



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**"FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE GALLETAS A BASE DE CAÑIHUA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen) ENRIQUECIDA CON HIERRO
DIRIGIDA A NIÑOS EN EDAD ESCOLAR"**

PRESENTADA POR:

ROCIO SULMA LAYME CALDERON

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**ASESORA: D.Sc. ELIZABETH HUANATICO SUAREZ
CO-ASESOR: M.Sc. ADALHT JHONY ARISACA PARILLO**



**JULIACA – PERÚ
2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**“FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE GALLETAS A BASE DE CAÑIHUA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen) ENRIQUECIDA CON HIERRO
DIRIGIDA A NIÑOS EN EDAD ESCOLAR”**

PRESENTADA POR:

ROCIO SULMA LAYME CALDERON

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ASESORA: D.Sc. ELIZABETH HUANATICO SUAREZ

CO-ASESOR: M.Sc. ADALIHT JHONY ARISACA PARILLO

JULIACA- PERÚ

2019

Layme, R. S. (2019). *Formulación y Evaluación de Galletas a base de Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen), enriquecida con Hierro, dirigida a Niños en edad Escolar*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

AUTOR: Rocio Sulma Layme Calderon

TÍTULO: Formulación y Evaluación de Galletas a Base de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), enriquecida con Hierro, dirigida a niños en edad escolar.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2019

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas 171

NOTA: Tesis (**Ingeniería en Industrias Alimentarias**) — Universidad Nacional de Juliaca.

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

CÓDIGO: 04-00002-02/L427

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez

CO-ASESOR: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

PALABRAS CLAVE:

Palabras clave: *Anemia, cañihua, hierro, galletas.*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS
“FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE GALLETAS A BASE DE CAÑIHUA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen) ENRIQUECIDA CON HIERRO
DIRIGIDA A NIÑOS EN EDAD ESCOLAR”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS

Presentada por:

ROCIO SULMA LAYME CALDERON

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:



M.Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos

PRESIDENTE DE JURADO



Mg. Tania Jakeline Choque Rivera

PRIMER MIEMBRO



D.Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri

SEGUNDO MIEMBRO



D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez

ASESOR DE TESIS



M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

CO-ASESOR DE TESIS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la mujer más maravillosa: JESUSA CALDERON, quien es mi motivo para seguir adelante y por su lucha constante, que tuvo durante mi formación profesional; en ella tengo la guía, gracias a sus valores y su inmenso corazón, me hacen admirarla cada día más.

Gracias a Dios por darme los mejores hermanos: Walter, Vilma, Elsa y Williams, quienes fueron y son el mejor ejemplo a seguir; agradezco el apoyo y la preocupación constante de mis adorados sobrinos Jhordan Jovi y Alessia Lucero.

A mis dos ángeles: Hermanito Roger, por ser mi guía, sé que estás ahí apoyándome en cada paso que doy. A mi papá Gregorio, aunque no haya tenido la oportunidad de conocerlo, agradezco que haya escogido a la mejor mamá del mundo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quién con su bendición llena siempre mi vida, a toda mi familia por estar siempre unidos.

A la Universidad Nacional de Juliaca, Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por la formación recibida en sus aulas.

A mis asesores de tesis: D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez y M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo, por la guía que me brindaron.

Son muchas las personas que han contribuido en la ejecución de esta tesis, mi reconocimiento especial a mis amigos: Yims y Esther, quienes estuvieron incondicionalmente en cada momento.

A la Fundación Ángeles de la Caridad y la Música por el financiamiento de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
INTRODUCCIÓN	XIX

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1.1 PLANTEAMIENTO GENERAL	2
1.1.2 PLANTEAMIENTOS ESPECÍFICOS	2
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 HIPÓTESIS PLANTEADAS EN LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL	3
1.3.2 HIPÓTESIS ESPECIFICAS	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	3

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES	4
2.2 GALLETAS	6
2.2.1 ASPECTOS GENERALES	6
2.2.2 CLASIFICACIÓN	7

2.2.3	INSUMOS PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETAS	8
2.3.4	PROCESO DE ELABORACIÓN DE GALLETAS	9
2.3.	CAÑIHUA	11
2.3.1	ASPECTOS GENERALES	11
2.3.2	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	12
2.3.3	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA CAÑIHUA	12
2.3.4	VARIETADES	13
2.3.5	IMPORTANCIA DE LA CAÑIHUA	13
2.4	TRIGO	15
2.4.1	ASPECTOS GENERALES	15
2.4.2	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	16
2.4.3	COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA	16
2.5	HIERRO	17
2.5.1	ASPECTOS GENERALES	17
2.5.2	METABOLISMO DE HIERRO	17
2.5.3	SELECCIÓN DE LOS COMPUESTOS DE HIERRO	17
2.5.4	NIVEL DE ENRIQUECIMIENTO DE HIERRO EN LOS ALIMENTOS	18
2.5.5	REQUERIMIENTOS DE HIERRO	18
2.6	ANEMIA	19
2.6.1	SITUACIÓN DE LA ANEMIA INFANTIL EN EL PERÚ	19
2.6.2	ANEMIA FERROPÉNICA	19
a)	CAUSAS DE LA ANEMIA FERROPÉNICA	20
2.7	EVALUACIÓN SENSORIAL	20
2.7.1	PRUEBAS AFECTIVAS:	21
2.8	METODOLOGÍA DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA	22
2.8.1.	OPTIMIZACIÓN DE UNA SUPERFICIE DE RESPUESTA	22
2.8.2	DISEÑOS PARA OPTIMIZAR VARIABLES DE PROCESOS	23

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.2.	MATERIALES	24
3.2.1	MATERIA PRIMA	24
3.2.2	INSUMOS	24
3.2.2	EQUIPOS Y MATERIALES PARA LOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS	25
3.2.3	IMPLEMENTOS Y EQUIPOS PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA GALLETA	25
3.2.4	MATERIALES PARA LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO	25
3.2.5	REACTIVOS	26
3.2.6	PRUEBAS BIOLÓGICAS	26
3.2.7	MATERIALES PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL	26
3.3.	MÉTODOS DE ANÁLISIS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN	26
3.3.1	ENSAYOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE LA SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA	26
3.3.1	METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA OBTENCIÓN DE LA GALLETA CON SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA	29
3.5	OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN	32
3.5.1	POBLACIÓN Y MUESTRA	34
3.5.2	MÉTODOLOGIA PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL	34
3.5.3	INSTRUMENTOS DE COLECTA DE DATOS	36
3.5.4	PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS	36
3.6	LA OBTENCIÓN DE GALLETA A BASE DE CAÑIHUA OPTIMIZADA Y ENRIQUECIDA CON DOS TIPOS DE HIERRO: SULFATO FERROSO Y HIERRO AMINOQUELADO (BISGLICINATO FERROSO)	37
3.6.1	DETERMINACIÓN DE CANTIDAD DE HIERRO PARA EL ENRIQUECIMIENTO	37

3.6.2 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA GALLETA A BASE DE CAÑIHUA OPTIMIZADA Y ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO Y HIERRO AMINOQUELADO	40
3.6.3 MÉTODOS PARA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA GALLETA OPTIMIZADA Y ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO Y HIERRO AMINOQUELADO	40
3.6.4 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	41
3.7 MÉTODOS DE PRUEBAS BIOLÓGICAS	46
3.7.1 ABSORCIÓN DE HIERRO	46
3.7.8 MÉTODOS ANALÍTICOS	47
3.8 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.8.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	49

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS DE CAÑIHUA Y TRIGO	50
4.2 OBTENCIÓN DE LAS FORMULACIONES DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA	50
4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS GALLETAS CON SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA	51
4.4 OPTIMIZACIÓN DE LA FÓRMULA DE GALLETA SUSTITUIDA CON HARINA DE CAÑIHUA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA	53
4.5 METODOLOGÍA SUPERFICIE DE RESPUESTA	54
4.6 OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE LA GALLETA CON SUSTITUCIÓN DE CAÑIHUA	56

4.7 ENRIQUECIMIENTO CON HIERRO AMINOQUELADO, A LA GALLETA CON SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA OPTIMIZADA	57
4.7.2 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE SABOR EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO	59
4.7.3 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE OLOR EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO	60
4.7.4 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE TEXTURA EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO	61
4.7.5 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE APARIENCIA GENERAL EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO	62
4.8 ENRIQUECIMIENTO CON SULFATO FERROSO A LA GALLETA CON SUSTITUCIÓN DE CAÑIHUA OPTIMIZADA	63
4.8.1 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE COLOR EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO	63
4.8.2 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE SABOR EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO	64
4.8.3 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE OLOR EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO	65
4.8.4 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE TEXTURA EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO	66
4.8.5 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE APARIENCIA GENERAL EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO	67

4.9	CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA GALLETA OPTIMIZADA POR MSR	68
4.10	CONTENIDO DE HIERRO	72
4.11	ABSORCIÓN DE HIERRO	73
CAPÍTULO V		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
5.1	CONCLUSIONES	81
5.2	RECOMENDACIONES	82
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
VI.	ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cantidades Máximas Permisibles de Galletas	8
Tabla 2: Requisitos requeridos por el programa Nacional de Alimentación Escolar	8
Tabla 3: Composición Química de la Cañihua	14
Tabla 4: Composición químico proximal de tres cultivares de cañihua	14
Tabla 5: Límites de valores de composición química en base seca del grano de cañihua	15
Tabla 6: Composición Fisicoquímica del trigo en 100 gramos.	16
Tabla 7: Nivel de enriquecimiento de hierro	18
Tabla 8: Requerimiento de Hierro en la dieta diaria.	19
Tabla 9: Formulación base para la obtención de Galletas Dulces	27
Tabla 10: Fórmula para la elaboración de las galletas dulces	27
Tabla 11: Formulación utilizada para determinar el punto óptimo del porcentaje de sustitución de harina de cañihua.	28
Tabla 12: Formulación para la elaboración de galletas con harina de cañihua, lactosuero salvado de trigo	28
Tabla 13: Requisitos fisicoquímicos para la formulación de una galleta Enriquecida.	31
Tabla 14: Requisitos fisicoquímicos para las galletas	31
Tabla 15: Formulación de galletas con sustitución de harina de cañihua	32
Tabla 16: Variables independientes, códigos y valores para la optimización	33
Tabla 17: Diseño de Box-Behnken	33
Tabla 18: Formulación de la galleta optimizada	37
Tabla 19: Distribución de unidades experimentales	47
Tabla 20: Análisis fisicoquímico de la harina de trigo y harina de cañihua	50
Tabla 21: Formulación base utilizada para la formulación de galletas de cañihua	51
Tabla 22: Resultados en promedio de Apariencia General, para las quince formulaciones de galletas con sustitución de harina de cañihua.	52
Tabla 23: Análisis de Varianza de la Formulación de la galleta con sustitución de Harina de Cañihua, mediante Metodología de Superficie de Respuesta	53
Tabla 24. Respuesta optimizada de las variables para obtener la máxima aceptabilidad	57

Tabla 25: Nivel de enriquecimiento con sulfato ferroso y hierro aminoquelado a la galleta con sustitución de cañihua optimizada	57
Tabla 26: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable co	58
Tabla 27: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable SABOR	59
Tabla 28: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable OLOR	60
Tabla 29: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable TEXTURA	61
Tabla 30: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable APARIENCIA GENERAL	62
Tabla 31: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable COLOR	64
Tabla 32: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable SABOR	65
Tabla 33: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable OLOR	66
Tabla 34: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable TEXTURA	67
Tabla 35: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable APARIENCIA GENERAL	68
Tabla 36: Composición proximal de la galleta las galletas en estudio	69
Tabla 37: Contenido de hierro de la galleta optimizada y enriquecida.	72
Tabla 38: Distribución de Concentración de Hemoglobina en promedio	73
Tabla 39: Distribución de concentración de hemoglobina (gr/dl) del grupo control	74
Tabla 40: Distribución de concentración de hemoglobina (gr/dl) del grupo de alimentado con galletas con la sustitución de harina de cañihua optimizada	76
Tabla 41: Distribución de concentración de hemoglobina (gr/dl) del grupo alimentado con la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso	77
Tabla 42: Distribución de concentración de hemoglobina (GR/DL) del grupo alimentado con la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado (bisglicinato ferroso).	79

ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1. Centros de Producción de Cañihua en Puno - Perú	12
figura 2. Cañihua Variedad Cupi	13
figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de la galleta con sustitución de harina de cañihua.	29
figura 4. Variables para el primer objetivo	36
figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas con sustitución de cañihua enriquecida con hierro 4 mg, 6 mg, 8 mg, 10 mg, 12 mg, 14 mg de sulfato ferroso.	38
figura 6. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas con sustitución de cañihua 4 mg, 6 mg, 8 mg, 10 mg, 12 mg, 14 mg de hierro aminoquelado.	39
figura 7. Flujo experimental para el desarrollo de un producto a base de cañihua enriquecida con hierro.	48
figura 8. Se presenta el Diseño experimental seguido en la investigación	49
figura 9. Grafica de efectos principales de la apariencia general promedio	54
figura 10. Grafica de superficie para las variables porcentaje de harina de cañihua y tiempo.	55
figura 11. Gráfica de superficie para las variables porcentaje de harina de cañihua y temperatura de horneado.	55
figura 12. Gráfica de superficie para las variables temperatura y tiempo de horneado.	56
figura 13. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable color, de la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado.	58
figura 14. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable sabor, de la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado.	59
figura 15. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable sabor, de la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado.	60
figura 16. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable textura, de la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado.	61

figura 17. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable apariencia general, de la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado.	62
figura 18. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable color, de la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso.	63
figura 19. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable sabor, de la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso.	64
figura 20. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable olor, de la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso.	65
figura 21. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable textura, de la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso.	66
figura 22. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable apariencia general, de la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso	67
figura 23. Resultados de concentración de hemoglobina en promedio de los cuatro tratamientos evaluados.	74
figura 24. Resultados de concentración de hemoglobina en ratas del grupo control	75
figura 25. Resultados de la concentración de hemoglobina en ratas del grupo experimental I.	77
figura 26. Resultados de concentración de hemoglobina en el grupo experimental II	79
figura 27. Concentración de Hemoglobina en Hierro Aminoquelado	80

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Operacionalización de variables	88
ANEXO 2: Control de peso y consumo de la galleta optimizada y enriquecida con hierro (sulfato ferroso y hierro aminoquelado).	92
ANEXO 3: Formato de evaluación de la prueba de grado de satisfacción para 15 formulaciones	93
ANEXO 4: Formato de evaluación de la prueba de grado de satisfacción de las características generales como color, olor, sabor, textura y apariencia general	94
ANEXO 5: Formato de evaluación de la prueba de grado de satisfacción de las características generales como color, olor, sabor, textura y apariencia general.	95
ANEXO 6: Listado de panelistas e Institución educativa a la que pertenece	96
ANEXO 7: Construcción de Diseño de Bloques Incompletos Balanceados	99
ANEXO 8: Resultados de grado de Satisfacción para la variable de APARIENCIA GENERAL	101
ANEXO 9: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con sulfato ferroso en el atributo COLOR	103
ANEXO 10: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con sulfato ferroso en el atributo SABOR	106
ANEXO 11: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con sulfato ferroso en el atributo OLOR	109
ANEXO 12: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con sulfato ferroso en el atributo TEXTURA.	112
ANEXO 13: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con sulfato ferroso en el atributo APARIENCIA GENERAL	115
ANEXO 14: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con hierro aminoquelado en el atributo COLOR	118
ANEXO 15: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con hierro aminoquelado en el atributo SABOR	121
ANEXO 16: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con hierro aminoquelado en el atributo OLOR	124

ANEXO 17: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con hierro aminoquelado en el atributo TEXTURA	127
ANEXO 18: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con hierro aminoquelado en el atributo APARIENCIA GENERAL	130
ANEXO 19: Ficha Técnica del Producto Terminado	134
ANEXO 20: Norma Técnica Peruana NTP 206.001.03. 1981 para galletas	135
ANEXO 21: Análisis Fisicoquímico de las tres galletas en estudio	141
ANEXO 22: Análisis de Contenido de Hierro de las tres galletas en estudio	142
ANEXO 23: Constancia de uso del bioterio	143
ANEXO 24: Panel Fotográfico	144

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación fue evaluar galletas a base cañihua enriquecida con hierro (sulfato ferroso SF y hierro aminoquelado HA), como complemento dietario, dirigido a niños en etapa escolar. Se formularon 15 tratamientos, utilizando el diseño Box-Behnken para su optimización, teniendo como variables el porcentaje de sustitución de harina de cañihua, por trigo en 10, 30 y 50 %; en el proceso de horneado se tomó tres temperaturas de 150, 170 y 190°C, y a un tiempo de 8, 14 y 20 minutos. Las galletas obtenidas fueron sometidas a una evaluación sensorial, empleando en su distribución el diseño de Bloques Incompletos Balanceados, el tratamiento que obtuvo mayor aceptabilidad fue el tratamiento (T-13: 4.28) con una temperatura de horneado de 170°C por 14 minutos; en base a los datos obtenidos, se optimizó a través de la metodología de superficie de respuesta, seleccionándose como mejor porcentaje un 29 % de sustitución, 162°C de temperatura de horneado por 13 minutos (galleta de cañihua – optimizada GCO); posteriormente, se enriqueció con SF y HA a la muestra óptima añadiendo de 4 a 14 mg obteniendo un total de 6 muestras para cada tipo de hierro, las cuales fueron evaluadas sensorialmente, empleando el diseño Completamente al Azar (DCA); las galletas con mayor grado de satisfacción fueron las enriquecidas con SF (8mg) y HA (10 mg). Los resultados del análisis fisicoquímico en las dos muestras, presentaron valores entre 10.41 a 10.76% de proteína en 100g, 3.67 a 6.36 % de humedad, 1.26 a 1.51% de cenizas, 62.92 a 69.72 % de carbohidratos, y 19.38 a 20.01 % de grasa. El aporte de hierro de las dos muestras enriquecidas con SF y HA fue de 53.80 mg/kg y 34.65 mg/Kg respectivamente, estos valores fueron superiores a la galleta con cañihua que presentó 16.8 mg/kg. Al evaluar la absorción de hierro, de las muestras en estudio, mediante pruebas *in vivo* se encontró que el grupo experimental, alimentado con galletas enriquecidas con HA presentó una concentración de 1.63 gr/dl de hemoglobina, superior al grupo alimentado con galletas enriquecidas con SF, galletas de optimizada y grupo control (Trigo). Se concluye que al enriquecer la galleta de cañihua con HA, presenta un alto contenido y biodisponibilidad de hierro, superior a las galletas comerciales.

Palabras clave: *Anemia, cañihua, hierro, galletas.*

ABSTRACT

The objective of the research work was to evaluate cañihua-based biscuits enriched with iron (ferrous sulfate SF and amino-chelated iron HA) as a dietary supplement, aimed at school children. Fifteen treatments were formulated, using the Box-Behnken Design for its optimization, having as variables the percentage of substitution of cañihua flour with wheat in 10, 30 and 50%, in the baking process three temperatures of 150, 170 and 190 ° C, and at a time of 8, 14 and 20 minutes. The cookies obtained were subjected to a sensory evaluation, using in their distribution the Design of Incomplete Balanced Blocks, the treatment that obtained greater acceptability was the treatment (T-13: 4.28) with a baking temperature of 170 ° C for 14 minutes; based on the data obtained, it was optimized through the response surface methodology, selecting as a better percentage a 29 percent substitution, 162 ° C of baking temperature for 13 minutes (cañihua biscuit - optimized GCO), subsequently enriched with SF and HA to the optimal sample by adding 4 to 14 mg obtaining a total of 6 samples for each type of iron, which were sensory evaluated, using the Completely Random Design (DCA); the cookies with the highest degree of satisfaction were those enriched with SF (8mg) and HA (10mg). The results of the physical-chemical analysis in the two samples showed values between 10.41 to 10.76% of protein in 100g, 3.67 to 6.36% of humidity, 1.26 to 1.51% of ashes, 62.92 to 69.72% of carbohydrates, and 19.38 to 20.01% of grease. The iron intake of the two samples enriched with SF and HA was 53.80 mg / kg and 34.65 mg / kg respectively, these values were higher than the biscuit with cañihua that presented 16.8 mg / kg. When evaluating the iron absorption of the samples under study by in vivo tests, it was found that the experimental group, fed biscuits enriched with HA had a concentration of 1.63 gr / dl hemoglobin, superior to the group fed biscuits enriched with SF, biscuits of optimized and control group (Wheat). It is concluded that by enriching the hemp cookie with HA, it has a high content and bioavailability of iron, superior to commercial cookies.

Keywords: Anemia, cañihua, iron, cookies

INTRODUCCIÓN

El Perú en los últimos años, a pesar de la crisis económica, presenta un crecimiento económico estable en Sudamérica; sin embargo, la anemia por deficiencia de hierro es uno de los más altos en el continente, encontrándose en niños, de 43 a 46 por ciento según los últimos datos reportados por la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar INEI-ENDES, lo cual trae como consecuencia un impacto negativo sobre la salud, educación y productividad del país.

La niñez es una de las etapas más importantes de un ser humano, puesto que se completa la formación neuronal; por lo tanto, el estímulo y el cuidado es importante para que la persona logre el desarrollo psicomotor y cognitivo necesario, y así desarrollar sus capacidades en la adultez (Villegas, Arevalo, y Callirgos, 2018). Pero, si se presenta deficiencias de hierro en niños, afectará negativamente en el desarrollo psicomotor y cognitivo, trayendo como consecuencia el bajo rendimiento escolar, extendiéndose sus efectos en la adultez (Villegas *et al.*, 2018), y por ende un impacto negativo sobre la salud, educación y economía del país.

En la actualidad existen innumerables alimentos ricos en hierro; la cañihua presenta un gran potencial en cuanto al contenido de este oligoelemento, pudiendo ser una gran alternativa para la sustitución, en sus diferentes formas de elaboración de productos procesados como las galletas, debido a su gran aceptabilidad, en especial por parte de los niños en edad escolar, ya que podemos encontrarlas en cualquier puesto de venta.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS), indica que una de las alternativas para fortificar y enriquecer un alimento es utilizando micronutrientes, con la finalidad de poder incrementar el contenido de hierro de un alimento, además de tomar en consideración la absorción que esta tenga en el cuerpo del ser humano. En tal sentido, el presente trabajo busca aprovechar los micronutrientes presentes en los productos alto andinos y los micronutrientes para suplementación, mejorando la calidad del producto dirigido a los grupos más vulnerables (niños en edad escolar), además de verificar su absorción en pruebas biológicas, siguiendo de esta manera las recomendaciones de la OPS.

El objetivo general de la investigación fue formular y evaluar galletas a base de cañihua enriquecida con hierro (sulfato ferroso y hierro aminoquelado), como complemento dietario dirigido a niños en edad escolar (6 -12 años), teniendo como objetivos específicos:

- Determinar el punto óptimo de la mezcla adecuada de harina de cañihua y trigo para el enriquecido, con hierro, de galletas.
- Determinar los niveles de hierro (hierro aminoquelado y sulfato ferroso), con mayor grado de satisfacción, para el enriquecido de galletas, dirigidas a niños en edad escolar (6 – 12 años).
- Evaluar las características fisicoquímicas, contenido y absorción de hierro de las galletas enriquecidas con sulfato ferroso y hierro aminoquelado, de mayor grado de satisfacción.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los últimos estudios realizados por ENDES a través del Instituto Nacional de Estadística e Informática, reportaron que la prevalencia de anemia en niños es de 46 por ciento; es así que, de los 24 departamentos del Perú, Puno es una de las regiones que presenta la mayor cantidad de niños en estado crítico de anemia con un 76 por ciento; paradójicamente es la región que produce en mayor cuantía granos andinos de excepcionales cualidades nutricionales, dentro de ellas, la cañihua con un alto contenido de hierro en su composición.

El consumo de alimentos deficientes en hierro es una de las causas más importantes de anemia en niños, debido al incremento de los requerimientos nutricionales durante su desarrollo. La anemia es un problema preocupante en el Perú, ya que trae consigo retraso en el desarrollo psicomotor de los niños, repercutiendo en su estado de salud y este a su vez, en el rendimiento escolar. La deficiencia de hierro se puede prevenir mediante una dieta adecuada y la suplementación de hierro medicinal; sin embargo, la situación económica, hábitos alimenticios y limitada motivación, imposibilitan muchas veces su aceptación y aplicación. Es por ello que las galletas representan una oportunidad en la dieta para incluir el fierro en gran cuantía, debido a su gran aceptabilidad y fácil adquisición por parte de los niños en etapa escolar.

A pesar de los innumerables esfuerzos para la utilización de alimentos oriundos en la formulación de alimentos ricos en hierro, estos no son suficientes para su enriquecido y fortificado, quizás sea por ello que la Organización Panamericana de la Salud en el año 2002 sugirió como alternativa, para elevar el contenido nutricional de los alimentos procesados, utilizar micronutrientes, es por esta razón que en el presente trabajo se planteó como objetivo, evaluar la incorporación de dos tipos de hierro en galletas a partir de cañihua en función de la aceptabilidad sensorial de los niños en edad escolar, por ser un producto de fácil acceso y adquisición por ellos.

1.1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1 PLANTEAMIENTO GENERAL

- ¿Cuál será la formulación y evaluación adecuada de galletas a base de cañihua enriquecida con hierro (sulfato ferroso y hierro aminoquelado) dirigida a niños en edad escolar?

1.1.2 PLANTEAMIENTOS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál será el punto óptimo, para la mezcla adecuada de harina de trigo y cañihua para la elaboración de galletas?
- ¿Cuál será el nivel de hierro aminoquelado y sulfato ferroso, que presente mejores características organolépticas en la elaboración de galletas enriquecidas, dirigidas a niños en etapa escolar?
- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas, contenido y absorción de hierro en galletas enriquecidas con sulfato ferroso y hierro aminoquelado, de mayor satisfacción?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Formular y evaluar galletas a base de cañihua, enriquecido con hierro (sulfato ferroso y hierro aminoquelado), como complemento dietario, dirigido a niños en edad escolar.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el punto óptimo de la mezcla adecuada de harina de cañihua y trigo.
- Determinar los niveles de hierro aminoquelado y sulfato ferroso, con mayor grado de satisfacción para el enriquecido de galletas, dirigidas a niños en edad escolar (6 – 12 años).
- Evaluar las características fisicoquímicas, contenido y absorción de hierro en las galletas enriquecidas con (sulfato ferroso y hierro aminoquelado), de mayor grado de satisfacción.

1.3 HIPÓTESIS PLANTEADAS EN LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

- Las galletas a base de cañihua, enriquecida con hierro (sulfato ferroso y hierro aminoquelado) con el mayor grado de satisfacción, tendrán mejores características fisicoquímicas y presentarán un alto contenido en hierro.

1.3.2 HIPÓTESIS ESPECIFICAS

- La formulación con mayor sustitución de harina de cañihua, con respecto a la harina de trigo, será la adecuada para la elaboración de galletas.
- La galleta enriquecida con hierro (sulfato ferroso y hierro aminoquelado), con menor concentración, presentará mejores características organolépticas.
- Las galletas enriquecidas con hierro, presentarán mejores características fisicoquímicas, contenido y absorción de hierro, y cumplirán los valores requeridos por la FAO/OMS.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La cañihua es un alimento agradable y libre de alcaloides, con alto contenido de hierro, que va desde 10 a 15 mg/100 g que no es consumida en gran cantidad por la población infantil a pesar de su fácil acceso, es por ello que la presente investigación se orientó a evaluar los puntos óptimos (parámetros) de sustitución parcial de harina de trigo por cañihua, temperatura y tiempo de cocción en la elaboración de galletas en función de la evaluación sensorial en niños en etapa escolar.

Las galletas con sustitución parcial de harina de cañihua, fueron enriquecidas con dos tipos de hierro, sulfato ferroso y hierro aminoquelado, previas recomendaciones de la FAO y OMS, a fin de ofrecer al consumidor, una galleta con alto contenido de hierro (5 mg por ración) y de mejor absorción, fomentando el consumo, producción y transformación de la cañihua en sus diferentes niveles. Se espera que las galletas a base de cañihua enriquecida con hierro dirigida a niños en etapa escolar, sea una alternativa para atenuar la anemia ferropénica.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

La deficiencia de hierro en la dieta, ha motivado diferentes trabajos de investigación a fin de reducir la anemia por deficiencia de hierro y la desnutrición crónica infantil. A continuación, se presentan diversas investigaciones realizadas en la incorporación de hierro en galleta y diferentes productos.

Fabian y Pantigoso (2017), realizaron galletas fortificadas a base de harina de trigo, harina de tarwi y bazo de res dirigida a escolares de la región Arequipa, en el estudio evaluaron la aceptabilidad y valor nutritivo de las galletas, donde la muestra con 57.5% de harina de trigo, 21% de harina de tarwi, y 14% de bazo de res, presentó 20.14 mg/100 g de hierro y buena aceptabilidad sensorial.

Juárez y Quispe (2016), realizaron pruebas de aceptabilidad de galletas con sustitución de harina de cañihua, lactosuero y salvado de trigo como fuente de proteína, elaboró tres tipos de galletas con diferentes sustituciones 15%, 30% y 50%. El tratamiento de mayor aceptación fue la galleta sustituida con 50 % de harina de cañihua. En cambio, Fernández *et al.* (2016) formularon y elaboraron tres tipos de galletas con tres subproductos proteicos que fueron obtenidos a partir de lactosuero dulce (SDo), concentrado proteico de suero dulce (cpSD) y aislado de GMP (aGMP), evaluándoseles la vida útil, características fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial. El análisis sensorial mostró que la galleta cpSD fue la más aceptada, las de mayor vida útil fueron las galletas con SDo y aGMP, sin embargo, los autores concluyen que cualquiera de las muestras puede ser ingerida por toda la población.

Zegarra y Arana (2016), Obtuvieron galletas con hidrolizado de anchoveta por vía enzimática con el fin de utilizarlo como sustituto de la leche en polvo, utilizaron los siguientes valores (80, 90 y 100 %); y trabajo con tres temperaturas diferentes (150, 175 y 200 °C) y tres tiempos: (8, 14 y 20 minutos). Las galletas obtenidas fueron sometidas a una

prueba de apariencia general. El tratamiento que obtuvo la mayor aceptabilidad general (6,05) fue la galleta en la que se sustituyó la leche en polvo, por un 90% con hidrolizado de Anchoveta, a una temperatura y tiempo de horneado de 175 °C por 14 minutos.

En relación a los micronutrientes, Villaquirán *et al.* (2017), diseñaron un alimento infantil a base de arveja a la cual fortificaron con dos tipos de hierro sulfato ferroso y hierro aminoquelado y como resultado reportaron que a concentraciones de 6 mg y 9.6 mg respectivamente y a una sustitución de 6.5 % de arveja, fueron aceptados por los padres de niños menores a 5 años; el hierro aminoquelado es quien tuvo mayor aceptación ya que esta no genero cambios sobre el color y la acidez del alimento en el almacenamiento y concluyeron que el producto desarrollado puede deducirse como un alimento alto en hierro. Por su parte, Rojas *et al.* (2013), compararon la eficacia de dos tipos de hierro sulfato ferroso y hierro aminoquelado como fortificante de un complemento alimentario que fue administrado a niños menores de 5 años con anemia a los que les ofrecieron una dieta de 13 g de leche fortificada con 12.5 mg de hierro, la prueba la realizaron en un tiempo de dos meses, se evaluó la concentración de hemoglobina y como resultado obtuvieron para el grupo alimentado con el producto fortificado con sulfato ferroso 18,8 a 24,1 ng/ml y, el grupo que fue alimentado con el producto fortificado con hierro aminoquelado, subió de 18,4 a 29,7 ng/ml, concluyeron que el producto fortificado con hierro aminoquelado fue mejor a comparación del sulfato ferroso en cuanto a la absorción. Sin embargo, Cabrera y Fernández (2008), elaboraron dos productos de panificación croissant de jamón y torta de chocolate, a la cual enriquecieron con hierro aminoquelado con los valores de 4 mg en una porción de 40 gramos y como resultado encontraron 6.64 y 6.61 mg de hierro respectivamente.

Becerra y Molloco (2018), determinaron el efecto de la harina y del extracto de coca, y evaluaron la concentración de hemoglobina (Hb) en animales experimentales, a los que administraron sulfato ferroso 1mg /día quienes fueron expuestas por periodo de 49 días y como resultado obtuvieron niveles de Hb, antes y después del tratamiento se evidenció que las ratas expuestas a 1.17 gr/día de extracto etanólico de coca y a 0.71gr/día de harina de coca, incrementaron significativamente la concentración promedio de la hemoglobina; mientras que en las que recibieron sulfato ferroso 1 mg/día y dieta habitual, no se apreció un incremento de la concentración de hemoglobina. En cambio, Ayala (2015), elaboró un Yogurth al cual adicionó vitamina A, ácido fólico, hierro y zinc, para evaluar la absorción

de dicho alimento; realizó pruebas en animales experimentales, aplicando el método depleción y repleción, el primer método consistió en disminuir la concentración de hemoglobina durante un periodo de 35 días y obtuvo como resultado 10,24 g/dL y el segundo método (depleción) le brindó como dieta el yogurt fortificado, esta fase duró 28 días; después del tiempo culminado realizó una prueba final de concentración de hemoglobina, obteniendo como resultado en promedio 15,04 g/dL de hemoglobina. A su vez, Alvarado y Rodríguez (2017), evaluaron el efecto del contenido de hierro en la murmunta, para esta investigación utilizaron 16 animales experimentales de variedad Sprague Dawley, cada tratamiento lo conformó por 4 unidades: experimentales grupo blanco, experimental I , experimental II y grupo control, a este último le brindo como dieta 1 mg/kg/día (sulfato ferroso) obteniendo como resultado concentración de hemoglobina de 9.43 a 10.43 gr/dl.

