

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



DETERMINACION CUANTITATIVA DE CALCIO Y MAGNESIO EN GALLETAS  
COMERCIALIZADAS EN DOS SUPERMERCADOS EN LA PERIFERIA DE  
APOPA

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

PRESENTADO POR

DENIS ARISTIDES GARCIA BARRERA.

PARA OPTAR AL GRADO DE

LICENCIADO EN QUIMICA Y FARMACIA

ABRIL 2023

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS BENITEZ

**SECRETARIO GENERAL**

MAESTRO FRANCISCO ANTONIO ALARCON SALDOVAL

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LICDA. REINA MARIBEL GALDAMEZ

**SECRETARIA**

LICDA. EUGENIA SORTO LEMUS

**DIRECCION DE PROCESOS DE GRADO**

**DIRECTORA GENERAL**

MSc. Ena Edith Herrera Salazar

**TRIBUNAL EVALUADOR**

**ASESORA DE AREA**

Licda. María del Carmen Polio Martínez

**ASESOR DE AREA**

Lic. Mario Antonio Hernández Melgar

**DOCENTE ASESOR**

Lic. Guillermo Antonio Castillo Ruiz

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios todo poderoso, por haberme regalado sabiduría y guiarme en el desarrollo de mis estudios.

A mi docente asesor Lic. Guillermo Antonio Castillo Ruiz, por su paciencia, determinación y comprensión durante todo el proceso de realización del presente trabajo.

Al técnico laboratorista Rogelio Adalberto Morán por su ayuda brindada en toda la parte experimental.

A la Facultad Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador por permitir el uso de sus Laboratorios y equipos para la realización de los diferentes análisis del presente trabajo.

A mi esposa que durante todo el proceso siempre estuvo apoyándome.

A Msc. Ena Herrera, Lic. María del Carmen Polio, Lic Lorena Ramírez, Lic. Mario Hernández quienes oportunamente me asesoraron en cada una de mis defensas.

A todas las personas que directa o indirectamente colaboraron en la realización de mi trabajo de graduación.

## **DEDICATORIAS**

A Dios, por ser mi sostén en los momentos más difíciles, por sus bendiciones y nunca desampararme a lo largo del camino, por brindarme la sabiduría necesaria para el desarrollo del presente, y por mantener a mí y mi familia con buena salud.

A mi madre Rosa Emilia por siempre apoyarme en todas mis decisiones por difíciles que fueron, por sus oraciones hacia mí para tener la protección de Dios siempre.

A mi padre Miguel Ángel que ya está en el cielo, por inculcar todos los principios que me permitieron llegar al punto en el que me encuentro.

A mi esposa Stephanie de García por brindarme ese amor incondicional y el apoyo para continuar a pesar de las dificultades.

A mis hijos Arí Emmanuel, Jonathan Elí y Denis Aarón por ser esa palanca que motivó siempre el seguir adelante, la fortaleza para culminar con este trabajo.

A mis hermanos José Miguel, Carlos Ernesto y Rocío Isabel por todo el apoyo alrededor de mi persona y mis hijos.

## INDICE GENERAL

	Pág. N°
Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	i
Capítulo II	
2.0 Objetivos	
Capítulo III	
3.0 Marco teórico	19
3.1 Definición de galleta	19
3.2 Historia de la galleta	20
3.3 Clasificación de las galletas	21
3.4 Minerales presentes en las galletas	23
3.5 Disposiciones y requisitos generales para la fabricación de galletas	24
3.6 Proceso de fabricación de galletas simples, rellenas o de otro tipo	28
3.7 Calcio	34
3.7.1 Funciones del calcio	34
3.7.2 Ingestas recomendadas de calcio	36
3.7.3 Principales fuentes de calcio	37
3.7.4 Calcio y enfermedad	39
3.7.5 Toxicidad del calcio	40
3.7.6 Propiedades químicas y físicas del calcio	40
3.8 Magnesio	41
3.8.1 Funciones del magnesio	42
3.8.2 Ingesta recomendada de magnesio	43
3.8.3 Principales fuentes de magnesio	43

3.8.4	Magnesio y enfermedad	44
3.8.5	Toxicidad del magnesio	46
3.8.6	Propiedades fisicoquímicas del magnesio	46
3.9	Análisis volumétrico	47
3.9.1	Tipos de reacciones en volumetría	89
3.9.2	Valoraciones complejométricas	49
3.9.3	Tipo de errores en el análisis complejométrico	52
3.9.4	Generalidades del ácido Etilendiaminotetracético (EDTA)	53
	Capítulo IV	
4.0	Diseño metodológico	57
4.1	Tipo de estudio	57
4.2	Investigación bibliográfica	57
4.3	Investigación de campo	57
4.4	Parte experimental	59
4.4.1	Muestreo	59
4.4.2	Tratamiento de la muestra	60
4.4.3	Cuantificación de calcio y magnesio	60
	Capítulo V	
5.0	Resultados y discusión de resultados	65
	Capítulo VI	
6.0	Conclusiones	76
	Capítulo VII	
7.0	Recomendaciones	79
	Bibliografía	
	Anexos	

## INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág. N°
1	Ilustración de diferentes tipos de galletas.	19
2	Maquina laminadora de galletas.	30
3	Maquina troqueladora de galletas.	31
4	Sistema de bañado de chocolate para galletas.	32
5	Diagrama de Flujo para la elaboración de galletas a nivel industrial.	33
6	Alimentos como fuentes de calcio.	38
7	Figura de un hueso saludable y la de un hueso con osteoporosis.	39
8	Alimentos ricos en Magnesio.	44
9	pH mínimo necesario para titulaciones.	52
10	Estructura química del ácido etilendiaminotetraacético.	54
11	Cantidades de Magnesio y Calcio determinada en laboratorio.	72



## INDICE DE TABLAS

Tabla N°		Pág. N°
1	Minerales esenciales que se pueden encontrar en Galletas.	24
2	Requisitos Bromatológicos para galletas.	25
3	Requisitos Microbiológicos para galletas simples.	25
4	Requisitos Microbiológicos para galletas con relleno y para galletas recubiertas.	26
5	Aditivos cuyo uso se permite en ciertas categorías de alimentos o productos alimenticios.	27
6	Ingesta Diaria Recomendada (IDR) para el Calcio.	37
7	Requerimientos Diarios de Magnesio.	43
8	Categorías de síntomas debido a de deficiencia de Magnesio.	45
9	Formato para el sondeo de marcas de galletas comercializadas en dos supermercados en la periferia de Apopa.	66
10	Resultados de laboratorio para la cuantificación de Calcio y Magnesio.	70
11	Comparación de los miligramos de Calcio y Magnesio encontrados en laboratorio versus los reportados en cada empaque de galleta muestra.	74

## **INDICE DE ANEXOS**

Anexo N°

- 1 Mapa de ubicación de supermercados de la periferia de apopa
- 2 Formato para el sondeo de galletas
- 3 Materiales, equipos y reactivos
- 4 Preparación reactivos.
- 5 Cálculos de resultados de laboratorio
- 6 Manual de metodología analítica
- 7 Fotografías de trabajo en laboratorio

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el fin de cuantificar por valoración complejométrica de Calcio y Magnesio en galletas, sin importar su sabor y presentación, comercializadas en dos supermercados en la periferia de Apopa.

Primeramente, se realizó una investigación bibliográfica sobre las galletas, conceptos básicos, clasificación, así como los minerales en estudio y conceptos básicos sobre complejometría.

Teniendo en claro los conceptos, se inició con la investigación de campo, eligiendo dos supermercados de la periferia de Apopa, para luego investigar las marcas en común de galletas comercializadas en ambos supermercados. De esta investigación se tomaron las marcas de galletas en común para su posterior análisis.

La muestra se eligió en base al sondeo el cual se realizó en dos supermercados los cuales son representativos de las dos cadenas comerciales existentes en la periferia de Apopa, teniendo así seis marcas de galletas en común; una vez elegida la muestra se realizó la parte experimental, que consistió en el tratamiento de la muestra y los análisis por valoración de complejometría tanto para calcio y magnesio en las muestras de galletas. Los análisis se realizaron en los laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia.

El tratamiento de la muestra se realizó por triplicado para cada una de las marcas de galleta. Para la cuantificación de Calcio y Magnesio por valoración complejométrica se realizaron tres repeticiones por cada muestra. Los resultados experimentales que se obtuvieron fueron las siguientes por cada 100 g de

muestra: CE (Club Extra) calcio 17.8944 mg, magnesio 15.8371 mg; CH (Chiky) calcio 14.0253 mg, magnesio 10.8514 mg; PC (Picnic) calcio 13.0581 mg, magnesio 11.4379 mg; L (Lolas) calcio 11.6072 mg, magnesio 12.0245 mg; TS (Tosh) calcio 13.0581 mg, magnesio 12.3178 mg; CC (CanCan) calcio 12.0908 mg, magnesio 14.0775 mg.

Los resultados obtenidos experimentalmente se compararon con los valores reportados en las etiquetas de los empaques de las muestras, los que nos llevó a concluir que en las etiquetas de las galletas analizadas no reportan los minerales en estudio a pesar de que éstas contiene cantidades significativas de dichos minerales.

Por lo antes mencionado se recomienda ampliar la investigación de otros minerales presentes en las galletas.

Los análisis se realizaron en los laboratorios de Química Analítica de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Los resultados obtenidos en la investigación, así como la metodología analítica utilizada fueron entregados a la coordinación de la Cátedra de Química Analítica para que en un futuro pueda utilizarse con fines didácticos en la catedra.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## 1.0 INTRODUCCION

El consumo de cierto tipo de galletas forma parte de la dieta de muchos consumidores, gracias al aporte energético de éstas, ya que las galletas contienen cereales en forma de harinas, fibra, proteína, grasas; además cierto tipo de galletas son enriquecidas con vitaminas y minerales. Dentro de los minerales que se pueden encontrar en las galletas tenemos: Calcio, hierro, potasio, sodio, fósforo, magnesio, zinc, manganeso, cobre, selenio. Siendo el calcio uno de los minerales de vital importancia y es el más abundante que se encuentra en el cuerpo humano, forma parte de los huesos y los dientes y constituye alrededor del 2% del peso corporal. Otro mineral importante es el Magnesio, siendo indispensable para la nutrición humana ya que es necesario para más de 300 reacciones bioquímicas en el cuerpo humano.

La ingesta diaria recomendada según la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos), para el Calcio es de 1300mg diarios; y para el Magnesio es de 420mg diarios, para una dieta basada en 2000 calorías.

En el presente trabajo de investigación se determinó la cantidad de calcio y magnesio, por valoración complejométrica, en marcas de galletas en común, sin importar su sabor y presentación, comercializadas en dos supermercados ubicados en la periferia de Apopa.

La investigación de campo se realizó por medio de un sondeo de marcas de galletas comercializadas en los dos supermercados elegidos de la periferia de Apopa, luego se eligieron las marcas en común para tomar la muestra y realizar los respectivos análisis de complejometría; la parte experimental se realizó en los laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

El tratamiento de la muestra se realizó por triplicado para cada muestra, así mismo los análisis de cuantificación para Calcio y Magnesio por complejometría se realizaron por triplicado.

Los resultados obtenidos experimentalmente de la cuantificación de Calcio y Magnesio se compararon con lo rotulado en las viñetas de las marcas elegidas como muestra, por último, se entregaron los resultados obtenidos en la investigación, así como la metodología analítica utilizada a la Coordinación de la Cátedra de Química Analítica para que en un futuro pueda utilizarse con fines didácticos en la cátedra.

