funcionales, especialmente aquellos dirigidos a poblaciones vulnerables como niños o gestantes. Esta se evalúa mediante pruebas hedónicas que miden atributos como el color, sabor, textura y aroma. Estudios previos como los de (Vega et al., 2021) han demostrado que es posible incluir sangre animal en productos sin que se alteren negativamente estas características, siempre que se manejen adecuadamente la proporción y el proceso de desodorización.

2.2.6. Temperaturas para deshidratar sangre de cordero

El tiempo y método de deshidratación de la sangre de cordero son factores muy importantes porque determinan la conservación de los nutrientes y la calidad del producto final un secado adecuado permite reducir la humedad hasta niveles seguros de <5%, evitando el crecimiento microbiano y prolongando en la vida útil del ingrediente, además, temperaturas controladas como 60 °C en secado al horno preservan, la estructura de las proteínas y el hierro, evitando pérdidas nutricionales por desnaturalización u oxidación.

Tabla 5

Métodos de deshidratación de la sangre de cordero

Método de secado	Temperatura	Tiempo estimado	Ventajas
Secado en horno (convectivo)	60 – 70 °C	6 – 8 horas	Conserva proteínas y hierro, bajo costo, fácil aplicación
Spray drying (atomización)	Aire de entrada 150 – 180 °C, aire de salida 80 – 90 °C	Segundos	Alta eficiencia, buena conservación de nutrientes, polvo fino y homogéneo
Liofilización (freeze-drying)	Congelación a –40 °C, secado por sublimación a < 40 °C	24 – 48 horas	Máxima conservación nutricional y sensorial, pero alto costo
Secado solar / bandejas	50 – 60 °C (dependiendo de condiciones)	1 – 2 días	Bajo costo, pero menos controlado

Nota. Adaptado de Elaboración de harina a partir de la sangre de bovinos y porcinos de camal municipal del Cantón San Miguel para alimentación animal, Aguirre Palma (2017); Composition and biological activities of slaughterhouse blood and blood fractions. Journal of the Science of Food and Agriculture, por (Bah et al., 2016); A review of slaughterhouse blood and its compounds, processing and application in the formulation of novel non-meat products. Food & Nutrition Journal, por (Chiroque, 2023).

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Tipo de Investigación.

La investigación fue de carácter cuantitativo, debido a que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar las propiedades, nutricionales, fisicoquímicas sensoriales y la aceptación final del producto mediante pruebas de laboratorio y estadística. El estudio se inició con la producción piloto de las galletas, evaluando varios aspectos como:

textura, sabor, color, olor y dulzor. Estos ensayos permitieron realizar ajustes progresivos en las formulaciones, hasta identificar la combinación más adecuada, tanto en términos de calidad organoléptica como contenido de hierro.

3.2 Diseño de la investigación

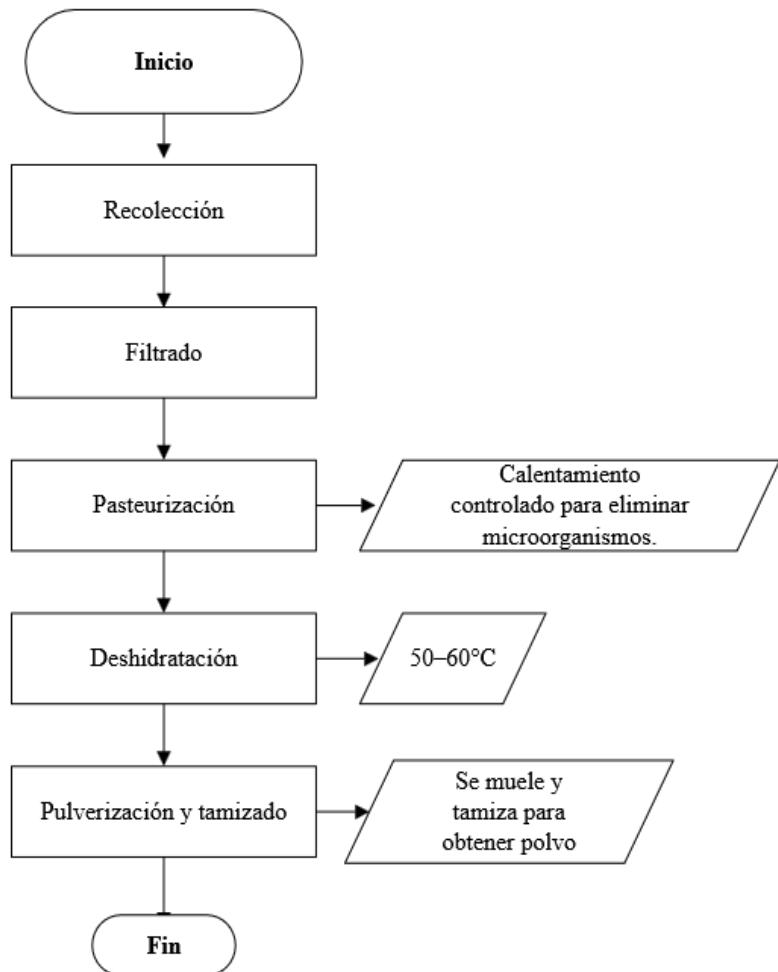
Se aplicó un diseño experimental por mezclas ya que se elaboraron diferentes formulaciones de galletas fortificadas con hierro mediante la incorporación de sangre de cordero deshidratada y harina de máquina, con el propósito de evaluar el efecto de estos ingredientes sobre las características sensoriales del producto. Se desarrollaron tres formulaciones con concentración al 5%, 10% y 15% de sangre deshidratada de cordero, que posteriormente fueron sometidas a una evaluación sensorial por parte de 40 panelistas, quienes valoraron los atributos empleando una escala ordinal de tres niveles.

3.2.1 Procedimiento

En las figura 2 y 3 se indica los procedimientos en diagrama.