Por su parte, Arisaca-Parillo, Choquehuanca, e Ibáñez (2016), evaluaron la influencia de la adición de hierro y ácido linolénico a partir de granos andinos y oleaginosas en el pan blanco, aplicando el Diseño Central Compuesto Rotable, encontraron para las variables de sustitución de la harina de quinua 2.5 ± 1.12 , cañihua 4.0 ± 2.0 , maca 2.5 ± 1.12 , y linaza 3.5 ± 1.12 ; la harina de trigo se mantuvo entre 80-95% siendo aceptada por jueces de tipo consumidor y evaluados por la prueba estadística de Friedman ($p \leq 0.01$); seleccionaron la muestra que presentó 15.5% de sustitución (T-20), por presentar valores significativos elevados en todos los atributos analizados. La muestra T-20 presentó 6.77 mg Fe/100g; la absorción de hierro (*in vivo*) fue de 3.8 mg Fe/l de sangre y PER=1.13, en ambos casos los valores fueron superiores al grupo control (pan blanco) que presentó 0.1 mg Fe/l de sangre y PER=0.96.

2.2 GALLETAS

2.2.1 ASPECTOS GENERALES

Los productos de galletería por sus características, por su alto valor en carbohidratos, son alimentos de una textura más o menos dura y crocante, esta se obtiene mediante el horneado apropiado de una masa (sólida o semisólida) y a partir de esta, se forma distintas figuras que son derivados del trigo u otras harinas sucedáneas, con otros ingredientes permitidos y debidamente autorizados para el consumo humano (INDECOPI, 1981).

Las galletas es uno de los productos que es comercializado para toda las edades, este producto es elaborado a partir de harina, grasa, agua, azúcar y especias que son sometidas al proceso de amasado y su posterior horneado, este y todo los productos deben elaborarse en condiciones sanitarias adecuadas y a partir de materias primas limpias, y libre de impurezas y en perfecto estado de conservación, los productos de galletería poseen diferentes ventajas a comparación con otros alimentos como: prolongada conservación, sabor exquisito, fácil digestión y amplia variedad (Arévalo y Catucuamba, 2007).

2.2.2 CLASIFICACIÓN

La Norma Técnica Peruana. NTP 206.001 (INDECOPI, 1981) clasifica a las galletas:

- **Por su sabor:**
 - **Saladas:** Aquellas que tienen connotación salada.
 - **Dulces:** Aquellas que tienen connotación dulce.
- **Por su presentación:**
 - **Simple:** El producto final no presenta ningún agregado posterior luego del horneado.
 - **Rellenas:** Cuando entre dos galletas se coloca un relleno apropiado.
 - **Revestidas:** Cuando exteriormente presentan un revestimiento o baño apropiado. Pueden ser simples y rellenas.
- **Por su forma de comercialización:**
 - Galletas envasadas:** son las que se comercializan en paquetes sellados en pequeñas cantidades.
 - Galleta a granel:** son las que se comercializan generalmente en cajas de cartón, hojalata o tecnopor.

Por otro lado, (INDECOPI, 1981) indica los siguientes requisitos a considerar en la elaboración de galletas:

- a. Del mismo modo indica que las galletas deberán elaborarse a partir de materiales limpios y libres de cualquier contaminante y en perfecto estado de conservación.

b. Según (INDECOPI, 1981) y el Ministerio de Salud (Minsa, 2011) nos recomienda los requisitos fisicoquímicos que deberán presentar las galletas, como se indican en la tabla 1.

Tabla 1: Cantidades Máximas Permisibles de Galletas

Cantidades máximas permisibles	Especificación
Humedad	12%
Cenizas totales	3%
Índice de peróxido	5 mg/kg
Acidez (expresado en ácido láctico)	0,10%

FUENTE: INDECOPI (1981).

c. Según el Programa Nacional de Alimentación Escolar (2018), indica que las galletas sustituidas con granos andinos, deben presentar como requisitos mínimos en cuanto a proteínas y humedad los valores que se muestran en la tabla 2:

Tabla 2: Requisitos requeridos por el programa Nacional de Alimentación Escolar

Requisito	Especificación
Humedad	12 %
Proteína	8.5 %

FUENTE: QALI WARMA (2018).

2.2.3 INSUMOS PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETAS

a. HARINA DE TRIGO

La harina de trigo es un alimento que se produce en grandes cantidades, se estima que cada año se utilizan 600 millones de toneladas para la elaboración de productos de consumo humano, como productos de panificación y galletería. (Villanueva, 2017).

b. GRASAS

En la elaboración de galletas las grasas más utilizadas son de origen vegetal como la margarina y la manteca, estas son añadidas de acuerdo a la formulación requerida; la grasa en la elaboración de galletas es importante porque influye en la expansión y la maleabilidad de la masa durante el proceso de la elaboración (Villagómez y Vásquez, 2016).

c. AZÚCAR

En la elaboración de las galletas se utiliza el azúcar o sacarosa, en especial para la elaboración de galletas dulces, este componente se caracteriza por ser muy soluble en agua a temperatura ambiente, formando jarabes otorgándole mayor viscosidad al agua. Otra característica importante es que a una temperatura de horneado de 160°C la sacarosa comienza a fundirse y a los 170 °C comienza a caramelizarse, esto influye a nivel sensorial porque les da color y un sabor dulce a las galletas (López, 2015).

d. BICARBONATO DE SODIO

Es uno de los ingredientes que tiene la finalidad de mejorar la calidad de la masa, ayuda a reducir las pérdidas de la grasa que se origina durante el batido, actúa como fermento químico y evita la rancidez en galletas dulces (Cabezas, 2010).

e. LECHE EN POLVO

La leche en polvo contribuye en la textura, color y aporta un valor nutricional extra en el producto, los aminoácidos presentes en la leche, favorecen en las reacciones del pardeamiento durante el horneado; de la misma manera, contribuyen a la obtención del color y el aroma deseado. Actualmente la mayoría de la leche utilizada en la elaboración de galletas es en polvo, esto debido a la facilidad de manejo y bajo contenido de humedad (Cabezas, 2010).

f. SAL

El cloruro sódico se utiliza fundamentalmente por su sabor y por su propiedad de potenciar sabores. Su concentración más eficaz en las galletas es de 1-1,5% del peso de la harina, ya que a niveles superiores a 2,5% ocasiona un sabor desagradable (Cabezas, 2010).

2.3.4 PROCESO DE ELABORACIÓN DE GALLETAS

- Mezclado

Según Manley y Duncan (1981) indican que, para la elaboración de galletas, existen tres métodos empleados:

- **El Cremado (Creaming Up)**

En este proceso, los ingredientes utilizados son mezclados con la grasa, con el fin de obtener una crema, a la cual se adiciona la harina, este método puede realizarse en dos o tres etapas. El de dos etapas consiste en mezclar todos los ingredientes durante 4 a 10 minutos en una mezcladora, finalmente se añade el bicarbonato de sodio y la harina, continuando así con el mezclado hasta adquirir una consistencia deseada. En la segunda etapa se mezcla la grasa, azúcar, jarabe, entre otros insumos, con el objetivo de obtener una crema suave, a la cual se le agrega sal, colorante y entre otros insumos (Manley y Duncan, 1989).

- **Mezclado “Todo en uno”**

En este método todos los ingredientes son mezclados en una sola etapa, seguidamente se le agrega los saborizantes, colorantes, hasta obtener una masa homogénea lista para el proceso de laminado (Manley y Duncan, 1989).

- **El Método del Amasado**

En este método los ingredientes como: la grasa, azúcar, jarabes y harinas son mezclados hasta obtener una masa corta; luego se añade agua (y/o leche), sal, y otros ingredientes mezclándose hasta alcanzar una masa homogénea. En la primera etapa, la harina es cubierta con la crema para actuar como una barrera contra el agua, formando el gluten con la proteína (Manley y Duncan, 1989).

- **Laminado**

Este proceso tiene la función de transformar la masa en una lámina uniforme, en donde se elimina el aire que esta contenga, la masa no debe de enfriarse y debe usarse sin demora (Manley y Duncan, 1989).

- **Moldeado**

Para el proceso de moldeado existen dos formas, una es mediante el corte de una masa laminada en trozos de tamaño y de forma adecuada y la otra es utilizando moldes. Las formas más comunes son redondas, rectangulares y otras figuras que sean al gusto del consumidor (Manley y Duncan, 1989).

- **Horneado**

Es el proceso de cocción de la galleta, tiene la principal función de eliminar la humedad (2,5 a 3,0 %), el horneado de las galletas se realiza en un tiempo corto, puede durar hasta 15 minutos dependiendo del tipo de galleta. La temperatura del horno puede variar entre 160 °C, 180 °C hasta 200 °C.

Según Manley (1989), indica que durante la cocción se producen tres variaciones diferentes: La gran disminución de la densidad del producto, unida al desarrollo de una textura abierta y porosa.

- Disminución del nivel de humedad hasta 1 a 5 %.
- Cambio de color en la superficie.
- Otros cambios que ocurren son: el derretimiento de la grasa y la formación del gas que ocasiona la expansión de las galletas, aumentando su tamaño; la gelatinización del almidón, la coagulación de las proteínas entre otros (Manley y Duncan, 1989).

- **Enfriado**

En esta etapa las galletas se enfrían completamente antes de ser empacadas, esta debe realizarse cuidadosamente para que el producto no se rompa (Manley y Duncan, 1989).

2.3. CAÑIHUA

2.3.1 ASPECTOS GENERALES

En 1929, el botánico suizo Paúl Aellen, creó la denominación *Chenopodium pallidicaule Aellen*, para nombrar a esta especie; utilizándose indistintamente el nombre de kañiwa o kañawa relacionadas con el origen del vocablo Kañiwa, que es propia de las regiones con idioma quechua y kañawa de la población aymara (Apaza, 2010).

La cañihua es un grano originario de los andes del sur del Altiplano peruano boliviano, fue domesticada por los pobladores de la cultura Tiahuanaco, en la meseta del Collao (Apaza, 2010). Los granos de cañihua son frutos de plantas ricas en proteínas, fibra y minerales (INDECOPI, 2014). El cultivo de cañihua tolera varios tipos de estrés ambiental incluso la salinidad, sus semillas presentan un alto valor alimenticio, por lo que es un gran potencial para combatir la desnutrición infantil en el Perú (La Rosa *et al.* 2017), esta se distribuye en las regiones semiáridas más altas de los Andes centrales en Perú y Bolivia, con mayor concentración en la región del Altiplano, en donde se producen para la alimentación humana en altitudes entre 3800 y 4300 m.s.n.m (Mujica, 1992).

2.3.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El cultivo de la cañihua no ha tenido mayor difusión fuera de las fronteras del altiplano de Perú y Bolivia (Tapia y Fries, 2007).

En la figura 1, se muestra los lugares donde se cultiva la cañihua en toda la región de Puno.



figura 1. Centros de Producción de Cañihua en Puno - Perú
Fuente: Apaza (2010).

2.3.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA CAÑIHUA

Según Apaza, (2010), define la siguiente clasificación taxonómica para la cañihua.

Reino : Vegetal

División: Angiospermophyta

Clase: Dicotyledoneae

Sub clase: Archichlamydeae

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiácea

Género: Chenopodium

2.3.4 VARIEDADES

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ha reportado la obtención de variedades de cañihua a través de métodos de selección y estudios de estabilidad de rendimiento, logrando obtener tres variedades como: Cupi, Illpa INIA 406 y Ramis, que en la actualidad son consideradas como las primeras que fueron obtenidas mediante los métodos de mejoramiento por selección individual y mejor rendimiento (Apaza, 2010).

- Variedad Cupi

Esta variedad es una de las más conocidas y comerciales en la actualidad, esta planta alcanza una altura de 60 cm, donde el diámetro del tallo central es de 4.0 mm, y el color del tallo es púrpura pálida. El aspecto del perigonio del fruto es cerrado, de color gris crema suave, y el diámetro del grano sin considerar el perigonio es de 1.0 a 1.1 mm (Apaza, 2010).

En la figura 2, se muestra la cañihua, variedad Cupi.



figura 2. Cañihua Variedad Cupi

Fuente: Apaza (2010).

2.3.5 IMPORTANCIA DE LA CAÑIHUA

a. VALOR NUTRITIVO

La cañihua es un grano andino que presenta un alto contenido de proteínas (15 a 19 %), a comparación de otros granos andinos, se distingue por la presencia de minerales en su composición, este grano contiene aproximadamente el doble de lisina y metionina a comparación de otros cereales como trigo, maíz y cebada; así mismo, la cañihua tiene la ventaja de no poseer saponinas a comparación de la quinua, la cual facilita su utilización y calidad nutricional (Mujica, 1992).

b. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CAÑIHUA

En la tabla 3, se presenta la composición química de la cañihua, existiendo una gran variación en la composición de este grano y esta depende de la variedad genética, edad de maduración de planta, localización de cultivo, tipo de suelo.

Tabla 3: Composición Química de la Cañihua

Componente	Cañihua amarilla	Cañihua gris	hojuelas cañihua	Cañihua parda
Proteínas	15,7	14,0	14,5	13,8
Grasas	7,5	4,5	8,9	3,5
Carbohidratos	62,5	64,0	60,7	66,2
Fibra	-	-	15,5	-
Ceniza	3,5	5,1	4,2	4,3
Energía (kcal)	381	356	318	318
Calcio	87	110	141	171
Fósforo	335	375	320	496
Hierro (mg)	10,80	13,00	17,07	15,00
Tiamina	0,62	0,47	0,67	0,57

FUENTE: Reyes, Gómez -Sánchez, y Espinoza (2017).

Tabla 4: Composición químico proximal de tres cultivares de cañihua

Determinaciones	Cultivar Cupi	Cultivar Ramis	Cultivar Illpa INIA 406
Humedad (%)	8.45	7.73	8.36
Proteína (Nx6.25) %	13.48	13.10	13.82
Fibra (%)	10.28	10.00	11.00
Cenizas (%)	4.10	4.08	4.16
Grasa (%)	3.88	3.90	3.92
ELN (%)	59.88	61.19	58.74
Energía (Kcal/100 g)	325.36	329.65	322.68

FUENTE: Apaza (2010).

Tabla 5: Límites de valores de composición química en base seca del grano de cañihua

Composición	Máximo (%)	Mínimo (%)
Humedad	12.4	---
Ceniza	5,9	
Proteínas		13.1
Extracto Etéreo		3.5
Fibra Bruta		4

FUENTE: NTP 011.452 INDECOPI (2014).

2.3.5.3 MINERALES EN LA CAÑIHUA

La cañihua se caracteriza por presentar un alto contenido en cuanto a micronutrientes como el hierro y el calcio, teniendo una composición de 10-15 mg/100g de Hierro y 87-141 g/100g de Calcio presentes en la cañihua, dependiendo de la variedad (Repo-Carrasco-Valencia, Acevedo, y Icochea, 2009).

2.4 TRIGO

2.4.1 ASPECTOS GENERALES

El trigo es una gramínea del género *Triticum*, usualmente se vienen cultivando cerca de diez especies del género *Triticum*, pero solo dos de estas presentan interés desde el punto de vista comercial: el *Triticum vulgare* y el *Triticum durum*. El *Triticum vulgare* se muele con el fin de producir una harina, que se emplea para la confección de pan, tortas, galletas o productos similares. El trigo duro o *Triticum durum*, tiene un color ambarino, cariósipide alargada y vítrea, se emplea fundamentalmente como sémola para la fabricación de pastas alimenticias (Quaglia, 1991).

- HARINA DE TRIGO

Toda harina de trigo destinada a la elaboración de productos de panadería y galletería debe estar fortificada con micronutrientes conforme a la legislación vigente (Minsa, 2011).

2.4.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según Calaveras, (2004) el trigo tiene la siguiente clasificación taxonomía.

Reino: Eucariontes (vegetales)

Subreino: Cormofita

División: Espermafitas o Fanerógamas

Subdivisión: Angiosperm

Clase: Monocotiledóneas

Orden: Glumífora

Familia: Gramíneas (peicidales).

Género: Triticum.

Especie: Triticum Durum

2.4.3 COMPOSICIÓN FISICOQUIMICA

El trigo maduro tiene la siguiente composición: Humedad, carbohidratos, proteínas, lípidos, ceniza y fibra. Cada una cumple una función durante el horneado. Debido a las implicaciones nutricionales, es importante considerar el contenido vitamínico del trigo (Calaveras, 2004).

En la tabla 6 se muestra la composición fisicoquímica del trigo.

Tabla 6: Composición Fisicoquímica del trigo en 100 gramos.

COMPOSICIÓN	TRIGO
Energía Kcal	336,00
Agua (g)	14,50
Proteína (g)	8,60
Grasa (g)	1,50
Carbohidrato (g)	73,70
Fibra (g)	3,00
Ceniza (g)	1,70
Calcio (mg)	36,00
Fósforo (mg)	224,00
Hierro (mg)	4,60

FUENTE: Reyes *et al.*, (2017).

2.5 HIERRO

2.5.1 ASPECTOS GENERALES

El Hierro es uno de los microelementos esenciales para el cuerpo del ser humano, ya que esta tiene la principal función en la producción de energía y la formación de hemoglobina, mioglobina y otras sustancias como citocromo, peroxidasa y catalasa. También tiene la función del transporte y almacenamiento de oxígeno, síntesis ADN (Thompson, Manore, y Vaughan, 2008).

Este microelemento podemos encontrarlo en el organismo, por la ingesta de alimentos con alto contenido de este compuesto; se absorbe principalmente en el duodeno, el cual es favorecido por el pH que se encuentra en este segmento intestinal, gracias a la presencia de jugos gástricos (Aranda, 2004).

2.5.2 METABOLISMO DE HIERRO

La absorción de este microelemento se da en el yeyuno y en el estómago, la absorción del hierro se da por medio de la mucosa digestiva y se transporta hasta la sangre por medio de la enzima transferrina o se almacena en la mucosa en forma de ferritina (Thompson *et al.* 2008).

2.5.3 SELECCIÓN DE LOS COMPUESTOS DE HIERRO

Para seleccionar un compuesto de hierro que tenga el mayor potencial de absorción y que, al ser agregado al nivel apropiado, no produzca ningún cambio sensorial inadmisibles en el alimento fortificado o el producto final, se debe contar con información adecuada sobre la aceptabilidad del color, sabor y olor después del enriquecimiento (Organización Panamericana de la Salud, 2002).

a. SULFATO FERROSO

Es un compuesto químico iónico de fórmula FeSO_4 , su estado físico es sólido donde el hierro tiene un estado de oxidación (II). Generalmente se encuentra en forma de sal heptahidratada, es soluble en agua, su peso molecular es 278,01 g/mol y normalmente es de color azul-verdoso. Y esta se puede utilizar para tratar la anemia ferropénica (Instituto Nacional de Salud del Perú, 2018).

b. HIERRO AMINOQUELADO

El hierro aminoquelado o hierro quelado bisglicinado, estructuralmente es una forma de hierro no ionizable, no reducible, con buena estabilidad química que no cambia las propiedades organolépticas de los alimentos con que se mezcla (Moya y Sevilla, 2008).

El bisglicinato ferroso, estructuralmente está formado de hierro no ionizable, tiene la principal característica que no genera cambios en las características organolépticas de los alimentos con que se mezcla (Allen, 2002).

2.5.4 NIVEL DE ENRIQUECIMIENTO DE HIERRO EN LOS ALIMENTOS

En la actualidad el enriquecimiento de productos con micronutrientes, es una de las alternativas que recomiendan los tecnólogos de alimentos, nutricionistas; a fin de atenuar la deficiencia en nutrientes específicos; en el Perú y en muchos países de América Latina uno de los objetivos fundamentales es disminuir los índices de anemia (Zegarra y Arana, 2016).

Tabla 7: Nivel de enriquecimiento de hierro

	Mínimo	Máximo
Hierro	5 mg/por ración	10 mg/por ración

FUENTE: Organización Panamericana de la salud (2002).

2.5.5 REQUERIMIENTOS DE HIERRO

La Organización Mundial de la Salud, indica que los niveles de requerimiento diario de micronutrientes se dan en relación al grupo etario y sexo, que a continuación se detalla en la tabla 8.

Tabla 8: Requerimiento de Hierro en la dieta diaria.

Requerimientos de Hierro	Ingesta diaria de Hierro recomendada (mg/día)	
	Mujeres	Varones
Niños de 6 meses a 8 años	11	11
Niños de 9 años a 13 años	8	8
Adolescentes de 14 a 18 años	15	11
Gestantes	30	-
Mujeres que dan de lactar	15	-

FUENTE: (FAO/WHO,2001).

2.6 ANEMIA

La anemia es una enfermedad que no solo se da por la falta de consumo de alimentos ricos en hierro, también se da por otros factores como: la deficiencia de vitaminas A, B6, B12, C, D y E, desnutrición, enfermedades infecciosas y otros determinantes sociales (Villegas *et al.*, 2018).

2.6.1 SITUACIÓN DE LA ANEMIA INFANTIL EN EL PERÚ

En la última Encuesta Demográfica de Salud Familiar 2017, elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI y ENDES, 2017), se advierte que la prevalencia de la anemia en menores de tres (3) años en el país es de 43.6%. Esta cifra evidencia que, desde el año 2013, la prevalencia de la anemia infantil, se mantiene en un rango de 43% a 46% (INEI y ENDES, 2017).

2.6.2 ANEMIA FERROPÉNICA

El hierro es un elemento fundamental para el organismo del ser humano, a pesar que en nuestro organismo lo encontramos en cantidades muy pequeñas, este microelemento participa en numerosos procesos que son indispensables para la vida del ser humano como el transporte de oxígeno a las células. Cuando la ingesta de alimentos es bajo en hierro y no cubre los requerimientos que pide nuestro organismo, se produce la anemia ferropénica, esta se caracteriza por la baja concentración de hemoglobina que puede encontrarse debajo de los niveles permitidos (Vaquero, Blanco, y Toxqui, 2012).

a) CAUSAS DE LA ANEMIA FERROPÉNICA

El estado nutricional de una persona en cuanto al contenido de hierro que pueda presentar en su organismo, depende de la alimentación diaria que esta tenga y de la biodisponibilidad que estos alimentos presenten (Rapetti *et al.*, 2017).

b) CONSECUENCIAS DE LA ANEMIA

Según Vaquero *et al.* (2012), menciona que la anemia trae como consecuencia distintos factores entre ellos tenemos:

- Retraso en el crecimiento, el cual tiene consecuencias importantes en el caso del desarrollo intrauterino en niños de etapa preescolar.
- Aumento del riesgo de complicaciones durante el embarazo y el parto.
- Disminución del desarrollo psicomotor y función cognitiva.
- Alteraciones del sistema inmunitario.
- Disminución del rendimiento intelectual.

2.7 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial de los alimentos en la actualidad, es una de las más importantes herramientas que se utiliza para las actividades de la industria alimentaria, esta se utiliza en su mayoría para el control de calidad en los distintos procesos alimentarios, como para el diseño de nuevos productos dirigidos al mercado (Ureña, D" Arrigo, y Giron, 1999).

El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria que utiliza panelistas humanos, en donde estos utilizan sus sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y el oído, para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los alimentos. No hay ningún instrumento que pueda reemplazar la respuesta humana, la evaluación sensorial de cualquier estudio de alimentos es esencial, y es aplicable a una variedad de áreas, como el desarrollo de productos, mejora de productos, control de calidad, estudios de almacenamiento y el desarrollo de procesos (Watts, Ylimmaki, Jeffery, y Elias, 1989).

Se puede definir al análisis sensorial como el método experimental en el cual los jueces realizan una calificación, evaluando las características organolépticas de las muestras que ellos evalúan (Anzaldúa- Morales, 1994).

Está constituida por dos procesos definidos según su función: el análisis sensorial y el análisis estadístico. Mediante el primero se obtienen las apreciaciones de los jueces o panelistas a manera de datos que serán posteriormente transformados y valorados por el segundo, dándoles con ellos la objetividad deseada (Ureña *et al.*, 1999).

Las pruebas sensoriales han sido descritas y clasificadas de diferentes formas. Los especialistas en pruebas sensoriales y los científicos de alimentos las clasifican en: Pruebas afectivas y pruebas analíticas (Anzaldúa- Morales, 1994).

2.7.1 PRUEBAS AFECTIVAS:

Las pruebas afectivas son constantemente utilizadas para evaluar la preferencia y/o aceptación de productos. En las pruebas afectivas los panelistas no son entrenados, pero pasan por una selección evaluando criterios, los cuales frecuentemente incluyen usos previos del producto , tamaño y edad de cada miembro (Anzaldúa- Morales, 1994).

Los panelistas para este tipo de pruebas no son seleccionados ni entrenados y se les denomina jueces afectivos. En la mayoría de los casos se escogen panelistas que sean consumidores reales o potenciales del producto que se evalúa, estas pruebas se emplean en condiciones similares a las que normalmente se utiliza al consumir un producto, pueden llevarse en supermercados, escuelas, plazas (Espinosa, 2007).

Según Anzaldúa – Morales (1994). Indica que las pruebas afectivas pueden clasificarse en 3 tipos:

- Pruebas de preferencia
- Pruebas de grado de satisfacción
- Pruebas de aceptación

- PRUEBAS DE PREFERENCIA

En este tipo de pruebas los jueces prefieren una muestra sobre otra muestra. Para este tipo de pruebas se necesita un grupo numeroso de panelistas (jueces) los cuales no necesariamente tienen que ser entrenados (Anzaldúa- Morales, 1994).

- PRUEBAS DE GRADO DE SATISFACCIÓN

Este tipo de pruebas se utiliza para evaluar más de dos pruebas a la misma vez, o cuando se desea obtener mayor información acerca de un producto, para realizar este tipo de prueba se

utiliza escalas hedónicas, estas son herramientas de medición de situaciones agradables y desagradables, que son producidas por un alimento. Las escalas hedónicas pueden ser graficas o verbales, y la elección del tipo de escala depende de la edad de los jueces y el número de muestras a evaluar (Anzaldúa- Morales, 1994).

- **PRUEBAS DE ACEPTACIÓN**

El deseo de una persona para adquirir un producto es lo que se denomina aceptación, y no solo depende de la impresión agradable y desagradable que esta pueda generar, hay muchos factores que pueden definir la decisión del consumidor, como las características que puede tener el producto olor, color, sabor, textura y apariencia general (Anzaldúa- Morales, 1994).

2.8 METODOLOGÍA DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA

Es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influenciada por varias variables, siendo el objetivo optimizar esta respuesta (Montomery, 2004).

La metodología de superficie de respuesta implica tres aspectos: *diseño*, *modelo* y *técnica de optimización* (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

Permite formular y desarrollar productos, habiendo demostrado ser una excelente herramienta para simplificar diseños experimentales, permitiendo trabajar simultáneamente con varias variables (Villaruel, Uquiche, Brito, y Cancino, 2000).

2.8.1. OPTIMIZACIÓN DE UNA SUPERFICIE DE RESPUESTA

En la fase inicial del estudio de una superficie de respuesta se trata de identificar la región de respuesta óptima y para ello se utilizan experimentos factoriales completos 2^k (número de niveles por cada factor) o fraccionarios 2^{k-p} , con el fin de estimar las respuestas medias para un modelo lineal o de primer orden. Se recomienda generalmente agregar dos o más observaciones en el nivel medio de cada uno de los factores para estimar el error experimental y tener un mecanismo de evaluación con el fin de establecer si el modelo lineal es apropiado (Montomery, 2004).

2.8.2 DISEÑOS PARA OPTIMIZAR VARIABLES DE PROCESOS

Dentro de los diseños que deben ser empleados en la tecnología y control de procesos para optimizar variables se encuentran:

- los diseños compuestos centrales.
- los diseños factoriales completos a 3 niveles
- los planes experimentales de Box-Behnken.

Estos diseños deben ser empleados en la fase final de una secuencia de experimentos, (Fernandez *et al.*, 2008).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó en los siguientes lugares:

- El procesamiento de las galletas se realizó en la panificadora “Los Ángeles” de la provincia de San Román.
- La evaluación sensorial de las galletas, enriquecidas con hierro, se realizó en 3 instituciones de educación básica regular que se encuentran ubicadas en la provincia de San Román: I.E.P Señor de Huanca, I.E.P María Auxiliadora y I.E.P Santa María.
- Los análisis fisicoquímicos se realizaron en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial – UNA Puno.
- El análisis de hierro y las pruebas biológicas se realizaron en el laboratorio de control de calidad y bioterio de la Universidad Católica Santa María – UCSM Arequipa.

3.2. MATERIALES

3.2.1 MATERIA PRIMA

Se empleó harina de trigo (marca Las Mercedes), harina de cañihua de la variedad Cupi, adquirido del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

3.2.2 INSUMOS

- Manteca vegetal, marca Alicorp
- Leche en polvo entera, marca Gloria
- Sal yodada marina de mesa
- Azúcar blanca, marca Casa blanca
- Bicarbonato de sodio, marca Montana
- Esencia de chocolate, 74016-71 PAL HARMONY PERU S.A.C.

3.2.2 EQUIPOS Y MATERIALES PARA LOS ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS

- Balanza analítica
- Equipo Soxhlet
- Estufa eléctrica marca MEMMERT. Precisión de 0°C a 250°C.
- Mufla eléctrica, con rango de temperatura de 0°C- 1200 °C marca THERMOLYNE TYPE 1500
- Espectrofotómetro de emisión óptico

3.2.3 IMPLEMENTOS Y EQUIPOS PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA GALLETA

- Balanza de precisión, modelo ARP110, capacidad 5 kg, precisión $\pm 1,0$ g.
- Bandejas de acero inoxidable.
- Batidora marca Nova. Cinco velocidades.
- Coche porta bandeja.
- Espátulas.
- Horno eléctrico marca Nova T° de 0 a 300° C.
- Mesas de acero inoxidable.
- Mezcladora y amasadora- de la marca Nova.
- Moldes para galletas.

3.2.4 MATERIALES PARA LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

- Erlenmeyer con refrigerante
- Papel filtro
- Pipetas
- Bomba de vacío
- Papel de fenolftaleína
- Balones de digestión
- Cocina de digestión
- Bureta
- Vaso de precipitado
- Balanza de precisión.
- Balones de destilación.
- Crisoles.

3.2.5 REACTIVOS

- Ácido sulfúrico concentrado
- Catalizador (sulfato de potasio 100 g + sulfato de cobre 0.25 g)
- Ácido Bórico + indicador de pH
- 250 ml de solvente orgánico (Hexano – Éter).
- Ácido sulfúrico 1.25 %.
- Hidróxido de sodio 1.25 %.
- Etanol.

3.2.6 PRUEBAS BIOLÓGICAS

- Animales Experimentales (*Rattus Nuvergicus Var Wistar*, machos de 24 días de nacidos).
- Comederos.
- Bebederos.

3.2.7 MATERIALES PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

- Agua de mesa.
- Bandejas.
- Fichas para la prueba sensorial (encuestas).
- Muestras del producto a evaluar (galletas).
- Platos desechables.
- Vasos desechables.
- Servilletas.

3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Los métodos de análisis que se emplearon se detallan a continuación:

3.3.1 ENSAYOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE LA SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA

Se tomó como referencia dos formulaciones para la elaboración de galletas dulces: American Association of Cereal Chemist (AACC, 1997) y Formoso (Formoso, 1981).

Tabla 9: Formulación base para la obtención de Galletas Dulces

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina de trigo	47
Manteca	13
Azúcar	27
Agua	6,4
Leche en polvo	5,4
Bicarbonato de sodio	0,5
Sal	0,4
Esencia de naranja	0,3

FUENTE: A.A.C.C (1997).

Tabla 10: Fórmula para la elaboración de las galletas dulces

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina de trigo	63.84
Azúcar	20.77
Margarina	11.94
Leche en polvo	2.68
Bicarbonato de sodio	0,45
Sal	0,32

FUENTE: Formoso (1981).

A partir de estas formulaciones mencionadas anteriormente, se realizó la formulación que fue empleada para la ejecución de esta investigación. tal como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11: Formulación utilizada para determinar el punto óptimo del porcentaje de sustitución de harina de cañihua.

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina de trigo	64
Harina de cañihua	10 - 30 - 50
Azúcar	15
Manteca	17
Leche en polvo	3
Bicarbonato de sodio	0.45
Sal	0.4
Esencia de chocolate	0.15

FUENTE: AACC (1997) y Formoso (1981).