La presente investigación se realizó de Julio 2022 a Abril de 2023.

**CAPITULO II**  
**OBJETIVOS**



## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar cuantitativamente el calcio y magnesio en galletas comercializadas en dos supermercados en la periferia de Apopa.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 2.2.1** Sondear marcas de galletas comercializadas en dos supermercados ubicados en la periferia de Apopa.
- 2.2.2** Cuantificar el calcio y magnesio presente por el método de valoración complejométrica.
- 2.2.3** Comparar los resultados de calcio y magnesio obtenidos en el laboratorio con los reportados en las etiquetas de las galletas.
- 2.2.4** Entregar metodología y resultados a la coordinación de química analítica para implementación de la cátedra.

**CAPITULO III**  
**MARCO TEORICO**

### 3.0 MARCO TEORICO

#### 3.1 DEFINICION DE GALLETA.

Se llama galleta a los productos alimenticios elaborados, fundamentalmente por una mezcla de harinas, aceites y/o grasas y agua, a la que se pueden adicionar o no azúcares y otros productos alimenticios (aditivos, aromas, nueces, condimentos, especias, con o sin leudantes, leches, féculas, sal, huevos, mantequilla, saborizantes, colorantes, conservadores y otros ingredientes permitidos debidamente autorizados.), y que se someten a un proceso de amasado, moldeado, cortado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación de consistencia ligeramente dura, crocante muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua. (9, 33, 39)



Figura N° 1. Ilustración de diferentes tipos de galletas. (20)

### 3.2 HISTORIA DE LA GALLETA

La historia de la galleta está muy ligada a la de los cereales. Al principio, éstos no se cocían, sino que se comían mojados en agua o leche. No obstante, hace 10.000 años nuestros antepasados nómadas descubrieron que una pasta de cereales sometida a calor adquiriría una consistencia similar al pan sin levadura que permitía transportarla con facilidad. Se han encontrado galletas de más de seis mil años de antigüedad, cuidadosamente envueltas en yacimientos en Suiza. Esto hace que la galleta sea considerada uno de los primeros alimentos cocinados. <sup>(39)</sup>

En Roma, durante el Siglo III el chef Apicius las llamó *Bis Coctum* (origen de la palabra biscuit). La palabra “galleta” se tomó prestada de un alimento habitual en Francia en el Siglo XIII, una especie de crepé plana llamada *galette*. <sup>(20)</sup>

En la antigüedad eran obleas planas y duras, cocidas dos veces. Se amasaba el cereal con agua, mojándolo cada poco tiempo, y luego se preparaban las tortas redondas que, puestas sobre una piedra plana y cubiertas de ceniza para que se secaran. Prácticamente todas las grandes culturas de la antigüedad como Persa, Asiria, Egipcia, Judía, Griega, Romana y otras procedentes del lejano Oriente, utilizaron estos cereales cocidos para afrontar largas caminatas y combates, siendo un alimento habitual de militares y marineros, aunque a menudo también presente en las despensas de los campesinos. <sup>(20)</sup>

En la Edad Media se generalizó el cultivo de cereales, aumentó la población y el consumo de galletas se extendió rápidamente, convirtiéndose así en un alimento popular, especialmente entre campesinos y cruzados. Se les añadía huevo y el jugo de la carne para hacerlas más nutritivas, por lo que también ocuparon un

lugar preferente en las bodegas de los navíos. Llegaron a sustituir al pan en travesías largas, gracias a su mejor conservación y facilidad de transporte. (20)

Durante el Renacimiento, una familia de banqueros italianos los Médicis introdujeron por primera vez en la Corte las galletas, presentándolas como algo sabroso para acompañar a una bebida caliente. Es en esta época cuando la galleta pasa de ser un alimento básico, habitual en largas travesías, a uno de placer. Se amplía entonces la variedad de elaboración para satisfacer la demanda: saladas, aromatizadas, rellenas, con miel, crocantes, pretzeles, con formas variadas, etc. (20)

En la edad moderna en los siglos XVIII y XIX cuando empieza en Europa la producción masiva de galletas, paralela a la industrialización. De las pequeñas industrias artesanas se pasa a otras más mecanizadas, acordes con la demanda del producto. Baja el precio de la harina y de la levadura, convirtiendo incluso las galletas más elaboradas en alimentos asequibles. De este modo, la galleta adquiere protagonismo en la industria alimentaria, apoyándose en el sabor, la calidad y el precio. (20)

### **3.3 CLASIFICACIÓN DE LAS GALLETAS**

Las Galletas son productos muy bien aceptados por la población, tanto infantil como adulta, siendo, consumidos preferente entre las comidas, pero muchas veces también reemplazando la comida habitual de media tarde; las galletas se pueden clasificar por: (22)

Por su Sabor:

- Saladas, Dulces y de Sabores Especiales.

Por su Presentación:

- Simples: Cuando el producto se presenta sin ningún agregado posterior luego del cocido
- Rellenas: Cuando entre dos galletas se coloca un relleno apropiado.
- Revestidas: Cuando exteriormente presentan un revestimiento o baño apropiado.

Por su Forma de Comercialización:

- Galletas Envasadas: Son las que se comercializan en paquetes sellados de pequeña cantidad.
- Galletas a Granel: Son las que se comercializan generalmente en cajas de cartón, hojalata o poliestireno expandido (EPS). (22)

Por otra parte, las distintas galletas, se pueden clasificar en tres categorías, según la consistencia de su pasta: (18, 20)

- Pastas duras o semiduras. Se clasifican en este grupo las galletas obtenidas a base de masas cuya peculiaridad consiste en cremar adecuadamente todos los componentes (azúcar, grasa y otros productos alimenticios), adicionar la harina horneando la masa moldeada seguidamente a fin de impedir el desarrollo del gluten. Comprenden las galletas de mantequilla, las galletas para merienda y desayuno, los sables (galletas redondas, crujiente con bordes dentados), así como todos los crackers y galletas de aperitivo, saladas y aromatizadas. Estas galletas, que son las más consumidas, contienen aproximadamente 70% de harina y se hacen sin huevos. (7, 18)
- Pastas blandas. Elaborados con harina, azúcar y huevos, batidos a gran velocidad para conseguir que moldee adecuadamente, depositándose en

moldes para su horneado. Proporcionan galletas secas (barquillos, tejas, lenguas de gato) o blandas (alfajores, espumillas). (7, 18)

- Pastas líquidas. Dan lugar a las gaufrettes. Estas galletas poseen un elevado índice de agua o leche y la materia grasa se reduce, así como la proporción de harina. (7)

### 3.4 MINERALES PRESENTES EN LAS GALLETAS

Nuestro cuerpo no puede producir minerales, por lo que es esencial que todos ellos se obtengan de los alimentos. Los minerales no contienen calorías, por lo que no son una fuente directa de energía. (19)

La galleta es un complemento de la alimentación ya que, proporciona un aporte significativo al tener presente minerales como: Hierro, Sodio, Potasio, Magnesio, Manganeso, Cobre, Fosforo y Calcio. (19)

Según la Norma Salvadoreña (NSO 67.10.02:99) por *nutriente/nutrimento* se entiende cualquier sustancia química consumida normalmente como componente de un alimento, que: (5)

- Proporcione energía.
- Es necesaria para el crecimiento, el desarrollo y el mantenimiento de la vida.
- Cuya carencia hará que se produzcan cambios químicos o fisiológicos característicos. (5)

La Tabla de Composición de Alimentos de la INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá), está compuesta por 22 grupos de alimentos, con

cifras correspondientes al contenido de nutrientes para 100 g de porción comestible de cada uno de los alimentos. En el grupo 14 se encuentran incluidas las galletas, donde se describe los minerales esenciales que se pueden encontrar en diferentes tipos de galletas. En la siguiente tabla se ha recopilado algunos ejemplos. (31)

Tabla N°1. Minerales esenciales que se pueden encontrar en Galletas. (31)

TIPO DE GALLETA	MINERALES						
	Calcio	Fosforo	Hierro	Potasio	Sodio	Zinc	Magnesio
	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)
Sodas, tipo cocktail	120.00	228.00	3.60	133.00	847.00	0.68	27.00
Dulces, con chips chocolate	19.00	84.00	3.07	123.00	377.00	0.70	28.00
Dulces, simples c/relleno	27.00	75.00	2.21	91.00	349.00	0.40	14.00
Dulces, simples tipo María	21.00	80.00	2.14	63.00	357.00	0.43	12.00
Dulces, tipo waffle c/relleno	18.00	56.00	1.95	59.00	147.00	0.35	11.00

### 3.5 DISPOSICIONES Y REQUISITOS GENERALES PARA LA FABRICACION DE GALLETAS.

Las galletas se deben elaborar en condiciones sanitarias apropiadas, observándose buenas prácticas de fabricación y a partir de materias primas sanas, limpias, exentas de impurezas y en perfecto estado de conservación.

Se les puede adicionar productos tales como: azúcares naturales, sal, productos lácteos y sus derivados, lecitina, huevos, frutas, pasta o masa de cacao, grasa, aceites, levadura y cualquier otro ingrediente apto para consumo humano. (9)



Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 085:2005, dentro de los requisitos específicos para las galletas están los siguientes: (22)

Requisitos Bromatológicos. Las galletas deberán cumplir con los requisitos especificados en la siguiente tabla.

Tabla N°2. Requisitos Bromatológicos para galletas. (22)

Requisitos	Mínimo	Máximo
pH en solución acuosa al 10%	5,5	9,5
Proteína % (%N x 5,7)	3,0	---
% Humedad	---	10,0

Requisitos Microbiológicos. Las galletas simples deben cumplir con los requisitos microbiológicos de la siguiente tabla. (22)

Tabla N°3. Requisitos Microbiológicos para galletas simples. (22)

Requisitos	n	M	M	C
R.E.P. ufc/g	3	$1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4$	1
Mohos y levaduras upc/g	3	$1,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	1

En donde:

R.E.P.	Recuento de microorganismos aerobios
ufc/g	Unidades formadora de colonia por gramo
upc/g	Unidades por colonia por gramo
n	número de unidades de muestra.
m	nivel de aceptación
M	nivel de rechazo.
C	número de unidades entre m y M.

Los requisitos microbiológicos para las galletas con relleno y galletas recubiertas se describen en la siguiente tabla: (22)

Tabla N°4. Requisitos Microbiológicos para galletas con relleno y para galletas recubiertas. (22)

Requisitos	n	M	M	C
R.E.P. ufg/g	3	$1,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$	1
Mohos y levaduras upc/g	3	$2,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	1
Estafilococos <i>aureus</i>	--			--
Coagulasa positiva ufc/g	3	$< 1,0 \times 10^2$	---	0
Coliformes totales ufc/g	3	$< 1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	1
Coliformes fecales ufc/g	3	Ausencia	---	0

En donde:

R.E.P.	Recuento de microorganismos aerobios
ufc/g	Unidades formadora de colonia por gramo
upc/g	Unidades por colonia por gramo
n	número de unidades de muestra.
m	nivel de aceptación
M	nivel de rechazo.
C	número de unidades entre m y M.