Figura 2

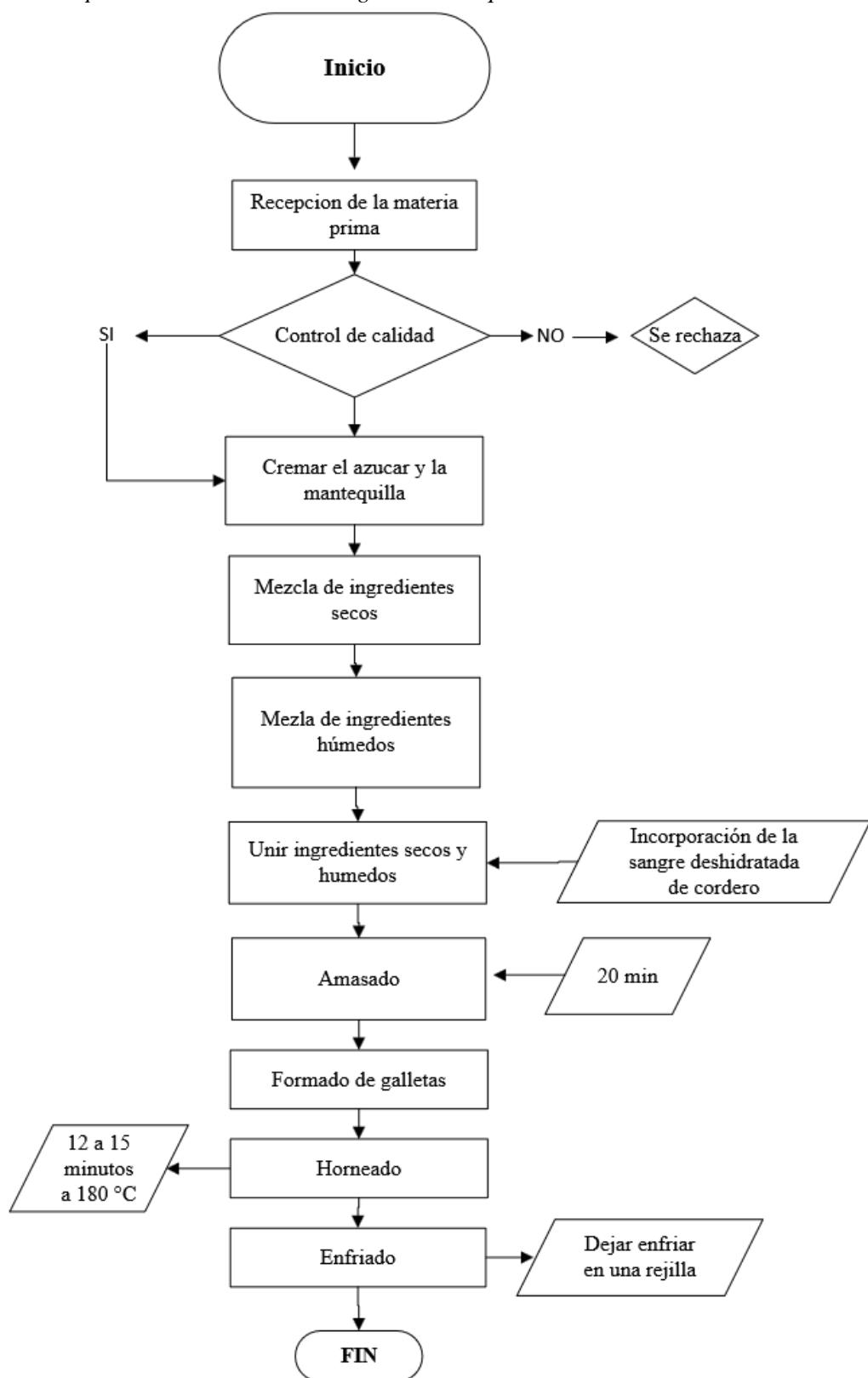
Diagrama de proceso deshidratación sangre de cordero



1. **Recolección:** Obtener la sangre fresca durante el faenamiento del cordero, utilizando recipientes limpios, desinfectados para evitar cualquier tipo de contaminación y asegurar la calidad del ingrediente.
2. **Filtrado:** Retirar impurezas, restos, sólidos, coágulos o partículas no deseados mediante el uso de una malla fina
3. **Pasteurización:** Esta operación garantiza la seguridad del producto, reduciendo la carga en microbiana antes de continuar con el proceso de deshidratación
4. **Deshidratación:** La sangre ya pasterizada, se somete a temperaturas entre 50 y 60 °C para eliminar gradualmente el agua.
5. **Pulverización y tamizado:** Incluye la molienda del ingrediente, ya deshidratado, y su posterior paso por tamices con el fin de obtener un polvo fino y homogéneo. Esta etapa asegura que el producto final tenga el tamaño de partícula adecuado para ser utilizado en la elaboración de alimentos.

Figura 3

Diagrama del proceso de elaboración de galletas enriquecidas



1. **Mezclado y batido:** En un bol de acero inoxidable, colocar la mantequilla a temperatura ambiente junto con el azúcar. Utilizando una batidora, batir a velocidad media durante 5 a 7 minutos o hasta obtener una mezcla de textura cremosa, aireada y homogénea. Este proceso permite incorporar aire y mejorar la textura final de la galleta.
2. **Emulsión y homogenización:** Agregar el huevo ligeramente batido y la esencia de vainilla a la mezcla anterior, continuar batiendo a velocidad media hasta conseguir una emulsión estable y totalmente integrada, procurando que no queden restos visibles de huevo
3. **Tamizado y mezcla de secos:** Tamizar la harina de machica, la sangre deshidratada en polvo, añadir la nuez picada, el polvo de hornear, canela en polvo y la sal, mezclar estos ingredientes secos, con una espátula o batidor manual para asegurar una distribución pareja.
4. **Integración de ingredientes húmedos y secos:** Añadir gradualmente los ingredientes secos sobre la mezcla húmeda con una espátula para incorporarlos hasta que la masa esté bien integrada y ligeramente firme.
5. **Boleado:** Cortar la masa en porciones pequeñas y dar forma a las galletas con cortadores de metal sobre una superficie espolvoreado con harina.
6. **Horneado:** Precalentar el horno a 180 °C (356 °F) y hornear las galletas de 12 a 15 minutos o hasta que los bordes y la base estén dorados.
7. **Enfriamiento y almacenamiento:** Retirar las galletas del horno y dejarlas enfriar sobre una rejilla. Una vez frías, guardarlas en empaques herméticos y mantener a temperatura ambiente.

3.2.2 Formulación:

Tabla 6

Formulación de galletas fortificadas con hierro

Ingredientes	F1 masa (g)	F1 %	F2 masa (g)	F2 %	F3 masa (g)	F3 %
Máchica	170	36,95	160	33,32	150	29,85
Sangre deshidratada de cordero	23	5,00	48	10,00	75,37	15,00
Nuez picada	20	4,35	20	4,16	20	3,98
Azúcar morena	80	17,39	85	17,71	90	17,92
Mantequilla	100	21,73	100	20,83	100	19,90
Huevo	56	12,17	56	11,66	56	11,14
Esencia de vainilla	4	0,87	4	0,83	4	0,80
Polvo de hornear	4,2	0,91	4,2	0,87	4,2	0,84
Canela en polvo	2,6	0,57	2,6	0,54	2,6	0,52
Sal	0,3	0,07	0,3	0,06	0,3	0,06
TOTAL	447,1	100,00	480,1	100,00	502,4	100,00

3.3 Técnicas de Recolección de Datos

Figura 4

Ficha de evaluación sensorial

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA
EJICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

También se obtuvieron datos de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y porcentaje de hierro de las pruebas de estabilidad realizada a la muestra de mayor preferencia.

Los parámetros analizados con sus respectivos métodos y fundamentos de análisis se indican en la tabla 7.