Para la sustitución de harina de cañihua se tomó en cuenta los valores que se encuentran en la formulación elaborada por Juárez y Quispe (2016) como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12: Formulación para la elaboración de galletas con harina de cañihua, lactosuero salvado de trigo

Ingredientes	Galletas		
	A (15 %)	B (30 %)	C (50 %)
Sustitución			
Harina de trigo	44	36	26
Harina de cañihua	8	16	26
Lactosuero	17	17	17
Salvado de trigo	7	7	7
Azúcar	13	13	13
Mantequilla	10	10	10
Agua	-	-	-
Sal	0.5	0.5	0.5
Leudante	0.5	0.5	0.5

FUENTE: Juárez y Quispe (2016).

3.3.1 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA OBTENCIÓN DE LA GALLETA CON SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA

El procedimiento que se siguió para la elaboración de las diferentes formulaciones de las galletas sustituidas con harina de cañihua, se presenta en la Figura 3, el mismo que se detalla a continuación.

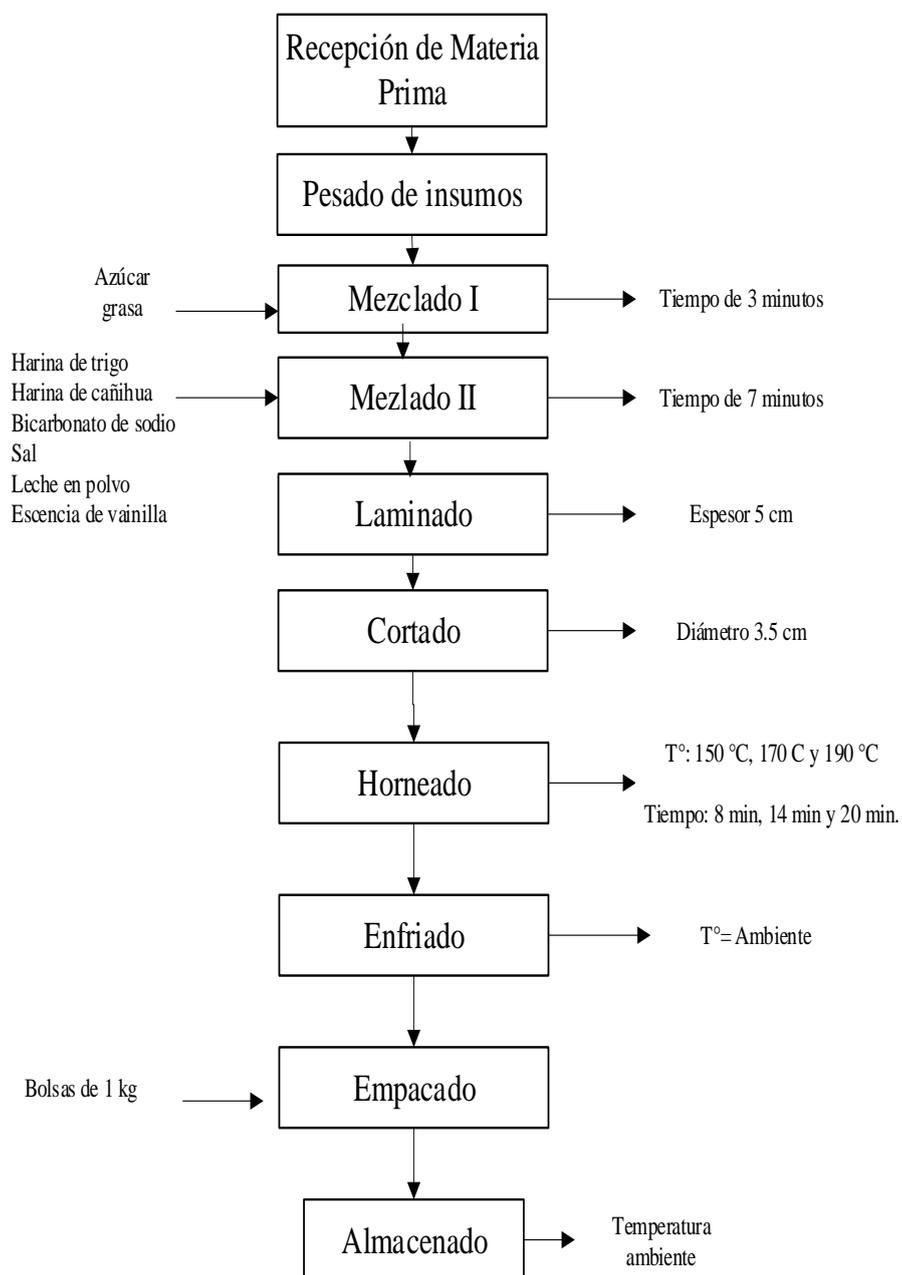


figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de la galleta con sustitución de harina de cañihua.

- **Recepción de Materia Prima**

Todos los ingredientes utilizados fueron recepcionados en la panificadora “Los Ángeles”, que se encuentra ubicada en la provincia de San Román, se trabajó con la harina de cañihua de la variedad Cupi, que fue adquirida del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), los demás insumos fueron seleccionados de acuerdo a la marca y la fecha de vencimiento a fin de garantizar su calidad.

- **Pesado de Ingredientes**

Los ingredientes tanto la harina de trigo, cañihua y demás insumos se pesaron con una balanza analítica de la marca SARTORIUS.

- **Mezclado I**

El primer mezclado es un proceso que consiste en juntar azúcar y manteca, este proceso se realizó con la finalidad de homogenizar y de la misma manera, eliminar los gránulos de azúcar, posterior a ello se incorporó el bicarbonato de sodio y finalmente se realizó el batido durante 3 a 4 minutos.

- **Mezclado II**

En esta etapa de proceso se añade harina de trigo, harina de cañihua, leche en polvo y sal, y se procedió a batir en velocidad 1 y en velocidad 2 por espacio de 5 minutos, finalmente se añadió la esencia de chocolate.

- **Laminado y cortado**

De la masa final se tomó porciones para realizar el laminado en la mesa de trabajo, para luego ser moldeada en piezas circulares con un diámetro 3.5 cm aproximadamente.

- **Horneado**

La masa moldeada fue colocada en bandejas, para luego ser sometidas a un proceso de horneado, a temperaturas de 190 °C, 170 °C y 150 °C y en tiempos de 8, 14 y 20 minutos.

- **Enfriado**

El enfriado de las galletas obtenidas con sustitución de harina de cañihua, se realizó en las mismas bandejas, hasta que alcanzaron la temperatura ambiente (aproximadamente 15 ° C) con la finalidad de facilitar el empaclado.

- **Envasado**

Las galletas fueron envasadas en bolsas de polipropileno de una capacidad de 1 kg.

- **Almacenado**

Las galletas fueron almacenadas en un ambiente seco y alejado de la luz, hasta que fueron utilizados en las pruebas sensoriales.

Con el fin de obtener la galleta en estudio se tomó los requisitos fisicoquímicos establecidos por el PRONAA (2009) y las tablas de composición de alimentos peruanos (Reyes, Gomez-Sanchez, y Espinoza, 2017) para galletas dulces. Asimismo, se tuvo en cuenta los requisitos establecidos NTP 206-0001-13 (INDECOPI, 1981).

Tabla 13: Requisitos fisicoquímicos para la formulación de una galleta Enriquecida.

Características	Requisitos
Peso de la ración	70 g
Energía por ración, mínimo	300 kcal
Proteína, mínimo	7 % de la energía total
Grasa, mínimo	25 -35 % de la energía total
Carbohidratos	La diferencia
Humedad, máximo	6 %
Acidez, máximo	0,40 % expresado en ácido sulfúrico
Hierro, mínimo	5 mg

FUENTE: PRONAA (2009).

Tabla 14: Requisitos fisicoquímicos para las galletas

Parámetro	Límite máximo permisible
Humedad	12 %
Cenizas totales	3%
Índice de Peróxido	5mg/kg
Acidez (expresado en ácido láctico)	0,10%

FUENTE: INDECOPI (1981).

Con respecto a la sustitución de harina de cañihua de la formulación base por harina de trigo y cumplir con los requisitos establecidos por el PRONAA (2009), NTP 206-0001-13 INDECOPI (1981), la tabla de composición de los alimentos elaborado por Reyes et al. (2017), se evaluaron niveles de sustitución del 10, 30 y 50 %, cuyas formulaciones elaboradas se presentan en el Tabla 15.

Tabla 15: Formulación de galletas con sustitución de harina de cañihua

Ingredientes	Fórmula 10 %	Fórmula 30 %	Fórmula 50 %
Harina de trigo	57.6	44.8	32
Harina de cañihua	6.4	19.2	32
Azúcar	15	15	15
Manteca	17	17	17
Leche en polvo	3	3	3
Bicarbonato de sodio	0.45	0.45	0.45
Sal	0.4	0.4	0.4
Esencia de chocolate	0.15	0.15	0.15

3.5 OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN

Para determinar el punto óptimo de la sustitución parcial de harina de cañihua por harina de trigo, tiempo y temperatura de horneado; para la obtención de las galletas, se utilizó el diseño de Box-Behnken a través de la Metodología de Superficie de Respuesta, con la finalidad de maximizar la aceptabilidad (apariencia general) de las galletas, para ello se tomó tres niveles de cada factor, niveles mínimos y máximos que son propuestos en la formulación, así como sus valores intermedios, que se muestra en la tabla 16.

A partir de las distintas combinaciones de los factores y de acuerdo al Diseño Box – Behnken, se obtuvo 15 tratamientos, los cuales fueron desarrollados en forma aleatorizada, como se muestra en la tabla 17.

Tabla 16: Variables independientes, códigos y valores para la optimización

VARIABLE INDEPENDIENTE	UNIDADES	SIMBOLO	CÓDIGO DE NIVELES		
			-1	0	1
Sustitución de harina de cañihua por harina de trigo	%	X ₁	10	30	50
Temperatura de Horneado	° C	X ₂	150	170	190
Tiempo de horneado	Minutos	X ₃	8	14	20

Tabla 17: Diseño de Box-Behnken

Tratamiento	Sustitución de harina cañihua %	Temperatura de horneado °C	Tiempo de horneado en Minutos	Variable de respuesta Apariencia General
Tratamiento 1	10 %	150 °C	14 min	
Tratamiento 2	50 %	150 °C	14 min	
Tratamiento 3	10 %	190 °C	14 min	
Tratamiento 4	50 %	190 °C	14 min	
Tratamiento 5	10 %	170 °C	8 min	
Tratamiento 6	50 %	170 °C	8 min	
Tratamiento 7	10 %	170 °C	20 min	
Tratamiento 8	50 %	170 °C	20 min	
Tratamiento 9	30 %	150 °C	8 min	
Tratamiento 10	30 %	190 °C	8 min	
Tratamiento 11	30 %	150 °C	20 min	
Tratamiento 12	30 %	190 °C	20 min	
Tratamiento 13	30 %	170 °C	14 min	
Tratamiento 14	30 %	170 °C	14 min	
Tratamiento 15	30 %	170 °C	14 min	

3.5.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

a. POBLACIÓN

- Evaluación Sensorial

La población estuvo conformada por escolares (niños de 6 a 12 años) de 3 Instituciones educativas de educación básica regular de nivel primaria: Institución Educativa Primaria Santa María, Institución Educativa Primaria María Auxiliadora e Institución Educativa Primaria Señor de Huanca de la provincia de San Román.

- Pruebas Biológicas

En las pruebas biológicas se utilizaron animales experimentales: *Rattus Nuvergicus* Var *Wistar*.

b. MUESTRA

- Para la evaluación sensorial

Se tomó una muestra de 90 escolares (jueces de tipo consumidor) siguiendo la metodología de Anzaldúa-Morales (1994) y Liria (2007), quienes recomiendan utilizar entre 75 y 150 jueces para el desarrollo de pruebas afectivas de grado de satisfacción a fin de tener un valor estadístico más preciso.

- Para las pruebas biológicas

Se tomó una muestra de 12 unidades experimentales, las cuales se dividieron en 4 grupos, conformados por 3 animales experimentales en cada grupo que se denominaron: grupo control, experimental I, experimental II, experimental III.

3.5.2 MÉTODOLÓGIA PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

De acuerdo a lo recomendado por Costell y Duran (1981) se realizó la siguiente metodología:

- a) Galletas con sustitución de harina de cañihua.
- b) Galletas con sustitución de harina de cañihua optimizada enriquecida con sulfato ferroso.
- c) Galletas con sustitución de harina de cañihua optimizada enriquecida con hierro aminoquelado (bisglicinato ferroso).

a. Evaluación de la variable

La evaluación sensorial se realizó para determinar la apariencia general a través de pruebas de grado de satisfacción.

b. Finalidad

Se determinó la apariencia general a través de la prueba de grado de satisfacción por escalas hedónicas de 5 puntos, técnica descrita por Anzaldúa-Morales, (1994)

- + 2 Me gusta mucho
- + 1 Me gusta ligeramente
- 0 Ni me gusta ni me disgusta
- 1 Me disgusta ligeramente
- 2 Me disgusta mucho

Como base para la optimización se tomó los valores en promedios obtenidos en cuanto al atributo (apariencia general), como se muestra en el ANEXO 8.

c. Evaluación Sensorial

- Se empleó la prueba del grado de satisfacción empleando una escala hedónica de 5 niveles descrita por Anzaldúa-Morales (1994) y Liria (2007), cuyo modelo de encuesta utilizado para el primer objetivo se muestra en el ANEXO 3.

- Jueces

Se emplearon jueces de tipo consumidor que no necesitaron entrenamiento. La selección de dichos jueces tuvo como requisito que fueran consumidores habituales (público objetivo) del producto, el listado de jueces que participaron en la investigación se encuentra en el ANEXO 6.

- Diseño estadístico empleado para el primer objetivo

El diseño estadístico empleado en la distribución de las muestras a los jueces, fue el de bloques incompletos balanceados (DBIB), esto a razón de las afirmaciones anteriores, sugieren que cada panelista no podría evaluar el total de los tratamientos en una sesión, debido a que la fatiga por probar muchas muestras incrementaría el error experimental. Siguiendo lo mencionado por Meilgaard, Civille, y Carr (1991) y Costell y Durán (1981).

d. Ejecución de la prueba de evaluación sensorial

Se tomó en cuenta lo recomendado por Costell y Durán (1981), los aspectos considerados fueron:

- Se brindó información a los jueces de tipo consumidor (niños en edad escolar).
- Se tomó en cuenta la presentación de cada una de las muestras, el orden de presentación y los materiales que se utilizaron.

3.5.3 INSTRUMENTOS DE COLECTA DE DATOS

Se utilizó la metodología de superficie de respuesta, con el fin optimizar las variables, porcentaje de sustitución de harina de cañihua, temperatura y tiempo de horneado, para que el grado de satisfacción (apariencia general) por parte de los consumidores, sea la máxima. Se utilizó el software estadístico Statgraphics centurión XVI, y se procedió a ajustar la variable de apariencia general del producto, en función de las variables independientes.

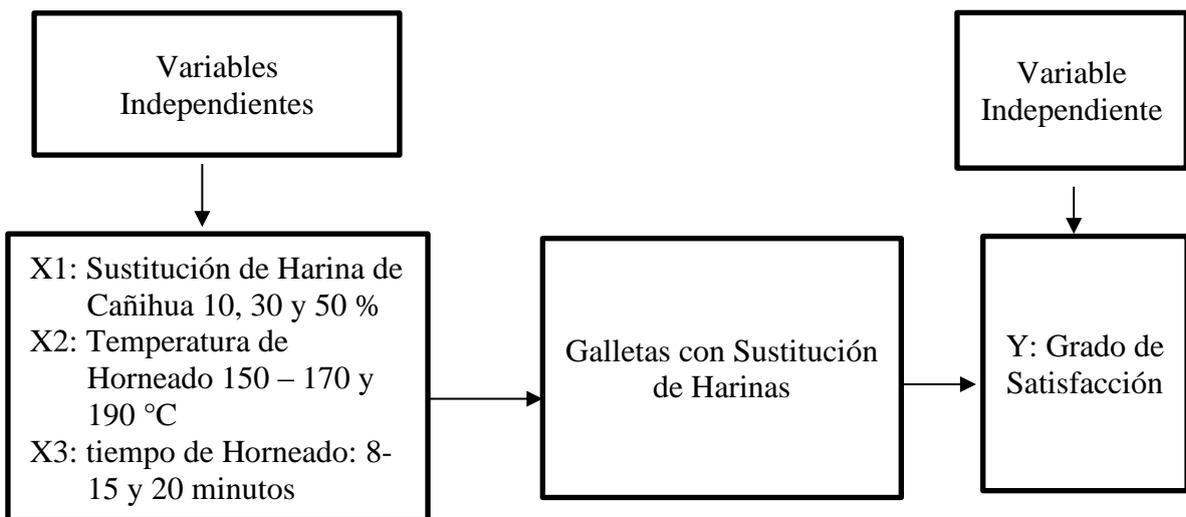


figura 4. Variables para el primer objetivo

3.5.4 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

Se evaluaron las respuestas sensoriales (apariencia general) a través del análisis de Varianza (ANOVA); se obtuvo la gráfica de efectos principales de los coeficientes. Asimismo, se obtuvo la gráfica de la superficie de respuesta de las interacciones bidimensionales de las variables, mostrando el punto en que se halla la respuesta óptima.

3.6 LA OBTENCIÓN DE GALLETA A BASE DE CAÑIHUA OPTIMIZADA Y ENRIQUECIDA CON DOS TIPOS DE HIERRO: SULFATO FERROSO Y HIERRO AMINOQUELADO (BISGLICINATO FERROSO)

De acuerdo a los resultados de optimización realizada para el primer objetivo, el porcentaje de harina de cañihua fue de un 29 % a una temperatura 162 ° C y tiempo 13 minutos, estos resultados fueron utilizados para el objetivo número 2. Las galletas optimizadas fueron enriquecidas con dos tipos de hierro: sulfato ferroso y hierro aminoquelado (bisglicinato ferroso).

La formulación que se indica en la tabla 18, fue enriquecida con 4mg, 6mg, 8mg, 10mg, 12mg, 14 mg de Sulfato Ferroso y Hierro aminoquelado, obteniendo 6 tratamientos de cada tipo de hierro.

Tabla 18: Formulación de la galleta optimizada

FORMULACIÓN	%
Harina de Trigo	45.44
Harina de Cañihua	18.56
Manteca	17
Azúcar	15
Leche en Polvo	3
Bicarbonato de Sodio	0.45
Sal	0.4
Esencia de chocolate	0.15
Total	100

FUENTE: AACC, (1997) y Formoso, (1981).

3.6.1 DETERMINACIÓN DE CANTIDAD DE HIERRO PARA EL ENRIQUECIMIENTO

La galleta optimizada fue enriquecida con sulfato ferroso y hierro aminoquelado (bisglicinato ferroso), tal como lo recomienda la Organización Panamericana de la Salud (2002), con los valores de 4mg, 6mg, 8mg, 10mg, 12 mg, 14 mg, estas formulaciones fueron sometidas a un análisis sensorial con 90 panelistas, a partir de esta se determinó las características generales como color, olor, sabor, textura y apariencia general.

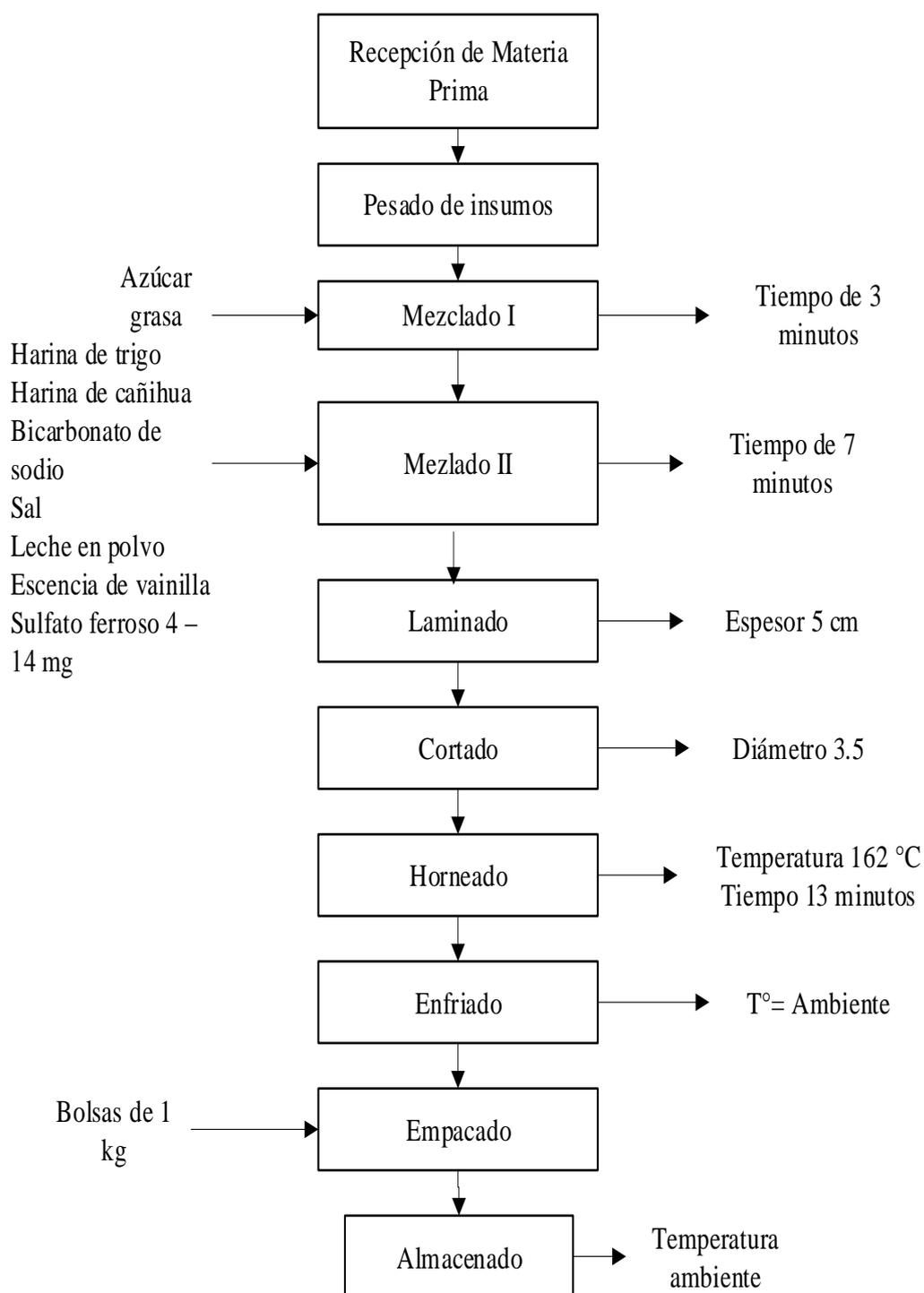


figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas con sustitución de cañihua enriquecida con hierro 4 mg, 6 mg, 8 mg, 10 mg, 12 mg, 14 mg de sulfato ferroso.

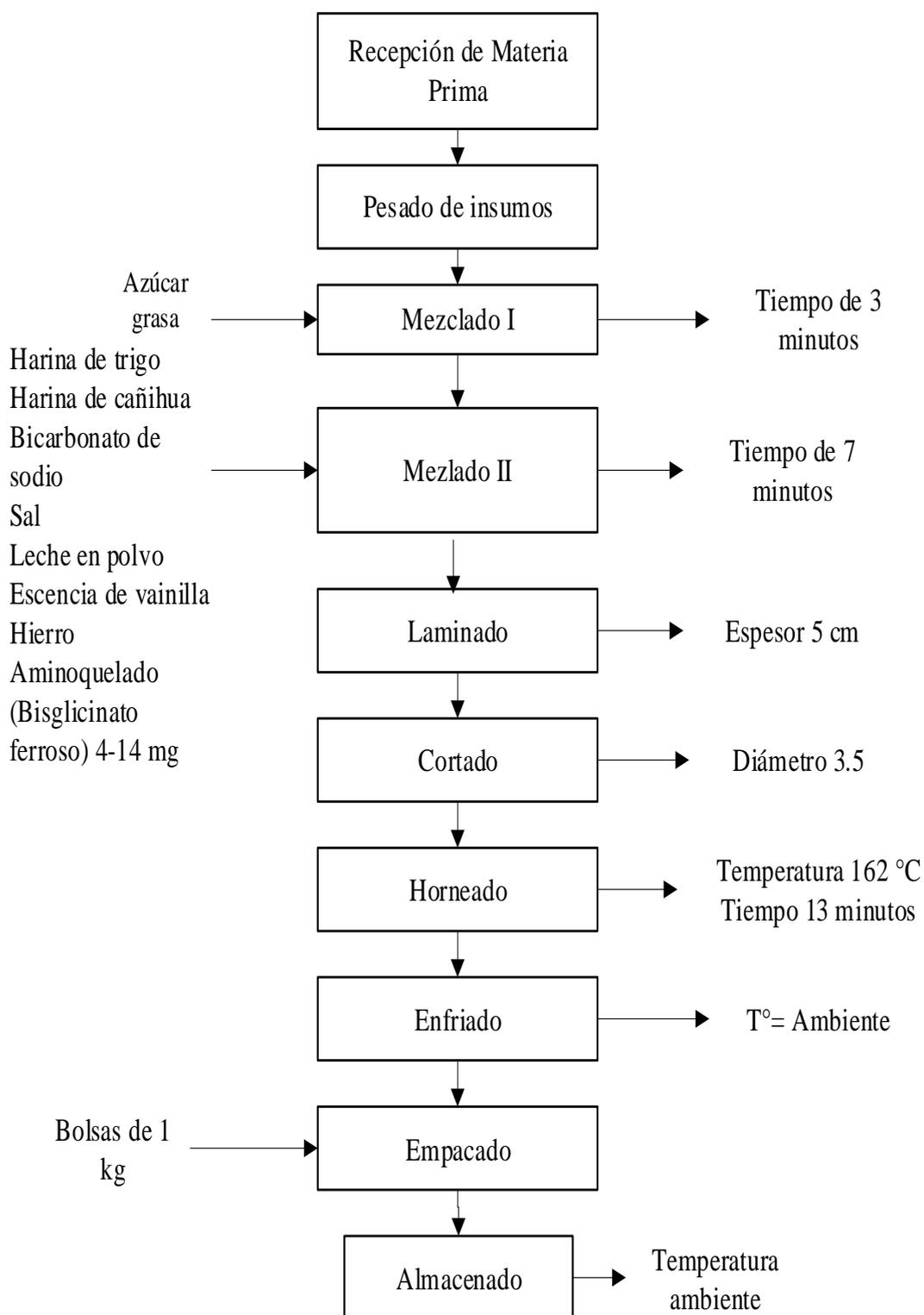


figura 6. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas con sustitución de cañihua 4 mg, 6 mg, 8 mg, 10 mg, 12 mg, 14 mg de hierro aminoquelado.

3.6.2 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA GALLETA A BASE DE CAÑIHUA OPTIMIZADA Y ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO Y HIERRO AMINOQUELADO

La galleta fue sometida a una evaluación sensorial (Prueba de Grado de Satisfacción) con 90 jueces de tipo consumidor, para determinar las características generales como: color, olor, sabor, textura y apariencia general.

3.6.3 MÉTODOS PARA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA GALLETA OPTIMIZADA Y ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO Y HIERRO AMINOQUELADO

a. Evaluación sensorial

- Variables a medir

Se determinó las características generales como el color, olor, sabor, textura y apariencia general de la galleta optimizada y enriquecida con sulfato ferroso y hierro aminoquelado (bisglicinato ferroso).

b. Formulación de la prueba de la evaluación sensorial

- Selección de la prueba

Se empleó la prueba del grado de satisfacción, usando una escala hedónica de 5 puntos descrita por Anzaldúa-Morales (1994) y Liria (2007). Las fichas utilizadas para la encuesta se encuentran en el ANEXO 4 y ANEXO 5.

- Jueces

Se emplearon jueces de tipo consumidor que no necesitaron entrenamiento. La selección de dichos jueces tuvo como requisito que fueran consumidores habituales del producto (público objetivo), tomándose los mismos jueces que participaron en el primer objetivo ANEXO 6.

- Diseño estadístico para la distribución de muestras

El diseño estadístico empleado en la distribución de las muestras a los jueces, fue el de Diseño completamente al azar (DCA), este diseño puede usarse cuando las unidades experimentales pueden agruparse; generalmente el número de unidades por grupo es igual al número de tratamientos.

c. Ejecución de la prueba

- Se brindó información a los 90 jueces de tipo consumidor (niños en edad escolar) con la finalidad de facilitar la realización de la evaluación sensorial.
- Se trabajó de manera ordenada y cuidadosa para evitar confusiones.

d. Análisis de datos

Las características organolépticas que se evaluaron fueron: color, sabor, olor, textura y apariencia general, con la ayuda de la prueba de satisfacción de escala hedónica verbal de 5 puntos, como se muestra en el ANEXO 4 Y ANEXO 5.

- Se determinó las muestras con mayor promedio, en cuanto a los atributos evaluados: Color, Sabor, Olor, Textura y Apariencia General enriquecidas con sulfato ferroso.
- Se determinó la muestra con mayor promedio, en cuanto a los atributos evaluados: Color, Sabor, Olor, Textura y Apariencia General enriquecidas con hierro aminoquelado (Bisglicinato Ferroso).

3.6.4 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

A las formulaciones elegidas anteriormente, se les realizó las siguientes pruebas:

- Galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada.
- Galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada y enriquecida con sulfato ferroso.
- Galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada y enriquecida con hierro aminoquelado.

a. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

PROCEDIMIENTO:

- Se pesó un crisol y agregó 5 gramos de la muestra a evaluar (galletas), seguidamente se colocó en una estufa a 105 °C por 3 horas. La determinación de humedad se realiza por la diferencia de pesos. La determinación de materia seca, se hace por la diferencia de peso entre el peso inicial de muestra 100 % y el porcentaje de humedad hallada, obteniéndose de esta manera y en forma directa el porcentaje de materia seca (AOAC, 2002).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso final}}{\text{Peso de la Muestras}} \times 100$$

b. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CENIZA

PROCEDIMIENTO

- Se colocó los crisoles debidamente limpios en un horno de incineración (mufla) a una temperatura de 600 °C (con la finalidad de quemar todo el material inorgánico) durante 1 hora, luego se trasladó los crisoles del horno al desecador; de manera inmediata se pesó la muestra para evitar la absorción de la humedad. (AOAC, 2002).
Cálculo:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso de la Ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

c. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA TOTAL

Se obtiene por la destrucción de la materia orgánica, ya sea de un concentrado o cualquier compuesto nitrogenado, por acción del ácido sulfúrico en caliente; en el cual se obtiene como resultado el sulfato de amonio, que luego es destilado en amoniaco.

PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE PROTEÍNA

Pesar 0.2 – 0.3 gramos de muestra, luego agregar 1 gramo de catalizador de oxidación (mezcla de sulfato de potasio y sulfato de cobre) para acelerar la reacción, limpiar con un poco de agua el cuello del balón de digestión, agregar 2.5 ml de ácido sulfúrico y colocar el balón en la cocina de digestión. La digestión termina cuando el contenido del balón es completamente cristalino.

Colocar la muestra digerida en el aparato de destilación, agregar 5 ml de hidróxido de sodio concentrado e inmediatamente, colocar el vapor para que se produzca la destilación. Conectar el refrigerante y recibir el destilado en un Erlenmeyer: el contenido de 5 ml de la mezcla de ácido bórico más indicadores de pH. La destilación termina cuando ya no pasa amoniaco y hay viraje del indicador. Luego se procede a la titulación de ácido clorhídrico, valoradas aproximadamente (0.05 N). Anotar gasto (AOAC, 2002).

Cálculo: La cantidad de nitrógeno de la muestra se obtiene por la siguiente formula:

$$\% \text{NITRÓGENO} = \frac{\text{ml de HLC} \times \text{Normalidad} \times \text{Meq de } N_2 \times 100}{\text{Gramos de muestra}}$$

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

$$\% \text{ de Proteina} = \% \text{ de Nitrógeno} \times 6.25$$

d. DETERMINACIÓN DE GRASA TOTAL (Método de Soxhlet).

El solvente (hexano – éter), extrae la grasa de la muestra y la deposita en el matraz previamente tarado (pesado) y por diferencia de peso, se obtiene la cantidad de grasa de la muestra.

PROCEDIMIENTO

-Para la determinación de la grasa por este método se deben usar muestras deshidratadas o en lo posible, las muestras deben ser previamente secadas hasta obtener peso constante (95-100 °C).

-Poner en una estufa a 110 °C el número de matraces que se va a usar.

-Luego de una hora, sacar los matraces de la estufa y ponerlos a enfriar en una campana que contenga una sustancia deshidratante.