Aditivos: A las galletas se les puede adicionar aditivos tales como: saborizantes, emulsificantes, acentuadores de sabor, leudantes, humectantes, agentes de tratamiento de las harinas, antioxidantes y colorantes naturales en las cantidades establecidas por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 085:2005 o por otra norma. (22)

Se permite la adición del Dióxido de azufre y sus sales (metabisulfito, bisulfito, sulfito de sodio y potasio) como agentes de tratamiento de las harinas, conservantes o antioxidantes, en una cantidad máxima de 200 mg/kg, expresado como dióxido de azufre. Para los rellenos de las galletas wafer y de las galletas con relleno, se permite el uso de colorantes artificiales. (22)

En el apartado 7, del Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.54:10, incluye a las galletas o cracker dulce, galletas de mantequilla galletas de harina de avena, galletas de azúcar y biscuits ingleses. <sup>(37)</sup>

Según el RTCA 67.04.54:10, lista los aditivos permitidos, en el apartado 8. Dicho reglamento habla sobre: <sup>(34)</sup>

Saborizantes y aromatizantes: Se permite usar como saborizantes/aromatizantes aquellas sustancias aromáticas o mezclas de ellas obtenidas por procesos físicos o químicos de aislamiento o síntesis de tipo natural, idéntico a natural o artificial, aceptados por cualquiera de las siguientes entidades reconocidas internacionalmente JECFA (Comité de Expertos en Aditivos Alimentarios y Contaminantes de la FAO/OMS (por sus siglas en inglés)), FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos (por sus siglas en inglés) del Gobierno de los Estados Unidos de América.), FEMA (Asociación Internacional de Manufactureros de Extractos y Saborizantes por sus siglas en inglés), y la Unión Europea. Los aditivos permitidos según esta norma se enlistan en la siguiente tabla. <sup>(34)</sup>

Tabla N°5. Aditivos cuyo uso se permite en cierta categoría de alimentos o productos alimenticios. <sup>(34)</sup>

Categoría de Alimentos No. 07.2.1		Tortas, galletas y pasteles (p. ej., rellenos de fruta o crema)	
Aditivos	INS	Nivel Máximo Aceptado	Comentarios
MARILLO OCASO FCF	110	300 mg/kg	
CAROTENOIDES	160a(i), 160a(iii), 160e, 160f	BPM	FDA 73.95
CAROTENOS VEGETALES	160aii	BMP	FDA 73.96
EXTRACTOS DE BIJA, BIXINA, NORBIXINA, ANNATO	160b	BMP	FDA 73.30
FOSFATO DE ALUMINIO Y SODIO	541i, 541ii	2000 mg/kg	

Tabla N°5 Continuación

PROPILENGLICOL	1520	20000 mg/kg	
ROJO ALLURA AC	129	2200 mg/kg	
SORBATOS	200i, 201, 202, 203	BMP	Nota 42, FDA 182.3225 182.3640 182.3795 182.3089

### 3.6 PROCESO DE FABRICACION DE GALLETAS SIMPLES, RELLENAS O DE OTRO TIPO

En El Salvador la Norma Salvadoreña NSO 67.30.01:04, en el apartado 8, clasifica los productos de panificación por su proceso en: <sup>(9)</sup>

- Productos de panadería artesanal.
- Productos de panadería industrial. <sup>(9)</sup>

En dicha Norma (NSO 67.30.01:04), en el apartado 8.2, habla de las disposiciones sanitarias generales de las materias primas que se empleen para la elaboración de los productos de panadería, estos deben cumplir con lo establecido en las normas vigentes correspondientes. Además, las materias primas, deben: <sup>(9)</sup>

- Se deben revisar las características de las materias primas antes de su ingreso al almacén y al área de proceso. <sup>(9)</sup>
- Las materias primas deben estar separadas del producto terminado o semiprocesado e identificadas para evitar la contaminación de éstos. <sup>(9)</sup>
- Las materias primas que evidentemente no sean aptas deben separarse y eliminarse, a fin de evitar mal uso, contaminaciones y adulteraciones. <sup>(9)</sup>

Los procesos de Fabricación de Galletas, así como las formulaciones a nivel industrial o artesanal va a depender de la tecnología, insumos, materias primas, etc, que utilice cada fabricante, tomando en cuenta las Buenas Practica de

Manufacturas durante todo el proceso de fabricación, almacenamiento y distribución hasta llegar al consumidor final. (9)

Se tomo como modelo de fabricación el siguiente funcionamiento que corresponde a un tipo de planta dedicada a la fabricación de galletas “María”, galletas rellenas y otras. (16)

#### Preparación de ingredientes

Todos los ingredientes que se reciben deben cumplir una serie de especificaciones, antes de su manufacturación. (15)

- Dosificación automática: Los ingredientes mayoritarios en las fórmulas, harina, azúcar, grasas y agua, se programan en la cantidad necesaria para su dosificación y envío a los amasadores de forma automática. (15)
- Dosificación manual: El resto de los ingredientes se pesan en básculas electrónicas de precisión y se dosifican al interior de los amasadores de forma manual. (15)

#### Proceso de amasado

Los ingredientes son introducidos en el amasador, se mezclan durante unos 50 minutos, hasta conseguir una masa uniforme y elástica, capaz de soportar los procesos siguientes. Existen controles de temperatura y tiempo en los amasadores, así como una comprobación por parte del operario de las características reológicas de la masa, para dar su conformidad antes de enviarla al proceso de laminación. (15)

### Laminado

La masa se lamina mediante unos rodillos estriados, junto al recorte procedente de la troqueladora. Luego se hace pasar por un tren de laminado de cuatro pares de rodillos lisos, que van disminuyendo el espesor de la lámina de pasta hasta conseguir eliminar las tensiones de la masa, y un espesor homogéneo que determinará el peso de las galletas. (15)



Figura N°2. Maquina laminadora de galletas. (15)

### Troquelado

La lámina de masa primeramente atraviesa un detector de metales y después pasa por un rototroquel (troqueladora o rotativa de galletas) con el diseño de la galleta que corta/troquea las galletas. El recorte (masa sobrante) que se produce al troquelar las galletas, se retorna de forma automática al rodillo mezclador inicial de laminación mientras que las galletas pasan a la sección de horneado. (15)

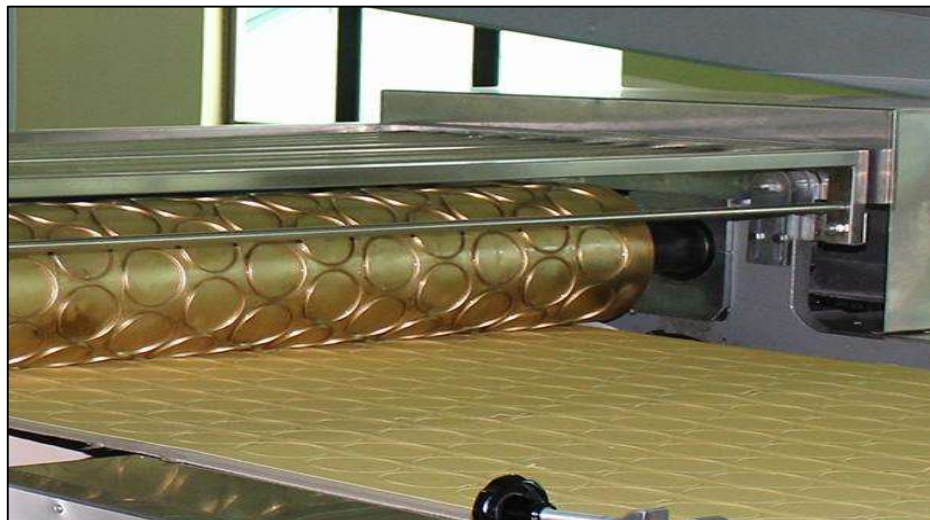


Figura N°3. Maquina troqueladora de galletas. (15)

#### Horneado o Cocción de las Galletas

Las galletas troqueladas pasan a través de un horno, equipado con quemadores de gas propano. Las cámaras de combustión transmiten el calor a las galletas de forma indirecta. La temperatura y tiempo de horneado dependerá de cada fabricante, según sus especificaciones. (7, 15)

#### Bañado

Las galletas cocidas pasan a través de una bañadora de aceite que, con boquillas difusoras, rocían las galletas para dar a estas un color y brillo determinados. Las bandas utilizadas son de malla metálica. Este proceso es opcional y depende del tipo de acabado deseado, según gama de producto y fabricante (7, 15).

#### Enfriamiento y control

Las galletas son transportadas sobre cintas, para que se enfríen lentamente antes de su empaquetado. Se realizan sobre esta sección, los controles necesarios de las galletas cocidas, espesor, diámetro, peso, humedad, pH, comprobándolos con los estándares de Control de Calidad. Si las galletas están

recubiertas con chocolate, el sistema cambiará ligeramente; será necesario un proceso de bañado diferente, con chocolate (7, 15).



Figura N°4. Sistema de bañado de chocolate para galletas. (15)

#### Apilado

Mediante un apilador, las galletas se colocan en posición vertical y circulan a través de unas guías hasta los cargadores de las máquinas empaquetadoras (15).

#### Empaquetado

Las galletas apiladas ascienden a unos cargadores, ejerciendo una presión sobre el micro situado al final del cargador, para descargarlo cuando tenga la presión necesaria. A continuación, se forma el paquete individual mediante el sellado del material que envuelve las galletas. En esta sección existen detectores de metales que eliminan automáticamente el producto defectuoso (15).

#### Estuchado

Los paquetes formados, se introducen automáticamente en una estuchadora que los agrupa según el formato que esté realizando. Pasan a través de un controlador de peso con eliminación de los estuches que no cumplen la normativa



vigente, se envuelven en material retráctil y se agrupan para la presentación final en polietileno retráctil como medio de transporte (15).

### Paletizado

Las unidades de transporte pasan a través de una cinta a un robot paletizador, que los va colocando en un palet por capas. Una vez finalizado el palet, es enviado automáticamente a una enfajadora automática que lo envuelve en un film retráctil, y se colocan en las estanterías hasta su envío a los clientes (15).