Tabla 7
Análisis físico-químicos

Parámetros	Método de ensayo / Norma	Fundamento	Equipos
Actividad de agua (Aw)	Medición con higrómetro digital (AOAC 978.18)	Determinación de la disponibilidad de agua libre en el producto	Medidor de Aw
Cenizas	Incineración en mufla (ISO 936:1998 / AOAC 923.03)	Determinación de minerales por calcinación.	Mufla (Marca Thermolyne), Balanza analítica (Marca MKLab).
Humedad	Secado en estufa (ISO 1442:1997 / AOAC 925.10)	Determinación por pérdida de peso.	Termobalanza
Acidez	Valoración con NaOH (AOAC 940.28)	Determinación de acidez titulable.	Bureta, solución NaOH 0,1 N.
pH	Potenciómetro (ISO 2917:1999 / AOAC 981.12)	Medición del pH del producto.	Potenciómetro (Marca HACH),

Análisis microbiológicos

Con el objetivo de garantizar la inocuidad del producto, se realizarán los siguientes análisis microbiológicos:

Tabla 8
Análisis microbiológicos

Variable	Método de ensayo / Norma	Fundamento	Materiales y equipos
Salmonella spp	NTE INEN 1529-15	Detección en medios selectivos con preenriquecimiento.	Medios de cultivo, incubadora, estufa.
Recuento en placa (R.E.P.)	Siembra en placa (ISO 4833-1:2013)	Cuantificación de bacterias mesófilas aerobias	Cabina de bioseguridad, estufa de incubación, placas Petri, medios PCA.
Coliformes totales	Técnica NMP / agar selectivo (ISO 4831:2006)	Indicador de higiene y contaminación fecal	Incubadora, tubos de ensayo, medios selectivos.
Mohos y levaduras	NTE INEN 419	Determinación de hongos y levaduras.	Placas de Petri, agar PDA, incubadora.

3.4 Población de Estudio y Tamaño de Muestra

La presente investigación tuvo como propósito evaluar la aceptabilidad sensorial de galletas elaboradas con sangre de cordero deshidratada con distintas concentraciones. Para ello, se trabajó con una población definida y delimitada.

Se utilizó 3 litros de sangre de cordero, recolectada en el camal de la ciudad de Riobamba, a partir de esta cantidad se obtuvieron 500 g de sangre deshidratada de cordero, con los cuales se elaboraron 500 galletas destinadas a pruebas de degustación.

La población objeto de estudio estuvo conformada por estudiantes de segundo año de bachillerato de la Unidad Educativa “Isabel de Godín”, ubicada en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, específicamente participaron 40 estudiantes pertenecientes a la especialidad de (IPA) Industrialización de productos alimenticios .

El tamaño de la muestra fue de 40 individuos, lo que representa al 100% de la población objetivo, dado que se trataba de un grupo reducido y de fácil acceso, fue posible trabajar con la totalidad de los estudiantes disponibles, sin necesidad de aplicar fórmulas de estadísticas de muestreo

3.5 Métodos de Análisis y Procesamiento de Datos

Los datos fueron ingresados y tabulados en una hoja de cálculo. Para el análisis de los datos se utilizaron funcionalidades integradas para estadística de Microsoft Excel que permitieron realizar análisis descriptivos y las pruebas necesarias para la interpretación de resultados.

La prueba de Friedman fue seleccionada para el análisis porque es la más adecuada para este tipo de datos y diseño experimental. En este estudio, el mismo panel de catadores evaluó las tres formulaciones de galletas, lo que indica que las mediciones son repetidas y están correlacionadas. También, las calificaciones sensoriales fueron puntuadas a través de escalas ordinales, las cuales no satisfacen los supuestos de normalidad para ejecutar pruebas paramétricas.

Friedman es una prueba no paramétrica que está especialmente diseñada para conectar tres o más tratamientos evaluados por un solo grupo de participantes, y para determinar si las muestras difieren significativamente. No es necesario aplicar una transformación de potencia a los datos para su uso, aunque para la mayoría de las distribuciones de datos, la transformación gamma proporciona la mayor cantidad de beneficios. Por tales motivos, la prueba de Friedman constituye la alternativa metodológica más adecuada para la evaluación por diferencias de aceptabilidad sensorial entre las formulaciones de galletas propuestas en el presente trabajo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se presenta los resultados obtenidos durante la investigación, evidenciando el cumplimiento de los objetivos planteados.

4.1 Resultado formulación de galletas con sangre de cordero

En la tabla 9, se muestran las tres formulaciones de galletas con diferentes concentraciones de sangre de cordero al 5%, 10%, 15%

Tabla 9

Formulaciones de galletas fortificadas

Ingredientes	F1 %	F2 %	F3 %
Máchica	38,02	35,39	32,82
Sangre deshidratada de cordero	5,00	10,00	15,00
Nuez picada	4,47	4,42	4,38
Azúcar morena	17,89	18,80	19,69
Mantequilla	22,37	22,12	21,88
Huevo	12,53	12,39	12,25
Esencia de vainilla	0,89	0,88	0,88
Polvo de hornear	0,94	0,93	0,92
Canela en polvo	0,58	0,58	0,57
Sal	0,07	0,07	0,07
TOTAL	100,00	100,00	100,00

Nota. Datos reportados en porcentaje

Previo a obtener las formulaciones indicadas en Tabla 9, se realizaron diferentes formulaciones para elaborar las galletas fortificadas con hierro incorporadas con la sangre de cordero deshidratada en diferentes concentraciones al 5%, 10%, 15%.

Las formulaciones desarrolladas en la presente investigación coinciden con los resultados obtenidos por otros autores que incorporaron subproductos de origen animal en productos de panificación con el fin de mejorar su valor nutricional.

Por ejemplo, Quispe (2021) desarrollo galletas fortificadas con harina de sangre bovina deshidratada con diferentes concentraciones al (5 %, 10 % y 15 %), observando que

Los niveles más altos incrementaron significativamente el contenido de hierro sin afectar de manera negativa la aceptabilidad sensorial. De igual manera, (Baca & López 2020) desarrollaron galletas enriquecidas con harina de vísceras y sangre de cerdo, la determinación que una proporción del 10 % representó el mejor equilibrio entre características nutricionales y sensoriales.

Éstos resultados respaldan la presente investigación en el cual se determinaron tres formulaciones con incorporación de sangre de cordero al (5%, 10% y 15%) mostrando una tendencia comparable en términos de: sabor, textura, color, olor, dulzura y aceptabilidad general del producto.

Tabla 10

Resultados de la prueba de degustación

Tratamientos	Atributo	1 (Me gusta mucho)	2 (Me gusta poco)	3 (No es de mi preferencia)	Total
5%	Sabor	12	18	10	40
	Textura	10	20	10	40
	Color	11	17	12	40
	Olor	13	15	12	40
10%	Dulzura	10	20	10	40
	Sabor	25	10	5	40
	Textura	23	12	5	40
	Color	22	13	5	40
15%	Olor	24	11	5	40
	Dulzura	26	9	5	40
	Sabor	5	12	23	40
	Textura	6	10	24	40
	Color	7	11	22	40
	Olor	8	9	23	40
	Dulzura	6	10	24	40

4.2 Selección de la mejor formulación mediante fichas sensoriales de aceptabilidad.

Para evaluar la diferencia entre los tres tratamientos T1 (5%), T2 (10%), T3 (15%) en varios atributos sensoriales (Sabor, Textura, Color, Olor, Dulzura), se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman.