-Como primer paso se pesó 5 g de muestra, en un pedazo de papel filtro Whatman N° 2, luego de haber colocado el paquete en el cuerpo del aparato Soxhlet, se agregó hexano destilado hasta que una parte del mismo sea sifonada hacia el matraz, seguidamente se conectó a una fuente de calor (cocina eléctrica). El solvente (hexano o éter) al calentarse se evaporó (68°C - 84.6°C) y asciende a la parte superior del cuerpo del equipo. Allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando al matraz por sifón, arrastrando consigo la grasa. El ciclo es cerrado y la velocidad de goteo del hexano fue de 45 a 65 gotas por minuto. Este proceso duró aproximadamente 3 horas, el matraz se retiró del aparato cuando este tuvo poco hexano-éter (momentos antes de que éste sea sifonado desde el cuerpo). Después se evaporó el hexano remanente en el matraz en una estufa y se enfrió en una campana que contenía sustancias deshidratantes (A.O.A.C., 2002).

Cálculo:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso del Matraz con Grasa} - \text{Peso de matraz vacio}}{\text{Gramos de la muestra}} \times 100$$

e. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

La fibra cruda se determinó, eliminando los carbohidratos solubles por hidrólisis de compuestos más simples (Azúcares), mediante la acción de los ácidos y álcalis débiles en caliente y las cenizas (por diferencia de peso), después de la ignición de la materia fibrosa obtenida.

Se pesó 1 g de muestra (exenta de grasa) en un vaso de 600 ml, se procedió a hervirla durante 30 minutos con 200 ml de H₂SO₄ al 1.25 %. Luego se filtró y se lavó con agua destilada caliente hasta neutralizar su acidez. Se añadió 200 ml de NaOH al 1.25 % y se procedió a hervirla por 30 minutos más (cuidando durante todo este tiempo). Posteriormente se la filtró al vacío, en una cápsula de cerámica porosa, lavándola con agua destilada caliente. Luego se la puso en la estufa por 3 horas, transcurrido este tiempo se la pesó; a este peso se le llamó P1. Luego se la colocó a la mufla para eliminar la materia orgánica y obtener las cenizas, pesándola nuevamente, a este peso se llamó P2 (A.O.A.C., 2002).

Cálculo:

$$\begin{aligned} \text{Fibra Bruta} &= P1 - P2 \\ \% \text{ FIBRA CRUDA} &= \frac{P1 - P2}{\text{Peso de la Muestra}} \times 100 \end{aligned}$$

f. DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS

A este método también se le denomina con el nombre de Extracto libre de Nitrógeno, NIFEX o carbohidratos solubles. Este método consiste en restar 100, menos la suma de todos los resultados obtenidos en cuanto a: Ceniza, Proteína total, Grasa y Fibra cruda. La diferencia obtenida es el NIFEX en base seca, que está constituida por los hidratos de carbono soluble (almidón polisacáridos), que son arrastrados junto con otras sustancias, durante las digestiones ácidas y alcalinas en la determinación de la fibra cruda (A.O.A.C., 2002).

Cálculos:

$$\% \text{ NIFEX} = 100 - (\% \text{ Ceniza} + \% \text{ Proteína} + \% \text{ grasa} + \% \text{ fibra})$$

g. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ

La acidez indica el contenido total de ácidos presentes en la muestra y se expresa en porcentajes, generalmente en función del ácido que predomina. En muchos casos, para poder hacer comparaciones, se expresa en forma de ácido sulfúrico.

Como primer paso se pesó 5 g de muestra, previamente triturado y secado en estufa, luego se le agregó 100 ml de agua destilada, se le centrifugó por espacio de 20 minutos, después se filtró (papel filtro) sobre una fiola. Se tomó una alícuota de 25 ml del filtrado, en un Erlenmeyer; adicionándole de 2 a 3 gotas de fenolftaleína y finalmente se tituló con una solución estandarizada de hidróxido de sodio, hasta la aparición del color rosado en la alícuota (A.O.A.C., 2002).

Cálculo:

$$\% \text{ acidez} = \frac{V \times N \times \text{meq} \times 100}{M}$$

Donde:

V = volumen de álcali gastado en la titulación de una alícuota

N = normalidad del álcali meq = valor del miliequivalente en gramos del ácido en el que se quiere expresar la acidez

M = gramos de muestra contenida en la alícuota.

h. DETERMINACIÓN DE pH

EL pH mide la acidez real, distinta de la acidez valorable; es decir, la cantidad de hidrogeniones activos (H⁺) presentes, a diferencia de la acidez valorable que mide la cantidad de hidrógeno sustituible en la neutralización, es decir los ácidos presentes sin considerar la fuerza de éstos para liberar los iones H.

Para determinar el pH del producto, primero se pesó 10 g de muestra, enseguida se procedió a moler en un mortero, para luego añadir 100 ml de agua destilada con el fin de decantar el sobrenadante y filtrar. Finalmente, se midió el pH en el potenciómetro digital (A.O.A.C., 2002)

i. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HIERRO

Para este análisis se utilizó el Método de Plasma de Acoplamiento Inductivo (IPC) con Espectrofotómetro de Emisión Óptico, esta técnica consiste en la medida de la radiación emitida por distintos elementos presentes en una muestra introducida y se da en tres etapas: Plasma, espectrofotómetro y detector.

3.7 MÉTODOS DE PRUEBAS BIOLÓGICAS

La evaluación biológica (absorción del hierro), se realizó a las siguientes muestras:

- Galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada.
- Galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada, enriquecida con sulfato ferroso.
- Galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada, enriquecida con hierro aminoquelado.

3.7.1 ABSORCIÓN DE HIERRO

La prueba duró 30 días, se realizó la medición de hemoglobina en tres momentos: BASAL, CONTROL Y FINAL; primero se registró el peso inicial y prueba de hemoglobina basal, después de 15 días se realizó una prueba de control y finalmente la prueba final. Para determinar la concentración de hemoglobina se utilizó un hemoglobinómetro portátil.

- UNIDADES EXPERIMENTALES

En el presente estudio se trabajó con 12 unidades experimentales *Rattus Nuvergicus VAR Wistar*, que fueron adquiridas de bioterio de la Universidad Católica de Santa María, las cuales fueron distribuidas al azar y se dividieron en los siguientes tratamientos:

- GRUPO CONTROL:

Este grupo estuvo conformado por tres unidades experimentales, las cuales recibieron una dieta normal (trigo); la prueba biológica que se aplicó fue el análisis de concentración de hemoglobina en tres momentos: Prueba basal, prueba control, prueba final.

- GRUPO EXPERIMENTA I:

Este grupo estuvo conformado por tres unidades experimentales, las cuales recibieron una dieta de 15 gramos diarios de galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada; para este grupo se midió la concentración de hemoglobina en tres momentos: Prueba basal, prueba control, prueba final.

- GRUPO EXPERIMENTAL II:

Este grupo estuvo conformado por tres unidades experimentales, las cuales recibieron una dieta de 15 gramos diarios de galleta con sustitución de cañihua optimizada, enriquecida con sulfato ferroso; midiéndosele la concentración de hemoglobina en tres momentos: Prueba basal, prueba control, prueba final.

- GRUPO EXPERIMENTAL III:

Este grupo estuvo conformado por tres unidades experimentales, las cuales recibieron una dieta de 15 gramos diarios de galleta con sustitución de cañihua optimizada, enriquecida con hierro aminoquelado; al igual que los otros casos se analizó la concentración de hemoglobina en tres momentos: Prueba basal, prueba control, prueba final.

Tabla 19: Distribución de unidades experimentales

Grupos	Grupo Control	Grupo Experimental I	Grupo Experimental II	Grupo Experimental III
Dieta	Dieta normal (trigo)	Galleta con sustitución de cañihua optimizada	Galleta con sustitución de cañihua optimizada, enriquecida con sulfato ferroso	Galleta con sustitución de cañihua optimizada, enriquecida con hierro aminoquelado
Unidades experimentales (ratas)	3 unidades experimentales	3 unidades experimentales	3 unidades experimentales	3 unidades experimentales

3.7.8 MÉTODOS ANALÍTICOS

a. DETERMINACIÓN DE LA HEMOGLOBINA (Hb)

- HEMOGLOBINOMETRÍA

Para la determinación de concentración de hemoglobina, como lo recomienda el comité Internacional de Estandarización en Hematología (ICSH), puede ser mediante el cálculo de color, combinación de oxígeno o por su contenido en hierro (Instituto Nacional de Salud, 2013).

b. DETERMINACIÓN DE HEMOGLOBINA, MEDIANTE HEMOGLOBINÓMETRO PORTÁTIL

La determinación de hemoglobina se realizó en tres momentos una prueba basal, control y final, mediante un hemoglobinómetro portátil, los resultados obtenidos se registraron en la ficha de registro de concentración de hemoglobina que se muestra en el ANEXO 2.

3.8 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

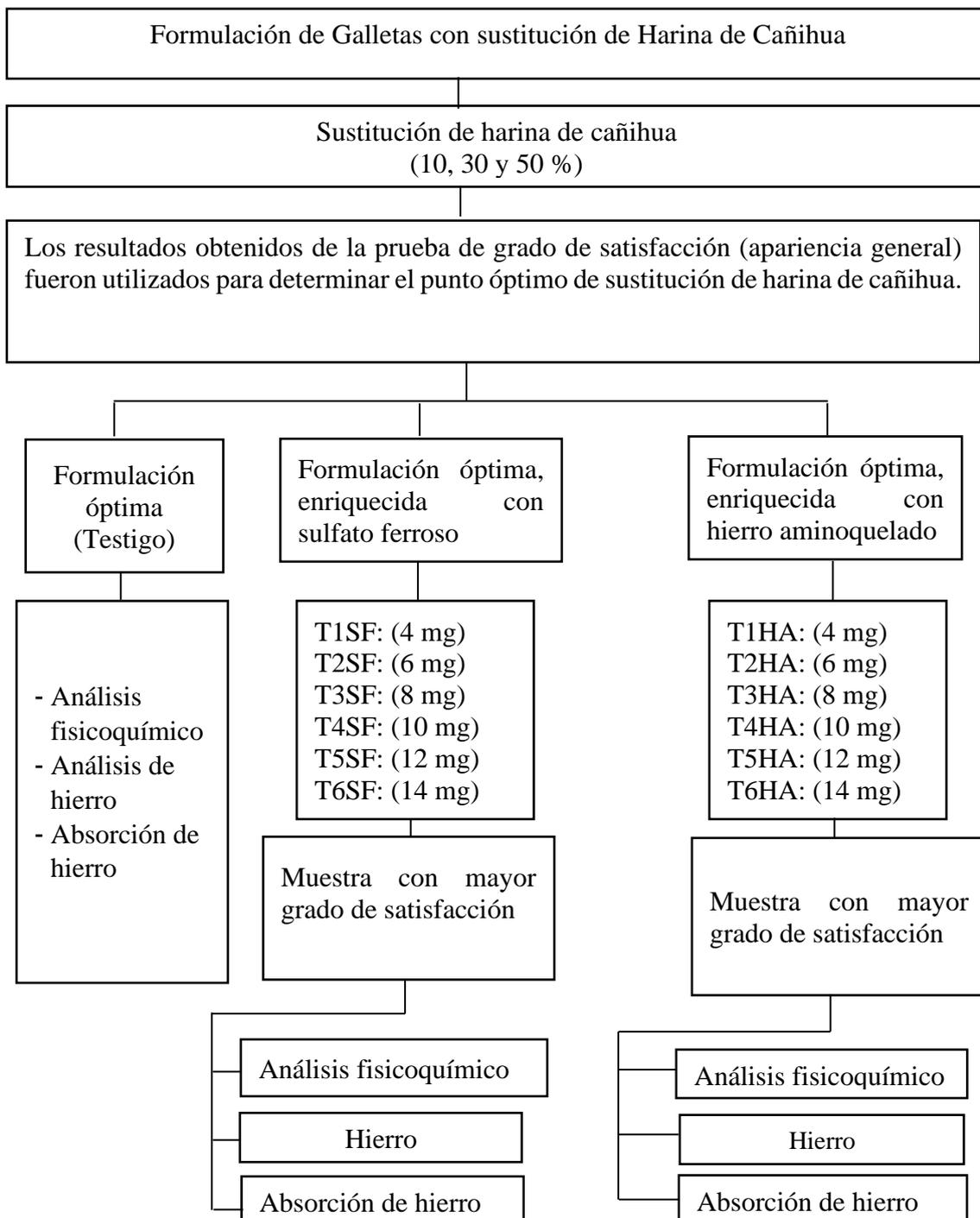


figura 7. Flujo experimental para el desarrollo de un producto a base de cañihua 48 enriquecida con hierro.

3.8.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

OBJETIVO 1								
Ingrediente	Pesado	Cremado	Mezclado I	Mezclado II	Laminado y cortado	Horneado	Optimización de la formulación	Galleta optimizada
Harina de cañihua Sustitución (10, 30, 50 %)	Tratamiento 1					Tratamiento 1 Tratamiento 2 Tratamiento 3 Tratamiento 4 Tratamiento 5 Tratamiento 6 Tratamiento 7 Tratamiento 8 Tratamiento 9 Tratamiento 10 Tratamiento 11 Tratamiento 12 Tratamiento 13 Tratamiento 14 Tratamiento 15	Evaluación sensorial: Determinación del grado de satisfacción Se aplicó la MSP Box Behnken T ° horneado = 150°C, 170 °C y 190 °C Tiempo 8min, 14 min, 20 min.	Galleta optimizada
	Tratamiento 2							
	Tratamiento 3							
	Tratamiento 4							
	Tratamiento 5							
	Tratamiento 6							
	Tratamiento 7							
	Tratamiento 8							
	Tratamiento 9							
	Tratamiento 10							
	Tratamiento 11							
	Tratamiento 12							
	Tratamiento 13							
	Tratamiento 14							
	Tratamiento 15							
OBJETIVO 2								
Galleta Optimizada, enriquecida con sulfato ferroso y hierro aminoquelado			Enriquecimiento de 4-14 mg				Evaluación sensorial: Determinación del grado de satisfacción	Galleta con mayor grado de satisfacción, enriquecida con: - sulfato ferroso - hierro aminoquelado
OBJETIVO NUMERO 3								
Determinación de análisis fisicoquímico	% P % G % CHO % Cenizas % Fibra	Contenido de hierro	Mg	Pruebas biológicas: Absorción de hierro en animales experimentales (ratas)	- Determinación de concentración de hemoglobina.			

figura 8. Se presenta el Diseño experimental seguido en la investigación

Formulaciones propuestas: T = Tratamientos obtenidos por diseño Box Behnken - Formulación Optimizada de la galleta, *T° horneado = 150° C, 170 °190°C., t horneado = 8 min., 14 min., 20min.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS DE CAÑIHUA Y TRIGO

Tabla 20: Análisis fisicoquímico de la harina de trigo y harina de cañihua

COMPONENTE	HARINA DE TRIGO	HARINA DE CAÑIHUA
Humedad	8.280	6.640
Proteína	11.180	16.200
Grasa	8.050	11.700
Ceniza	2.860	5.630
Fibra	2.650	8.080
Carbohidratos	75.250	58.390

Fuente: Alvarado (2010).

4.2 OBTENCIÓN DE LAS FORMULACIONES DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA

Para la obtención de galletas se tuvo una formula base (Tabla 11), que incluyo 10, 30 y 50 por ciento estos valores se tomaron en cuenta de acuerdo al estudio realizado por (Juarez y Quispe, 2016), quienes sustituyeron harina de cañihua en los valores de 15, 30 y 50 %. En cuanto al horneado, se consideró la temperatura con valores de 150, 170 y 190°C y a un tiempo 8, 14 y 20 minutos, para mayor detalle en la tabla 21 se muestra la formulación base utilizada.

Tabla 21: Formulación base utilizada para la formulación de galletas de cañihua

Formulación	Porcentaje 10 %	Kg	Porcentaje 30 %	kg	Porcentaje 50 %	Kg
Harina de trigo	57.6	5.760	44.8	4.480	32	3.200
Harina de cañihua	6.4	0.640	19.2	1.920	32	3.200
Manteca	17	1.700	17	1.700	17	1.700
Azúcar	15	1.500	15	1.500	15	1.500
Leche en polvo	3	0.300	3	0.300	3	0.300
Bicarbonato de sodio	0.45	0.045	0.45	0.045	0.45	0.045
Sal	0.4	0.04	0.4	0.04	0.4	0.04
Esencia de chocolate	0.15	0.015	0.15	0.015	0.15	0.015

Con la finalidad de determinar el porcentaje óptimo de la harina de cañihua, temperatura y tiempo de horneado en la elaboración de la galleta a través de la Metodología de Superficie de Respuesta, que maximicen el grado de satisfacción (apariencia general), se utilizó el diseño Box Behnken con tres factores ($K=3$) y tres niveles, codificados como X1, X2 y X3. Los 15 tratamientos con diferentes porcentajes de harina de cañihua y las distintas temperaturas y tiempos de horneado, fueron elaboradas según lo descrito en la figura 3, para determinar el punto óptimo se tuvo en cuenta los promedios del atributo (Apariencia General), con la finalidad de determinar el porcentaje óptimo de sustitución de harina de cañihua, temperatura y tiempo de horneado en la elaboración de galletas.

4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS GALLETAS CON SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA

La evaluación sensorial, mediante la prueba de grado de satisfacción se realizó en niños entre 6 y 12 años de su edad, provenientes de tres instituciones de la Provincia de San Román. Para dicha prueba se aplicó el Diseño Bloques Incompletos Balanceados, organizándose a los jueces de tipo consumidor en 5 grupos de 18 participantes y se evaluaron 3 muestras de

los 15 tratamientos, de acuerdo a la distribución presentada en el ANEXO 7. Los resultados de tabulación en cuanto a la apariencia general de la galleta con sustitución de harina de cañihua, se presentan en el ANEXO 8.

En la tabla 22 se muestra los resultados en promedio, del grado de satisfacción (apariencia general), de las galletas con sustitución de harina de cañihua que fueron evaluados.

Tabla 22: Resultados en promedio de Apariencia General, para las quince formulaciones de galletas con sustitución de harina de cañihua.

Tratamientos	Apariencia General Suma Total	Apariencia General en Promedio
1	73	4.06
2	75	4.17
3	61	3.39
4	46	2.56
5	70	3.89
6	67	3.72
7	65	3.61
8	64	3.56
9	69	3.83
10	66	3.67
11	66	3.67
12	48	2.67
13	77	4.28
14	76	4.22
15	74	4.11

El tratamiento que mayor calificación obtuvo fue el T: 13 (30 por ciento de harina de cañihua, horneado 170 ° C y 14 min) es superior (4,28) a comparación con los demás tratamientos, por lo que se considera como el de mayor grado de satisfacción.

4.4 OPTIMIZACIÓN DE LA FÓRMULACIÓN DE GALLETA SUSTITUIDA CON HARINA DE CAÑIHUA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

Meilgaard *et al.* (1991) indican que la optimización de un producto consiste en manipular unas cuantas variables de los ingredientes, para mejorar los atributos deseados e intensificar la aceptabilidad del consumidor. En función a lo mencionado se aplicó el Programa Statgraphics Centurión XVI y por diseño Box Behnken, generándose el resultado del análisis de varianza (ANOVA) del modelo que se muestra en tabla 23.

Tabla 23: Análisis de Varianza de la Formulación de la galleta con sustitución de Harina de Cañihua, mediante Metodología de Superficie de Respuesta

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: H. DE CAÑIHUA POR TRIGO	0.11045	1	0.11045	2.06	0.2104
B: TEMPERATURA	1.4792	1	1.4792	27.63	0.0033
C: TIEMPO	0.32	1	0.32	5.98	0.0583
AA	0.165426	1	0.165426	3.09	0.1391
AB	0.2209	1	0.2209	4.13	0.0980
AC	0.0036	1	0.0036	0.07	0.8057
BB	0.736656	1	0.736656	13.76	0.0139
BC	0.1764	1	0.1764	3.29	0.1292
CC	0.324964	1	0.324964	6.07	0.0570
Error total	0.267717	5	0.0535433		
Total (corr.)	3.66436	14			

Dos de los estadísticos más utilizados para medir la calidad global del modelo de regresión múltiple, es el coeficiente de determinación R^2 y el coeficiente de determinación ajustado R^2_{aj} . En la siguiente investigación, para el modelo se obtienen valores de $R^2 = 92.694\%$ y $R^2_{aj} = 79.5433\%$.

Según Gutiérrez y De la Vara (2008), indican que para fines de predicción, se recomienda un coeficiente de determinación ajustado con al menos de 70 %. El R^2_{aj} obtenido en la investigación es mayor a lo referenciado, a pesar de que nuestra variable independiente fue

la evaluación sensorial (apariencia general) y esta, se realizó en jueces de tipo consumidor; ya que cada juez tiene diferentes gustos y preferencias.

Estos indicadores reflejan que los datos se ajustan al siguiente modelo

$$\begin{aligned} \text{Apariencia General} = & -32.9181 + 0.12225*\% \text{ HC} + 0.400292*\text{temperatura} + \\ & 0.487407*\text{Tiempo} - 0.000529167*\% \text{ HC}^2 - 0.0005875*\% \text{ HC}*\text{temperatura} + 0.00025*\% \\ & \text{HC}*\text{Tiempo} - 0.00111667*\text{temperatura}^2 - 0.00175*\text{temperatura}*\text{Tiempo} - \\ & 0.00824074*\text{Tiempo}^2 \end{aligned}$$

Además, se obtuvo también la gráfica de efectos principales para determinar la aceptabilidad promedio (Figura 9).

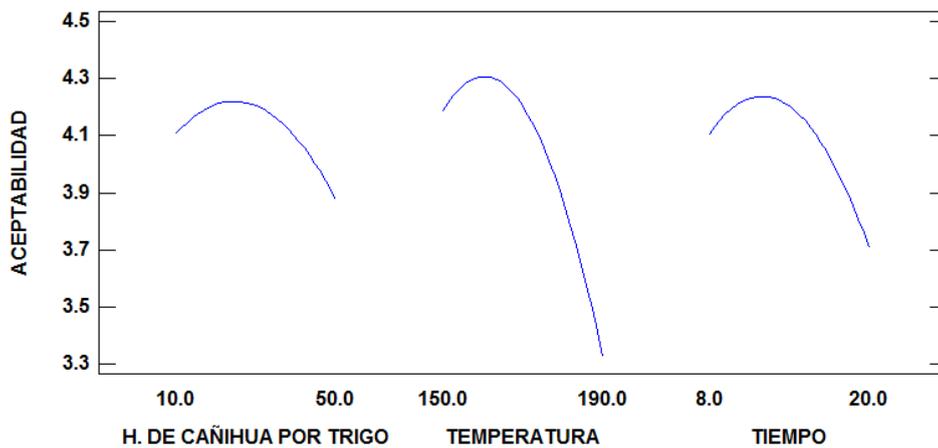


figura 9. Gráfica de efectos principales de la apariencia general promedio

De la figura 9, se puede predecir que el mayor grado de satisfacción de la galleta, estaría influenciada por la temperatura de horneado, seguida de tiempo y de la sustitución de harina de cañihua. Además, que esto se da a un nivel levemente superior a 170 °C, pues luego empezó a descender; en cuanto al tiempo en el proceso fue de 14 minutos y la sustitución de harina de cañihua fue de un 30 % de sustitución, esta se notó con menor relevancia en el proceso.

4.5 METODOLOGIA SUPERFICIE DE RESPUESTA

Las figuras 10, 11 y 12 a continuación, se presentan en las gráficas de superficie, para las variables de porcentaje de sustitución de harina de cañihua, temperatura y tiempo de horneado.

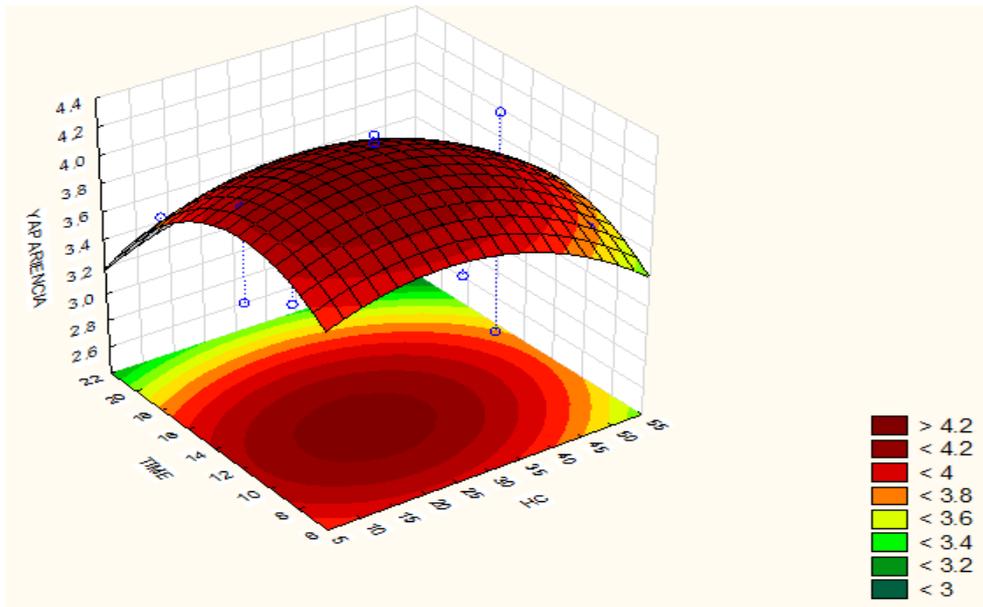


figura 10. Grafica de superficie para las variables porcentaje de harina de cañihua y tiempo.

En la figura 10, se observa que la gráfica de superficie de respuesta, donde se mantiene como factor constante la temperatura (170 °C), se obtendría la máxima aceptabilidad a un valor de sustitución de harina de cañihua al 30 por ciento y tiempo de 14 min.

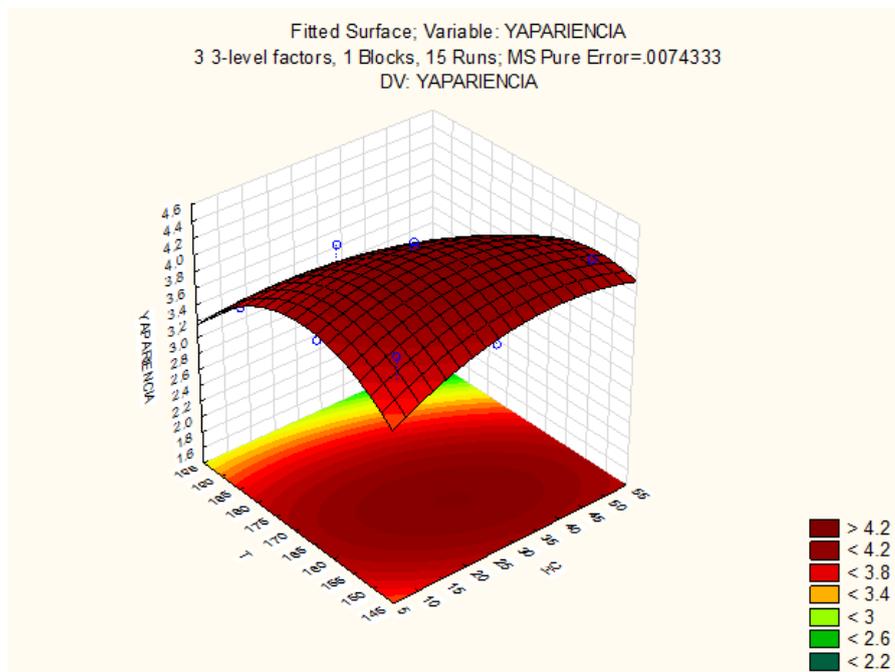


figura 11. Gráfica de superficie para las variables porcentaje de harina de cañihua y temperatura de horneado.

En la figura 11, se observa en la gráfica de superficie de respuesta, en el cual se mantiene como factor constante el tiempo (14 min), se obtendría la máxima aceptabilidad a un nivel de sustitución de casi 30 por ciento y temperatura de alrededor de 170°C.

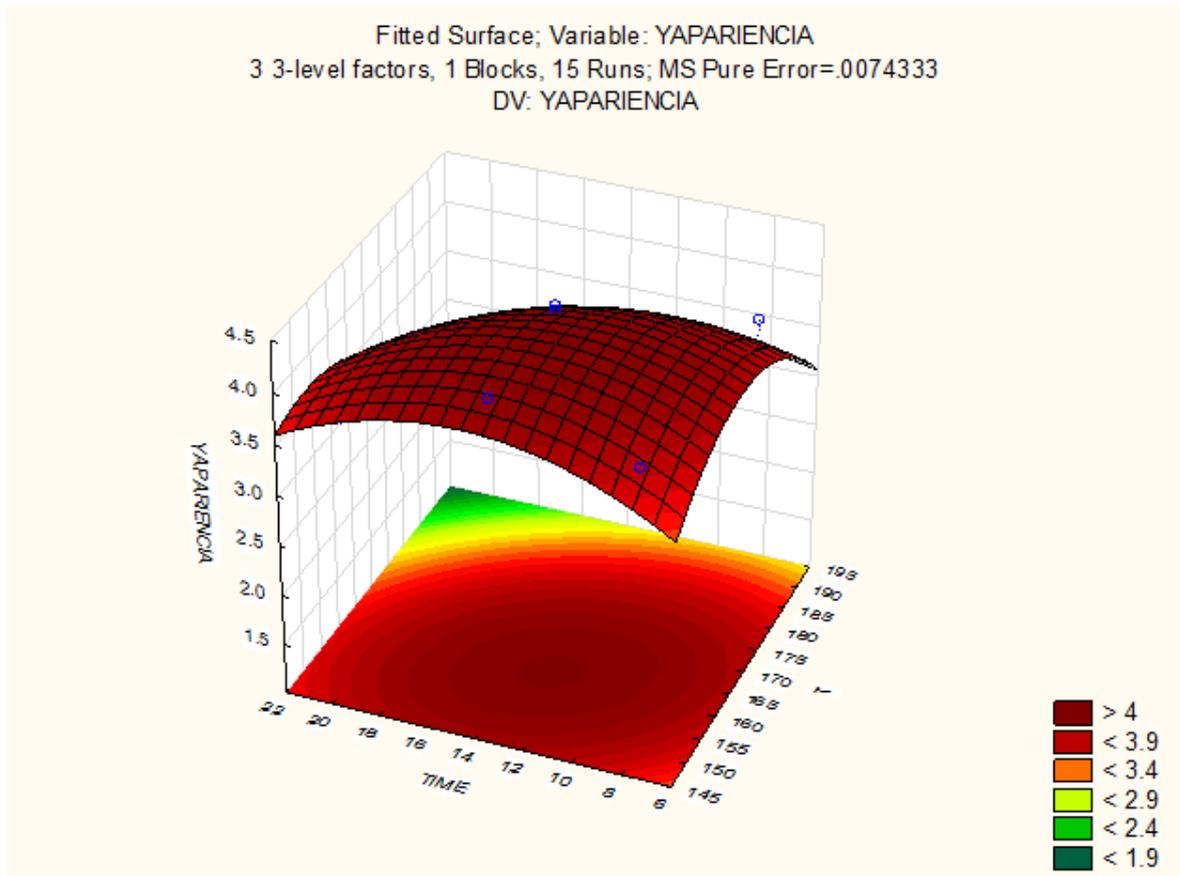


figura 12. Gráfica de superficie para las variables temperatura y tiempo de horneado.

En la figura 12, se observa en la gráfica de superficie de respuesta, manteniendo constante el factor porcentaje de harina de cañihua, se observa que la máxima aceptabilidad se daría a una temperatura cercana a 170 °C y un tiempo de 14 minutos.

4.6 OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE LA GALLETA CON SUSTITUCIÓN DE CAÑIHUA

Mediante método de superficie respuesta, se identificó el punto óptimo. En la tabla 24 se observa que las variables que maximizan la apariencia general fueron porcentaje de harina de cañihua (28.857), a una temperatura de (161.570 °C) y en un tiempo de 12.855 minutos.

Tabla 24. Respuesta optimizada de las variables para obtener la máxima aceptabilidad

Variab (Factores)	Límite Bajo	Límite Alto	Combinación Óptima	Combinación óptima ejecutada
% de sustitución de HT por Harina de Cañihua	10	50	28.85	29
Temperatura de Horneado (°C)	150	190	161.57	162
Tiempo de Horneado(min)	8	20	12.85	13

4.7 ENRIQUECIMIENTO CON HIERRO AMINOQUELADO, A LA GALLETA CON SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CAÑIHUA OPTIMIZADA

En la tabla 25, se muestran los valores óptimos que fueron conseguidos a partir de la metodología superficie respuesta; utilizando estos datos, se realizó el enriquecimiento con sulfato ferroso y hierro aminoquelado. Se tuvo en consideración las recomendaciones indicadas por la Organización Panamericana de la Salud 2002, donde indica que los valores para el enriquecimiento son de 5 a 10 mg por ración.

Tabla 25: Nivel de enriquecimiento con sulfato ferroso y hierro aminoquelado a la galleta con sustitución de cañihua optimizada

NIVEL DE ENRIQUECIMIENTO (TRATAMIENTOS)	SULFATO FERROSO (mg)	HIERRO AMINOQUELADO (Bisglicinato Ferroso) (mg)
1	4	4
2	6	6
3	8	8
4	10	10
5	12	12
6	14	14

4.4.1 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE COLOR EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO

En la figura 13, se muestra las diferencias de los 6 tratamientos de galletas optimizadas con diferentes niveles de enriquecimiento con hierro aminoquelado (4 mg por ración, 6 mg por ración, 8 mg por ración, 10 mg por ración, 12 mg por ración, 14 mg por ración). Se observa que el T6 que fue enriquecido (14 mg por ración) tiene el promedio más bajo; sin embargo, por el análisis de varianza, este valor no es significativamente diferente a los demás tratamientos.