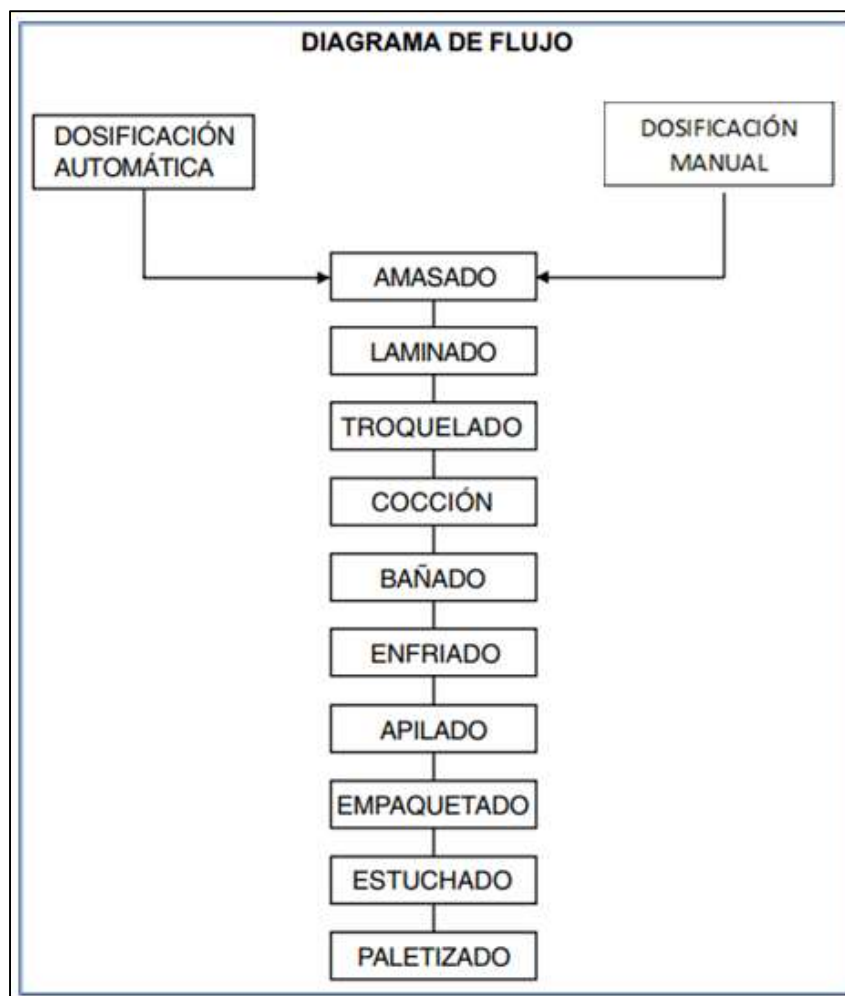


Figura N°5. Diagrama de Flujo para la elaboración de galletas a nivel industrial (15)

### 3.7 CALCIO.

El Calcio comúnmente es conocido con el nombre de cal, se encuentra en casi todas las áreas terrestres del mundo, este elemento es esencial para la vida de las plantas y animales, ya que está presente en el esqueleto de los animales, en los dientes, en la cáscara de los huevos, en el coral y en muchos suelos. (14, 28, 29)

El calcio es el mineral más abundante que se encuentra en el cuerpo humano es el principal componente mineral de los dientes y los huesos que son los que contienen la mayor cantidad. Los tejidos corporales, las neuronas, la sangre y otros líquidos del cuerpo contienen el resto del calcio. Supone alrededor del 2% del peso corporal. (14, 28, 29)

También juega un importante papel biológico en la actividad muscular y es necesario para el buen funcionamiento del corazón y el sistema nervioso. (14, 28, 29)

#### 3.7.1 FUNCIONES DEL CALCIO.

Un nivel adecuado de calcio en el cuerpo durante toda una vida puede ayudar a prevenir la osteoporosis. El calcio le ayuda al cuerpo con: (29)

- El desarrollo de huesos y dientes fuertes.
- La coagulación de la sangre.
- El envío y recepción de señales nerviosas.
- La contracción y relajación muscular.
- La secreción de hormonas y otros químicos.
- El mantenimiento de un ritmo cardíaco normal. (29)

Las funciones más importantes del calcio se pueden mencionar: funciones

esqueléticas y funciones no esquelética o reguladoras. (28)

Función esquelética.

El Calcio es parte fundamental de nuestro esqueleto (huesos) y de los dientes. De todo el calcio corporal, el 99% se encuentra en el esqueleto y los dientes que están formado por tres tipos de tejidos: esmalte, dentina y cemento; el cemento y esmalte están formados de hidroxapatita, un compuesto cristalino que incluye fósforo y calcio,  $(Ca_{10} [PO_4]_6 [OH]_2)$ . (28)

El resto (1%) se encuentra en los tejidos blandos y en los fluidos corporales

El hueso está formado por una matriz proteica que se mineraliza de forma mayoritaria con calcio (el más abundante), fosfato y magnesio; para ello es imprescindible un correcto aporte dietético de calcio, fósforo y vitamina D. (24)

El tejido óseo está formado por dos tipos diferentes, el hueso compacto (cortical) (80%), cuya función es la de dar dureza al esqueleto y ejercer la función estructural, y el hueso trabecular (20%), cuya función es metabólica. A pesar de su apariencia compacta, el hueso es una estructura dinámica que está en constante remodelación, destruyéndose (resorción) y formándose (formación) continuamente. (28)

La tasa relativa de resorción y formación ósea van a depender de la edad. A partir de los 20-30 años, donde se alcanza un pico máximo de mineralización, la formación predomina sobre la resorción, y a partir de los 30-35 años comienza a prevalecer la resorción frente a la formación, con una pérdida de la densidad ósea. Este último proceso es especialmente relevante en la mujer tras la menopausia, donde se ve acelerado y puede comprometer la salud ósea (osteoporosis) si no hay un aporte adecuado de calcio, fosforo, magnesio y vitamina D. (28)

### Función no esquelética o reguladora

El Calcio iónico ( $\text{Ca}^{2+}$ ) es un componente celular imprescindible para mantener o realizar las diferentes funciones especializadas de prácticamente todas las células del organismo. Estas funciones, no esqueléticas, podemos dividir las en estructurales y propiamente reguladoras. Dentro de las primeras, el Calcio iónico está implicado en el mantenimiento de estructuras celulares (orgánulos), gránulos de secreción, membranas celulares y subcelulares y estructuras nucleares (como los cromosomas). (28)

En relación con su función reguladora, este mineral puede ejercer su función de forma pasiva o activa. Pasivamente, los niveles de calcio plasmáticos regulan las reacciones enzimáticas. La función reguladora activa la ejerce la concentración intracelular de  $\text{Ca}^{2+}$ . Los cambios en su concentración intracelular, en respuesta a un estímulo (hormona, neurotransmisor, etc.), modifica el comportamiento, la respuesta funcional, de esa célula. Estas respuestas funcionales incluyen la división, secreción, agregación, contracción muscular, transformación y metabolismo celulares. El mantenimiento de una concentración adecuada de  $\text{Ca}^{2+}$  citoplasmático (del orden de  $0,1 \mu\text{mol/l}$ ), respecto al extracelular (del orden de  $1,1 \text{ mmol/l}$ ), puede mantener una función óptima de la célula; en cambio, un incremento no regulado en el citoplasma puede iniciar un proceso de daño y muerte celular. (28)

### **3.7.2 INGESTAS RECOMENDADAS DE CALCIO**

Las ingestas recomendadas de Calcio se relacionan con la edad, debido a las diferentes necesidades de este mineral en distintas etapas de la vida. Así, en etapas de crecimiento activo (primeros años de vida y estirón puberal) las demandas son mayores para atender al crecimiento en longitud de los huesos

largos. Posteriormente, sobre todo en mujeres tras la menopausia, la mayor pérdida ósea de calcio aumenta los requerimientos para mantener una densidad ósea adecuada que evite la mayor incidencia de fracturas óseas de estrés, más frecuentes en esta etapa. (28)

Las personas en condiciones normales de Calcio requerido en su organismo, en una dieta de 2000 calorías, necesitan consumir alrededor de 1,000 a 1,300 miligramos (mg) diarios de Calcio para preservar la masa ósea, tanto para hombres como para mujeres que no han llegado a la menopausia, al llegar y al pasar de esta etapa se necesitan aproximadamente 1,500 mg de Calcio diarios. (12, 14)

La Ingesta Diaria Recomendada (IDR; RDA, por sus siglas en inglés) para el calcio es listada en la siguiente tabla por etapa de vida y género. (23)

Tabla N°6. Ingesta Diaria Recomendada (IDR) para el Calcio. (23)

Etapa de la vida	Edad	Hombres (mg/día)	Mujeres (mg/día)
Infantes	0-6 meses	200	200 (IA)
Infantes	6-12 meses	260	260 (IA)
Niños	1-3 años	700	700
Niños	4-8 años	1,000	1,000
Niños	9-13 años	1,300	1,300
Adolescentes	14-18 años	1,300	1,300
Adultos	19-50 años	1,000	1,000
Adultos	51-70 años	1,000	1,200
Adultos	71 años y más	1,200	1,200
Embarazo	14-18 años	-	1,300
Embarazo	19-50 años	-	1,000
Período de lactancia	14-18 años	-	1,300
Período de lactancia	19-50 años	-	1,000

### 3.7.3 PRINCIPALES FUENTES DE CALCIO

Dentro de las principales fuentes de Calcio se encuentran la leche y sus derivados, algunos quesos contienen más de 1 g de Ca por 100 g de alimento,

siendo la mantequilla la que presenta un contenido menor, 15 mg/100 g. La leche líquida presenta una media de 124 mg/100 g. Dos tercios del Calcio en la leche se encuentran unidos a caseína y el resto libre. (30, 31)

Después se encuentran en fuentes de origen vegetal como las verduras de hoja verde, frutas y legumbres, como el brócoli, coliflor, habichuelas, lentejas, nueces y las espinacas. (28, 29)



Figura N°6. Alimentos como fuentes de calcio. (28)

A menudo se agrega calcio a los productos alimenticios. Estos incluyen alimentos como los panes, el jugo de naranja, la leche de soya, el tofu y los cereales listos para el consumo. Estos son una muy buena fuente de calcio para las personas que no consumen muchos productos lácteos (28, 29).

### 3.7.4 CALCIO Y ENFERMEDAD

Normalmente, el incremento del consumo de calcio durante un período de tiempo limitado no ocasiona efectos secundarios. Sin embargo, el hecho de recibir una gran cantidad de calcio durante un período de tiempo prolongado eleva el riesgo para cálculos renales en algunas personas. (29)

Las personas que no reciben suficiente calcio durante un período de tiempo prolongado pueden padecer osteoporosis (adelgazamiento del tejido óseo y pérdida de la densidad ósea con el tiempo). También es posible que se presenten otros trastornos. (29)

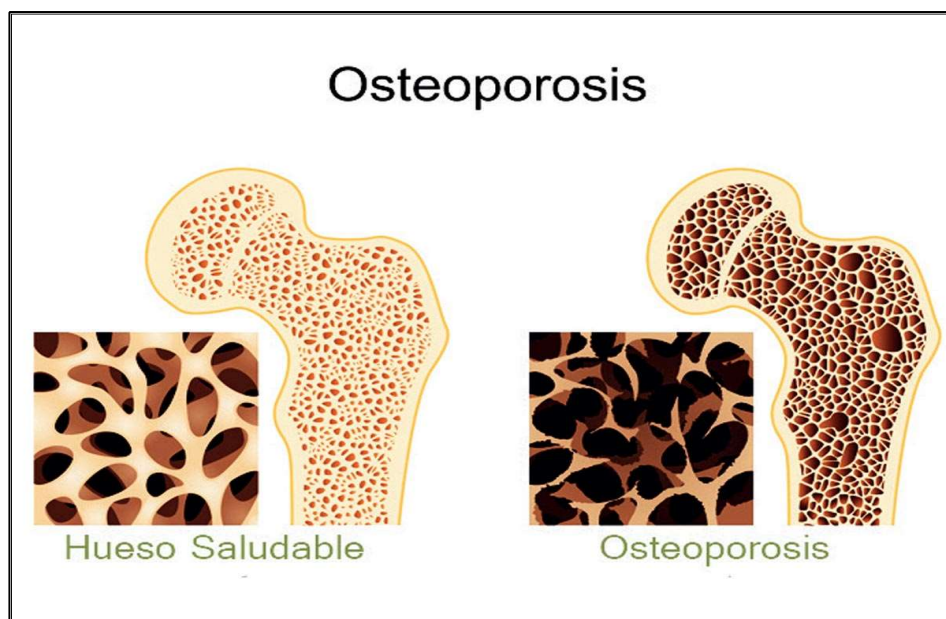


Figura N°7. Figura de un hueso saludable y la de un hueso con osteoporosis. (29)

El ion  $\text{Ca}^{2+}$  juega un papel esencial en innumerables funciones del organismo, modificando sus concentraciones intracelulares y poniendo en marcha vías de señalización intracelular. Sin embargo, cuando la homeostasis falla se producen

alteraciones patológicas diversas como consecuencia de alteraciones en los niveles citoplasmáticos de este catión. (28)