Tabla de Puntuaciones Ponderadas y Rangos

Tabla 11
Puntuación ponderada y rangos

Atributo	T1	T2	T3	Rango	Rango	Rango
	(PP)	(PP)	(PP)	T1	T2	T3
Sabor	2.05	2.50	1.55	2	3	1
Textura	2.00	2.50	1.55	2	3	1
Color	1.98	2.43	1.63	2	3	1
Olor	2.18	2.48	1.63	2	3	1
Dulzura	2.00	2.63	1.55	2	3	1
Suma de Rangos (R_j)				10	15	5

Para cada atributo y tratamiento, se transformaron las frecuencias de preferencia en una Puntuación Ponderada (PP) única. Esta puntuación refleja la preferencia general del panel de 40 evaluadores, donde un valor más alto indica una mayor preferencia. Luego, se asignó un rango a cada tratamiento dentro de cada atributo, donde el rango 1 es el valor de PP más bajo (menos preferido) y el rango 3 es el más alto (más preferido). Finalmente se obtuvo lo indicado en la tabla 11.

Tabla 12
Resultados de la prueba Friedman

Estadístico	Valor	Grados de	Valor Crítico
		Libertad (df)	($\alpha=0.05$)
χ^2_r	10.00	2	5.99

Análisis Post-Hoc

Para aplicar la prueba de Friedman en la evaluación sensorial de las tres formulaciones de galletas (T1 = 5%, T2 = 10%, T3 = 15% de sangre de cordero deshidratada), se consideraron las siguientes hipótesis:

- **H0 (Hipótesis nula):** No existen diferencias significativas en la preferencia sensorial entre las tres formulaciones evaluadas, es decir las medianas de los rangos asignados a T1, T2 y T3 son iguales.
- **H1 (Hipótesis alternativa):** Si existe diferencias significativas en la preferencia sensorial entre al menos dos de las formulaciones, es decir al menos una formulación difiere en términos de aceptación sensorial.

Dado que el valor estadístico calculado (10.00) es mayor que el valor crítico 5.99, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencias estadísticamente significativas en la preferencia sensorial entre las tres formulaciones evaluadas. Esto indica que al menos una de las formulaciones obtuvo un nivel de aceptación diferente en comparación con las otras, por lo que es necesario realizar un análisis post hoc para identificar precisamente entre qué formulaciones se encuentran las diferencias.

Tabla 13

Análisis de la prueba Post hoc (Nemenyi)

Comparación	Diferencia Absoluta de Rangos	Diferencia Crítica (CD)	¿Diferencia Significativa?
T1 vs T2	$ 10-15 =5$	1.48	Si
T1 vs T3	$ 10-5 =5$	1.48	Si
T2 vs T3	$ 15-5 =10$	1.48	Si

Con la finalidad de identificar en qué tratamientos existían diferencias significativas tras del resultado significativo de la prueba de Friedman, se aplicó la prueba Post-Hoc de Nemenyi con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. Para este análisis se emplearon la suma de rangos obtenidos para cada tratamiento a partir de la evaluación sensorial, realizada por 40 panelistas, considerando cinco atributos como: sabor, textura, olor, color y dulzura. Es importante recalcar que en el estudio un rango mayor indica mayor preferencia por parte de los evaluadores, mientras que un rango menor refleja una menor aceptabilidad.

El orden de preferencia sensorial fue el siguiente:

- **T2 (10%):** Dado que tuvo el total más alto de rangos (15), se considera que fue el tratamiento más seleccionado por los panelistas.
- **T1 (5%):** Se situó en un nivel intermedio de preferencia con un rango de (10).
- **T3 (15%):** Mostró la suma de rangos más baja (5), lo que indica que fue la formulación menos aceptada a nivel sensorial.

Los resultados de la prueba Post-Hoc (Nemenyi) permiten concluir que:

- **El tratamiento T2 (10%)**
Es la formulación sensorial más efectiva, ya que se prefiere de manera significativa sobre los tratamientos T2 y T3.

- **El tratamiento T1 (5%)**

Es tolerable, aunque no llega a ser el más preferido.

- **El tratamiento T3 (15%)**

Tiene restricciones sensoriales que reducen la aceptación del producto.

Finalmente se concluye que la formulación más adecuada para el desarrollo de galletas enriquecidas con hierro, desde el punto de vista sensorial, es la que contiene 10% de sangre de cordero deshidratada, ya que equilibra adecuadamente la incorporación del ingrediente funcional sin afectar negativamente las características organolépticas del producto.

Este análisis confirma que la formulación del Tratamiento 2 es la más aceptada por los panelistas en general, mientras que el Tratamiento 3 es el menos aceptado. Los hallazgos del presente trabajo, en los cuales la formulación con 10 % de sangre de cordero deshidratada fue la más aceptada según la prueba de Friedman seguida de Potts-Hawk, concuerdan con investigaciones previas en alimentos fortificados. Por ejemplo, Govindaraj et al. (2007) evaluaron galletas de trigo fortificadas con diferentes compuestos de hierro y observaron que las formulaciones con aditivos optimizados lograron preservar atributos sensoriales como sabor y textura, manteniéndose aceptables para los panelistas, a pesar de que se incrementaba el nivel de hierro.

De manera parecida, en la investigación de Applied Food Research acerca de las galletas con polvo de grillos, los niveles intermedios de fortificación (10-15 %) presentaron el equilibrio óptimo entre la mejoría nutricional y la aceptabilidad sensorial; en cambio, los niveles más elevados deterioraron características como el aroma y el sabor. Por otro lado, investigaciones como la de Auliana (2022), que utilizó galletas enriquecidas con sulfato ferroso en harina de yuca, indicaron que si bien los productos fortificados eran generalmente aceptables, algunas características sensoriales, tales como el aroma o la textura, presentaron variaciones notorias dependiendo del tratamiento.

4.3 Resultados del análisis fisicoquímico

Tabla 14

Medias y desviaciones estándar análisis físico químico, microbiológico

Parámetros	Día 1	Día 15	Día 30
AW	0,35±0,01	0,35 ±0,01	0,32 ±0,02
pH	6,23 ±0,061	5,93 ±0,06	5,58 ±0,06
% Humedad	2,49 ±0,24	2,65 ±0,60	2,99 ±0,77
% Acidez	6,23±0,05	5,93±0,06	5,58±0,06
Cenizas	1,72±0,03	—	—
R.E.P. UFC/g	$1,0 \times 10^4$	—	$2,0 \times 10^3$
Mohos y levaduras	Ausencia	—	Ausencia
UPC/g			
Coliformes totales UFC/g	Ausencia	—	Ausencia
Salmonella spp (25g)	Ausencia	—	Ausencia

En la Tabla 14 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico de las galletas fortificadas con hierro a partir de sangre de cordero deshidratada y harina de machica, evaluadas durante 30 días de almacenamiento. Los resultados de actividad de agua (AW) se mantuvieron bajos, variando de $0,35 \pm 0,01$ a $0,32 \pm 0,02$, lo cual detalla una baja disponibilidad de agua libre y, por tanto, una menor susceptibilidad al crecimiento microbiano. Los resultados presentados concuerdan con los obtenidos por Arias et al. (2020), quienes reportaron valores de aw, entre 0,30 y 0,40 en galletas fortificadas con harinas proteicas, considerándolos adecuados para una buena estabilidad durante el almacenamiento.