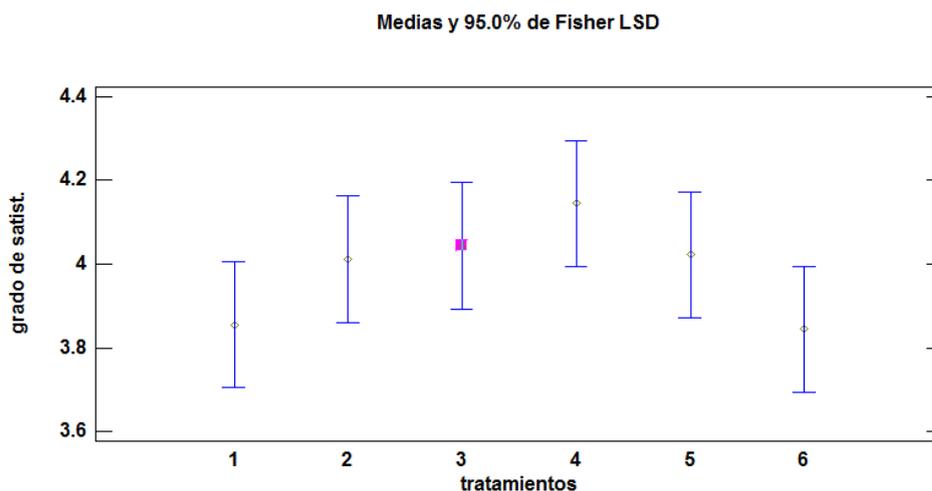


figura 13. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable color, de la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado.

Tabla 26. Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable COLOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.07593	5	1.21519	1.14	0.3376
Intra grupos	568.833	534	1.06523		
Total (Corr.)	574.909	539			

En la tabla 26, se muestra el análisis de varianza para la variable COLOR. El valor $p > 0,05$, lo que significa que para esta variable no existe diferencia significativa entre los 6 tratamientos; sin embargo, el mayor promedio se presentó en el tratamiento (T4: 4.32); los demás tratamientos como (T1: 4.00, T2: 4.10, T3: 4.14, T5:3.99, T6:3.8) presentaron similares resultados no significativos.

4.7.2 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE SABOR EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO

En la figura 14, se muestra las diferencias de los 6 tratamientos de galletas optimizadas con diferentes niveles de enriquecimiento con hierro aminoquelado (4 mg por ración, 6 mg por ración, 8 mg por ración, 10 mg por ración, 12 mg por ración, 14 mg por ración). El T2 que fue enriquecido (6 mg por ración) tiene el promedio más bajo, sin embargo, por el análisis de varianza, este valor no es significativamente diferente a los demás tratamientos.

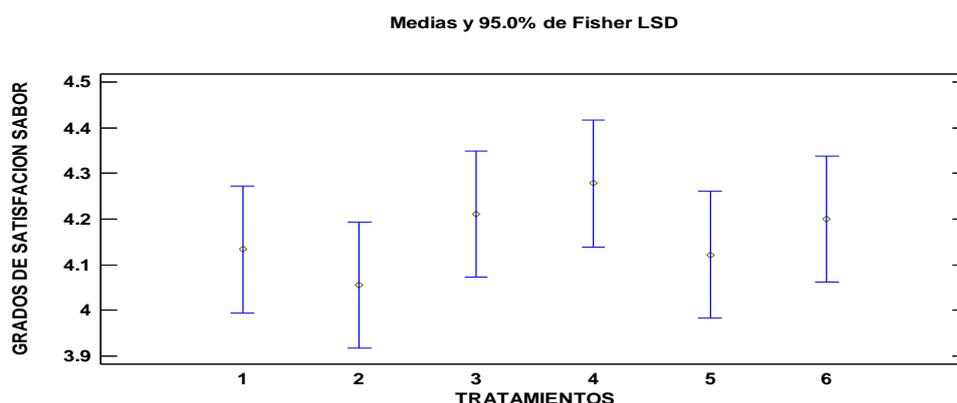


figura 14. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable sabor, de la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado.

Tabla 27. Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable SABOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.77778	5	0.555556	0.63	0.6803
Intra grupos	474.222	534	0.888057		
Total (Corr.)	477.0	539			

En la tabla 27, se presenta el análisis de varianza para la variable SABOR. El valor $p > 0,05$, lo que significa que para la variable SABOR, no existe diferencia significativa entre los 6 tratamientos, sin embargo, el mayor promedio se registró en el tratamiento (T4:4.28); y los demás tratamientos como (T1: 4.13, T2: 4.06, T3: 4.21, T5:4.12, T6:4.20) presentaron similares resultados no significativos.

4.7.3 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE OLOR EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO

En la figura 15, se muestra las diferencias de los 6 tratamientos de galletas optimizadas con diferentes niveles de enriquecimiento con hierro aminoquelado (4 mg por ración, 6 mg por ración, 8 mg por ración, 10 mg por ración, 12 mg por ración, 14 mg por ración). Se observa que el T5 y T6 que fueron enriquecidos (12 mg y 14 mg por ración) respectivamente, presentaron el promedio más bajo; sin embargo, por el análisis de varianza, este valor no es significativamente diferente a los demás tratamientos.

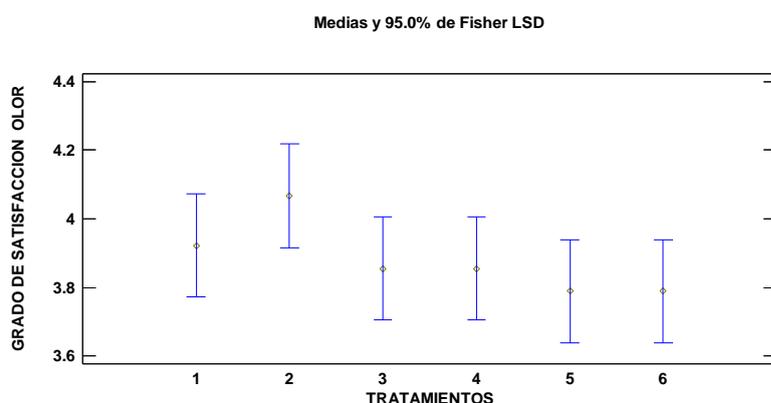


figura 15. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable sabor, de la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado.

Tabla 28: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable OLOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.89815	5	0.97963	0.92	0.4650
Intra grupos	566.278	534	1.06045		
Total (Corr.)	571.176	539			

En la tabla 28 se presenta el análisis de varianza para la variable OLOR. El valor $p > 0,05$, lo que significa que, para esta variable, no existe diferencia significativa entre los 6 tratamientos; sin embargo, el mayor promedio que se obtuvo como resultado se dio en el tratamiento (T2:4.07); los demás tratamientos como (T1: 3.92, T3:3.86, T4: 3.86, T5:3.79, T6:3.79) presentaron similares resultados no significativos.

4.7.4 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE TEXTURA EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO

La figura 16, se muestra las diferencias de los 6 tratamientos de galletas optimizadas con diferentes niveles de enriquecimiento con hierro aminoquelado (4 mg por ración, 6 mg por ración, 8 mg por ración, 10 mg por ración, 12 mg por ración, 14 mg por ración). Se observa que el T2 que fue enriquecido (6mg por ración) presentó el promedio más bajo, sin embargo, por el análisis de varianza, este valor no es significativamente diferente a los demás tratamientos.

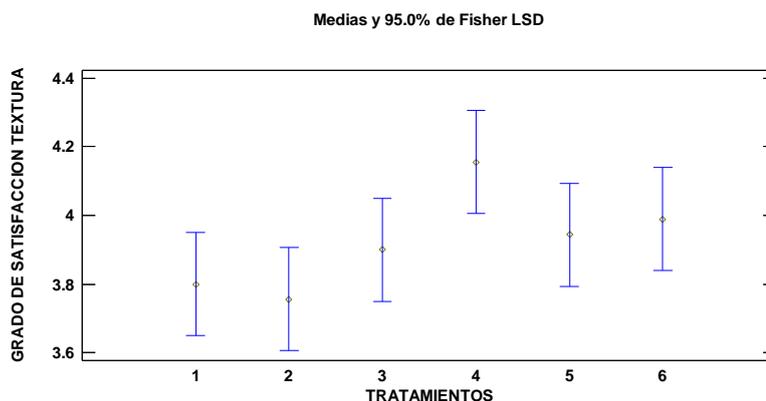


figura 16. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable textura, de la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado.

Tabla 29: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable TEXTURA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	9.23148	5	1.8463	1.76	0.1197
Intra grupos	560.656	534	1.04992		
Total (Corr.)	569.887	539			

En la tabla 29, se presenta el análisis de varianza para la variable TEXTURA. El valor $p > 0,05$, lo que significa que, para esta variable, no existe diferencia significativa entre los 6 tratamientos, sin embargo, la mayor calificación se registró en el tratamiento (T4:4.16); los demás tratamientos como (T1: 3.80, T2:3.76, T3: 3.90, T5:3.94, T6:3.99) presentaron similares resultados no significativos.

4.7.5 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE APARIENCIA GENERAL EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO

La figura 17, muestra las diferencias de los 6 tratamientos de galletas optimizadas con diferentes niveles de enriquecimiento con hierro aminoquelado (4 mg por ración, 6 mg por ración, 8 mg por ración, 10 mg por ración, 12 mg por ración, 14 mg por ración). Se observa que el T6 que fue enriquecido (14 mg por ración) presentó el promedio más bajo

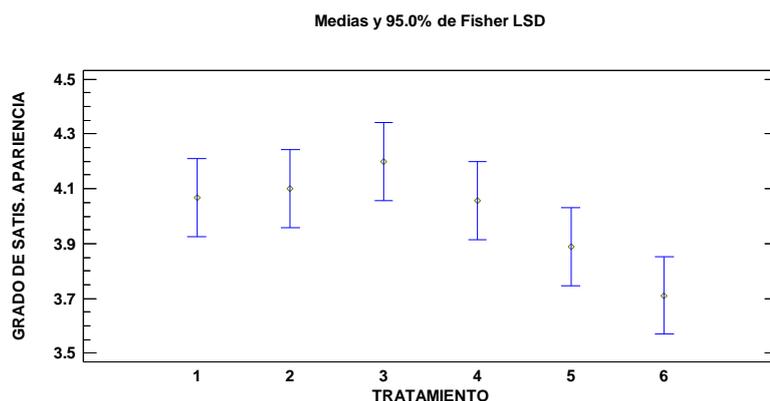


figura 17. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable apariencia general, de la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado.

Tabla 30: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable APARIENCIA GENERAL

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	11.4759	5	2.29519	2.35	0.0396
Intra grupos	520.989	534	0.975635		
Total (Corr.)	532.465	539			

En la tabla 30 se presenta el análisis de varianza para la variable APARIENCIA GENERAL. El valor $p < 0.05$, lo que significa que, para esta variable, sí existe diferencia significativa entre los 6 tratamientos, donde el nivel de enriquecimiento con el mayor grado de satisfacción fue (T4: 4.16) con la significación de las diferencias entre las medias, que fue determinada por el test de rangos múltiples de FISHER.

Tomando en cuenta todas las características sensoriales como color, sabor, olor, textura y apariencia general en la mayoría de estas características, el tratamiento que mayor grado de satisfacción presentó fue el T4 con un enriquecimiento de 10 mg por ración, por su parte Villaquirán *et al.*(2017), elaboró un producto a base de arveja al cual fortificó con hierro aminoquelado y encontró que a una concentración de 9.6 mg resulto ser la más aceptada, siendo este valor ligeramente inferior al resultado obtenido en la investigación, Por otro lado, Rojas *et al.*, (2013), comparó la eficacia del hierro aminoquelado con el sulfato ferroso como fortificante de un complemento alimentario en preescolares con deficiencia de hierro, a los que les brindó como dieta 13 g de leche al cual fortificó con diferentes niveles de hierro, siendo el más aceptado la muestra enriquecida con 12,5 mg de hierro aminoquelado, este resultado al compararlo con el valor obtenido en la investigación es superior. Por su parte Cabrera y Fernández (2008), elaboraron dos alimentos de panificación a las cuales enriquecieron con 4 mg en una porción, este valor comparado al resultado obtenido en la investigación fue inferior.

4.8 ENRIQUECIMIENTO CON SULFATO FERROSO A LA GALLETA CON SUSTITUCIÓN DE CAÑIHUA OPTIMIZADA

La figura 18, muestra las diferencias de los 6 tratamientos de galletas optimizadas con diferentes niveles de enriquecimiento con sulfato ferroso (4 mg por ración, 6 mg por ración, 8 mg por ración, 10 mg por ración, 12 mg por ración, 14 mg por ración). Se observa que el T6 que fue enriquecido (14 mg por ración) presentó el promedio más bajo.

4.8.1 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE COLOR EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO

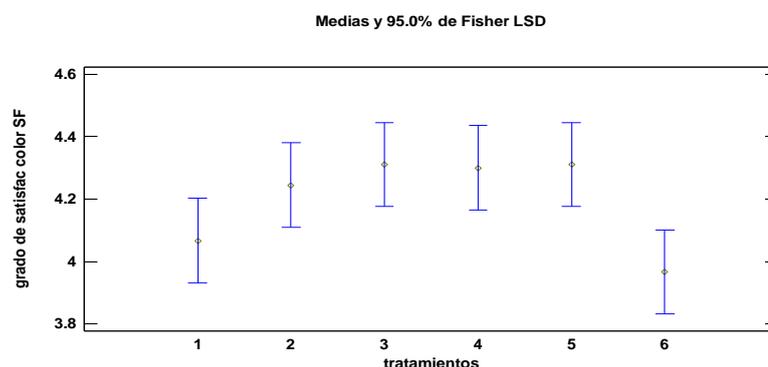


figura 18. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable color, de la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso.

Tabla 31: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable COLOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	9.8	5	1.96	2.30	0.0436
Intra grupos	454.6	534	0.851311		
Total (Corr.)	464.4	539			

En la tabla 31, se presenta el análisis de varianza para la variable COLOR. El valor $p < 0,05$, lo que significa que, para esta variable en estudio, sí existe diferencia significativa entre los 6 tratamientos, de los tratamientos evaluados dos obtuvieron el mismo valor (T3:4,31 Y T5: 4.31), con la significación de las diferencias entre las medias, que fue determinada por el test de rangos múltiples de FISHER.

4.8.2 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACIÓN DE LA VARIABLE SABOR EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO

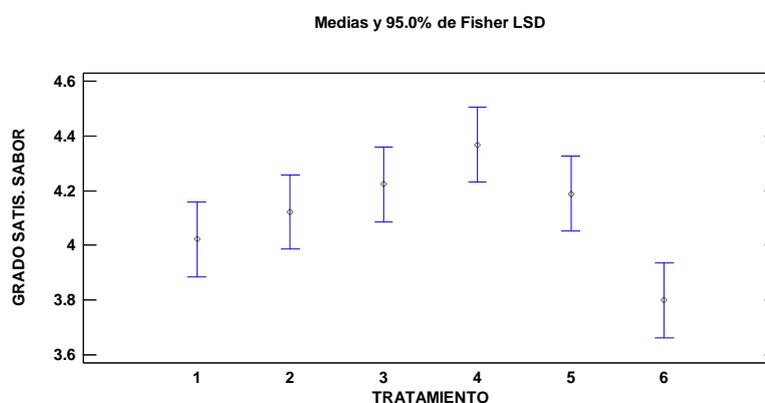


figura 19. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable sabor, de la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso.

La figura 19, muestra las diferencias de los 6 tratamientos de galletas optimizadas con diferentes niveles de enriquecimiento con sulfato ferroso (4 mg por ración, 6 mg por ración, 8 mg por ración, 10 mg por ración, 12 mg por ración, 14 mg por ración). Se observa que el T6 enriquecido (14 mg por ración) presentó el promedio más bajo.

Tabla 32: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable SABOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	16.9204	5	3.38407	3.91	0.0017
Intra grupos	462.256	534	0.865647		
Total (Corr.)	479.176	539			

En la tabla 32, se presenta el análisis de varianza para la variable SABOR. El valor $p < 0,05$, lo que significa que, para esta variable en estudio, sí existe diferencia significativa entre los 6 tratamientos, el tratamiento que obtuvo mayor grado de satisfacción fue el (T4:4.16), con la significación de las diferencias entre las medias, que fue determinada por el test de rangos múltiples de FISHER.

4.8.3 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE OLOR EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO

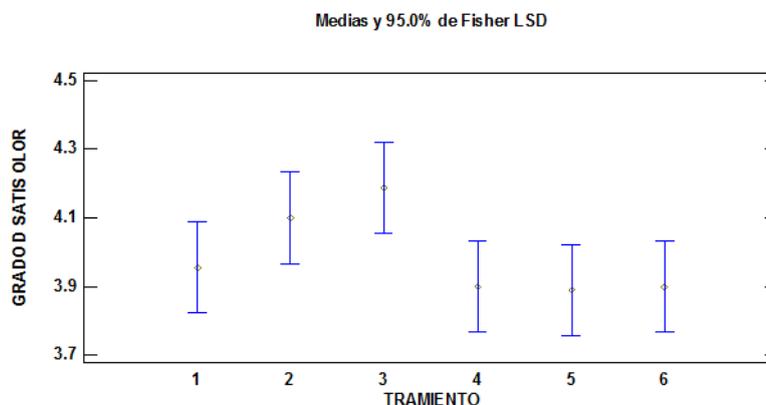


figura 20. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable olor, de la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso.

La figura 20, muestra las diferencias de los 6 tratamientos de galletas optimizadas con diferentes niveles de enriquecimiento con sulfato ferroso (4 mg por ración, 6 mg por ración, 8 mg por ración, 10 mg por ración, 12 mg por ración, 14 mg por ración). Se observa que el T5 enriquecido (12 mg por ración) presentó el promedio más bajo.

Tabla 33: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable OLOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7.13333	5	1.42667	1.74	0.1245
Intra grupos	438.8	534	0.821723		
Total (Corr.)	445.933	539			

En la tabla 33, se presenta el análisis de varianza para la variable OLOR. El valor $p > 0,05$, lo que significa que para esta la variable, no existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo la muestra de mayor calificación el tratamiento (T3:4.19) y las demás muestra presentaron similares resultados no significativos (T1: 3.96; T2:4.10; T4:3.90; T5:3.89; T6:3.90).

4.8.4 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE TEXTURA EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO

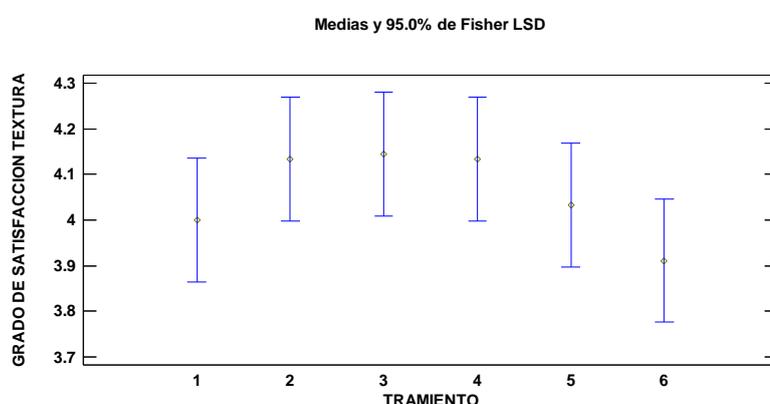


figura 21. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable textura, de la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso.

La figura 21, se muestra las diferencias de los 6 tratamientos de galletas optimizadas con diferentes niveles de enriquecimiento con sulfato ferroso (4 mg por ración, 6 mg por ración, 8 mg por ración, 10 mg por ración, 12 mg por ración, 14 mg por ración). Se observa que el T6 que fue enriquecido (14 mg por ración) presentó el promedio más bajo.

Tabla 34: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable TEXTURA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3.99259	5	0.798519	0.94	0.4552
Intra grupos	454.111	534	0.850395		
Total (Corr.)	458.104	539			

En la tabla 34, se presenta el análisis de varianza para la variable TEXTURA. El valor $p > 0,05$, lo que significa que, para esta variable en estudio, no existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo la muestra de mayor promedio el tratamiento (T3:4.14) y las demás muestra presentaron similares resultados no significativos (T1: 4.00; T2:4.13; T4:4.13; T5:4.13; T6:3.91).

4.8.5 PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA VARIABLE APARIENCIA GENERAL EN LA GALLETA OPTIMIZADA, ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO

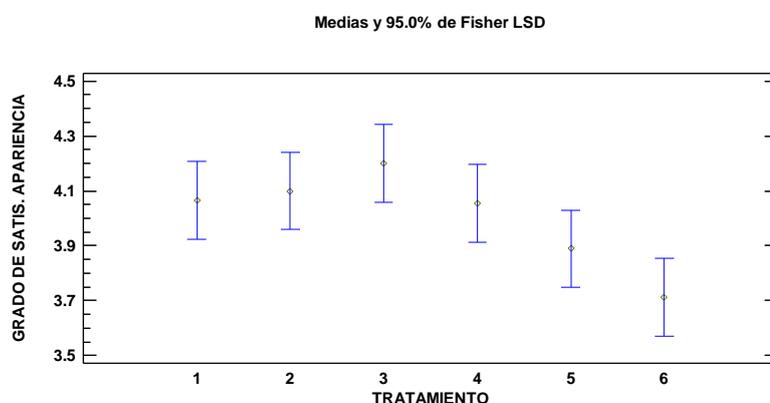


figura 22. Comparación de medias y test de Fisher (LSD) al 95 %, para el grado de satisfacción de la variable apariencia general, de la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso

La figura 22, indica las diferencias de los 6 tratamientos de galletas optimizadas con diferentes niveles de enriquecimiento con sulfato ferroso (4 mg por ración, 6 mg por ración, 8 mg por ración, 10 mg por ración, 12 mg por ración, 14 mg por ración). Se observa que el T6 que fue enriquecido (14 mg por ración) presentó el promedio más bajo.

Tabla 35: Análisis de varianza para el grado de satisfacción de la variable APARIENCIA GENERAL

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	13.7926	5	2.75852	2.94	0.0124
Intra grupos	500.2	534	0.936704		
Total (Corr.)	513.993	539			

En la tabla 35, se presenta el análisis de varianza para la variable APARIENCIA GENERAL. El valor $p < 0,05$, lo que significa que, para esta variable, sí existe diferencia significativa entre los 6 tratamientos, el tratamiento que obtuvo mayor grado de satisfacción fue el (T3:4.20), con la significación de las diferencias entre las medias, fue determinada por el test de rangos múltiples de FISHER.

De la evaluación sensorial (grado de satisfacción) el T3 que fue enriquecida con 8 mg por ración, presentó mayor grado de satisfacción en cuanto a las características sensoriales como color, sabor, olor, textura y apariencia general en la mayoría de estas características organolépticas. En un estudio realizado por Villaquirán *et al.*, (2017), al diseñar un alimento al cual enriquecieron con sulfato ferroso y como resultado determinaron que la muestra enriquecida con 6 mg fue la que presentó mayor grado de satisfacción. Por otro lado, Rojas *et al.*, (2013)., realizó una comparación de la aceptabilidad de un alimento fortificado con sulfato ferroso y demostraron que el tratamiento fortificado con 12.5 mg fue aceptado.

4.9 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA GALLETA OPTIMIZADA POR MSR

La galleta optimizada fue analizada mediante la metodología descrita en el punto 3.6.4 para obtener su composición proximal la que se detalla en la tabla 36.

Tabla 36: Composición proximal de la galleta las galletas en estudio

Componente	Galletas de cañihua optimizada	Galletas de cañihua optimizada, enriquecida con sulfato ferroso	Galletas de Cañihua enriquecida con Hierro Aminoquelado
Humedad %	2.83	6.36	3.67
Proteína %	9.71	10.76	10.41
Grasa %	21.53	19.38	20.01
Fibra cruda %	1.64	1.52	1.48
Ceniza %	1.37	1,26	1,51
Carbohidratos	62.92	69.72	62.92
Energía total Kcal/100 g	384.29	496.22	473.41
Acidez %	0.10	0.07	0.10
Total	100	100	100

En tabla 36, se muestra los resultados de la composición proximal de las tres galletas en estudio. En relación a la humedad se observa que la galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada, presentó 2.83 %, la galleta con sustitución con harina de cañihua optimizada, enriquecida con sulfato ferroso presentó un valor de 6.36 % y la galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada, enriquecida con hierro aminoquelado presentó un valor de 3.67 %, estos resultados se encuentran dentro del límite establecido por el programa Nacional de Asistencia Alimentaria (2018), y de la misma forma se encuentran dentro del requerimiento dado por el MINSA (2011), coincidiendo a su vez con la Norma Técnica Peruana 206-001 (INDECOPI, 1981), ya que estas instituciones determinan que la cantidad de humedad de las galletas no deben exceder el 12 %; por otro lado en un estudio realizado por Choquehuanca (2005), el cual elaboró galletas con sustitución de germinado de cañihua, a las cuales evaluó la humedad y reportó como resultado 8.36 %, este valor es superior a los resultados obtenidos en la investigación; por su parte Fernández *et al.* (2016), formuló y evaluó tipos de galletas, a las cuales evaluó humedad, reportando como resultado los valores de 4.66 a 5.12 %; estos valores comparados con las galletas en estudio, son

superiores, a excepción de la galleta con sustitución de cañihua enriquecida con sulfato ferroso, que presentó un valor de 6.36 %. Por otro lado, Zegarra y Arana (2016), realizaron galletas con hidrolizado de anchoveta y reportaron como resultado en cuanto a la humedad 5.95 %; este valor es superior comparado a los resultados de las galletas en estudio a excepción de la galleta con sustitución de cañihua enriquecida con sulfato ferroso.

En cuanto a la proteína (Tabla 36), se obtuvo como resultados: para la galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada 9.71 %, galletas con sustitución de harina de cañihua optimizada, enriquecida con sulfato ferroso 10.76 % y para la galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada, enriquecida con hierro aminoquelado 10.41%; de las tres muestras en estudio, la que presentó mayor contenido de proteínas fue la galleta enriquecida con sulfato ferroso. Los resultados obtenidos en la investigación cumplen con el requisito mínimo solicitado por el programa Nacional de Asistencia Alimentaria (2018) que indica para la proteína como requisito mínimo un valor de 8.5 %, este valor es inferior a los resultados obtenidos en la investigación. Por otro lado, ni la Norma 206-001 INDECOPI (1981) ni el MINSA (2011) establecen el porcentaje mínimo en cuanto a proteínas que debería presentar en el contenido nutricional las galletas. Sin embargo, la tabla de composición de alimentos industrializados del Perú elaborado por Reyes *et al.* (2017), nos indica, para galletas dulces un valor mínimo de 7.9 %, estos valores comparados con las tres galletas en estudio fueron superiores. Por otro lado, en un estudio realizado por Choquehuanca (2005), reportó que las galletas con sustitución de germinado de cañihua bañada con chocolate, presentó un contenido de proteína de 10.30 %, este valor es inferior al compararlo con los resultados obtenidos en el presente estudio; a diferencia de la galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada, que presentó un valor de 9.71 %. Por su parte Zegarra y Arana (2016), realizaron galletas con hidrolizado de anchoveta y reportaron como resultado un valor de 10.5 %, este valor comparado con las galletas en estudio, presenta valores similares. Considerando los resultados obtenidos en las en las tres galletas en estudio, se puede afirmar que estas se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

En relación al contenido graso se observa que tanto la Norma 206-001 INDECOPI (1981) y el MINSA (2011) no reportan la exigencia de un valor mínimo de grasa para galletas. Por su parte, en un estudio realizado por Fabian y Pantigoso (2017), realizaron el Valor Nutritivo y Aceptabilidad de la fortificación de galletas a base de harina de trigo (*Triticum aestivum*),

harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y bazo de res, y encontraron como resultado en cuanto a la grasa 21.53%, comparado con los resultados de las tres galletas evaluadas el resultado fue mayor.

La fibra presente en las galletas con sustitución con harina de cañihua optimizada, fue de 1.64 %, mientras que para la galleta con sustitución con harina de cañihua optimizada, enriquecida con sulfato ferroso se encontró 1.52 % y para la galleta con sustitución con harina de cañihua optimizada, enriquecida con hierro aminoquelado presentó 1.48 %. Estos valores comparados con la Tabla de Composición de alimentos industrializados Reyes et al. (2017), reportó en cuanto al contenido de fibra 1.5 %, este dato es inferior al mínimo establecido.

En relación al contenido de cenizas presentada en la tabla 36, se muestra que la galleta optimizada presentó 1.64 % de cenizas, valor superior a la galleta enriquecidas con sulfato ferroso con 1.52 % y galleta enriquecida con hierro aminoquelado 1.48 %; sin embargo, estos valores cumplen con la norma 206.001 INDECOPI (1981) que establece un máximo del 3 por ciento y siendo superior a lo reportado por Reyes *et al.*, (2017).

En relación al contenido de carbohidratos presentada en la tabla 36, se muestra que la galleta optimizada presento 62.92 %, valor inferior a la galleta enriquecida con sulfato ferroso con 69.72 % y galleta enriquecida con hierro aminoquelado 62.92 %, estando dentro de lo esperado para una galleta dulce y siendo la principal fuente de energía de este alimento, tal como lo cita Manley (1989), aunque ligeramente inferior a lo reportado por Reyes et al. (2017).

En relación a la acidez que se obtuvo de las muestras evaluadas, valores entre 0.007 y 0.10%, comparando estos resultados con la norma 206-001 INDECOPI (1981), cumple con el requisito mínimo solicitado para galletas.

4.10 CONTENIDO DE HIERRO

EL contenido de hierro en la galleta optimizada, enriquecida con sulfato ferroso y hierro aminoquelado, se presenta en la tabla 37.

Tabla 37: Contenido de hierro de la galleta optimizada y enriquecida.

Muestra	Galleta optimizada (mg/kg)	Galleta enriquecida con sulfato ferroso (mg/kg)	Galleta enriquecida con hierro aminoquelado (mg/kg)
Hierro en (mg/kg)	16.8	53.80	34.65

En la tabla 37, se muestran los resultados obtenidos de contenido de hierro de las tres galletas en estudio; para las galletas con sustitución de harina de cañihua optimizada, fue de 16.8 mg/kg, esto quiere decir que en cada 100 gramos de galleta hay 1.68 mg, este valor fue menor comparado con el resultado obtenido para las galletas enriquecidas con sulfato ferroso, pero supera los valores reportados por Reyes *et al.*, (2017). En un estudio realizado por Arisaca *et al.*, (2016), evaluaron la influencia de adición de hierro en un pan blanco, al cual enriquecieron con distintos cereales como maca, cañihua y linaza, el estudio reportó que en pruebas *in vivo* 3.8 mg fe/l de sangre este resultado fue superior al reportado en las galletas con sustitución de cañihua optimizada, ya que este alimento (pan blanco) fue enriquecido con distintos cereales que aportaron mayor cantidad de hierro a diferencia de la galleta optimizada en la que solo se utilizó harina de cañihua.

El contenido de hierro de la galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada, enriquecida con sulfato ferroso, fue de 53.80 mg/kg; esto quiere decir que en cada 100g de galletas hay 5.38 mg; este valor fue superior al compararlo con los resultados obtenidos con las demás galletas en estudio (galletas con sustitución de cañihua optimizada y las galletas enriquecidas con hierro aminoquelado) cumpliendo con lo mínimo establecido por el PRONAA (2009) (5 mg por ración) y superando al valor establecido por Reyes *et al.*, (2017). En cuanto al valor de contenido de hierro en la galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada con hierro aminoquelado, fue de 34.65 mg/kg, esto quiere decir que en cada 100g de galletas hay 3.465 mg. Este valor fue superior al resultado obtenido de las galletas con sustitución de cañihua optimizada que fue de 16.8 mg/kg. Por otro lado, fue inferior a los resultados obtenidos de las galletas con sustitución de cañihua optimizada, enriquecida con sulfato ferroso, 53.80 mg/kg. Pero supera lo mínimo reportado por Reyes *et al.*, (2017). Por su parte, Cabrera y Fernández (2008), elaboraron dos productos de panificación (croissant de jamón y torta de chocolate) a la cual enriquecieron con hierro aminoquelado de 4 mg en una porción de 40

gramos, encontrando como resultado la cantidad de hierro 6.64 y 6.61 mg de hierro respectivamente; estos resultados fueron superiores a los obtenidos en la investigación, debido a que realizaron el enriquecimiento en porciones y no en raciones, como se realizó en la siguiente investigación.