Las consecuencias de la alteración de la homeostasis del calcio se reflejan en enfermedades musculoesqueléticas, neurológicas, neurodegenerativas, cardiomiopatías, etc. (28)

### **3.7.5 TOXICIDAD DEL CALCIO**

Ingerir cantidades mayores de 2500 mg diarios de Calcio puede neutralizar la absorción de otros minerales necesarios para el organismo como el Hierro o el Zinc; al exceder la ingesta de Calcio, este elemento se deposita en los riñones produciendo cálculos renales. (14, 23)

La hipercalcemia que es la alta concentración de Calcio en la sangre, no ha sido asociada con el consumo excesivo de calcio de origen natural proveniente de alimentos, sino más bien ha sido reportada con el consumo de grandes cantidades de suplementos de calcio en combinación con antiácidos, particularmente con personas que sufren de las úlceras pépticas, las cuales eran tratadas con grandes cantidades de leche, carbonato de calcio (antiácido), y bicarbonato de sodio (un álcali absorbible). (14, 23)

### **3.7.6 PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL CALCIO**

El elemento químico Calcio con simbología Ca y número atómico 20; es el quinto elemento y el tercer metal más abundante en la corteza terrestre. Los compuestos de Calcio constituyen 3.64% de la corteza terrestre, químicamente, el Calcio es menos reactivo que los metales alcalinos por lo que no causa quemaduras sobre la piel. (14)



Propiedades físicas:

- Masa atómica (g/mol) 40.08
- Densidad (g/mL) 1.55
- Punto de ebullición (°C) 1440
- Punto de fusión (°C) 838

### 3.8 MAGNESIO.

El magnesio es un mineral indispensable para la nutrición humana, interviene en el buen funcionamiento del sistema nervioso, la relajación muscular, impide la cristalización del oxalato de calcio. (30)

El magnesio es un catión bivalente,  $Mg^{+2}$ , que se encuentra, aunque en ínfimas cantidades, formando parte de la estructura orgánica de los seres vivos, tanto animales como vegetales. Por ello, es uno de los 22 elementos químicos llamados “bioelementos”, y por encontrarse en concentraciones del orden de 0.1% al 1% del peso corporal se les llama también “oligoelementos”. (30)

El ión magnesio,  $Mg^{+2}$ , es el cuarto catión más abundante en el organismo donde desempeña un papel importante en muchos sistemas enzimáticos, especialmente en las reacciones donde interviene el ATP (adenosintrifosfato), ya que estabiliza las cargas altamente negativas de los trifosfatos en este tipo de reacciones. El cuerpo humano contiene entre 21 y 28 gramos de magnesio.

La mayor parte del magnesio corporal está en los huesos (1 gramo de magnesio por cada 8 gramos de hueso), pero no es intercambiable con el del líquido extracelular ya que se encuentra combinado con calcio coloidal y fósforo; otra proporción muy importante se encuentra en los músculos y lo restante en el tejido blando y en los líquidos corporales. (5, 30)

La concentración intracelular de  $Mg^{+2}$  es de 15 mEq/L, donde es el segundo catión más abundante, luego del potasio. En el plasma su concentración es de 1.5 – 2.2 mEq/L, de los cuales el 55% se encuentra en forma libre, el 25% está unido a proteínas y un 20% se encuentra formando complejos de fosfatos y citratos. (5, 30)

### **3.8.1 FUNCIONES DEL MAGNESIO.**

El magnesio es necesario para más de 325 reacciones bioquímicas en el cuerpo, entre las cuales están la fosfatasa ácida y alcalina, peptidasas, descarboxilasas, pirofosfatasas y otras. Además, interviene en el metabolismo de los carbohidratos, activando enzimas del proceso glucolítico, para oxidar la glucosa (fosforilación oxidativa). (5,30)

Ayuda a mantener el funcionamiento normal de músculos y nervios, brinda soporte a un sistema inmunitario saludable, mantiene constantes los latidos del corazón y ayuda a que los huesos permanezcan fuertes. También ayuda a ajustar los niveles de glucosa en la sangre. Ayuda en la producción de energía y proteína. (5,30)

Una de sus funciones principales es la regulación en la membrana celular de la bomba de Sodio / Potasio, que mantiene la célula con su carga eléctrica fisiológica en reposo, regulando también su activación y su sustrato de energía. (5,30)

Como consecuencia de sus numerosas actividades bioquímicas celulares, el magnesio juega un rol central en el control de la actividad neural, transmisión neuromuscular, tono vasomotor, tensión arterial y flujo sanguíneo periférico. (5,30)

El magnesio es un constituyente normal del hueso, por lo que regula la osificación y el equilibrio fosfocálcico. Es esencial para que el calcio se fije dónde debe y no se deposite en forma de cálculos. Regula el nivel de calcio por acción indirecta sobre la paratiroides. Disminuye la solubilidad del fosfato cálcico y aumenta la solubilidad del carbonato cálcico. (5,30)

### 3.8.2 INGESTA RECOMENDADA DE MAGNESIO.

La ingesta dietética de referencia para el magnesio, según categorías y edades, son: (5, 12, 30)

Tabla N°7. Requerimientos Diarios de Magnesio (5, 12, 30)

Edad y/o etapa de la vida	Niños / Niñas	Hombres (mg/día)	Mujeres (mg/día)
0-6 meses	30,0	-	-
7-12 meses	75,0	-	-
1-3 años	80,0	-	-
4-8 años	130,0	-	-
9-13 años	240,0	-	-
14 - 18 años	-	410,0	360,0
19 - 30 años	-	400,0	310,0
mayores de 31 años	-	400,0 a 420,0	310,0 a 320,0
Embarazo	-	-	350,0 a 360,0
Lactancia	-	-	310,0 a 320,0

### 3.8.3 PRINCIPALES FUENTES DE MAGNESIO.

La mayor parte del magnesio en la dieta proviene de vegetales de hoja verde oscura. Otros alimentos que son buena fuente de magnesio son: (5, 30)

- Frutas (como bananos, albaricoques o damascos secos y aguacates)

- Nueces (como almendras y anacardos)
- Arvejas (guisantes) y frijoles (leguminosas), semillas
- Productos de soya (como harina de soya y tofu)
- Granos enteros (como arroz integral y mijo)
- Leche. (5, 30)



Figura N°8. Alimentos ricos en Magnesio. (30)

#### 3.8.4 MAGNESIO Y ENFERMEDAD.

El rango normal del nivel de magnesio en la sangre es de 1.5 a 2.2 mg/dL. Los efectos secundarios por una alta ingesta de magnesio no son muy comunes, el organismo generalmente elimina las cantidades en exceso. El exceso de magnesio se produce casi siempre cuando una persona está: (30)

- Tomando demasiado del mineral en forma de suplemento.
- Tomando ciertos laxantes.

La falta de magnesio se puede presentar en personas que consumen alcohol en exceso o en aquellas que absorben menos magnesio incluyendo personas con enfermedades gastrointestinales o cirugías que causen malabsorción, los adultos mayores, personas con diabetes tipo 2. (30)

Los síntomas de una deficiencia de Magnesio incluyen: (30)

- Demasiada excitabilidad.
- Debilidad muscular.
- Somnolencia. (30)

Los síntomas debido a la falta de magnesio tienen tres categorías y se describen en la siguiente tabla: (30)

Tabla N°8. Categorías de síntomas debido a de deficiencia de Magnesio. (30)

Categorías	Síntomas iniciales	Pérdida de apetito, náusea, vómitos, fatiga y debilidad
	Síntomas de deficiencia moderada	Entumecimiento, hormigueo, convulsiones, cambios de personalidad, contracciones musculares y calambres
	Síntomas de deficiencia grave	Bajo nivel de calcio (hipocalcemia) y bajo nivel de potasio en la sangre (hipopotasemia).

La deficiencia de Magnesio en el organismo se conoce como Hipomagnesemia, y esta se produce cuando la concentración sérica de éste desciende a menos de 1 mEq/litro. El déficit de magnesio ocurre generalmente cuando existe déficit de calcio y de potasio. (12)

### 3.8.5 TOXICIDAD DEL MAGNESIO.

Efectos de la exposición al magnesio en polvo tiene baja toxicidad y no considerado como peligroso para la salud. Por inhalación el polvo de magnesio puede irritar las membranas mucosas o el tracto respiratorio superior. (25)

### 3.8.6 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL MAGNESIO.

Elemento químico, metálico, de símbolo Mg, colocado en el grupo IIa del sistema periódico, de número atómico 12, peso atómico 24.312. El magnesio es blanco plateado y muy ligero. Su densidad relativa es de 1.74 y su densidad de 1740 kg/m<sup>3</sup> (0.063 lb/in<sup>3</sup>) o 108.6 lb/ft<sup>3</sup>). El magnesio se conoce desde hace mucho tiempo como el metal estructural más ligero en la industria, debido a su bajo peso y capacidad para formar aleaciones mecánicamente resistentes. (25)

Los iones magnesio disueltos en el agua forman depósitos en tuberías y calderas cuando el agua es dura, es decir, cuando contiene demasiado magnesio o calcio. Esto se puede evitar con los ablandadores de agua. (25)

Propiedades físicas:

- Masa atómica (g/mol)      24.305
- Densidad (g/mL)            1.74
- Punto de ebullición (°C)   1107
- Punto de fusión (°C)       650

### 3.9 ANALISIS VOLUMETRICO.

Se puede definir como valoración volumétrica como la determinación de la cantidad de una sustancia específica (analito) contenida en una muestra mediante la adición controlada de un reactivo (valorante) con una concentración conocida, o como el proceso en el que se agrega un reactivo patrón a una disolución de analito hasta que se considera completa la reacción entre el analito y el reactivo. (35)

En el análisis volumétrico, la cantidad de sustancia que se busca se determina en forma indirecta midiendo el volumen de una disolución de concentración conocida, que se necesita para que reaccione con el constituyente que se analiza o con otra sustancia químicamente equivalente. (35)

El proceso de adición de un volumen medido de la disolución de concentración conocida para que reaccione con el constituyente buscado se denomina *valoración*. (14)

Los requisitos para una valoración volumétrica son los siguientes: (27)

- Debe tener una solución titulante con una concentración conocida de reactivo, debe reaccionar totalmente con el analito siguiendo una estequiometría reproducible y a una velocidad de reacción adecuada, y debe ser estable el tiempo para el análisis. (27)
- Debe contar con una técnica para medir el volumen de solución titulante con la exactitud y precisión necesarias. (27)
- Una técnica para medir el peso de la muestra o el volumen con la precisión y exactitud deseadas. (27)

- Debe tener un tratamiento previo para eliminar las interferencias si la reacción entre el reactivo y el analito no es suficientemente específica como para eliminar los efectos de los componentes de la matriz. (27)
- Una técnica para medir en qué momento la reacción entre el titulante y el analito consume totalmente a este último. (27)

### 3.9.1 TIPOS DE REACCIONES EN VOLUMETRIA.

Los tipos de reacciones en que se basan los métodos volumétricos son: (14, 35)