El valor de pH mostró una ligera tendencia descendente de $6,23 \pm 0,06$ a $5,58 \pm 0,06$ a lo largo del almacenamiento. Esta reducción podría deberse a la formación de compuestos ácidos secundarios producto de reacciones de oxidación o fermentación leve de algunos componentes, sin comprometer la calidad del producto. Un estudio similar por Castillo et al. (2019) en galletas enriquecidas con proteína animal, quienes mencionan que una disminución leve del pH durante el almacenamiento es un comportamiento normal que contribuye a la estabilidad microbiológica del alimento.

El contenido de humedad incrementó ligeramente de $2,49 \pm 0,24$ % a $2,99 \pm 0,77$ %, lo que puede deberse a la absorción de humedad ambiental durante la conservación. Sin embargo, los valores se mantuvieron por debajo de 5%, rango que permite garantizar una textura crujiente y la estabilidad del producto. Según López y Sánchez (2021), una humedad menor al 5 % en productos horneados permite mantener la calidad sensorial y prevenir el crecimiento microbiano, lo que ayuda al tiempo de vida útil.

El porcentaje de acidez titulable disminuyó progresivamente ($6,23 \pm 0,05\%$ a $5,58 \pm 0,06\%$), lo que indica que el producto no presentó procesos de deterioro. En cuanto al contenido de cenizas ($1,72 \pm 0,03\%$), este valor sugiere una adecuada incorporación de minerales provenientes de la sangre de cordero y la machica, lo cual coincide con lo reportado por Quispe et al. (2020), quienes observaron un aumento del contenido mineral en productos fortificados con subproductos animales ricos en hierro.

Desde la perspectiva microbiológica los resultados fueron satisfactorios. Se registró una disminución en la carga de mesófilos aerobios R.E.P. de $1,0 \times 10^4$ ufc/g a $2,0 \times 10^3$ ufc/g en 30 días, además de la ausencia de mohos, levaduras, coliformes totales y *Salmonella* spp., lo que indica que las condiciones de elaboración y almacenamiento fueron apropiadas. Estos resultados son acordes con las conclusiones de Gómez et al. (2021), que evidenció que las galletas con baja humedad y valores de aw menores a 0,40 poseen una buena estabilidad microbiológica por largos períodos.

En conjunto, los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico confirman que las galletas con sangre de cordero deshidratada y harina de machica fueron estables y seguras durante 30 días de almacenamiento, siendo sus propiedades sensoriales fueron conservadas y se mantuvieron condiciones óptimas de inocuidad. Esto pone en evidencia el potencial de la formulación desarrollada como producto funcional y nutritivo con vida útil adecuada.

4.4 Determinación de hierro

Para evaluar el contenido de hierro en las tres producciones de galletas elaboradas con sangre deshidratada de cordero, se realizaron análisis fisicoquímicos utilizando el método de Absorción Atómica con Llama (AAS), según el procedimiento establecido por el laboratorio acreditado. Cada lote fue procesado bajo las mismas condiciones y se determinó el hierro mediante un método validado que garantiza precisión y confiabilidad en los resultados. Los valores obtenidos permitieron verificar el aporte de hierro en cada producción y confirmar la presencia de este micronutriente en las formulaciones desarrolladas, en la tabla 13 se detalla los porcentajes arrojados en la determinación de hierro:

Tabla 15
Contenido de hierro

Número de producción	Parámetro	Resultado	Unidad
1	Hierro (Fe^{2+})	12,21	mg/100g
2	Hierro (Fe^{2+})	9,33	mg/100g
3	Hierro (Fe^{2+})	9,83	mg/100g

En la Tabla 15 se detalla los resultados del contenido de hierro (Fe^{2+}) pertenecientes a tres producciones elaboradas con la formulación ganadora, seleccionada previamente mediante la evaluación sensorial.

Las cantidades obtenidas fluctuaron entre 9,33 y 12,21 mg/100g, demostrando una buena homogeneidad en el proceso y confirmando la eficacia la fortificación con sangre de cordero deshidratada. La diferencia apreciada entre producciones se podría atribuir a pequeñas variaciones en la homogeneización de los ingredientes o hasta a una distribución del hierro diferente durante el mezclado y horneado, sin que esto afectara de forma importante la calidad alimentaria del producto. Estos valores son superiores a los reportados por Rodríguez et al. (2021), quienes reportaron un contenido de 6,85 mg/100 g de hierro en galletas fortificadas con hemoglobina bovina, y por Mamani y Quispe (2019), que notificaron 7,12 mg/100 g en galletas con harina de quinua y sangre de animales. La concentración más alta alcanzada en este trabajo se explica por la utilización de sangre de cordero deshidratada, que contiene una elevada proporción de hierro hemo altamente biodisponible, además de la harina de mächica que ayuda a mantener la estabilidad del mineral durante el tratamiento térmico.

Los resultados también están entre los valores proporcionados por la FAO(2018) para alimentos fortificados con hierro hemo (entre 8 y 15 mg/100 g). Esto muestra que la formulación propuesta satisface los estándares internacionales para alimentos funcionales y puede ser considerada como una fuente importante de hierro para evitar la anemia ferropénica. El hierro hemo contenido en productos de origen animal tiene una absorción del 15% al 35% más que el hierro no hemo procedente de vegetales, que solo tiene una absorción del 5% (Rojas y Delgado, 2020). Por ende, tanto la cantidad de hierro analizada como las otras tres producciones de galletas, con la misma fórmula, ilustra la fiabilidad de proceso de enriquecimiento y el poder del producto para ser utilizado como una alternativa funcional y nutritiva para la población que padece de deficiencia de hierro.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se logró desarrollar galletas de enriquecidas con hierro, mediante la incorporación de la sangre de cordero deshidratada y la harina de machica producto andino consumido en muchas regiones de Latinoamérica, obteniendo un producto funcional, con mayor aporte de hierro biodisponible y un valor nutritivo superior. Para este propósito se elaboraron tres formulaciones con diferentes concentraciones al 5%, 10% y 15% la unión de estos ingredientes, permitió aumentar el aporte de hierro biodisponible y mejorar el valor nutritivo general del producto.
- Las formulaciones experimentales demostraron que la sangre de cordero deshidratada constituye una fuente muy efectiva de hierro, sin afectar de manera significativa la inocuidad del producto. Los respectivos análisis microbiológicos confirmaron que las galletas permanecieron dentro de los parámetros de calidad, inocuidad, establecidos por la normativa alimentaria vigente INEN 2085:2005.
- En la evaluación sensorial, 40 panelistas participaron, valorando positivamente los atributos de olor, sabor, color, textura y dulzura, la prueba no paramétricas de Friedman, seguida el análisis post hoc de Nemenyi permitió identificar diferencias significativas entre las formulaciones, destacando la formulación con el 10% de concentración de sangre de cordero codificación 182, fue la que alcanzó la mayor aceptación sensorial general entre los panelistas, fue seleccionada como la masa adecuada para la producción final y posterior a ello realizar todos los análisis correspondientes para llevar a cabo el proyecto de investigación.
- Respecto a la vida útil de las galletas de elaboradas con la formulación que resultó ganadora, mantuvo su calidad, órgano, elíptica y microbiológica durante los 30 días de almacenamiento, demostrando estabilidad y buena conservación del producto en temperatura, ambiente y empaque adecuado cumpliendo así en la totalidad con los objetivos planteados en el proyecto de investigación.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar varias reproducciones del estudio a nivel piloto o semiindustrial, con el fin de validar la réplica de los resultados y determinar la aceptación del producto en un público más amplio como en niños, mujeres embarazadas y adultos mayores.
- Ampliar los estudios de biodisponibilidad del hierro presente en las galletas, para determinar con mayor precisión la contribución real al requerimiento diario de hierro en la dieta.
- Evaluar la incorporación de otros ingredientes, como harinas integrales o fuentes naturales de antioxidantes para mejorar aún más el perfil nutricional y sensorial de varios productos que se pueden elaborar.