4.11 ABSORCIÓN DE HIERRO

4.11.1 RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA EN LA FORMULACIÓN OPTIMIZADA DE LA GALLETA, ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO Y HIERRO AMINOQUELADO

Tabla 38: Distribución de Concentración de Hemoglobina en promedio

Distribución	Basal	Prueba Control	Prueba Final	Diferencia
Grupo Control	18.6	16.9	15.7	-2.9
Experimental I	17.4	15.8	18.43	1.03
Experimental II	20.5	18.26	20.4	-0.1
Experimental III	17.5	17.76	19.13	1.63

En la tabla 38, se muestra el comportamiento en promedio de la concentración de hemoglobina en las 12 ratas experimentales que pertenecieron a los cuatro tratamientos, el grupo control, presentó una concentración de hemoglobina basal promedio de 18.6 gr/dl y después de los 15 días (prueba control) se obtuvo un resultado de concentración de hemoglobina de 16.9 gr/dl, finalmente después de 30 días de tratamiento se obtuvo como resultado 15.7 gr/dl.

En el grupo experimental I, se llevó a cabo un tratamiento con una dieta de 15 g/d de galleta con sustitución de harina de cañihua optimizada, el valor basal promedio fue de 17.4 gr/dl, después de los 15 días el valor fue de 15.8 gr/dl, a los 30 días de tratamiento el valor promedio final fue de 18.4 gr/dl. Para el grupo experimental II se llevó a cabo con una dieta de 15 g/d de galletas con sustitución de harina de cañihua optimizada, enriquecida con sulfato ferroso, el resultado de valor basal en promedio, fue de 20.5 gr/dl; después de los 15 días el resultado fue de 18.26 gr/dl, a los 30 días de tratamiento el valor promedio final fue de 20.4 gr/dl. Para el último grupo experimental III se le dio a cada tratamiento, una dieta de

15 g/d, el valor basal promedio fue de 17.5 gr/dl, después de los 15 días el valor fue de 17.76 gr/dl y finalmente la prueba final, después de 30 días, fue de un valor de 19.13 gr/dl.

Referente a la tabla 38, en cuanto a la diferencia de concentración de hemoglobina basal y final, la galleta que mayor absorción presentó fue la galleta con sustitución de cañihua optimizada, enriquecida con hierro aminoquelado, con una absorción de 1.63 gr/dl, el cual cumple con lo mencionado por la Organización Panamericana de la salud (2002) que indica que el hierro aminoquelado tiene mayor absorción a comparación con el sulfato ferroso.

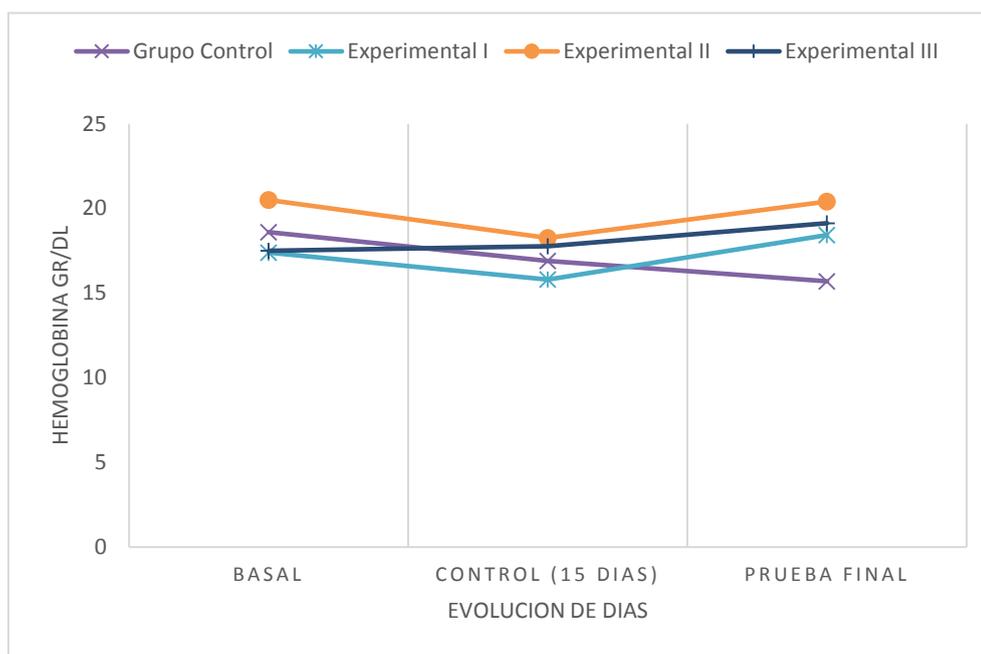


figura 23. Resultados de concentración de hemoglobina en promedio de los cuatro tratamientos evaluados.

Tabla 39: Distribución de concentración de hemoglobina (gr/dl) del grupo control

GRUPO CONTROL				
RATAS	BASAL	CONTROL	FINAL	DIFERENCIA
R1	19.8	18.5	17.4	-2.4
R2	17.6	16.5	15.8	-1.8
R3	16.8	15.7	14	-2.8
X (Promedio)	18.6	16.9	15.7	-2.9

En la tabla 39, se observa los valores obtenidos de la concentración de la hemoglobina (gr/dl) en los animales experimentales que pertenecieron al grupo control, y los valores basales que se obtuvieron como resultado fueron para: R1: 19.8 gr/dl , R2: 17.6 gr/dl y R3: 16.8 gr/dl obteniendo como resultado un valor en promedio de 18.6 gr/dl; después de 15 días se realizó el tratamiento control, donde los valores disminuyeron, obteniendo los siguientes valores R1: 18.5 gr/dl, R2: 16.5 gr/dl, R3: 15,7 gr/dl, los valores obtenidos descendieron a un valor en promedio de 16.9 gr/dl; por último, después de 30 días se realizó la prueba final, obteniendo como resultado los siguientes valores para cada animal (rata) en estudio R1: 17.4 gr/dl, R2: 15.8 gr/dl, R3: 14 gr/dl , con un promedio de 15.7 gr/dl.

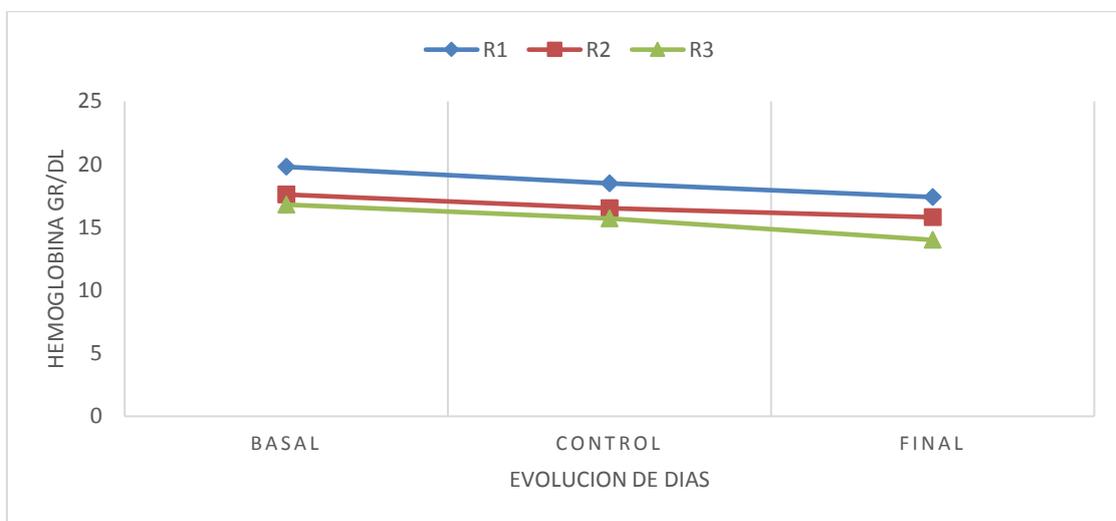


figura 24. Resultados de concentración de hemoglobina en ratas del grupo control

En la figura 24 se puede observar que los animales experimentales que pertenecen al grupo control, la concentración de hemoglobina en los tres momentos, fue descendente debido a que estas fueron alimentadas con un alimento deficiente de hierro (trigo). Por lo tanto, no presentaron absorción de hierro.

Tabla 40: Distribución de concentración de hemoglobina (gr/dl) del grupo de alimentado con galletas con la sustitución de harina de cañihua optimizada

GRUPO GALLETAS DE CAÑIHUA OPTIMIZADA				
RATAS	BASAL	CONTROL	FINAL	DIFERENCIA
R1	17.3	17.3	18.4	1.1
R2	16.9	15.6	18.1	1.2
R3	18	14.5	18.8	0.8
X Promedio	17.4	15.8	18.43	1.03

En la tabla 40, se puede observar los valores de concentración de hemoglobina que fueron evaluados en tres momentos: prueba basal (inicio de la prueba), prueba control (15 días) y la prueba final (30 días) del grupo experimental I (galleta optimizada); la dieta ofrecida a este grupo fue de 15 g/d de la galleta optimizada, los resultados obtenidos en la prueba basal están entre R1: 17.3 gr/dl, R2: 16.9 gr/dl y R3: 18 gr/dl, con un promedio de 17.4 gr/dl, a los 15 días se realizó la prueba control y como resultado se tuvo los siguientes valores R1: 17.3 gr/dl , R2: 15.6 gr/dl y R3: 14.5 gr/dl, obteniéndose como resultado en promedio un valor de 15.8 gr/dl , a los 30 días se realizó una prueba final donde se obtuvieron los siguientes valores R1: 18.4 gr/dl, R2: 18.1 gr/dl y R3: 18.8 gr/dl, con un promedio de 18.43 gr/dl.

La prueba experimental I (ratas), fueron alimentadas con galletas con sustitución de cañihua optimizada, y se obtuvo como resultado en valores promedios para la prueba basal (17.4 gr/dl) y final (18.43 gr/dl); se registró un incremento de concentración de hemoglobina de 1.03 gr/dl.

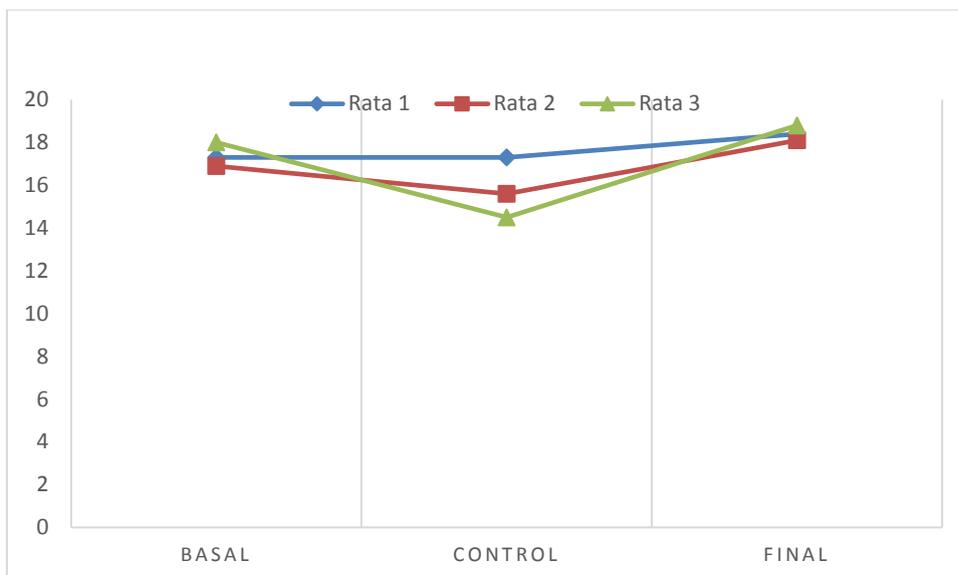


figura 25. Resultados de la concentración de hemoglobina en ratas del grupo experimental I.

Tabla 41 : Distribución de concentración de hemoglobina (gr/dl) del grupo alimentado con la galleta optimizada enriquecida con sulfato ferroso

GRUPO GALLETAS DE CAÑIHUA OPTIMIZADA ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO				
RATAS	BASAL	CONTROL	FINAL	DIFERENCIA
R1	19.5	18	18.2	-1.3
R2	19.8	17.7	20.1	0.3
R3	22.2	19.1	22.9	0.7
X Promedio	20.5	18.26	20.4	-0.1

En la tabla 41, se muestra los resultados obtenidos de la concentración de hemoglobina (gr/dl) para el grupo experimental II a las que se alimentó con galletas de cañihua optimizada enriquecida con sulfato ferroso estas recibieron una dieta de 15 g/d, que contenía 8 mg por cada 70 gramos; para la prueba basal los resultados son los siguientes valores R1: 19.5 gr/dl , R2: 19.8 gr/dl y R3: 22.2 gr/dl y obteniendo como resultado en promedio el valor de 20.5 gr/dl, después de 15 días de haber iniciado el estudio se realizó la prueba control y los

resultados obtenidos son los siguientes R1: 18 gr/dl , R2: 17.7 gr/dl y R3: 19.1 gr/dl, a partir de estos resultados se tiene el valor promedio de 18.26 gr/dl, y por último se hace la prueba final (30) días, los valores obtenidos para cada animal fue R1: 18.2 gr/dl , R2: 20.1 gr/dl y R3: 22.9 gr/dl, y se obtiene como resultado final el valor en promedio de 20.4 gr/dl.

Los animales que pertenecieron al grupo experimenta II, fueron alimentados con galletas con sustitución de harina de cañihua enriquecidas con hierro (sulfato ferroso 8 mg por ración) se encontró que la concentración de hemoglobina promedio subió a partir de la prueba basal 18.26 a 20.4 Gr/dl, en donde se dio un incremento de concentración de hemoglobina de 2.14 gr/dl en 30 días, pero si se toma valores desde la prueba basal 20.5 gr/dl y 20.4 gr/dl no hubo absorción, el cual se ratifica con la investigación realizada por Becerra y Molloco (2018), quienes trabajaron con animales experimentales (ratas) a las cuales les dieron una dieta diaria de 1mg/d de sulfato ferroso durante 49 días, a quienes midieron la hemoglobina basal y final, como resultado obtuvieron que la hemoglobina promedio fue de 17.00 gr/dl, mientras que el promedio de la hemoglobina final fue 16.25 gr/dl teniendo una disminución de 1.25 gr/dl, este valor comparado con el resultado de la absorción de hierro de las galletas con sustitución de cañihua optimizada, enriquecida con sulfato ferroso, fue mucho menor, y concluyeron que no hubo incremento de la concentración de la hemoglobina. En un estudio realizado por Ayala (2015), elaboró un yogurt fortificado y evaluó la concentración de hemoglobina, obteniendo como resultados en la prueba basal y final los valores de (10,24/dl a 15.04 g/dl) respectivamente donde sí hubo incremento de concentración de hemoglobina, esto debido a que en esta investigación utilizaron otros componentes a parte del sulfato ferroso, los cuales aportaron en la absorción.

En la investigación realizada por Alvarado y Rodríguez (2017), trabajaron con animales de laboratorio distribuyéndolas en grupos; grupo control, experimental I y experimental II. En cuanto al grupo control le administro 1 mg/kg/día de sulfato ferroso durante 45 días y como resultado de la concentración de hemoglobina fue de 9.43 gr/dl a 10.43 gr/dl, sí hubo incremento de concentración de hemoglobina de 1 gr/dl, este resultado fue mayor al obtenido en el estudio.

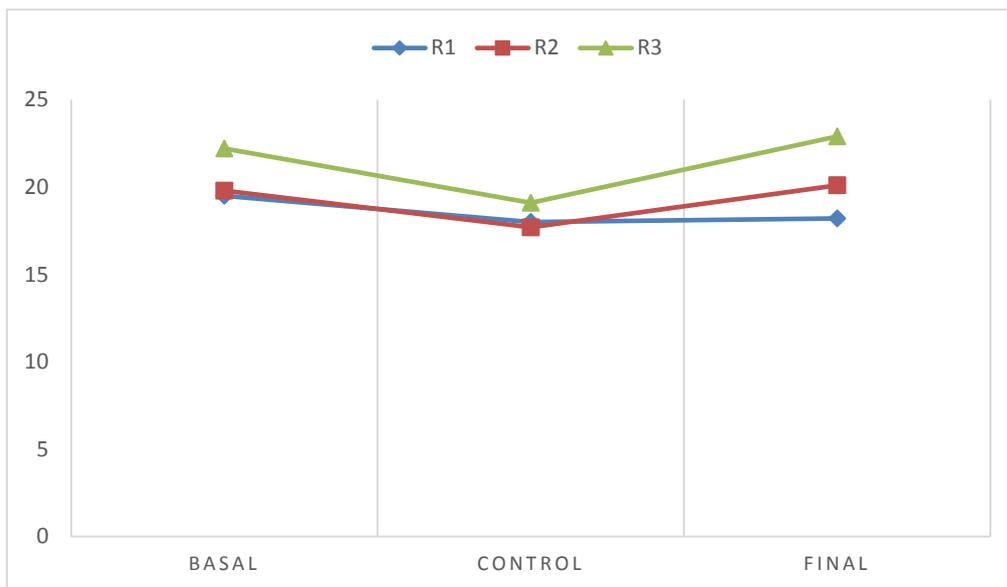


figura 26. Resultados de concentración de hemoglobina en el grupo experimental II

Tabla 42: Distribución de concentración de hemoglobina (GR/DL) del grupo alimentado con la galleta optimizada enriquecida con hierro aminoquelado (bisglicinato ferroso).

GRUPO GALLETAS DE CAÑIHUA OPTIMIZADA ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO (BISGLICINATO FERROSO)				
RATAS	BASAL	CONTROL	FINAL	DIFERENCIA
R1	18.6	19	20.5	1.8
R2	18.2	17.8	18.9	0.7
R3	15.7	16.7	18	2.3
X Promedio	17.5	17.76	19.13	1.63

En la tabla 42, se observa los valores obtenidos de concentración de hemoglobina para cada animal experimental (rata) que pertenecieron al grupo experimental III, estas fueron alimentadas con 15 g/d de galletas con sustitución de harina de cañihua enriquecidas con hierro aminoquelado, se obtuvo como resultado para la prueba basal los siguientes resultados R1: 18.6 gr/dl , R2: 18.2 gr/dl y R3: 15.7 gr/dl, de los tres datos obtenidos se tiene el valor en promedio 17.5 gr/dl ; después de 15 días se realizó la prueba control obteniendo los siguientes resultados R1: 19 gr/dl , R2: 17.8 gr/dl y R3: 16.7 gr/dl, con un promedio de 17.76 gr/dl; a los 30 días se realizó la prueba final, los resultados obtenidos están entre R1: 20.5

gr/dl , R2: 18.9 gr/dl y R3: 18 gr/dl, y como resultado en promedio se tiene 19.13 gr/dl, el grupo experimental III a comparación con los demás tratamientos, fue la que presentó mayor absorción.

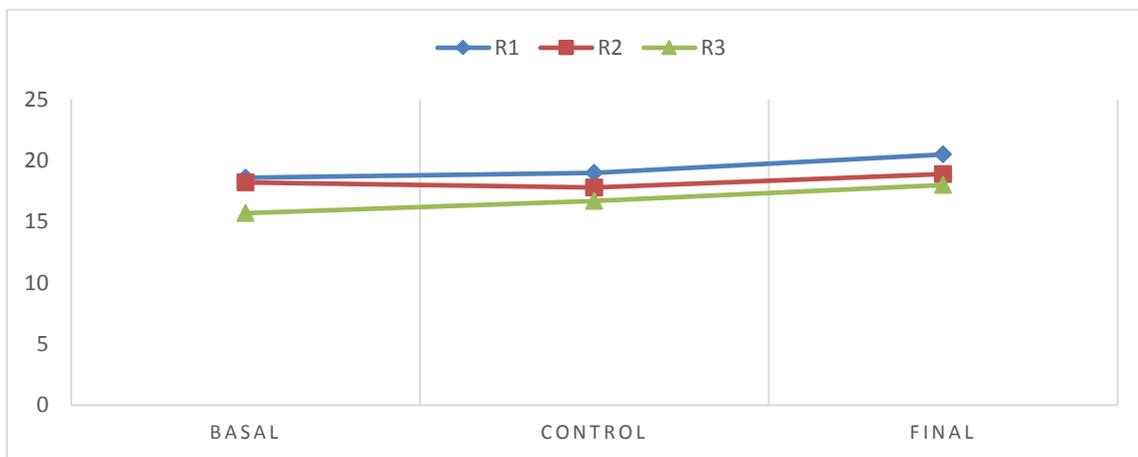


figura 27. Concentración de Hemoglobina en Hierro Aminoquelado

Como se puede observar en la figura 27, los valores de concentración de hemoglobina en los tres momentos; basal, control y final van de manera ascendente, entonces cumple con lo mencionado por la Organización Panamericana de la Salud (2002) que el hierro aminoquelado a comparación con el sulfato ferroso, presenta mayor absorción; de tal modo que en la siguiente investigación el hierro aminoquelado, presentó mayor absorción a comparación con el sulfato ferroso.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La formulación óptima de la galleta que se obtuvo por la metodología de superficie de respuesta fue 29 por ciento de harina de cañihua y 35 por ciento de harina de trigo, horneadas a una temperatura de 162 °C, por un tiempo de 13 minutos; la cual obtuvo el mayor puntaje en la evaluación sensorial (grado de satisfacción), evaluado en niños de 6 a 12 años en edad escolar.
- Los niveles de hierro con mayor grado de satisfacción en la galleta enriquecida dirigida a niños en edad escolar, fueron de 8 mg por ración para el sulfato ferroso y 10 mg por ración para el hierro aminoquelado; las cuales corresponden a los tratamientos T3 y T4 respectivamente, estos resultados se deben principalmente a los niveles de sustitución de cañihua y hierro.
- Las características fisicoquímicas de la galleta enriquecida con mayor grado de satisfacción, presentaron valores dentro de lo establecido en la normativa; en cuanto al contenido de hierro el que presentó mayor valor fue la galleta enriquecida con sulfato ferroso, con 53.80 mg/kg superior a la galleta con hierro aminoquelado (34.65 mg/kg) y la galleta optimizada (16.8 mg/kg). En cambio, la galleta con mayor absorción de hierro utilizando pruebas *in vivo* fue el T4 (galleta enriquecida con hierro aminoquelado) con 10 mg por cada 70 gramos, obteniendo una concentración de hemoglobina de 1.63 gr/dl, valor superior a la galleta optimizada y enriquecida con sulfato ferroso.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sobre la vida útil de la galleta optimizada, enriquecida con sulfato ferroso y hierro aminoquelado.
- Tomar en cuenta la utilización de galleta enriquecida, para mejorar la calidad nutricional y seguridad alimentaria de la población, mediante los programas sociales.
- Realizar pruebas de concentración de hemoglobina en distintos grupos etarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. (1997). (American Association of Cereal Chemist). *International Approved Methods*. Minesota. USA.
- Allen, L. H. (2002). Advantages and Limitations of Iron Amino Acid Chelates as Iron Fortificants. *Nutrition Reviews*, 60 (7), 18–21.
- Alvarado, E., y Rodriguez, B. (2017). *Efecto del consumo del contenido de hierro en la murmunta (Nostoc sphaericum) en la Anemia* (tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú.
- Alvarado, U. (2010). *Elaboración de fideos precocidos a partir de harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule Allen) como sustituto parcial de la harina de trigo (Triticum vulgare)* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Altiplano, Puno, Perú.
- Anzaldúa- Morales, A. (1994). *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Apaza, V. (2010). *Manejo y Mejoramiento de Kañiwa*. Puno, Perú.: Editorial Altiplano E.I.R.L., 1.
- Aranda, E. (2004). Guías de diagnóstico y tratamiento . Anemia por deficiencia de hierro. *Revista de La Sociedad Boliviana de Pediatría*, 43(2), 1–5.
- Arévalo, C. J., y Catucumbamba, H. C. (2007). *Mejoramiento de la calidad de las galletas de harina de trigo mediante la adición de harina de haba (vicia faba L.) y de panela como edulcorante* (tesis pre grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Arisaca, A., Choquehuanca, V., y Ibañez, V. (2016). Efecto del enriquecido y fortificado con hierro y ácido linolénico en el pan blanco. *Rev. Investig. Altoandina*, 18(2), 169–178.
- Ayala, M. (2015). *Estudio de la Adición de la vitamina A, Ácido Fólico, Hierro y Zinc al Yogurth, en animales experimentales con Anemia Inducida* (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Becerra, C., y Molloco, Y. (2018). *Efecto de la harina y del extracto etanolico de Erythroxylum coca sobre la hemoglobina serica en " rattus novergicus" en comparación con sulfato ferroso.*(tesis de Pregrado). Universidad Católica Santa María, Arequipa, Perú.
- Cabezas, a., (2010). *Elaboración y evaluación nutricional de galletas con quinua y galletas deshidratada*. (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

- Calaveras, J., (2004). *Nuevo Tratado de Panificación y bollería*. España: Editorial Acribia
- Choquehuanca, F. (2005). *Determinación de mercado para las galletas con cañihua germinada y chocolate con quinua expandida* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Costell, E., y Durán, L. (1981). El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. *Revista Agroquímica y Tecnológica de Alimentos*, 21 (4), 454–470.
- Espinosa, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Habana, Cuba: Editorial Universitaria.
- Fabian, K. D. A., y Pantigoso, Y. P. I. (2017). *Valor Nutritivo y Aceptabilidad de la fortificación de galletas a base de harina de trigo (*Triticum aestivum*), harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y bazo de res, para escolares Arequipa 2017*. (Tesis pre grado). Universidad Nacional San Agustín, Puno, Perú.
- FAO, y WHO. (2001). *Human Vitamin and Mineral Requirements*. Roma, Italia.
- Fernández, A., Rojas, E., García, A., Mejía, J., y Bravo, A. (2016). Evaluación fisicoquímica, sensorial y vida útil de galletas enriquecidas con subproductos proteicos de suero de quesería. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*, 26 (2), 71–79.
- Fernandez, G., Fernández, M., Pérez, I., Morón, Y., García, V., Perdomo, I., y Pérez S., N. (2008). Diseños de experimentos en tecnología y control de los medicamentos. Experimental designs in pharmaceutical technology and control of medicaments. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 39 (2), 28–40.
- Formoso, A. (2004). *Procedimientos Industriales al Alcance de Todos*. México: Editorial Limusa
- Gutierrez, H., y de la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. Mexico: Editorial Interamericana.
- INDECOPI. (1981). *Norma Técnica Nacional NTN 206.0001- 03*. Lima - Perú.
- INDECOPI. (2014). *Norma Técnica Peruana NTP 011.452*. Granos Andinos. Cañihua. *Requisitos*. Lima - Perú.
- INEI, y ENDES. (2017). *Informe Perú: Indicadores de resultados de los programas presupuestales 2013 - 2018 - primer semestre*. Recuperado de https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2018/ppr/Indicadores_de_Resultados_de_los_Programas_Presupuestales_ENDES_Primer_Semestre_2018.pdf.
- Instituto Nacional del Perú. (2018). *Efectividad y adherencia del uso del suplemento de*

- hierro polimaltosado en el tratamiento de la anemia en gestantes*. Recuperado de https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/authenticated%2Cadministrator%2C%20editor/publicaciones/2019-06-19/RR_05-2018_Revisi%20r%20r%20p%20d%20r%20a%20p%20o%20l%20i%20m%20a%20l%20t%20o%20s%20a%20d%20o%20g%20e%20s%20t%20a%20n%20t%20e%20s.pdf
- Juarez, S., y Quispe, M. (2016). *Aceptabilidad y evaluación proteica de galletas integrales elaboradas con harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule), lactosuero y salvado de trigo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú.
- La Rosa, R., Anaya, E., Flores, Z., Bejarano, M., Brito, L., y Pérez, E. (2017). Germination of *Chenopodium Pallidicaule* Aelle “Kañiwa” Under Different Conditions of Salinity and Temperature. *The Biologist*, 14(1), 5–10.
- Liria, D., (2007). Guía para la evaluación sensorial de los alimentos. Lima, Perú.
- Lopez, J., (2015). *Preparación de masas y elaboraciones complementarias múltiples de repostería*. España: Editorial Elearning
- Manley, R., y Duncan, J. (1989). *Tecnología de la industria galletera*. Madrid, España: Editorial Acribia.
- Meilgaard, M., Civille, G., y Carr, B. (1991). Sensory evaluation techniques. *CRC Press Inc. London. England.*, 464.
- Ministerio de Salud del Perú. (2013). *Procedimiento para la determinación de la hemoglobina mediante hemoglobinómetro portátil*. Retrieved from <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/226/CENAN-0068.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Minsa. (2011). Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N° 1020-2010 / MINSA. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú. *Ministerio de Salud*.
- Montomery, D. (2004). *libro analisis y diseno de experimentos*. Mexico: Editorial Limusa.
- Moya, A., y Sevilla, S. (2008). Estudio comparativo de hierro aminoquelado Vs. sulfato ferroso más ácido fólico en el tratamiento de la anemia ferropénica en el embarazo. *Revista Médica de Los Post Grados de Medicina*, 11(1), 42–48.
- Mujica, A. (Ed.). (1992). *Granos y Leguminosas Andinas*. Arequipa, Perú: Editorial Acribia.
- Organización Panamericana de la Salud. (2002). *Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos* (24). Recuperado de [http://new.paho.org/hq/dmdocuments/2009/Compuestos de hierro_Esp.pdf](http://new.paho.org/hq/dmdocuments/2009/Compuestos%20de%20hierro_Esp.pdf)

- Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma. (2018). *Especificaciones Técnicas de los Alimentos*. Lima, Perú.
- Quaglia, G. (1992). *Ciencia y tecnología de la panificación*. España: Editorial Acribia.
- Rapetti, M., Bacciedoni, V., Pita, M., Sosa, P., Desentadina, V., Donato, H., y Piazza, N. (2017). Deficiencia de hierro y anemia ferropénica. Guía para su prevención, diagnóstico y tratamiento. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 115(04), 68–82.
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Acevedo, A. A., y Icochea, J. C. (2009). Chemical and functional characterization of kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) grain, extrudate and bran. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(2), 94–101.
- Reyes, M., Gomez-Sanchez, I., y Espinoza, C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Lima, Perú: Editorial Segear S.A.C.
- Rojas, L., Sanchez, J., Villada, O., Liliana, M., Alejandro, D., Cristian, V., Herrera, M. (2013). Eficacia del hierro aminoquelado en comparación con el sulfato ferroso como fortificante de un complemento alimentario en preescolares con deficiencia de hierro, Medellín, 2011. *Revista Del Instituto Nacional de Salud*, 33, 350–360.
- Tapia, M. E., y Fries, A. M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Lima, Perú: Editorial Millenium Digital srl.
- Thompson, L., Manore, M., y Vaughan, A. (2008). *Nutrición*. Madrid, España: Editorial Pearson Educación S.A.
- Ureña, M., D' Arrigo, M., y Giron, O. (1999). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Lima, Perú: Editorial Agraria.
- Vaquero, P., Blanco, R., y Toxqui, L.(ed). (2012). *Nutrición y anemia*. España: Editorial Kellogg España, S. L.
- Villagomez, M., Vásquez C. Diferentes Grasas Comerciales en Galletas. *IDC y TA*, 1(2):83-88.
- Villanueva, R., (2017) Productos libres de gluten: un reto para la industria de los alimentos. *Ingeniería Industrial*, (34),183-194.
- Villaquirán, Z., Burbano, P., Osorio-Mora, O., Cerón-Cardenas, A., y Bucheli-Jurado, M. A. (2017). Diseño de un alimento infantil listo para consumir fortificado con hierro a base de arveja (*Pisum sativum*). *Universidad y Salud*, 20 (1), 4.
- Villaruel, M., Uquiche, E., Brito, G., y Cancino, M. (2000). Optimization of formulations for dietetic pastry products. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(1), 62–628.

- Villegas, M., Arevalo, C., y Callirgos, M. (2018). *Intervención del Estado para la reducción de la anemia infantil*. Recuperado de <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/Informe-de-Adjunt%C3%ADa-012-2018-DPAAE.pdf>.
- Watts, B., G.Ylimmaki, Jeffery, L., y Elias, L. (1385). *Basic Sensory Methods for Food Evaluation*. Ottawa, Canada.
- Zegarra, S., y Arana, J. V. (2016). Optimización de la formulación de una galleta enriquecida con hidrolizado de anchoveta (*Engraulis ringens*) aplicando metodología de superficie de respuesta. *Agroindustrial Science*, 2, 147–154.