- Reacciones ácido-base: Estas son un método de detección más utilizado es con indicadores químicos, que deben mostrar su cambio de color dentro de un intervalo de respuesta de pH que abarque el punto de equivalencia. (14, 35)
- Reacciones de oxidación-reducción (REDOX): Los métodos de oxidación pueden aplicarse para la determinación de la mayoría de los elementos químicos y también a gran número de sustancias orgánicas. (14, 35)
- Reacciones de precipitación: La valoración por precipitación se basa en reacciones que producen compuestos iónicos de limitada solubilidad. En estas valoraciones debido a que la velocidad de formación de muchos precipitados es lenta, el número de agentes precipitantes que se pueden emplear es limitado. El reactivo precipitante que más se utiliza es el nitrato de plata, el cual se emplea para la determinación de haluros, mercaptanos y diversos aniones inorgánicos. (14, 35)
- Reacciones complejométricas: En estas se incluyen aquellas valoraciones que se basan en reacciones en las que se forma un compuesto de



coordinación, los cuales tienen un átomo o un ion central, que suele ser metálico, rodeado de un grupo de iones o moléculas (ligandos). Todos los compuestos de coordinación tienen la propiedad de conservar su identidad en mayor o menor medida, incluso en disolución. (14, 35)

### **3.9.2 VALORACIONES COMPLEJOMETRICAS.**

Las valoraciones complejométricas se basan en compuestos con capacidad de formar complejos con iones metálicos, el ácido etilendiaminotetraacético, generalmente se abrevia como EDTA, es el valorante más empleado en este tipo de valoraciones, debido a que forma complejos muy estables con la mayoría de los cationes y a la estequiometría de los complejos formados. (6, 13, 35)

En las valoraciones con EDTA el objetivo es calcular la concentración del ion metálico en función de la cantidad de valorante añadido. El EDTA es muy útil, ya que forma complejos estables con estequiometría 1:1 con todos los metales, excepto con los metales alcalinotérreos como el Sodio y el Potasio. (6, 13, 35)

La complejometría, en combinación con el enmascaramiento, permite efectuar determinaciones muy selectivas y exactas de los diferentes minerales (6, 13, 35)

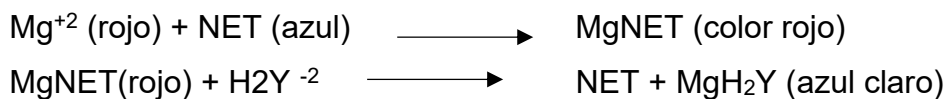
Las valoraciones complejométricas las podemos clasificarlas en:

Valoraciones complejométricas Directas.

Este tipo de valoración es la que se realiza mediante la adición de una solución estándar de titulante de concentración conocida, a la solución de la muestra la cual contiene el indicador, se puede realizar en un medio básico o ácido adecuado. La disolución se tampona a un pH adecuado para que la constante

de formación condicional metal-EDTA sea alta y el color del indicador libre sea suficientemente distinto del complejo metal-indicador. (6, 13, 35)

Por ejemplo: Se añade un indicador del ión metálico a la disolución a valorar tamponada a un pH adecuado (frecuentemente a pH de 10 con amoniaco-cloruro de amonio) valorándose con EDTA hasta un cambio de color. Entre los cationes que se pueden valorar de forma directa están  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$ , formándose el complejo:



Donde,

NET Indicador Negro de Eriocromo T. (13, 27)

Valoraciones complejométricas Indirectas.

En esta titulación se debe permitir que se complete la reacción entre el analito y un exceso de reactivo para que el producto de dicha reacción sea titulado posteriormente, hasta un punto final. Este tipo de titulación se utiliza cuando: (6, 13, 35)

- El analito es inestable.
- El analito es volátil.
- El analito reacciona lentamente con la solución estándar en exceso.
- Cuando no se cuenta con un indicador adecuado para la detección del punto final. (6, 13, 35)

Por ejemplo: En el caso de los sulfatos, el catión es titulado precipitando el exceso, después precipitando el sulfato como sulfato de Bario con un exceso de solución de Cloruro de Bario (de concentración conocida) el Bario que no reacciona es titulado. (6, 13, 35) Para calcular la cantidad de la sustancia titulada se

puede determinar por la diferencia entre los volúmenes de la solución volumétrica originalmente agregada, corregida por una titulación en blanco y el volumen consumido del titulante en la titulación de retroceso. (6, 13, 35)

Valoraciones complejométricas por Sustitución.

Este tipo de valoración se utiliza cuando una reacción directa es lenta o no se tenga un indicador adecuado para determinar el ión metálico que se desea. (13)

Si una disolución de un ión metálico que forma con el EDTA es un complejo más estable que el de magnesio o zinc, se trata con una disolución del último, teniendo lugar una sustitución y los iones magnesio o zinc pueden valorarse después con solución EDTA patrón. (13)

Por ejemplo: El  $Zn^{2+}$  liberado, que es de forma indirecta equivalente a la cantidad de  $Fe^{3+}$ , se valora con EDTA y NET u otro como indicador. Una variación de este método consiste en utilizar otros complejos distintos a los formados por EDTA, de los que se libera el catión, el cual después se valora con EDTA. (13)

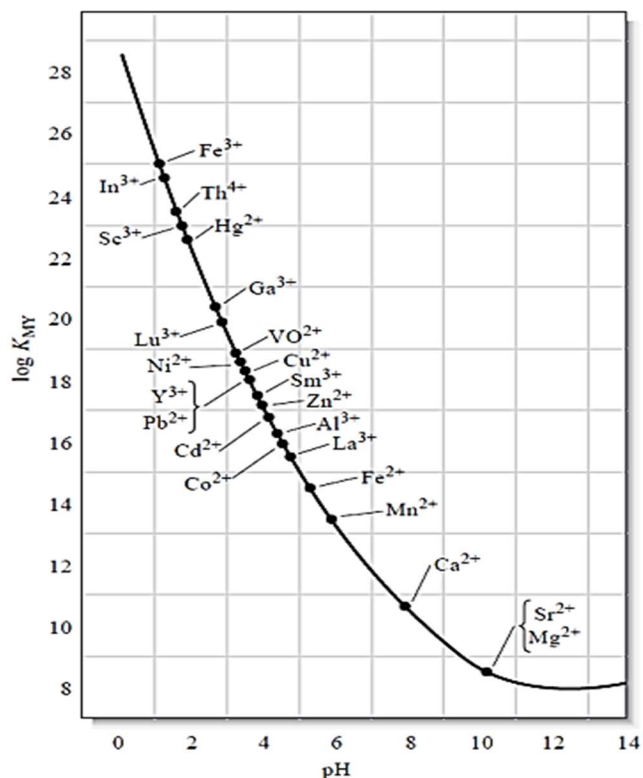


Figura N°9. pH mínimo necesario para titulaciones. (13)

### 3.9.3 TIPO DE ERRORES EN EL ANALISIS COMPLEJOMETRICO

Durante el desarrollo de cualquier tipo de análisis, hay que tomar en cuenta que existen dos tipos de errores los cuales son: (13, 27)

- Determinados: es el que puede corregirse o evitarse.
- Indeterminados: es aquel que su origen no puede ser determinado. (13, 27)

Entre los errores determinados están:

- Los errores personales: debidos a la falta de habilidad del analista para distinguir o juzgar observaciones con certeza. ejemplo: la mala distinción de los colores es una importante fuente de error de análisis volumétrico, porque el origen del error sea conocido puede resultar muy difícil evitar dicho error o calcular su magnitud. (13, 27)

- Los errores causados por el equipo utilizado: incluyen el uso de aparatos de medida sin calibrar (pesas, buretas, matraces volumétricos) y contaminación de las disoluciones por ataque químico de los recipientes que los contienen. (13, 27)
- Los errores debidos a los reactivos: derivan de que los reactivos pueden contener impurezas que interfieren en el método de análisis. (13, 27)
- Los errores operacionales: tienen su origen en la inexperiencia o falta de cuidado del analista. (13, 27)
- Los errores de método: estos errores son muy importantes porque su magnitud y signo son constantes cuando se verifican análisis repetidos en condiciones análogas. Pueden ponerse de manifiesto modificando las condiciones de trabajo o realizando el análisis por otro método completamente diferente al primero. (13, 27)

Los errores indeterminados: son llamados también aleatorios, muchos factores contribuyen al error aleatorio, pero ninguno puede identificarse o medirse con certeza ya que individualmente son tan pequeños que no pueden detectarse. Sin embargo, el efecto acumulativo de cada uno ocasiona que los datos de una serie de mediciones repetidas fluctúen al azar alrededor de la media. (13, 27)

#### **3.9.4 GENERALIDADES DEL ACIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA)**

El ácido etilendiaminotetraacético, también conocido por EDTA, Edetato disódico, Etilendiaminotetraacético disódico, Edatamil disódico, Tetracemato disódico, Versenato disódico. (27)

La sal disódica del EDTA; estos compuestos se conocen comercialmente con los nombres de Titriplex I, II, III respectivamente, también se utilizan los nombres de Complexonas, Vercenos o Secuéstrenos. (27)

El más empleado de los anteriores es la sal disódica del EDTA, por la facilidad de disolución en agua, y como se dispone comercialmente de esta sal en forma de  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  sirve como materia prima para la preparación de soluciones de EDTA estándares que son las que se usan en volumetría. El ácido libre ( $\text{H}_4\text{Y}$ ), se utiliza como patrón primario tras desecarlo varias horas a 130-145 °C. (27)

El EDTA, es un ligando hexadentado que pertenece a la familia de los ácidos poliaminocarboxílicos y contiene seis posibles posiciones de enlace con el ion metálico: cuatro grupos carboxilo y dos grupos amino. (27)

Las cuatro primeras constantes de disociación del EDTA ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  y  $K_4$ ) corresponden a los grupos carboxílicos, mientras que  $K_5$  y  $K_6$  corresponden a la disociación de los protones de los grupos amonio. (27)

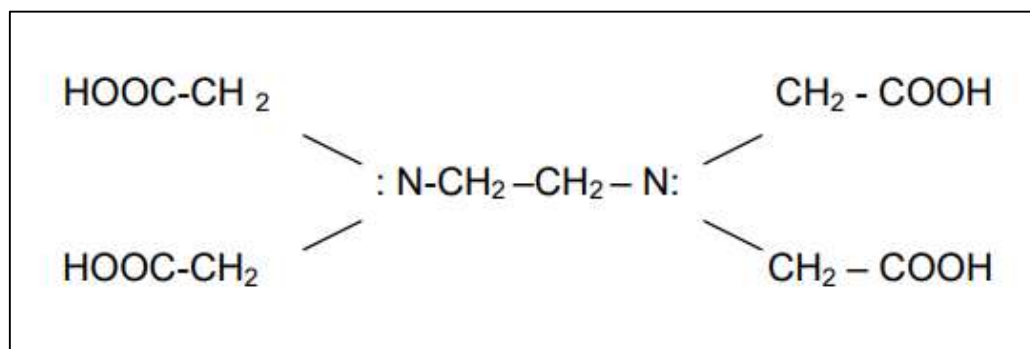


Figura N°10. Estructura química del ácido etilendiaminotetraacético. (27)

El ácido etilendiaminotetraacético EDTA contiene cuatro hidrógenos ácidos; por esa razón se representa como  $\text{H}_4\text{Y}$ , las fórmulas químicas de las múltiples

especies del EDTA se abrevian como:  $H_6Y^{+2}$ ,  $H_5Y^+$ ,  $H_4Y$ ,  $H_4Y^-$ ,  $H_3Y^{-2}$ ,  $H_2Y^{-2}$ ,  $HY^{-3}$  y  $Y^{-4}$  (1, 27)

Entre las ventajas que presenta el EDTA como titulante están:

- El EDTA se utiliza para titulaciones de iones metálicos. (1, 27)
- Tiene seis grupos a través de los cuales forma enlaces covalentes coordinado por ser un ligando hexadentado. Es decir, la molécula de EDTA tiene seis sitios para enlazarse a diversos iones metálicos: 2 sitios sobre el nitrógeno y cuatro sitios en el ácido carboxílico que pueden ocupar cuatro, cinco o seis posiciones de coordinación en torno de un ion metálico central. (1, 27)
- Forma quelatos de mucha estabilidad y estequiometría 1:1 independientemente de la carga del metal. Como el ion etilendiaminotetracético se coordina en varias posiciones en torno de un ion metálico central solo se forman complejos en la razón metal a ligando uno a uno. Así no se presentan los problemas con los cuales se tropieza en las reacciones por pasos entre iones metálicos y ligandos monodentados. (27)

**CAPITULO IV**  
**DISEÑO METODOLOGICO**



## **4.0 DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1 TIPO DE ESTUDIO**

Prospectivo: ya que los datos que se obtuvieron podrán ser utilizados en futuro próximo.