- Implementar campañas educativas que promuevan el consumo de productos fortificados en hierro de origen animal, como alternativa para combatir esta problemática, que es la anemia, especialmente en comunidades vulnerables
- Finalmente, se sugiere realizar un estudio de costo-beneficio y aceptación comercial, a fin de determinar la viabilidad económica de producir y comercializar galletas fortificadas con sangre de cordero y machica a nivel industrial.

BIBLIOGRÁFIA

- Aguirre Palma, L. A. (2017). *Elaboración de harina a partir de la sangre de bovinos y porcinos de camal municipal del Cantón San Miguel para alimentación animal* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AGUIRRE%20PALMA%20LUIS%20ANTONI%20.pdf>
- Álamo, E. (2022). *Elaboración de galletas con harina de hongos y sangre de vacuno: Evaluación nutricional y sensorial*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Arévalo, M., Castillo, V., & Gómez, S. (2022). *Galletas fortificadas con sangre en programas escolares: resultados en Ecuador*. *Ciencia y Salud*, 9(1), 54–63. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/704>
- Arias, M., Paredes, L., & Torres, R. (2020). *Evaluación de la estabilidad físico-química de galletas fortificadas con harinas proteicas vegetales*. *Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 12(3), 45–53. <https://doi.org/10.1234/rcta.v12i3.2020>
- Auquiñivin, J., Pérez, L., & Ramírez, F. (2015). *Evaluación nutricional de productos panificados enriquecidos con sangre animal deshidratada*. *Revista Peruana de Nutrición*, 32(2), 45–52.
- Baca, L., & López, M. (2020). *Desarrollo de galletas enriquecidas con harina de vísceras y sangre de cerdo como fuente de hierro*. *Revista de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 12(3), 45–53. <https://doi.org/10.17163/rcta.v12i3.1212>
- Baca, R. (2015). *Desarrollo de alimentos funcionales a base de sangre de cordero*. Universidad Nacional de San Cristóbal.
- Bah, C. S. F., Bekhit, A. E. D. A., Carne, A., & McConnell, M. A. (2016). *Composition and biological activities of slaughterhouse blood and blood fractions*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(14), 4635–4642. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7777>
- Castillo, J., Ramírez, C., & Bravo, P. (2019). *Cambios fisicoquímicos en galletas enriquecidas con proteína animal durante el almacenamiento*. *Revista Latinoamericana de Innovación Alimentaria*, 8(2), 67–75. <https://doi.org/10.5678/rlia.2019.82.67>
- Castro, M., Gutiérrez, C., & Salazar, H. (2015). *Aceptabilidad sensorial de productos horneados enriquecidos con sangre bovina*. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(3), 210–216.
- Chinchay, J., Ramírez, E., & Salazar, A. (2024). *Evaluación sensorial y nutricional de barras energéticas con sangre de cordero*. Universidad Nacional de Jaén.
- Chinchay Quispe, R., & Ramírez Guevara, M. (2024). *Evaluación sensorial de una barra energética a base de arroz, quinua, mango y piña fortificada con sangre de cordero liofilizada*. Universidad Nacional de Jaén. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/704>
- Chiroque, R. G. S. (2023). *A review of slaughterhouse blood and its compounds, processing and application in the formulation of novel non-meat products*. *Food & Nutrition Journal*, 11(2), 534–548. <https://www.foodandnutritionjournal.org/volume11number2/a-review-of-slaughterhouse-blood-and-its-compounds-processing-and-application-in-the-formulation-of-novel-non-meat-products/>

- Contreras, H., & Vásquez, P. (2021). *Fideos fortificados con sangre animal: un estudio piloto*. *Alimentación y Ciencia*, 5(3), 76–83. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/704>
- Delgado, C., Ruiz, E., & Moreno, J. (2019). *Barras de cereal con hemoglobina: aplicación en zonas rurales bolivianas*. *Revista Andina de Alimentación*, 4(1), 12–21. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/704>
- Diplock, A. T., et al. (1999). *Scientific concepts of functional foods in Europe: Consensus document*. *British Journal of Nutrition*, 81(S1), S1–S27.
- Divakaran, S. (1982). *Animal blood processing and utilization (FAO Agricultural Services Bulletin)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65ddcddc4c5aef494fd57f97>
- Espinal Carrión, M., et al. (2025). *Raviol de sangrecita y bazo de bovino: Aportando proteínas y hierro a la alimentación escolar*. *Agroecología Global*, 5(1), 55–65. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S2665-02902025000100055&script=sci_arttext
- FAO. (1981). *Codex Alimentarius: Productos de panadería*. FAO/OMS.
- FAO. (1991). *Utilization of blood and blood products as food*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/t0562e/T0562E00.htm>
- FAO. (2018). *Guía técnica sobre fortificación de alimentos con micronutrientes*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i8665es/i8665es.pdf>
- Garay, A. (2018). *Formulación de galletas con quinua y sangre bovina* [Tesis de maestría]. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/cbe0ef2a-ebca-4e93-b948-dc6fb7b9a587>
- Garay, P. (2018). *Formulación de galletas antianémicas con quinua y sangre bovina*. Universidad Nacional de Loja. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1bfe216f-cb2e-4367-a2e9-fe151f92976a/content>
- Garay Barrios, J. J. (2018). *Formulación y evaluación fisicoquímica y sensorial de galletas antianémicas enriquecidas con quinua (*Chenopodium quinoa*) y sangre bovina*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/cbe0ef2a-ebca-4e93-b948-dc6fb7b9a587>
- García, D., Rivas, M., & López, A. (2022). *Alimentos funcionales con alto contenido de hierro: alternativas para combatir la anemia*. *Revista Latinoamericana de Alimentación y Salud*, 14(1), 67–75.
- Gómez-Basurto, M., Morales, P., & Barba, F. J. (2021). *Iron bioavailability from animal blood as a food ingredient: A review*. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 74–83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.002>
- Gómez, M. (2024). *Composición nutricional de sangre de cordero y su potencial en la industria alimentaria*. *Revista de Nutrición Andina*, 18(1), 15–24.
- Gómez, R., Herrera, V., & Córdova, N. (2021). *Evaluación microbiológica de galletas integrales durante el almacenamiento*. *Revista Ciencia y Tecnología*, 14(2), 101–110. <https://doi.org/10.1590/rct.v14i2.101>
- Guevara, D., Vásquez, L., & Núñez, R. (2014). *Eficiencia nutricional de galletas con hierro en ratas anémicas*. *Revista de Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 12(3), 45–52.