VI. ANEXOS

ANEXO 1: Operacionalización de variables

Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Dimensiones	Instrumentos	Diseño estadístico
Determinar el punto óptimo de la mezcla adecuada de harina de cañihua y trigo.	La formulación con mayor sustitución de harina de cañihua con respecto a la harina de trigo será la adecuada para la elaboración de galletas.	VI: Porcentaje de sustitución de harina de cañihua: Harina de cañihua Tiempo Temperatura	% Min °C	(10 – 50 %) (150 – 190) °C (8 - 20) min	Balanza	Diseño de bloques incompletos balanceados (DBIB) con los resultados en promedio obtenidos se realizó la optimización.
		VD: Grado de satisfacción - Me gusta mucho - Me gusta - No me gusta ni me disgusta - No me gusta	Escala hedónica	5 puntos	Escala hedónica de cinco puntos	

<p>Determinar los niveles de hierro aminoquelado y sulfato ferroso, con mayor grado de satisfacción, para el enriquecido de galletas dirigidas a niños en edad escolar (6 – 12 años).</p>	<p>La galleta enriquecida con hierro (sulfato ferroso y hierro aminoquelado) con menor concentración (4mg) presentará mejores características organolépticas.</p>	<p>VI: Tipos de hierro</p> <p>Sulfato ferroso</p>	<p>mg</p>	<p>% de enriquecido de hierro</p> <p>T1SF: 4 mg</p> <p>T2SF: 6 mg</p> <p>T3SF: 8 mg</p> <p>T4SF: 10 mg</p> <p>T5SF: 12 mg</p> <p>T6SF: 14 mg</p>	<p>Balanza</p>	<p>Se utilizará el diseño completamente al azar (DCA)</p>
		<p>Hierro aminoquelado</p>		<p>% de enriquecido de hierro</p> <p>T1SF: 4 mg</p> <p>T2SF: 6 mg</p> <p>T3SF: 8 mg</p> <p>T4SF: 10 mg</p> <p>T5SF: 12 mg</p> <p>T6SF: 14 mg</p>		
		<p>VD: Evaluación sensorial (Apariencia General)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Me gusta mucho - Me gusta - No me gusta ni me disgusta 	<p>Escala hedónica</p> <p>1-5 puntos</p>	<p>1-5 puntos</p>	<p>Escala hedónica de 5 puntos</p>	

		- No me gusta				
Evaluar las características fisicoquímicas, contenido y absorción de hierro en las galletas enriquecidas con (sulfato ferroso y hierro aminoquelado) de mayor grado de satisfacción	Las galletas enriquecidas con hierro presentarán mejores características y cumplirán los valores requeridos por la (FAO/OMS).	VI: Galleta optimizada Galleta optimizada enriquecidas con hierro a partir de sulfato ferroso. Galleta optimizada enriquecida con hierro a partir de hierro aminoquelado.	Composición	% porcentaje de enriquecimiento o hierro	4mg – 14 mg	
		VD: Características fisicoquímicas Grasa proteínas Ceniza Fibra carbohidratos Humedad pH contenido de hierro	Composición	(g/100 muestra) (g/100 muestra) (g/100 muestra) (g/100 muestra) (g/100 muestra) (g/100 muestra)	Mufla Destilador Kjeldahl Equipo Soxhlet	

		VD: absorción de hierro Animales Experimentales	Concentración de hemoglobina	muestra) (g/100 muestra) % Método de plasma por acoplamiento inductivo Gr/dl	Pruebas biológicas	
--	--	--	---------------------------------	--	-----------------------	--

ANEXO 2: Control de peso y consumo de la galleta optimizada y enriquecida con hierro (sulfato ferroso y hierro aminoquelado).

- Tipo de animales: Ratas WISTAR N° de animales:
- Edad: 24 días de nacidos Sexo: Machos.
- Procedencia: UCSM

N°	Peso Inicial (g) día 1	Hemoglobina basal Dia 1	Peso control Dia 15	Hemoglobina control día 15	Peso final Dia 30	Hemoglobina final Dia 30
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
Total						
Promedio						

ANEXO 3: Formato de evaluación de la prueba de grado de satisfacción para 15 formulaciones

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL - MEDICIÓN DE GRADO DE SATISFACCIÓN

Nombres: **Fecha:**

Indicaciones: Pruebe los productos que se presenta, y marca con una “X” sobre la carita que más te representa de cada muestra.

CARACTERÍSTICAS DE LA GALLETA (MUESTRA 001)

COLOR



SABOR



OLOR



TEXTURA



APARIENCIA GENERAL



ANEXO 4: Formato de evaluación de la prueba de grado de satisfacción de las características generales como color, olor, sabor, textura y apariencia general

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL - MEDICIÓN DE GRADO DE SATISFACCIÓN

Nombres: **Fecha:**

Indicaciones: Pruebe los productos que se presenta, y marca con una “X” sobre la carita que más te representa de cada muestra.

CARACTERISTICAS DE LA GALLETA (MUESTRA 001 SF)

COLOR



SABOR



OLOR



TEXTURA



APARIENCIA GENERAL



ANEXO 5: Formato de evaluación de la prueba de grado de satisfacción de las características generales como color, olor, sabor, textura y apariencia general.

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL - MEDICIÓN DE GRADO DE SATISFACCIÓN

Nombres: **Fecha:**

Indicaciones: Pruebe los productos que se presenta, y marca con una “X” sobre la carita que más te representa de cada muestra.

CARACTERISTICAS DE LA GALLETA (MUESTRA 001 HA)

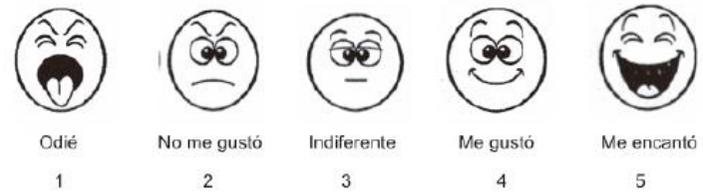
COLOR



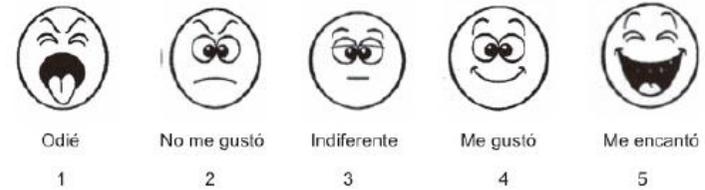
SABOR



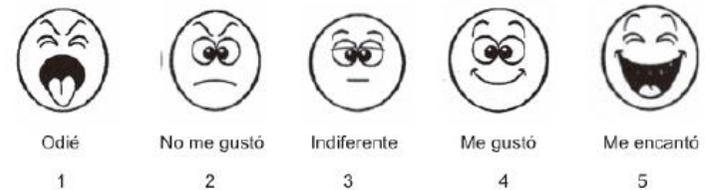
OLOR



TEXTURA



APARIENCIA GENERAL



ANEXO 6: Listado de panelistas e Institución educativa a la que pertenece

LISTADO DE JUECES Y INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIMARIA	
JUEZ 1	Señor de Huanca
JUEZ 2	Señor de Huanca
JUEZ 3	Señor de Huanca
JUEZ 4	Señor de Huanca
JUEZ 5	Señor de Huanca
JUEZ 6	Señor de Huanca
JUEZ 7	Señor de Huanca
JUEZ 8	Señor de Huanca
JUEZ 9	Señor de Huanca
JUEZ 10	Señor de Huanca
JUEZ 11	Señor de Huanca
JUEZ 12	Señor de Huanca
JUEZ 13	Señor de Huanca
JUEZ 14	Señor de Huanca
JUEZ 15	Señor de Huanca
JUEZ 16	Señor de Huanca
JUEZ 17	Señor de Huanca
JUEZ 18	Señor de Huanca
JUEZ 19	Señor de Huanca
JUEZ 20	Señor de Huanca
JUEZ 21	Señor de Huanca
JUEZ 22	Señor de Huanca
JUEZ 23	Señor de Huanca
JUEZ 24	Señor de Huanca
JUEZ 25	Señor de Huanca
JUEZ 26	Señor de Huanca
JUEZ 27	Santa María
JUEZ 28	Santa María
JUEZ 29	Santa María
JUEZ 30	Santa María
JUEZ 31	Santa María

JUEZ 32	Santa María
JUEZ 33	Santa María
JUEZ 34	Santa María
JUEZ 35	Santa María
JUEZ 36	Santa María
JUEZ 37	Santa María
JUEZ 38	Santa María
JUEZ 39	Santa María
JUEZ 40	Santa María
JUEZ 41	Santa María
JUEZ 42	Santa Maria
JUEZ 43	Santa Maria
JUEZ 44	Santa Maria
JUEZ 45	Santa Maria
JUEZ 46	Santa Maria
JUEZ 47	Santa Maria
JUEZ 48	Santa Maria
JUEZ 49	Santa Maria
JUEZ 50	Santa Maria
JUEZ 51	Santa Maria
JUEZ 52	Santa Maria
JUEZ 53	Santa Maria
JUEZ 54	Santa Maria
JUEZ 55	Maria Auxiliadora
JUEZ 56	Maria Auxiliadora
JUEZ 57	Maria Auxiliadora
JUEZ 58	Maria Auxiliadora
JUEZ 59	Maria Auxiliadora
JUEZ 60	Maria Auxiliadora
JUEZ 61	Maria Auxiliadora
JUEZ 62	Maria Auxiliadora
JUEZ 63	Maria Auxiliadora
JUEZ 64	Maria Auxiliadora

JUEZ 65	Maria Auxiliadora
JUEZ 66	Maria Auxiliadora
JUEZ 67	Maria Auxiliadora
JUEZ 68	Maria Auxiliadora
JUEZ 69	Maria Auxiliadora
JUEZ 70	Maria Auxiliadora
JUEZ 71	Maria Auxiliadora
JUEZ 72	Maria Auxiliadora
JUEZ 73	Maria Auxiliadora
JUEZ 74	Maria Auxiliadora
JUEZ 75	María Auxiliadora
JUEZ 76	María Auxiliadora
JUEZ 77	Maria Auxiliadora
JUEZ 78	Maria Auxiliadora
JUEZ 79	Maria Auxiliadora
JUEZ 80	Maria Auxiliadora
JUEZ 81	Maria Auxiliadora
JUEZ 82	Maria Auxiliadora
JUEZ 83	Maria Auxiliadora
JUEZ 84	Maria Auxiliadora
JUEZ 85	Maria Auxiliadora
JUEZ 86	Maria Auxiliadora
JUEZ 87	Maria Auxiliadora
JUEZ 88	Maria Auxiliadora
JUEZ 89	Maria Auxiliadora
JUEZ 90	Maria Auxiliadora

ANEXO 7: Construcción de Diseño de Bloques Incompletos Balanceados

MUESTRAS															
Jueces	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15
J1		X		X				X							
J2				X	X									X	
J3							X						X		X
J4	X					X	X								
J5	X									X	X				
J6			X	X		X									
J7				X			X			X					
J8					X						X	X			
J9									X		X	X			
J10	X							X	X						
J11		X	X												X
J12		X										X	X		
J13						X		X							X
J14					X		X	X							
J15							X			X					X
J16			X				X		X						
J17				X							X				X
J18					X	X							X		
J19		X				X							X		
J20	X	X												X	
J21			X							X			X		
J22		X			X			X							
J23								X		X		X			
J24									X					X	X
J25								X					X	X	
J26						X					X			X	
J27				X					X	X					
J28	X		X		X										
J29	X											X			X
J30			X									X		X	
J31					X					X					X
J32			X					X			X				
J33						X			X			X			
J34		X					X				X				
J35	X			X									X		
J36		X		X				X							
J37				X	X									X	
J38							X						X		X
J39	X					X	X								
J40	X									X	X				
J41			X	X		X									
J42				X			X			X					
J43					X						X	X			
J44									X		X	X			
J45	X							X	X						

ANEXO 8: Resultados de grado de Satisfacción para la variable de APARIENCIA GENERAL

MUESTRAS EVALUADAS

Jueces	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15
J1		5		3				4							
J2				2	3									4	
J3							3						5		4
J4	4					3	4								
J5	5									4	3				
J6			3	4		3									
J7				3			4			4					
J8					4						5	4			
J9									4		4	5			
J10	2							3	4						
J11		4	3												4
J12		4										3	5		
J13						3		3							3
J14					4		2	3							
J15							4			4					4
J16			3				4		5						
J17				2							5				4
J18					3	3							2		
J19		5				4							5		
J20	3	3												4	
J21			4							4			4		
J22		4			3			3							
J23								3		4		1			
J24									4					4	4
J25								3					4	4	
J26						3					3			5	
J27				1					5	4					
J28	5		3		5										
J29	5											2			4
J30			4									3		4	
J31					4					3					5
J32			4					4			3				
J33						4			5			2			
J34		5					4				5				
J35	5			4									3		
J36		2		3				4							
J37				2	4									4	
J38							4						5		4
J39	3					3	4								
J40	1									4	4				
J41			1	2		2									
J42				2			2			3					
J43					3						3	3			
J44									4		5	3			

TRATAMIENTOS	GRADO DE SATISFACCIÓN SUMA TOTAL	GRADODE SATISFACCIÓN PROMEDIO
1	73	4.06
2	75	4.17
3	61	3.39
4	46	2.56
5	70	3.89
6	67	3.72
7	65	3.61
8	64	3.56
9	69	3.83
10	66	3.67
11	66	3.67
12	48	2.67
13	77	4.28
14	76	4.22
15	74	4.11

TABULACIÓN DE ENCUESTAS PARA EL SEGUNDO OBJETIVO PARA LAS GALLETAS CON SUSTITUCION DE CAÑIHUA ENRIQUECIDAS CON SULFATO FERROSO

ANEXO 9: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con sulfato ferroso en el atributo **COLOR**

PANELISTAS	M1	M2	M 3	M4	M5	M6
J1	3	4	3	5	2	5
J2	4	5	4	4	5	1
J3	4	5	5	4	3	4
J4	4	4	5	5	2	3
J5	4	4	5	4	5	5
J6	4	5	4	4	4	2
J7	4	4	3	3	5	5
J8	5	5	4	4	3	3
J9	4	3	3	4	5	2
J10	4	5	5	4	3	3
J11	2	4	3	4	5	4
J12	4	4	3	5	4	5
J13	5	5	5	5	5	2

J14	4	5	5	4	4	4
J15	4	5	3	5	5	4
J16	4	4	4	5	5	3
J17	3	5	4	2	5	4
J18	4	4	4	5	4	2
J19	4	3	4	5	4	4
J20	4	4	4	3	4	3
J21	4	2	4	5	4	2
J22	3	4	5	5	4	3
J23	4	4	4	4	4	2
J24	5	4	5	4	5	3
J25	4	5	3	5	4	2
J26	3	4	5	4	4	4
J27	4	4	5	5	5	4
J28	4	5	2	5	5	5
J29	5	3	4	3	2	5
J30	5	4	5	5	5	5
J31	5	4	5	5	5	5
J32	4	5	5	5	4	5
J33	1	3	5	5	5	4
J34	5	5	5	5	5	5
J35	5	5	5	4	5	5
J36	5	5	5	5	5	5
J37	4	5	5	5	4	4
J38	5	5	4	5	5	2
J39	5	4	4	4	4	5
J40	5	5	4	5	5	3
J41	4	5	5	5	5	2
J42	4	5	5	5	3	5
J43	5	5	5	3	5	5
J44	5	4	3	5	5	4
J45	5	5	5	5	5	2
J46	3	5	5	5	5	3

J47	5	4	5	4	5	5
J48	5	4	5	4	5	5
J49	3	5	5	5	4	5
J50	5	4	4	5	4	5
J51	4	5	5	5	5	3
J52	5	5	5	5	5	4
J53	5	3	3	5	4	5
J54	4	4	5	5	5	4
J55	5	4	5	4	4	3
J56	4	4	4	5	5	5
J57	1	3	4	5	4	4
J58	5	2	5	2	4	4
J59	4	3	4	5	4	4
J60	3	5	4	5	4	4
J61	5	3	5	4	1	4
J62	4	4	5	5	5	3
J63	4	5	5	4	4	4
J64	1	4	4	5	5	4
J65	5	4	4	3	3	4
J66	4	2	4	5	5	5
J67	4	5	5	4	4	4
J68	2	4	2	5	4	4
J69	5	5	2	4	4	5
J70	4	5	4	5	5	4
J71	5	5	4	5	5	4
J72	5	3	5	1	4	5
J73	5	4	5	5	4	5
J74	3	2	5	1	4	4
J75	3	5	5	4	5	5
J76	5	4	3	4	3	5
J77	4	5	4	5	5	3
J78	2	3	3	1	5	4
J79	4	4	4	3	5	5

J80	4	4	5	4	4	5
J81	2	4	5	2	4	5
J82	4	5	4	5	4	4
J83	4	4	5	5	5	5
J84	5	5	4	4	5	5
J85	4	5	5	3	4	3
J86	4	3	4	5	4	4
J87	5	5	5	4	4	4
J88	5	5	3	5	4	5
J89	4	5	5	3	5	4
J90	4	5	5	5	4	5
Sumatoria	366	382	388	387	388	357
Promedio	4.07	4.24	4.31	4.30	4.31	3.97

ANEXO 10: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con sulfato ferroso en el atributo **SABOR**

MUESTRAS DE GALLETA CON SULFATO FERROSO (SABOR)						
JUECEZ	M1	M2	M 3	M4	M5	M6
J1	2	4	5	4	4	4
J2	5	4	3	5	4	2
J3	5	3	4	4	4	5
J4	3	3	4	3	5	2
J5	5	2	4	5	5	4
J6	5	3	4	5	5	2
J7	5	2	4	4	3	4
J8	4	3	5	4	4	2
J9	4	4	4	4	3	1
J10	3	4	4	5	4	2
J11	3	3	4	5	5	3
J12	2	2	4	5	2	4
J13	4	4	3	4	2	5
J14	3	4	3	5	5	5

J15	3	4	2	4	4	5
J16	3	5	5	5	4	2
J17	4	4	4	4	4	3
J18	5	4	5	4	5	1
J19	5	4	5	4	3	3
J20	3	5	5	2	4	5
J21	3	3	5	4	5	3
J22	1	2	4	4	5	2
J23	3	5	5	5	4	1
J24	3	5	4	3	5	4
J25	4	4	4	4	5	3
J26	4	5	4	5	5	3
J27	4	5	4	4	5	5
J28	5	2	5	5	4	4
J29	4	5	5	5	3	4
J30	5	4	5	5	5	5
J31	5	5	5	5	5	4
J32	5	5	5	5	5	5
J33	2	4	5	5	5	3
J34	5	5	5	5	5	4
J35	5	5	4	5	5	3
J36	5	4	5	4	2	4
J37	5	5	4	5	3	3
J38	4	5	5	4	5	5
J39	4	3	5	4	5	3
J40	5	4	5	4	1	4
J41	5	5	5	5	5	4
J42	5	5	5	5	4	5
J43	5	5	5	5	5	4
J44	5	5	3	5	4	4
J45	5	3	5	5	5	4
J46	4	4	5	5	5	4
J47	4	5	5	5	5	4

J48	4	3	5	5	5	5
J49	5	5	5	5	4	4
J50	5	5	5	5	5	2
J51	5	5	4	5	4	4
J52	5	5	4	5	5	4
J53	5	5	5	5	4	2
J54	5	5	3	4	4	4
J55	4	5	4	5	4	4
J56	1	4	4	4	4	5
J57	4	5	4	5	5	5
J58	5	3	4	3	4	5
J59	4	4	5	4	4	3
J60	3	5	5	4	3	5
J61	5	3	2	5	2	5
J62	4	5	3	4	5	5
J63	4	4	4	4	5	5
J64	1	3	5	3	4	4
J65	5	5	5	3	4	4
J66	4	2	4	4	3	4
J67	4	5	5	5	5	4
J68	2	4	3	3	5	5
J69	5	4	4	5	3	4
J70	5	5	4	5	2	4
J71	5	3	3	3	5	4
J72	5	4	2	4	4	4
J73	5	4	4	4	5	4
J74	3	3	4	4	5	5
J75	4	5	4	5	2	2
J76	5	5	3	5	4	4
J77	4	4	4	5	4	3
J78	3	4	4	5	4	5
J79	4	5	5	3	4	4
J80	3	5	5	4	4	3

J81	2	3	2	5	5	5
J82	4	4	4	4	5	4
J83	3	4	5	4	4	5
J84	4	4	4	3	5	4
J85	4	4	4	4	4	4
J86	3	5	5	4	3	5
J87	4	5	4	4	5	3
J88	4	4	4	4	4	4
J89	5	4	4	4	5	5
J90	4	5	3	5	4	4
Sumatoria	362	371	380	393	377	342
Promedio	4.02	4.12	4.22	4.37	4.19	3.80

ANEXO 11: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con sulfato ferroso en el atributo **OLOR**

MUESTRAS DE GALLETA CON SULFATO FERROSO (OLOR)						
JUECEZ	M1	M2	M 3	M4	M5	M6
J1	3	2	5	4	4	2
J2	3	4	3	4	4	2
J3	4	3	4	4	4	4
J4	3	5	4	4	4	3
J5	4	3	4	4	5	4
J6	3	5	3	4	5	5
J7	4	5	4	3	5	4
J8	4	5	3	3	3	3
J9	5	4	5	3	5	1
J10	4	3	3	5	3	2
J11	4	4	5	4	5	4
J12	5	2	2	3	2	1
J13	3	3	4	4	3	3
J14	4	4	3	4	4	5
J15	4	4	4	4	4	4
J16	3	4	4	4	5	3

J17	4	4	3	3	3	4
J18	2	4	4	4	4	5
J19	3	5	5	4	3	5
J20	3	3	4	4	3	4
J21	1	3	4	5	4	3
J22	4	4	4	5	4	4
J23	4	4	3	3	3	3
J24	4	2	4	4	4	4
J25	5	4	4	5	4	2
J26	4	4	4	4	5	4
J27	4	4	5	3	5	5
J28	4	2	4	5	4	5
J29	4	5	4	4	3	4
J30	5	5	5	4	4	4
J31	5	5	5	2	2	4
J32	4	5	5	1	4	3
J33	1	5	5	2	4	5
J34	5	5	5	4	4	4
J35	5	5	4	3	2	3
J36	5	5	4	3	2	3
J37	4	5	5	2	3	4
J38	5	5	4	5	5	4
J39	5	5	5	3	5	5
J40	4	4	5	5	3	3
J41	5	5	5	1	5	4
J42	5	5	5	2	5	4
J43	5	4	5	3	5	5
J44	5	4	4	4	5	4
J45	3	4	4	5	4	5
J46	5	3	5	5	5	5
J47	5	5	5	5	3	3
J48	5	5	5	4	4	4
J49	4	4	5	4	3	5

J50	5	3	3	5	2	3
J51	4	5	5	4	5	3
J52	4	5	4	4	4	4
J53	5	4	5	3	5	2
J54	5	3	5	4	4	4
J55	4	5	5	5	5	2
J56	4	5	5	4	4	5
J57	3	4	4	4	3	4
J58	5	4	5	4	4	4
J59	4	5	5	4	4	4
J60	3	4	5	4	2	4
J61	5	4	3	5	3	4
J62	5	5	3	5	3	4
J63	3	5	4	4	4	4
J64	3	4	4	4	3	3
J65	5	4	4	3	4	4
J66	4	2	4	5	3	3
J67	3	5	5	3	4	5
J68	3	4	4	4	2	5
J69	5	3	5	4	4	5
J70	5	2	5	4	4	4
J71	5	2	5	4	4	4
J72	5	4	3	4	4	5
J73	5	4	5	5	5	4
J74	3	5	4	5	4	5
J75	3	5	5	4	5	5
J76	5	5	3	5	4	5
J77	4	4	4	4	4	4
J78	3	4	4	4	5	5
J79	3	4	2	3	4	5
J80	4	4	2	4	4	4
J81	2	4	4	5	4	5
J82	4	4	4	4	5	4

J83	4	4	5	5	5	4
J84	1	4	4	4	4	5
J85	4	5	3	3	4	4
J86	4	3	5	5	4	3
J87	4	5	3	4	3	4
J88	3	4	4	4	3	4
J89	4	4	4	4	4	4
J90	3	5	5	4	4	5
Sumatoria	356	369	377	351	350	351
Promedio	3.96	4.10	4.19	3.90	3.89	3.90

ANEXO 12: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con sulfato ferroso en el atributo **TEXTURA**.

MUESTRAS DE GALLETA CON SULFATO FERROSO (TEXTURA)						
JUECEZ	M1	M2	M 3	M4	M5	M6
J1	4	3	3	5	5	4
J2	5	4	5	5	4	5
J3	5	3	5	4	3	5
J4	4	4	4	3	3	3
J5	3	3	4	5	5	4
J6	4	4	4	5	4	4
J7	4	4	4	4	4	5
J8	4	4	4	5	4	4
J9	5	3	4	4	4	5
J10	5	5	4	4	3	4
J11	3	5	3	3	4	3
J12	2	4	4	4	4	2
J13	4	4	4	5	3	4
J14	3	5	2	4	5	5
J15	4	5	4	5	4	4
J16	4	5	5	5	4	1
J17	5	2	4	4	5	3
J18	4	3	4	4	4	4

J19	4	5	5	5	5	3
J20	1	5	4	4	4	2
J21	2	5	5	4	4	2
J22	3	3	5	5	4	1
J23	4	3	5	4	5	4
J24	3	5	3	3	4	5
J25	4	5	3	3	5	3
J26	4	3	4	4	5	4
J27	3	5	3	4	4	3
J28	5	4	4	5	5	4
J29	5	3	5	4	4	5
J30	5	4	5	5	5	5
J31	5	4	5	4	3	5
J32	5	5	5	1	5	4
J33	3	4	5	4	5	5
J34	4	5	5	5	5	4
J35	3	4	3	3	3	3
J36	5	5	4	4	3	4
J37	3	5	5	4	4	3
J38	4	5	5	5	5	3
J39	4	5	2	5	5	3
J40	4	4	3	4	3	4
J41	5	5	5	2	4	3
J42	5	5	5	4	4	5
J43	5	5	3	2	5	3
J44	5	5	4	5	4	4
J45	4	3	5	4	5	3
J46	3	4	5	4	4	4
J47	4	5	5	4	3	4
J48	4	4	4	5	4	3
J49	4	5	2	4	1	5
J50	5	4	5	5	3	2
J51	5	4	5	4	3	4

J52	4	5	4	5	5	4
J53	5	5	3	4	4	1
J54	4	2	3	3	4	4
J55	4	4	4	5	5	3
J56	3	3	4	5	5	3
J57	1	3	4	5	4	5
J58	5	4	4	4	4	4
J59	4	5	3	5	5	5
J60	3	4	4	4	2	4
J61	4	4	3	2	4	5
J62	5	3	4	4	3	5
J63	3	4	2	5	5	5
J64	3	5	5	5	4	5
J65	5	5	5	4	2	5
J66	5	3	4	3	4	5
J67	4	4	4	4	4	3
J68	4	5	3	5	3	5
J69	5	5	3	3	5	4
J70	5	4	4	4	2	3
J71	5	1	5	5	5	5
J72	5	3	4	5	3	4
J73	3	5	5	5	4	4
J74	3	5	5	5	5	4
J75	4	5	5	4	2	4
J76	4	4	4	5	4	4
J77	4	3	4	5	5	4
J78	4	5	4	5	3	5
J79	4	5	5	4	5	4
J80	4	4	5	3	5	4
J81	4	4	4	4	4	4
J82	5	5	4	4	5	4
J83	2	4	5	3	4	5
J84	4	5	4	4	5	4

J85	4	5	5	4	1	5
J86	4	2	4	3	4	4
J87	4	5	4	4	4	4
J88	5	1	5	4	4	5
J89	4	5	5	3	5	5
J90	4	4	5	4	5	4
Sumatoria	360	372	373	372	363	352
Promedio	4.00	4.13	4.14	4.13	4.03	3.91

ANEXO 13: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con sulfato ferroso en el atributo APARIENCIA GENERAL

MUESTRAS DE GALLETA OPTIMIZADA ENRIQUECIDA CON SULFATO
FERROSO
(APARIENCIA GENERAL)

JUECEZ	M1	M2	M 3	M4	M5	M6
J1	3	4	4	3	3	4
J2	4	3	3	4	5	3
J3	4	4	4	3	4	4
J4	5	5	3	4	3	4
J5	5	4	5	4	4	2
J6	3	5	3	4	3	2
J7	5	4	5	5	2	1
J8	3	3	5	4	4	4
J9	3	4	5	5	3	4
J10	4	4	4	4	5	3
J11	3	4	4	5	3	5
J12	3	1	3	3	1	5
J13	4	5	3	4	5	3
J14	5	4	5	2	1	4
J15	5	4	4	4	4	4
J16	5	5	3	4	2	3
J17	4	4	5	5	5	5

J18	3	2	3	4	4	4
J19	2	4	5	3	3	3
J20	3	4	4	4	4	4
J21	4	4	4	5	4	5
J22	3	5	4	4	5	4
J23	4	4	4	5	4	1
J24	4	3	4	5	4	4
J25	3	4	4	4	5	4
J26	4	4	4	5	5	5
J27	4	4	4	3	5	5
J28	4	4	4	5	5	4
J29	4	5	5	5	4	4
J30	5	5	5	5	5	4
J31	5	5	5	3	3	4
J32	5	1	5	2	5	3
J33	2	4	5	4	5	4
J34	5	5	5	5	5	5
J35	5	5	4	3	4	4
J36	5	5	5	1	1	5
J37	4	5	5	5	5	4
J38	5	5	4	5	5	5
J39	5	5	5	5	5	4
J40	4	4	5	4	3	5
J41	5	5	5	2	5	3
J42	5	4	5	5	5	3
J43	5	3	5	4	4	1
J44	5	4	3	5	2	5
J45	5	4	4	5	4	4
J46	4	3	5	5	5	3
J47	5	4	5	5	4	2
J48	5	4	5	5	4	2
J49	4	4	4	4	2	5
J50	5	5	2	5	4	3

J51	5	5	5	5	1	2
J52	5	5	4	4	5	4
J53	5	5	5	4	4	2
J54	5	4	5	5	4	4
J55	1	3	5	3	4	2
J56	3	5	5	3	4	5
J57	2	3	4	4	4	3
J58	5	4	4	4	4	3
J59	4	4	4	5	5	2
J60	2	4	5	4	2	4
J61	4	5	2	1	5	5
J62	5	3	2	4	3	4
J63	4	4	4	4	5	4
J64	3	4	5	4	4	4
J65	4	4	3	4	4	3
J66	4	5	4	5	5	4
J67	5	5	4	3	4	5
J68	3	4	5	4	3	3
J69	5	3	4	4	4	5
J70	5	3	5	3	4	2
J71	5	3	4	4	4	3
J72	5	4	4	4	5	4
J73	4	4	5	4	4	4
J74	3	5	3	5	3	5
J75	5	5	5	4	1	2
J76	5	5	5	5	5	5
J77	4	4	4	4	4	4
J78	2	5	3	4	4	4
J79	3	5	4	2	4	5
J80	4	5	4	3	4	4
J81	3	2	3	5	5	3
J82	5	4	4	5	5	4
J83	4	4	5	5	4	2

J84	1	3	4	4	4	5
J85	4	4	4	4	4	4
J86	5	4	3	4	3	5
J87	4	5	4	4	4	4
J88	4	4	4	4	3	4
J89	5	4	4	4	4	4
J90	4	5	5	4	4	4
Sumatoria	366	369	378	365	350	334
Promedio	4.07	4.10	4.20	4.06	3.89	3.71

TABULACIÓN DE ENCUESTAS PARA LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS CON HIERRO AMINOQUELADO

ANEXO 14: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con hierro aminoquelado en el atributo **COLOR**

MUESTRAS DE GALLETA OPTIMIZADA ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO (**COLOR**)

JUECEZ	M1	M2	M 3	M4	M5	M6
J1	5	5	5	4	2	4
J2	4	4	2	4	3	1
J3	5	4	5	5	5	5
J4	4	4	4	4	4	3
J5	5	5	4	5	4	4
J6	2	2	5	4	2	3
J7	2	4	1	4	5	5
J8	3	4	3	2	2	1
J9	2	2	2	4	3	2
J10	4	5	4	5	5	3
J11	2	4	4	4	5	1
J12	4	4	4	2	4	4
J13	4	4	4	4	5	4
J14	4	4	5	3	5	4

J15	4	5	3	5	5	5
J16	3	3	4	3	3	3
J17	5	2	3	3	3	3
J18	3	1	3	2	3	4
J19	3	5	5	3	5	2
J20	5	5	1	4	5	4
J21	5	4	4	5	2	1
J22	3	3	3	4	4	2
J23	3	5	5	3	5	5
J24	5	3	4	4	5	5
J25	4	5	4	4	4	4
J26	4	3	2	5	2	4
J27	3	5	4	3	1	4
J28	3	5	5	4	5	5
J29	5	4	4	2	3	5
J30	3	5	5	3	5	3
J31	4	4	4	3	3	3
J32	5	5	5	5	5	5
J33	5	5	5	5	5	5
J34	1	4	4	5	2	3
J35	4	5	2	5	3	4
J36	2	5	5	5	5	3
J37	5	4	5	5	5	3
J38	5	5	5	5	5	5
J39	5	5	5	5	4	5
J40	5	5	5	5	5	5
J41	3	4	4	2	5	5
J42	3	1	3	2	5	2
J43	3	1	3	2	5	2
J44	2	3	1	2	2	1
J45	5	4	4	5	5	5
J46	5	5	4	5	5	3
J47	4	3	4	4	4	4