Experimental: Esta basado en pruebas de laboratorio, ya que se realizaron análisis de forma práctica para obtener los datos de Calcio y Magnesio en las muestras de galletas.

### **4.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

La investigación se realizó de diferentes bibliotecas de las siguientes Universidades en forma virtual.

- Sistema Bibliotecario de la Universidad de El Salvador.
- Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer.
- Universidad Centro Americana José Simeón Cañas.
- Universidad Nueva San Salvador.
- Internet.

### **4.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.**

La Periferia de Apopa cuenta con 4 supermercados de la cadena Callejas, y 3 supermercados de la cadena Walmart (2 Despensa Familiar y 1 Maxi despensa), por lo que se ha elegido 1 supermercado de cada cadena, la Despensa Familiar ubicada en el mercado de Apopa y Super Selectos ubicado en la Plaza Mundo Apopa, ya que estos supermercados son los que mayor afluencia de compradores tienen por su ubicación. Se tomo un supermercado de cada cadena

para obtener una mayor representatividad de las muestras a tomar. (Ver Anexo N° 1)

- Tipo de muestreo: Puntual y dirigido a las diferentes marcas de galletas en común de los dos supermercados en la periferia de Apopa.
- Universo: Todas las marcas de galletas en ambos supermercados en la periferia de Apopa.
- Muestra: Seis marcas de galletas en común entre los dos supermercados. (Incluye saladas, dulces, tipo waffle).
- Toma de la muestra: Se hará según la siguiente fórmula para muestras Infinitas.

$$n = \frac{Z^2 p \cdot q}{e^2} \quad (\text{Ecuación No. 1})$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

Z= Nivel de confianza; para una confianza del 95%, Z=1.96

p= probabilidad de ocurrencia.

q= probabilidad de no ocurrencia, es (p – 1)

e= error del muestreo (0.5)

Ejemplo de cálculo para la toma de muestras:

$$n = \frac{Z^2 p \cdot q}{e^2} \quad n = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)}{0.5^2} \quad n = 3.84$$

Según la formula anterior se tendrán que tomar 4 marcas de galletas en común entre los dos supermercados, pero para que sea más representativa la muestra se eligieron 6 marcas de galletas en común entre ambos supermercados.

#### **4.4 PARTE EXPERIMENTAL.**

La parte experimental se realizó en las siguientes etapas:

- Se realizó un sondeo de marcas de galletas comercializadas en los dos supermercados elegidos ubicados en la periferia de Apopa, para verificar las marcas de galletas comercializadas, luego se eligieron las marcas de galletas en común entre los dos supermercados elegidos.
- Tratamiento de la muestra, se realizó por triplicado para cada muestra seleccionada de las marcas de galletas.
- Cuantificación de calcio y magnesio, el análisis se realizó tres repeticiones para cada muestra tanto para la determinación de calcio y magnesio.
- Con los resultados obtenidos de la presente investigación se realizó una comparación de los datos obtenidos y lo rotulado en cada empaque de las galletas seleccionadas.
- Se realizó un documento con la metodología analítica que se empleó en el presente trabajo, el cual se entregó a la coordinación de la cátedra de Química Analítica.

##### **4.4.1 MUESTREO**

La toma de la muestra se realizó de la siguiente manera:

- Elaboración de formato para el sondeo en supermercados. (Ver Anexo N° 2)
- Visitar los diferentes supermercados.
- Llenar el formato con los datos recopilados.

- Seleccionar las marcas en común.

#### **4.4.2 TRATAMIENTO DE LA MUESTRA**

##### 4.4.2.1 Tratamiento de la muestra modificado

- Triturar un aproximado de 100 g de muestra (4 empaques individuales de galletas).
- Pesar 20.0 g de muestra previamente triturada en un beaker de 250 mL. Realizar por triplicado.
- Agregar 200 mL de agua destilada libre de CO<sub>2</sub>.
- Agitar las muestras y tapar los beaker con papel Parafilm. Dejar en reposo por 24 horas a temperatura ambiente.
- Pasado el tiempo de reposo, filtrar las muestras con papel Whatman No.42. Recibir el filtrado en un beaker de 250 mL.
- Del filtrado anterior tomar tres alícuotas de 10 mL cada una para cada análisis.

#### **4.4.3 CUANTIFICACIÓN DE CALCIO Y MAGNESIO.**

##### 4.4.3.1 Estandarización de la solución valorante de EDTA 0.1M con CaCO<sub>3</sub> 0.1M

- Medir con pipeta volumétrica 10 mL de solución estándar de Carbonato de Calcio y colocarla en un erlenmeyer de 250 mL.
- Agregar lentamente 7 gotas de solución de hidróxido de sodio 4 N para llevar la solución a pH 12.
- Agregar indicador purpurato de amonio o murexida. Agitar la solución.
- Llenar la bureta de 50 mL, previamente ambientada con solución estándar

de EDTA 0.1 M.

- Titular el patrón primario con la solución EDTA que está en la bureta hasta que el color de la solución vire de rosado a violeta.
- Anotar los mililitros gastados en la valoración.
- Realizar 2 valoraciones más.

Resultados:

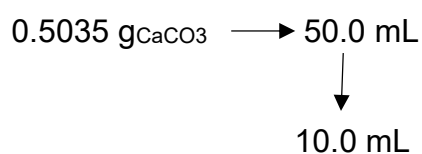
$$V_1 = 9.4 \text{ mL}$$

$$V_2 = 9.1 \text{ mL}$$

$$V_3 = 9.3 \text{ mL}$$

Peso real de patrón primario: 0.5035 g

Factor de disolución del Carbonato de Calcio:



FORMULA PARA EL CALCULO DE LA MOLARIDAD

$$M = \frac{\text{g (patron primario)}(\text{vol.dilucion})/\text{aliquota}}{V(\text{valorante}) * \left(\frac{\text{PM CaCO}_3}{1000}\right)} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 2)$$

$$M_1 = \frac{\left(\frac{(0.5035)(10)}{50}\right)}{(9.4) \left(\frac{100.09}{1000}\right)} = 0.1070$$

$$M_1 = 0.1070$$

$$M_2 = 0.1106$$

$$M_3 = 0.1082$$

$$M_{\text{promedio}} = 0.1086$$

#### 4.4.3.2 Determinación de Magnesio en la muestra

- Medir con pipeta volumétrica 10 ml de muestra y colocarla en un erlenmeyer de 250 ml.
- Agregar 5 gotas de solución buffer cloruro de amonio-hidróxido de amonio hasta que la solución tenga un pH 10.
- Agitar la solución suavemente, previamente tapada para evitar la evaporación del buffer amoniacal.
- Añadir una pequeña cantidad de indicador negro de eriocromo T.
- Llenar previamente una bureta de 50 mL con la solución de EDTA 0.1 M, teniendo la precaución de lavar con pequeñas porciones de su solución valorante.
- Titular rápidamente la solución problema con solución de EDTA 0.1 M, que tiene la bureta, procurando agitar suavemente cada vez que caigan gotas del titulante sobre el Erlenmeyer, hasta que aparezca un color azul por toda la solución. La agitación debe ser suave y la titulación rápida para evitar caída del pH (el vire es de rojo vino a azul)
- No debe conservarse color rojizo al llegar al final de la titulación. Anotar los mL gastados.
- Realizar por triplicado las valoraciones por cada muestra.
- Anotar las lecturas como mL gastados para Magnesio.

#### 4.4.3.3 Determinación de Calcio en la muestra.

- Medir con pipeta volumétrica 10 ml de solución problema y colocarla en un Erlenmeyer de 250 mL.

- Agregar lentamente 7 gotas de solución de hidróxido de sodio 4 N. para llevar la solución a pH 12 (comprobar el pH con el papel indicador).
- Agregar una pequeña cantidad de indicador purpurato de amonio o murexida. Agitar la solución.
- Llenar una bureta de 50 mL con solución estándar secundario de EDTA 0.1 M.
- Titular la muestra con la solución de EDTA 0.1 M que está en la bureta, hasta que el color varíe de rosado a violeta, anotar los mililitros gastados en la valoración.
- Realizar por triplicado las valoraciones por cada muestra.

Formula a utilizar para encontrar los miligramos de calcio y magnesio en la muestra:

$$C = (V_g * PM * M) * 10 \text{ (Ecuación N}^\circ 3)$$

Dónde

C = Cantidad en mg encontrados de Magnesio y/o Calcio en la muestra.

$V_g$  = Volumen gastado de solución valorante EDTA.

PM = Peso Molecular de Magnesio y/o de Calcio

M = Molaridad corregida de solución valorante EDTA.

Para los materiales, equipos y preparación de reactivos que se utilizaron en el análisis complejométricos (Ver Anexo N° 3 y Anexo N° 4)

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS**



## **5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

Para el sondeo de las marcas de galletas se realizó en los siguientes supermercados: Despensa Familiar ubicada en el mercado de Apopa y Super Selectos ubicado en Plaza Mundo Apopa. Se eligieron los supermercados anteriormente mencionados ya que son los que tienen mayor afluencia de los consumidores por estar ubicados en puntos estratégicos.

En el formato utilizado para el sondeo se describe el nombre del producto y los sabores que se encontraron en cada supermercado. En la Despensa Familiar se encontraron 20 marcas de galletas de diferentes sabores; en el Super Selectos se encontraron 68 marca de galletas de diferentes sabores.

Luego se identificaron las marcas en común, encontrándose 9 marcas, de las cuales se tomaron 6 marcas debido a que en el momento de la compra solo se contaba con 6 marcas comunes en el supermercado. Las marcas en común encontradas en ambos supermercados son: Club Extra, Chiky, Picnic, Lolas, Tosh, CanCan. Orisky Wafer, Riti-tiki, Wafer Rich.

Tabla N°9. Resultado del sondeo de marcas de galletas comercializadas en dos supermercados en la periferia de Apopa.