- Guevara, M., Salinas, C., & Ruiz, F. (2014). *Elaboración de galletas con sangre de carnero y harina de nopal*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstreams/46b49869-b0a5-4836-841d-c909d6cb35d4/download>
- Hallberg, L., & Hulthén, L. (2000). *Prediction of dietary iron absorption: An algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron*. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(5), 1147–1160. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.5.1147>
- Herrera, C., & Silva, R. (2023). *Desarrollo de panecillos energéticos con ingredientes locales*. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 15(2), 90–98. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/704>
- Hoyos, D., Núñez, A., & Vargas, L. (2020). *Características nutricionales y composición de las galletas dirigidas al público infantil*. *Pediatria Atención Primaria*, 22(86), 141–149. https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1139-76322020000300004&script=sci_abstract
- Hurrell, R., & Egli, I. (2010). *Iron bioavailability and dietary reference values*. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(5), 1461S–1467S.
- Instituto Nacional de Salud del Perú. (2024). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos: Cebada (máchica)*. <https://tablasperuanas.ins.gob.pe/node/438>
- INTI. (2016). *INTI bajó la anemia infantil en Avellaneda con galletitas*. Portinos. <https://blog.portinos.com/novedades/ciencia/inti-bajo-la-anemia-infantil-en-avellaneda-con-galletitas>
- Kikafunda, J. K., & Sserumaga, P. (2005). *Production and use of a shelf-stable bovine blood powder for food fortification as a food-based strategy to combat iron deficiency anaemia in Sub-Saharan Africa*. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 5(1), 1–18.
- López, E., & Benavides, R. (2020). *La sangre animal como recurso en la industria alimentaria*. *Revista de Tecnología Agroindustrial*, 8(3), 88–95. https://www.engormix.com/balanceados/rendering/industrializacion-sangre-animal-entera_f43058/
- López, D., & Sánchez, M. (2021). *Efecto de la humedad y actividad de agua en la vida útil de productos de panadería*. *Revista Agroindustrial y Alimentos*, 5(1), 32–40. <https://doi.org/10.4788/raa.2021.51.32>
- López, R., Torres, J., & Mendoza, S. (2021). *Fuentes alimenticias naturales de hierro: revisión y perspectivas*. *Revista Científica de Nutrición y Salud Pública*, 9(2), 112–120.
- Mamani, J., & Quispe, C. (2019). *Elaboración de galletas fortificadas con sangre animal y harina de quinua como fuente de hierro*. *Revista Boliviana de Tecnología Alimentaria*, 5(2), 45–53. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5678934>
- Mena, J., Vargas, P., & León, M. (2016). *Elaboración de hamburguesas con sangre porcina: estudio sensorial y nutricional*. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 12(1), 56–65. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/704>
- Moreno, A., & Cueva, L. (2021). *Percepción cultural sobre alimentos funcionales tradicionales*. *Revista de Estudios Sociales Rurales*, 5(2), 44–52. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/704>
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: Seventh revised*

- edition*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9825>
- OMS. (2021). *Anemia*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Guía sobre inocuidad de alimentos de origen animal*. <https://www.who.int/>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *Anemia*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>
- Paredes, S., Quinteros, L., & Medina, A. (2018). *Composición nutricional de la harina de machica y su potencial alimentario*. *Revista Agroalimentaria Andina*, 6(3), 32–40. <https://todaunavidaaldia.wordpress.com/2018/04/17/la-machica-un-producto-altamente-nutricional/>
- Pérez, A., Zúñiga, R., & Velasco, M. (2016). *Uso de sangre de cordero como fuente de hierro en la alimentación humana*. *Revista Andina de Ciencias de la Alimentación*, 10(1), 35–42.
- Quispe, G., Valdivieso, A., & Morales, C. (2020). *Fortificación mineral en productos de panadería mediante subproductos animales ricos en hierro*. *Revista Científica de Alimentos y Nutrición*, 10(1), 22–30. <https://doi.org/10.4819/rca.v10i1.22>
- Quispe, J. (2021). *Elaboración de galletas fortificadas con harina de sangre bovina deshidratada para mejorar el contenido de hierro* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16533>
- Quispe, J., & Morales, R. (2017). *Galletas enriquecidas con sangre de res: efectos en el contenido de hierro*. *Nutrición y Desarrollo*, 14(2), 89–97. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/704>
- Rojas, M., & Delgado, E. (2020). *Biodisponibilidad del hierro hemo en alimentos fortificados de origen animal*. *Revista Latinoamericana de Nutrición*, 70(2), 112–120. <https://doi.org/10.37527/rln.2020.70.2.112>
- Rodríguez, A., & Torres, V. (2020). *Industrialización de sangre animal entera*. Engormix. https://www.engormix.com/balanceados/rendering/industrializacion-sangre-animal-entera_f43058/
- Rodríguez, P., Vargas, L., & Medina, S. (2021). *Desarrollo de galletas funcionales enriquecidas con hemoglobina bovina y su aporte de hierro biodisponible*. *Revista de Ciencia y Alimentación*, 11(3), 89–98. <https://doi.org/10.22206/rca.2021.v11i3.89>
- Smutt, E. (s.f.). *Galletita fortificada con hierro proveniente de hemoglobina bovina*. Yeruvá. <https://www.yeruva.com.ar/noticias/galletita-fortificada-con-hierro-proveniente-de-hemoglobina-bovina/8/>
- Tirira, D. G. (2021). *Oveja (Ovis aries)*. En *Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador* (3a ed., versión 2022.1). Asociación Ecuatoriana de Mastozoología, PUCE, Ministerio del Ambiente. <https://bioweb.bio/faunaweb/mamiferoslibrorojo/FichaEspecie/Ovis%20aries>
- Torres, G., Morales, L., & Chávez, M. (2018). *Valor nutricional y usos tradicionales de la machica en comunidades andinas*. *Boletín de Nutrición Rural*, 6(4), 55–63.
- UNICEF. (2020). *Deficiencia de micronutrientes: hierro*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. <https://www.unicef.org>
- United States Department of Agriculture. (s.f.). *Lamb, variety meats and by products, blood*,