J48	5	5	5	5	5	5
J49	5	5	5	5	5	5
J50	5	5	5	5	5	5
J51	5	5	5	5	5	5
J52	5	5	5	5	5	5
J53	5	5	5	5	5	5
J54	4	3	4	5	3	4
J55	4	3	5	5	4	4
J56	5	4	4	4	4	4
J57	5	4	4	5	3	4
J58	4	4	3	5	5	5
J59	3	5	5	5	5	4
J60	4	4	4	4	4	3
J61	3	2	4	4	5	5
J62	4	5	5	5	5	4
J63	5	5	5	5	5	4
J64	4	4	3	3	1	5
J65	4	3	3	4	4	4
J66	3	2	4	4	4	3
J67	3	4	4	4	4	4
J68	4	4	5	5	4	4
J69	4	5	5	4	3	5
J70	5	4	4	4	5	3
J71	3	3	4	5	3	4
J72	3	4	3	4	4	4
J73	4	4	4	4	5	4
J74	4	4	4	3	2	3
J75	3	4	4	5	4	3
J76	4	3	4	5	4	4
J77	3	4	5	4	4	3
J78	5	5	4	4	4	5
J79	4	5	4	5	4	5
J80	4	4	4	4	4	5

J81	3	4	4	4	3	4
J82	3	4	4	5	3	4
J83	2	3	4	3	4	4
J84	4	5	4	4	4	4
J85	5	3	4	5	5	4
J86	3	5	5	4	5	5
J87	3	5	5	4	4	2
J88	4	4	5	5	3	5
J89	4	4	5	5	3	5
J90	4	3	4	5	5	4
Sumatoria	347	361	364	373	362	346
Promedio	3.86	4.01	4.04	4.14	4.02	3.84

ANEXO 15: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con hierro aminoquelado en el atributo SABOR

MUESTRAS DE GALLETA OPTIMIZADA ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO (SABOR)						
JUECEZ	M1	M2	M 3	M4	M5	M6
J1	4	5	4	4	4	5
J2	3	4	4	4	2	4
J3	5	4	4	5	5	5
J4	4	5	4	4	3	4
J5	5	4	5	4	5	5
J6	4	5	4	4	4	4
J7	5	4	5	4	4	5
J8	4	5	4	4	5	5
J9	4	5	4	3	4	4
J10	4	4	3	5	5	5
J11	5	3	4	4	4	4
J12	3	4	3	4	4	4
J13	4	5	5	4	3	4

J14	5	3	3	5	5	5
J15	3	3	4	3	5	3
J16	3	4	4	3	4	4
J17	5	1	4	5	5	5
J18	3	5	5	3	4	3
J19	4	3	4	5	5	2
J20	5	5	3	5	5	5
J21	3	2	5	5	1	3
J22	3	5	5	4	3	3
J23	5	5	5	5	5	5
J24	5	4	4	5	5	5
J25	5	3	4	5	4	4
J26	5	2	5	4	4	4
J27	5	4	3	5	5	4
J28	5	5	5	5	4	4
J29	5	5	5	3	4	5
J30	5	5	5	5	5	3
J31	3	4	4	3	4	3
J32	5	5	5	5	5	5
J33	5	4	5	2	5	5
J34	4	3	3	4	2	4
J35	5	5	3	3	4	3
J36	5	3	3	3	3	1
J37	4	5	5	5	5	5
J38	5	5	5	5	5	5
J39	5	5	5	4	4	4
J40	5	5	5	5	5	4
J41	5	3	3	5	4	4
J42	5	4	5	5	5	5
J43	5	4	5	5	3	4
J44	5	4	5	5	4	5
J45	4	5	5	5	4	4
J46	3	5	5	5	4	4

J47	5	4	5	5	5	5
J48	5	5	5	5	5	5
J49	3	5	5	5	5	5
J50	5	1	5	5	5	5
J51	5	5	5	5	5	5
J52	5	5	5	5	5	5
J53	4	3	5	5	5	5
J54	4	5	2	5	4	3
J55	2	4	3	5	4	5
J56	3	4	4	4	4	5
J57	4	3	4	5	3	5
J58	5	4	4	5	4	4
J59	4	5	5	5	4	5
J60	4	4	4	4	4	3
J61	3	2	4	3	5	4
J62	4	5	4	5	4	4
J63	5	5	5	5	5	4
J64	4	4	4	2	1	3
J65	5	3	4	4	2	4
J66	3	2	2	2	3	2
J67	4	4	3	4	4	4
J68	4	4	2	4	5	4
J69	4	5	5	5	4	4
J70	5	5	4	5	5	5
J71	2	2	2	1	4	4
J72	4	5	5	5	3	4
J73	4	3	5	4	5	4
J74	4	4	4	5	3	5
J75	4	3	5	5	5	5
J76	5	5	5	2	5	5
J77	4	4	3	3	3	4
J78	1	5	5	5	5	5
J79	5	3	5	4	3	5

J80	1	4	5	4	3	4
J81	4	4	3	3	5	5
J82	3	3	4	3	4	3
J83	3	4	3	4	4	4
J84	5	5	4	5	5	4
J85	4	4	3	4	5	5
J86	3	4	5	5	5	3
J87	2	4	4	5	1	5
J88	5	5	5	5	4	4
J89	5	4	4	4	3	3
J90	4	4	5	5	5	4
Sumatoria	372	365	379	385	371	378
Promedio	4.13	4.06	4.21	4.28	4.12	4.20

ANEXO 16: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con hierro aminoquelado en el atributo **OLOR**

MUESTRAS DE GALLETA OPTIMIZADA ENRIQUECIDA CON HIERRO
AMINOQUELADO (**OLOR**)

JUECEZ	M1	M2	M 3	M4	M5	M6
J1	3	5	4	5	5	5
J2	3	3	4	4	1	3
J3	4	4	4	4	4	4
J4	4	3	3	4	3	3
J5	5	5	4	5	5	5
J6	2	3	4	3	3	3
J7	4	5	2	4	2	3
J8	2	4	4	2	2	2
J9	4	2	1	4	5	4
J10	5	4	5	3	4	2
J11	2	3	3	4	5	2
J12	3	4	3	3	3	4
J13	5	4	4	3	3	4

J14	4	4	2	4	3	3
J15	2	4	3	2	2	2
J16	3	4	4	3	2	3
J17	5	5	3	3	2	5
J18	3	1	2	4	4	4
J19	4	1	3	1	2	4
J20	5	5	5	5	4	5
J21	5	5	2	5	5	4
J22	3	4	5	3	2	4
J23	4	3	4	3	5	3
J24	5	4	4	4	4	5
J25	4	4	4	2	3	4
J26	5	5	2	3	4	3
J27	4	5	4	5	3	5
J28	4	5	5	3	4	2
J29	5	4	4	3	4	1
J30	3	5	5	5	5	5
J31	4	3	4	3	3	3
J32	5	5	5	5	5	5
J33	5	5	5	1	5	5
J34	4	3	3	3	2	4
J35	5	5	5	4	2	5
J36	4	5	5	3	5	3
J37	5	3	4	5	5	5
J38	3	3	4	5	3	4
J39	5	5	4	5	3	5
J40	5	5	5	5	3	4
J41	4	4	1	3	3	4
J42	4	2	1	3	3	5
J43	4	2	3	4	5	4
J44	4	3	3	2	5	1
J45	4	4	5	4	5	4
J46	3	5	5	5	5	5

J47	4	5	4	5	4	4
J48	5	5	5	5	5	5
J49	5	5	5	5	5	5
J50	4	5	5	5	5	5
J51	4	4	5	4	4	4
J52	4	5	5	5	5	5
J53	5	5	5	5	5	5
J54	5	5	4	5	4	4
J55	2	4	4	5	4	4
J56	4	4	4	4	4	4
J57	4	3	4	3	4	4
J58	4	5	4	5	4	4
J59	4	5	4	5	4	4
J60	4	4	4	4	3	5
J61	3	4	4	4	4	3
J62	3	5	4	5	4	5
J63	5	5	5	5	5	4
J64	5	3	3	5	2	4
J65	5	4	5	2	2	4
J66	3	3	5	4	3	1
J67	3	4	4	4	3	2
J68	4	2	3	1	3	4
J69	4	4	1	4	4	5
J70	5	5	5	3	5	4
J71	3	4	3	5	4	4
J72	3	5	4	2	4	4
J73	4	3	4	5	5	3
J74	4	5	3	3	4	4
J75	4	5	5	5	4	3
J76	4	4	5	5	4	4
J77	3	3	4	2	3	2
J78	5	5	3	4	4	5
J79	4	3	3	5	4	5

J80	4	4	4	3	4	4
J81	4	4	5	4	5	5
J82	4	3	5	4	4	3
J83	2	4	3	3	4	4
J84	4	5	4	4	4	3
J85	3	5	4	5	5	2
J86	5	4	4	4	3	1
J87	2	4	4	4	4	2
J88	4	4	4	5	4	4
J89	4	5	4	3	5	5
J90	3	5	3	4	3	4
Sumatoria	353	366	347	347	341	341
Promedio	3.92	4.07	3.86	3.86	3.79	3.79

ANEXO 17: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con hierro aminoquelado en el atributo **TEXTURA**

MUESTRAS DE GALLETA CON HIERRO AMINOQUELA (TEXTURA)						
JUECEZ	M1	M2	M 3	M4	M5	M6
J1	5	4	4	5	5	5
J2	2	4	4	4	4	4
J3	4	3	4	3	4	4
J4	3	4	5	4	4	4
J5	5	4	5	5	4	5
J6	3	3	3	3	3	3
J7	3	4	4	5	4	4
J8	2	2	4	4	1	5
J9	2	2	3	4	4	3
J10	3	4	4	5	5	5
J11	5	4	4	4	1	2
J12	4	3	3	4	5	4
J13	3	5	3	3	3	3
J14	4	5	5	3	3	4
J15	3	5	4	5	5	5

J16	5	5	4	5	3	4
J17	4	3	4	2	4	2
J18	5	4	3	5	5	4
J19	1	2	5	2	3	4
J20	5	4	1	5	5	5
J21	3	3	3	5	4	4
J22	2	4	5	3	3	3
J23	5	5	4	5	5	5
J24	4	4	4	3	4	5
J25	4	3	3	4	4	4
J26	2	4	4	3	3	3
J27	5	2	4	5	2	4
J28	3	4	4	4	5	5
J29	5	5	2	1	3	3
J30	4	5	5	5	5	5
J31	3	1	3	3	4	2
J32	5	5	5	5	3	5
J33	5	5	4	1	5	5
J34	4	4	4	4	4	4
J35	5	4	2	5	1	3
J36	3	3	3	5	3	2
J37	5	4	5	3	3	4
J38	5	4	4	5	5	5
J39	4	5	4	5	5	5
J40	2	4	5	5	5	4
J41	4	3	5	3	5	4
J42	3	1	2	3	3	5
J43	4	2	3	4	5	4
J44	5	4	3	5	2	2
J45	3	4	5	3	5	5
J46	4	3	5	5	4	5
J47	5	4	5	4	5	5
J48	5	5	5	5	5	5

J49	5	5	5	5	5	5
J50	5	5	5	5	5	5
J51	5	5	5	5	5	5
J52	5	5	5	5	5	5
J53	3	2	4	4	5	5
J54	4	4	3	5	3	3
J55	2	4	4	5	4	3
J56	5	4	4	4	4	4
J57	5	3	4	4	4	5
J58	3	4	4	5	3	4
J59	3	5	5	5	3	4
J60	4	4	4	4	4	4
J61	5	2	3	4	4	3
J62	1	4	4	5	5	5
J63	5	5	5	5	5	4
J64	4	3	4	5	4	4
J65	5	2	3	4	3	4
J66	4	3	2	3	4	2
J67	4	2	3	4	3	2
J68	4	4	1	4	4	4
J69	3	5	5	5	5	4
J70	5	4	4	5	5	5
J71	1	1	4	3	3	4
J72	5	4	5	5	4	4
J73	3	3	4	4	4	3
J74	4	4	4	5	3	3
J75	3	3	5	5	5	4
J76	4	5	5	3	3	4
J77	3	3	3	5	4	2
J78	5	5	5	5	3	5
J79	3	3	2	3	5	4
J80	3	4	3	5	5	4
J81	4	2	3	3	4	1

J82	4	3	4	4	3	4
J83	3	4	4	4	4	4
J84	5	5	4	5	5	4
J85	3	5	5	4	4	4
J86	3	5	3	3	4	3
J87	4	2	5	4	4	5
J88	5	5	4	4	4	4
J89	2	5	3	4	3	5
J90	4	5	4	5	4	5
Sumatoria	342	338	351	374	355	359
Promedio	3.80	3.76	3.90	4.16	3.94	3.99

ANEXO 18: Resultados del grado de satisfacción para las galletas enriquecidas con hierro aminoquelado en el atributo APARIENCIA GENERAL

MUESTRAS DE GALLETA CON HIERRO AMINOQUELADO						
(APARIENCIA GENERAL)						
JUECEZ	M1	M2	M 3	M4	M5	M6
J1	5	4	4	5	5	5
J2	2	3	5	3	3	4
J3	3	4	3	5	3	4
J4	3	4	4	4	2	4
J5	5	4	5	4	5	5
J6	4	1	5	4	1	1
J7	4	5	5	4	4	4
J8	4	4	5	4	5	4
J9	4	5	5	2	3	5
J10	3	5	4	5	3	5
J11	4	4	5	5	4	3
J12	5	5	3	5	6	1
J13	3	3	4	4	3	3
J14	3	3	5	5	5	4
J15	5	5	3	5	5	5
J16	4	4	4	4	4	4

J17	5	3	5	4	3	3
J18	4	4	4	2	4	4
J19	3	3	5	4	3	4
J20	5	5	5	5	5	2
J21	5	4	3	5	5	3
J22	3	2	5	3	3	1
J23	5	5	5	5	5	3
J24	3	5	4	5	5	5
J25	4	3	4	5	3	3
J26	3	4	4	4	4	4
J27	5	3	5	5	4	4
J28	5	5	5	5	5	4
J29	4	5	4	5	4	4
J30	5	5	5	5	5	5
J31	3	3	5	3	5	4
J32	5	5	5	5	5	5
J33	5	5	5	3	5	5
J34	3	4	2	4	5	3
J35	5	5	3	5	5	3
J36	5	3	3	4	3	4
J37	4	5	3	4	5	5
J38	5	5	3	5	5	5
J39	5	5	4	5	5	5
J40	5	4	4	5	1	4
J41	4	5	4	3	3	4
J42	4	3	4	4	5	5
J43	4	3	4	3	4	5
J44	3	5	4	2	4	2
J45	5	5	5	5	5	5
J46	4	5	5	5	4	3
J47	4	5	4	5	4	4
J48	5	5	5	5	5	5
J49	5	5	5	5	5	5

J50	5	5	5	5	1	5
J51	5	5	5	5	5	5
J52	5	5	5	5	5	5
J53	5	5	5	5	5	5
J54	4	5	2	5	3	4
J55	3	4	4	5	4	2
J56	4	4	4	4	4	4
J57	3	3	4	5	2	2
J58	3	4	5	5	4	4
J59	4	5	3	5	4	4
J60	4	4	4	5	4	4
J61	2	1	4	4	4	2
J62	3	5	4	5	4	4
J63	5	5	5	5	5	4
J64	5	3	3	5	5	5
J65	5	4	3	4	3	4
J66	2	2	3	1	4	2
J67	3	3	4	4	3	2
J68	4	3	3	4	4	4
J69	4	4	5	5	4	5
J70	4	5	4	5	5	5
J71	3	3	3	4	4	3
J72	4	5	5	5	5	4
J73	1	2	4	4	2	5
J74	4	4	4	5	4	1
J75	4	5	5	5	4	3
J76	4	5	5	4	4	3
J77	4	4	4	5	2	5
J78	5	5	5	5	4	5
J79	4	3	4	2	3	5
J80	3	4	2	5	4	3
J81	4	4	4	4	4	2
J82	2	4	3	2	3	3

J83	4	5	3	4	4	4
J84	5	5	4	5	5	4
J85	2	4	3	3	5	5
J86	4	4	4	4	2	2
J87	5	3	4	4	3	5
J88	5	4	4	5	4	4
J89	4	4	5	4	4	5
J90	4	4	5	4	5	4
Sumatoria	360	369	373	389	359	347
Promedio	4.00	4.10	4.14	4.32	3.99	3.86

ANEXO 19: Ficha Técnica del Producto Terminado

Nombre del producto	GALLETA DE CAÑIHUA ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO	
Descripción del producto	Producto secado a calor, elaborado a partir de cañihua y que es secada en hornos	
Composición nutricional	Humedad %	3,67
	Cenizas %	1,51
	Proteínas %	10,41
	Grasa %	20,01
	Fibra Cruda %	1,48
	Carbohidratos %	62,92
	Energía total Kcal /100 g	473,41
	Acidez % (Exp. Ac. Sulfúrico)	0,10
	pH	6,89
Formulación	MATERIA PRIMA/INSUMO	PORCENTAJE (%)
	Harina de trigo	35
	Harina de cañihua	29
	manteca	17
	azúcar	15
	Leche en polvo	3
	Bicarbonato de sodio	0.45
	sal	0.4
	Esencia de chocolate	0.15
		100
Características organolépticas	 <p>Color: Café oscuro uniforme,</p> <p>Olor: característico, libre del olor a humedad. libre de olores y sabores desagradables.</p> <p>Sabor y olor: característico (natural)</p> <p>Textura: crujiente y suave, poco porosa y uniforme</p>	
Tipo de conservación	A temperatura ambiente	
Consideraciones para el almacenamiento	Mantener y conservar el producto en su respectivo ambiente, para evitar posibles contaminaciones por medio en el que se pueda encontrar	

ANEXO 20: Norma Técnica Peruana NTP 206.001.03. 1981 para Galletas

Perú Norma Técnica Nacional	GALLETAS Requisitos	NTP 206.001 Marzo, 1981
	<p style="text-align: center;">1. NORMAS A CONSULTAR</p> <p>ITINTEC 202.001 Leche. Definiciones, clases y requisitos ITINTEC 202.001 Leche Evaporada ITINTEC 202.003 Leche Condensada ITINTEC 202.005 Leche en polvo ITINTEC 202.024 Mantequilla ITINTEC 202.027 Harina de Trigo para consumo doméstico y uso industrial ITINTEC 207.003 Azúcar Refinado ITINTEC 208.002 Cacao y Derivado ITINTEC 209.001 Aceites Vegetables Comestibles ITINTEC 209.002 Mantecas ITINTEC 209.016 Sal para uso de la industria alimenticia ITINTEC 209.038 Norma General para el rotulado de los alimentos envasados ITINTEC 209.034 Aditivos Alimentarios. Colorantes de uso permitido en alimentos</p> <p style="text-align: center;">2. OBJETO</p> <p>La presente norma define y establece los requisitos para las galletas.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Galletas: Son los productos de consistencia más o menos dura y crocante de forma variable, obtenidas por el cocimiento de masas preparadas con harina, con o sin leudantes, leches, féculas, sal, huevos, agua potable y azúcar, mantequilla y grasas comestibles, saborizantes, colorantes, conservadores, y otros ingredientes permitidos y debidamente autorizados.</p>	
	R.D. N° 049 – 81 ITINTEC DG/IN 81-03-02	5 paginas
C.D.U	REPRODUCCIÓN PROHIBIDA	

PROLOGO

- A. La presente norma técnica nacional fue elaborada por el comité 21: productos agrícolas alimenticios, Sc. 21:05 harinas, féculas, almidones productos de molinería y panadería, en sus reuniones ordinarias llevadas a cabo durante los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio y agosto de 1976.
- B. en la elaboración de la presente norma técnica nacional participaron las siguientes entidades:
- centro regional de investigación agraria.
 - sociedad de industrias. comité de molinos.
 - ministerio de alimentación. dirección de industrias agropecuarias.
 - instituto de nutrición, laboratorio de registro y control.
 - policía de investigación del Perú. laboratorio central.
- C. esta norma técnica nacional fue aprobada por resolución directoral R.D. N° 171-79 ITDNTEC-DG/ D2 de fecha 4 de julio de 1979.
- D. a solicitud de comité de molinos de trigo de la sociedad de las industrias fue revisada en una reunión extraordinaria en el mes de setiembre de 1979 y nuevamente aprobada por resolución directoral.

3.2 Aditivos alimentarios. Es cualquier sustancia que normalmente no se consume

como alimento ni se usa como ingrediente característico del alimento tenga o no valor nutritivo y cuya adicción intencional al alimento con un fin tecnológico (incluso organoléptico) en la producción , elaboración ,preparación , tratamiento , envase equipamiento , transporte o conservación de un alimento ,resulta o es de prever que resulta (directa o indirectamente) en que el o sus derivados pasen a ser un componente de tales alimentos o afecten a las características de estos.

3.3 **Envase final.** - Es al que está directamente en contacto con el producto.

3.4 Envase primario. - Es el que protege e involucra a muchos envases finales o directamente a muchas galletas cuando estas se moldean a granel sin envase final.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 Por su sabor se clasifican en:

4.1.1 Saladas

4.1.2 Dulces

4.1.3 De sabores especiales

4.2 Por su presentación se clasifican en:

Simple: Cuando el producto se presenta sin ningún agregado posterior luego cocido.

Rellenas: Cuando entre dos galletas se colocan un relleno apropiado.

Revestidas: cuando exteriormente presentan un revestimiento apropiado. Pueden ser simples o rellenas.

Por su forma de comercialización se clasifican en:

Galletas envasadas: son las que se comercializan en paquetes sellados de pequeñas cantidades o en envases sellados.

Galletas a granel: son los que se comercializan generalmente en cajas, hojalata o tecnoport.

5. CONDICIONES GENERALES

5.1 Deberán fabricarse a partir de materias sanas y limpias, exentas de impurezas de toda especie y en perfecto estado de conservación.

5.2 Será permitido el uso de colorantes naturales y artificiales, conforme a la norma técnica nacional 22-01 003 aditivos alimentarios. colorantes de uso permitido en alimentos.

5.3 El expendio de galletas, en envases originales de fábrica y n buenas condiciones de Higiene. los envases no deberán presentar manchas de aceite, o cualquier otro producto extraño.

5.4 Los comerciantes de galletas, las bodegas y sitios de expendio en general deberán preservar el producto de la acción de la humedad de los insectos, roedores de la exposición directa a l sol, polvo etc.

5.5 Todo tipo de galletas deberá elaborarse exclusivamente con agua potable.

A los efectos de las determinaciones analíticas se admitirán las siguientes tolerancias.

Humedad: una unida en más de la cifra indicada.

Cenizas totales: 1%

5.7 El local destinado al almacenaje de galletas deberá ser limpio, ventilado y mantenido en condiciones higiénicas, de tal forma de evitar contaminaciones del producto por ataque de insectos, roedores plaguicidas y descomposición por condiciones ambientales como lluvia, sol, humo, excesivo, calor gases tóxicos, etc.

5.8 Los envases se dispondrán en rumas o estantes de tal manera que en su alrededor pueda circular una persona.

5.9 Las rumas se dispondrán sobre parihuelas o tablas, evitando así el contacto entre el piso y la primera hilera de bolsas o cajas.

5.10 El transporte deberá realizarse de manera que no se evite maltrato, contaminaciones y daños de los envases y del contenido por condiciones ambientales adversos.

6. REQUISITOS

6.1	Requisitos físico-químicos		
6.1.1	Humedad	máximo	12 %
6.1.2	Cenizas totales (libre de cloruros)	máximo	3 %
6.1.3	Índice de peróxido	máximo	5mg/kg
6.1.4	Acidez expresada en ácido láctico	máximo	0.10 %

Nota: Los resultados de las determinaciones de cenizas y acidez que refieren a un contenido de 12 % de humedad en el producto.

6.2 Será autorizado el uso de los siguientes aditivos en las dosis máximas permitidas de acuerdo a las practicas correctas de fabricación.

6.2.1 Emulsionantes y/o estabilizantes, tales como lecitina, di glicéridos, etc.

6.2.2 Antioxidantes tales como butilhidroxianisol, ácido gálico, etc.

6.2.3 Espesantes, tales como albumina, clara de huevo, etc.

6.2.4 Conservadores tales como ácido propilénico y sus sales de calcio y sodio; y ácido sorbico y sus sales alcalinas, etc.

6.2.4 Mejoradores, tales como ácido ascórbico ácido láctico, etc.

6.2.5 Leudantes tales como ácido tartárico, ácido cítrico, bicarbonato de sodio, carbonato de amonio, bicarbonato de potasio, etc.

6.3 REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS

Deberá estar exentos de microorganismos patógenos.

7. ROTULADO, ENVASE Y EMBALAJE

7.1 Rotulado

7.1.1 El rotulado deberá cumplir con las normas técnicas nacional obligatoria 209.038 norma general para el rotulado de los alimentos envasados y se incluirá especialmente lo siguiente:

7.1.1.1 Nombre comercial del producto

- 7.1.1.2 Clasificación del producto según el capítulo 4
- 7.1.1.3 Clave, código o serie de producción.
- 7.1.1.4 Lista de los ingredientes utilizados indicados en orden decreciente de proporciones
- 7.1.1.5 Registro industrial.
- 7.1.1.6 Autorización sanitaria.
- 7.1.1.7 Cualquier otro dato requerido por la ley o reglamento.

7.2 Envase

7.2.1 Se emplearán envases nuevos que reúnan las condiciones necesarias para que el producto mantenga la frescura y calidad requerida, así como la suficiente protección en las condiciones normales de manipuleo y transporte

7.2.2 El peso neto tendrá un a tolerancia de:

Envase:	hasta 1 kg inclusive	4%
	De 1 a 5 kg inclusive	3%
	Más de 5kg	2%

Nota: se considera la tolerancia en base a la humedad mínima de 12%.

8. ANTECEDENTES

- 8.1 D.G.H norma mecánica -F –G- galletas. México 1961.
- 8.2 ICONTEC. norma colombiana N° 253 harina de trigo para galletería Bogotá.
- 8.3 ICONTEC. 205..027. harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial. Lima, 1970.
- 8.4 MONTES Adolfo bromatología. Toro ll. editorial universitaria. Buenos aires, 1965.

ANEXO 21: Análisis Físicoquímico de las tres galletas en estudio



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario N° 1150. Telf.: (051) 999430 / IP. 10701 / (051) 366080

LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0185-2019-LENA-EPIA

SOLICITANTE: ROCIO SULMA LAYME CALDERON
PROCEDENCIA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
TITULO DE TESIS: "FORMULACION Y EVALUACION DE GALLETAS A BASE DE CAÑIHUA (*Chenopodium polychaetum Arbus*) ENRIQUESIDA CON HIERRO DIRIGIDA A NIÑOS EN EDAD ESCOLAR"
PRODUCTOS: -GALLETAS DE CAÑIHUA ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO
 -GALLETAS DE CAÑIHUA ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO
 -GALLETAS DE CAÑIHUA
PRESENTACION: 1kg.
ENSAYO SOLICITADO: FISICO QUIMICO
FECHA DE RECEPCION: 18 de Setiembre del 2019
FECHA DE ENSAYO: 18 de Setiembre del 2019
FECHA DE EMISION: 25 de Setiembre del 2019

RESULTADOS:

De acuerdo al informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

DETERMINACIONES FISICO QUIMICAS

ENSAYOS	PRODUCTOS		
	GALLETAS DE CAÑIHUA ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO	GALLETAS DE CAÑIHUA ENRIQUECIDA CON HIERRO AMINOQUELADO	GALLETAS DE CAÑIHUA
Humedad %	6,36	3,67	2,83
Cenizas %	1,26	1,51	1,37
Proteína %	10,76	10,41	9,71
Grasa %	19,38	20,01	21,53
Fibra Cruda %	1,52	1,48	1,64
Carbohidratos %	69,72	62,92	62,92
Energía total Kcal / 100 g	496,22	473,41	384,29
Acidez % (Exp. Ac. Sulfúrico)	0,07	0,10	0,10
pH	6,75	6,89	7,07

MÉTODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO:

- AOAC. 2002

CONCLUSIÓN: Los resultados de Físico Químicos están conformes.

Puno, C.U. 25 de Setiembre del 2019


 Director General
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
 U.N.A. PUNO




 Director del Laboratorio
 CIP. 18012
 JEF. DE LABORATORIO

ANEXO 22: Análisis de Contenido de Hierro de las tres galletas en estudio



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

191. San José SIN Unacolo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204235 ☎ + 51 54 382035 ANEXO 1185
 ✉ laboratorioensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apdo. 1380
 AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO N° ANA09109.004248

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Rocío Sulma Layme Calderón
 Dirección del cliente : Urb Los Angeles Mz T Lot 1 Jirón Huancane Juliaca Puno
 RUC : No corresponde
 Identificación del contacto : Rocío Sulma Layme Calderón
 Descripción de la muestra : Varios

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
 Tamaño de muestra : 200 g
 Fecha de recepción : 09/09/2019
 Fecha de ejecución de ensayo : 09/09/2019 al 18/09/2019
 Fecha de emisión de informe : 01/10/2019
 Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO - QUIMICO:

ANÁLISIS		
DETERMINACIÓN DE HIERRO		
Método plasma de acoplamiento inductivo (ICP) con espectrofotómetro de emisión óptica (OES)		
	UNIDADES	RESULTADO
Galletas de café	mg/Kg	16,60
Galletas de café enriquecida con hierro aminoquelado	mg/Kg	34,65
Galleta de café enriquecida con sulfato ferroso	mg/Kg	53,80

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.


 Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez
 CIPDA 09824
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



ANEXO 23: Constancia de uso del bioterio



Universidad Católica
de Santa María

(51 84) 382039 <http://www.ucsm.edu.pe> [facebook.com/ucsm.edu.pe/](https://www.facebook.com/ucsm.edu.pe/)

CONSTANCIA ESPECIAL N°009-Coord.Lab-2019

LA QUE SUSCRIBE COORDINADORA DE LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA, DEJA CONSTANCIA QUE LA SEÑORITA:

LAYME CALDERON ROCIO SULMA

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA -PUNO.

HA DESARROLLADO EL PROYECTO DE TESIS, TITULADO:

"FORMULACION Y EVALUACION DE GALLETAS A BASE DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule aillen*) ENRIQUECIDA CON HIERRO DIRIGIDA A NIÑOS EN EDAD ESCOLAR"

HACIENDO USO DEL BIOTERIO Y ANIMALES DE EXPERIMENTACION (RATAS) DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PERIODO : del 09 de setiembre al 09 de octubre 2019.

SE EXPIDE LA PRESENTE CONSTANCIA A SOLICITUD EXPRESA, Y PARA LOS FINES QUE CONVENGA.

Arequipa, 2019,10.02.

P. Gladys Valdivia C.
Dra. RESUSMELLY ZAMBRANO GALAS DE CALLE
COORDINADORA DE LABORATORIOS
Y BIOTERIOS
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DV/C/01/16
01

ANEXO 24: Panel Fotográfico



MOLDEADO DE LAS GALLETAS EN ESTUDIO



HORNEADO DE GALLETAS DE LAS GALLETAS EN ESTUDIO



**PRIMERA ENCUESTA REALIZADA EN LA I.E.P SEÑOR DE HUANCA
PARA EL PRIMER OBJETIVO**



PRIMERA ENCUESTA REALIZADA EN LA I.E.P MARIA AUXILIADORA PARA EL PRIMER OBJETIVO

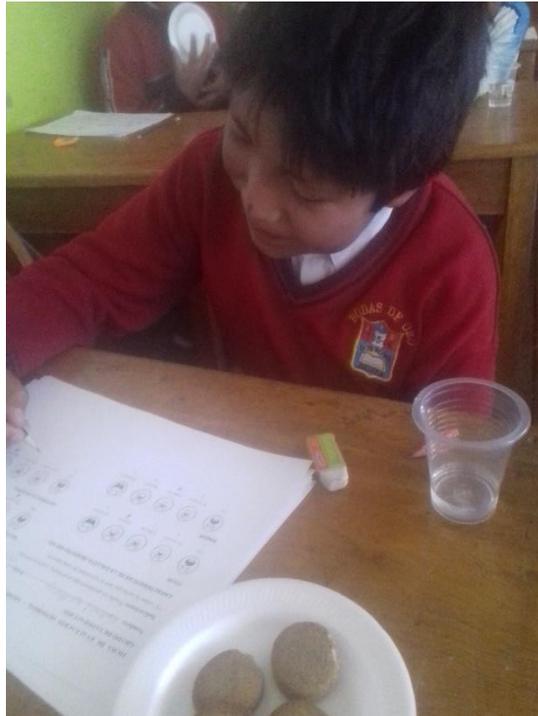




HORNEADO DE GALLETAS PARA EL SEGUNDO OBJETIVO



**EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS
CON SULFATO FERROSO Y HIERRO AMINOQUELADO I.E.P
SANTA MARÍA**



EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA GALLETA OPTIMIZADA ENRIQUECIDA CON SULFATO FERROSO Y HIERRO AMINOQUELADO EN LA IEP SEÑOR DE HUANCA



EVALUACIÓN DE SULFATO FERROSO Y HIERRO AMINOQUELADO I.E.P. MARÍA AUXILIADORA



EQUIPOS PARA LA ELABORACION DEL PRODUCTO



PESADO DE LOS ANIMALES EXPERIMENTALES (RATAS)



HEMOGLOBINÓMETRO PORTÁTIL



MEDICIÓN DE HEMOGLOBINA EN LA PRUEBA BASAL



IMÁGENES DE LA PRUEBA DE CONTROL



IMÁGENES DE PRUEBAS FINALES