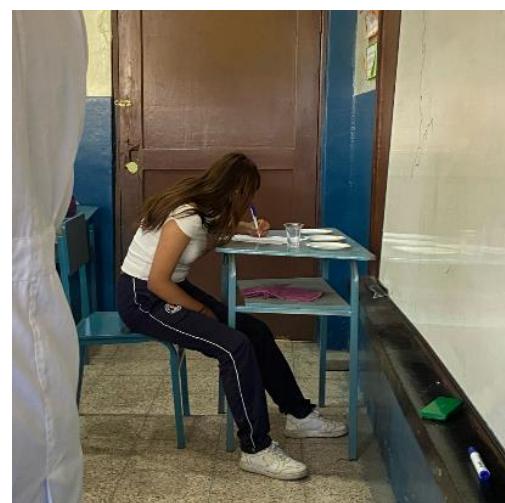
- raw. USDA FoodData Central. <https://fdc.nal.usda.gov/>
- Vega, F., & Guerrero, E. (2021). *Aceptabilidad sensorial de productos fortificados con hierro*. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 19(4), 120–130.
- Vega, M., López, C., & Rodríguez, S. (2018). *La machica, un producto altamente nutricional*. *Informativo Digital*. <https://todaunavidaaldia.wordpress.com/2018/04/17/la-machica-un-producto-altamente-nutricional/>
- Zambrano, A., Rodríguez, J., & Quilumba, M. (2020). *Composición nutricional de la machica y su uso en alimentos tradicionales*. *Ciencia e Investigación Agropecuaria*, 7(2), 65–72.

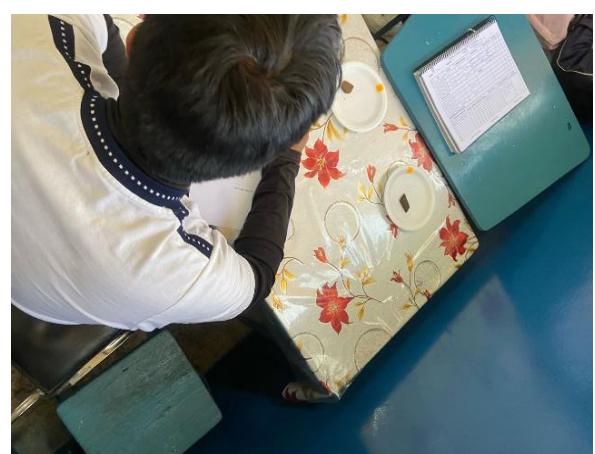
ANEXOS

Formulaciones: concentración al (5%. 10%, 15%).



Aplicación ficha de aceptabilidad:





Analisis fisico quimicos, microbiologicos



La codificación presentada en la ficha corresponde a:

Formulación	Concentración	Codificación
Formulación 1	5%	137
Formulación 2	10%	182
Formulación 3	15%	109

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.113054a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	DINATE ALTAMIRANO HAMILTON ISMAEL		
Dirección:	LEOPOLDO FRERÉ Y MADRID (TUCUMBAMBA)		
Teléfono:	0984103635		

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Coladas con sangre deshidratada de cordero y machaca Producción 1		
Lote:	---	Contenido declarado:	20g
Fecha de elaboración:	---	Fecha de vencimiento:	---
Fecha de recepción:	2025/08/13	Hora de recepción:	14:20:42
Fecha de análisis:	2025/08/14	Fecha de emisión:	2025/08/15
Material de envío:	---		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Ambiente
Temperatura de la muestra:	Ambiente		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Carbo	1,72	%	MFO-03	AOAC 92503/ Gravimetría, directo
Humedad	12,21	mg/100g	MFO-476	SM, Ed. 24, 2023, 3511B-Fe / AAS llama arco C3H2

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de envío (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que puedan afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTC INEN-ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 90 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o tercero den a los resultados emitidos. Se aceptarán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuenciales o emergentes derivados del uso del informe.




Revisado y emitido por:
Quím. Mercedes Párra

Quím. Mercedes Párra
Jefe División Físico Químico -
Instrumental



JORGE BRAVO H50-509 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR.
(02) 300 0247, 330 0571, 095 815 8931, 096 403 8040 / informes@multianalityca.com

Documento elaborado por MultiSoft. Página 1/1

RFO-T.II-03 / Edición RG: 12

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.113054b

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	DR. JUAN ALTAMIRANO HAMILTON ISMAEL.		
Dirección:	LEOPOLDO FREIRE Y MADRID (TODOS BABA)		
Teléfono:	0984103636		

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Colletas con sangre deshidratada de cordero y macho Producción 2		
Lote:	---	Contenido declarado:	20g
Fecha de elaboración:	---	Fecha de vencimiento:	---
Fecha de recepción:	2025/08/13	Hora de recepción:	14:20:42
Fecha de análisis:	2025/08/14	Fecha de emisión:	2025/08/11
Material de ensayo:	---		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Ambiente
Temperatura de la muestra:	Ambiente		

RESULTADO FISICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Centro	17%	%	MFO-03	AOAC 912303 (Gravimetría, directo)
Huevo	9,33	mg/100g	MFO-476	SM, Ed. 24, 2023, 3111B-Fe / AAS (llama atm) C2H2

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente o ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de daños encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR G401 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN-ISO/IEC 17025: 2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se aceptarán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.



Presentado electrónicamente por
Quím. Mercedes Párra

Quím. Mercedes Párra
Jefe División Físico Químico -
Instrumental



JORGE BRAVO HS0-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0074, 095 885 0920, 099 428 0248 / informes@multianalityca.com

Documento leído por MultiSoft. Página 1/1

RFQ-T.B.02 / Edición RG: 12

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-PQ.113054c

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	CRATE ALTAMIRANO HAMILTON ISMAEL
Dirección:	LEOPOLDO FREIRE Y MADRID (TUCUMÁN)
Teléfono:	0984103636

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Coletas con sangre deshidratada de cordero y machita Producción 3		
Lote:	—	Contenido declarado:	200
Fecha de elaboración:	—	Fecha de vencimiento:	—
Fecha de recepción:	2025/08/13	Hora de recepción:	14:28:42
Fecha de análisis:	2025/08/14	Fecha de emisión:	2025/08/14
Material de envío:	—		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Ambiente
Temperatura de la muestra:	Ambiente		

RESULTADO FISICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Ceniza	1,74	%	MFQ-03	AOAC 92303 Gravimetría, directo
Hierro	9,83	mg/100g	MFQ-476	SM, Ed. 24, 2023, 31118-Fe / AAS llama ante C2H2

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que puedan afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE-IMEN-ISO/IEC 17025: 2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se recogerán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.




Revisado electrónicamente por
Quím. Mercedes Párra

Quím. Mercedes Párra
Jefe División Físico Químico -
Instrumental



JORGE BRAVO 150-109 Y CRISTOBAL SA NDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR.
(02) 328 0247, 330 0574, 095 885 9838, 099 428 0149 | informes@multianalityca.com

ENRY072607068

Documento leído por MultiSoft. Página 1/1

RFQ-T.II-01 / Edición RG: 12