Super 1 (Despensa Familiar)			Super 2 (Super Selectos Plaza Mundo Apopa)					
No	NOMBRE DEL PRODUCTO	SABORES	No	NOMBRE DEL PRODUCTO	SABORES	No	NOMBRE DEL PRODUCTO	SABORES
1	Canasta (Pozuelo)	Relleno chocolate	1	Animalitos (Lido)	naturales	35	María (Pozuelo/Bimbo)	sabor original
2	Can-Can Extra	Rellena de vainilla	2	Arco Iris	Vainilla, coco y fresa	36	Max Club (Pozuelo)	Saladas
3	Chiky (Pozuelo)	Relleno de chocolate	3	Artesana	Naranja	37	Mini barritas (Marisela/bimbo)	relleno fresa
4	Choco Kiss Clásica (Gamesa)	Con chispas de chocolate	4	Avenas (Pozuelo/Bimbo)	manzana y canela	38	Oreo	galleta de chocolate rellena de vainilla
5	Choco Wow (Gama)	Chocolate con relleno de vainilla	5	Best	Cubierta chocolate, relleno de fresa	39	Oreo	galleta chocolate con relleno pastel cumpleaños
6	Club Extra (Pozuelo)	Saladas	6	Best	Relleno de maní	40	Orisky Wafer (Boca Deli)	Avellana con chocolate
7	Club Max	Saladas	7	Blackz (Molsa)	chocolate negro relleno de vainilla	41	Ovater	manzana y canela
8	Coctail Extra (Molsa)	Saladas	8	Bridge Wafer (Colombina)	Fresa y vainilla	42	Picnic (Diana)	Vainilla y chocolate
9	Creimas (Molsa)	relleno de fresa y vainilla	9	Campechana (Cuétara)		43	Pindi Wafer (Boca Deli)	Fresa y vainilla
10	Lolas (Molsa)	Coco	10	Can Can	Relleno de fresa o chocolate	44	Príncipe (Maricela/Bimbo)	galleta chocolate con relleno de vainilla
11	Orisky Wafer (Boca Deli)	Avellana con chocolate	11	Can-Can Extra	Rellena de vainilla	45	Príncipe (Maricela/Bimbo)	galleta vainilla con relleno de chocolate

Tabla N°9. Continuación.

12	Picnic (Diana)	Vainilla y Fresa	12	Canelitas (Maricela/Bimbo)	Azúcar y canela	46	Príncipe (Maricela/Bimbo)	galleta vainilla con relleno de limón
13	Quakers	Avillana con manzana	13	Casino (Lido)	Saladas	47	Rice Cakes (Dili rice)	Arroz, sin sal, sin gluten
14	Riti-tiki (Elite)	Chocolate con relleno de vainilla	14	Chapetin (Best)	Relleno de vainilla	48	Riti-tiki (Elite)	Chocolate y fresa relleno de vainilla
15	Ritz	sodas con relleno de queso	15	Chiky	relleno de chocolate	49	Sanissimo (Salmas)	Chía y Linaza
16	Suli	Vainilla y Fresa	16	Chiky chips	chispas de chocolate	50	Sanissimo (Salmas)	Tradicional
17	Tipo (Pozuelo)	natural	17	Chiky Deleite	cubierta de chocolate	51	Tortitrigo (Lido)	Original
18	Tosh	Relleno chocolate y avellanas	18	Chips Anoy	chispas de chocolate	52	Tortitrigo (Lido)	Integral
19	Wafer Rich (Molsa)	Fresa y vainilla	19	Choco Wow Chips	galleta con chispas de chocolate	53	Tortitrigo (Lido)	Multigrano
20	Zafarí (Molsa)	Natural	20	Choco Wow Wafer	relleno de chocolate	54	Tosh	Coco y almendras
			21	Club Extra (Pozuelo)	Saladas	55	Tosh	Avena, chocolate y almendras
			22	Club Social (Navisco)	Tradicional/integral	56	Tosh	Relleno de rosas y fresas
			23	Club Social (Navisco)	Multicereal	57	Tosh	Relleno chocolate y avellanas
			24	Cocktail Extra (Molsa)	Saladas	58	Tosh	Fusión cereales
			25	Cremas (Pozuelo/Bimbo)	galleta combinada de vainilla y chocolate, rellenas	59	Tosh	Avena granola y arándanos

Tabla N°9. Continuación.

26	Cremas Dark (Pozuelo/Bimbo)	chocolate negro, rellenas	60	Tosh	Ajonjolí
27	Cremas surtidas	Relleno surtido de cremas	61	Tosh	Limón y Té verde
28	Cremosas (Lido)	rellenas de vainilla	62	Tosh	Miel
29	Fantasía (Lido)		63	Tosta Rica (Lido)	
30	Florentinas	Relleno fresa o chocolate	64	Tuareg (Costa)	crema de coco
31	Gran cereal (Costa)	30% avellana + 4 cereales	65	Vita (Lido)	
32	Horneadas de maíz (Pozuelo)	Maíz	66	Wafer (Boca Deli)	Vainilla y fresa
33	Llenitas (San Andrés)	Chocolate, fresa y vainilla	67	Wafer (Dany)	Chocolate
34	Lolas (Molsa)	Coco	68	Wafer Rich (Molsa)	Vainilla y chocolate



Marcas tomadas como muestras.



Marcas no encontradas a la hora de la compra.

Fuente: Elaboración propia

Para cuantificar el calcio y magnesio se realizó el tratamiento de la muestra, luego la identificación hizo por medio del método de complejometría.

En el tratamiento de la muestra por el método oficial de la AOAC, se obtuvo una cantidad muy pequeña de residuo y de ácido una cantidad mayor, razón por la cual no se pudo titular ya que la acidez de la muestra interfiere en la cuantificación de ciertos minerales por el método de valoración complejométrica, en este caso del calcio y magnesio.

Debido a lo anterior se optó por modificar el método para el tratamiento de la muestra cómo se describe en el punto (4.4.2.2), con dicha modificación se logró cuantificar el calcio y magnesio en las muestras.

También se realizó la verificación de precisión de los resultados obtenidos, utilizando un método estadístico por computadora, la linealidad de los datos experimentales obtenidos en la determinación de Calcio y Magnesio es bastante confiable. De igual manera podemos resumir que la confiabilidad y precisión de los resultados obtenidos experimentalmente son altamente representativa.

Los datos de laboratorio se reflejan en la siguiente tabla, la cual describe el código de las marcas, el promedio de volumen de titulante gastado para calcio y magnesio, también contiene los miligramos encontrados de calcio y magnesio, así como el promedio para cada uno. (Ver Anexo N° 5)

Tabla N°10. Resultados de laboratorio para la cuantificación de Calcio y Magnesio.

Cód. Mx.	N° Mx.	Vol. EDTA para Ca <sup>+</sup> (mL)	mg de Ca <sup>+</sup> /100 g de Mx	M <sub>EDTA</sub>	Vol. EDTA para Mg <sup>+</sup> (mL)	mg de Mg <sup>+</sup> / 100 g de Mx
CE	1	0.4000	17.4108	0.1086	0.6000	15.8371
		0.4000	17.4108	0.1086	0.6000	15.8371
		0.4000	17.4108	0.1086	0.6000	15.8371
	2	0.5000	21.7634	0.1086	0.6000	15.8371
		0.4000	17.4108	0.1086	0.6000	15.8371
		0.4000	17.4108	0.1086	0.6000	15.8371
	3	0.4000	17.4108	0.1086	0.6000	15.8371
		0.4000	17.4108	0.1086	0.6000	15.8371
		0.4000	17.4108	0.1086	0.6000	15.8371
Promedio		0.4111	17.8944		0.6000	15.8371
CH	1	0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
		0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
		0.4000	17.4108	0.1086	0.4000	10.5581
	2	0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
		0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
	3	0.4000	17.4108	0.1086	0.4000	10.5581
		0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
		0.3000	13.0581	0.1086	0.3000	7.9186
Promedio		0.3222	14.0253		0.4111	10.8514
PC	1	0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
		0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
		0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
	2	0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
	3	0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
		0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
		0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
Promedio		0.3000	13.0581		0.4333	11.4379
L	1	0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.2000	8.7054	0.1086	0.4000	10.5581
		0.2000	8.7054	0.1086	0.6000	15.8371
	2	0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976

Tabla N°10. Continuación.

		0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
	3	0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
		0.2000	8.7054	0.1086	0.4000	10.5581
		0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
	Promedio	0.2667	11.6072		0.4556	12.0245
TS	1	0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
		0.4000	17.4108	0.1086	0.5000	13.1976
		0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
	2	0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
	3	0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.3000	13.0581	0.1086	0.4000	10.5581
		0.2000	8.7054	0.1086	0.5000	13.1976
	Promedio	0.3000	13.0581		0.4667	12.3178
CC	1	0.3000	13.0581	0.1086	0.6000	15.8371
		0.3000	13.0581	0.1086	0.6000	15.8371
		0.2000	8.7054	0.1086	0.6000	15.8371
	2	0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
	3	0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.3000	13.0581	0.1086	0.5000	13.1976
		0.2000	8.7054	0.1086	0.5000	13.1976
	Promedio	0.2778	12.0908		0.5333	14.0775

En el cuadro se presentan codificadas las marcas de galletas de la siguiente manera: CE: Club Extra, CH: Chiky, PC: Picnic, L: Lolos, TS: Tosh, CC: CanCan.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se ha agrupado los resultados de la tabla No. 2, en el siguiente gráfico:

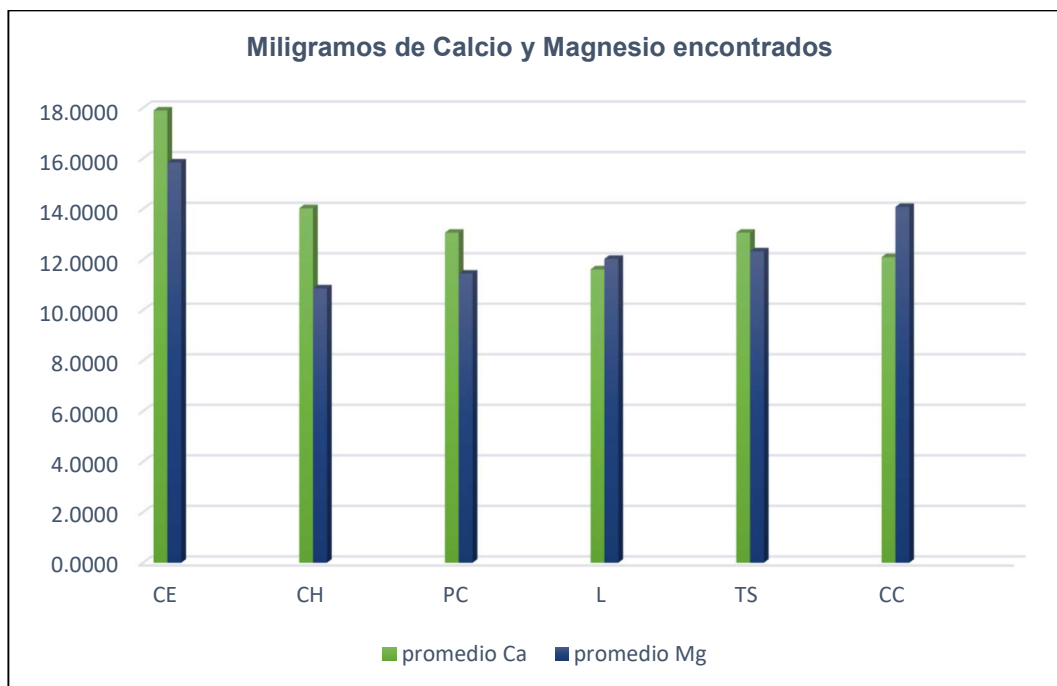


Figura N°11. Cantidades de Magnesio y Calcio determinadas en laboratorio  
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Figura N°10 la mayor cantidad de calcio encontrada por cada 100 gramos de galleta se encuentra en la marca Club Extra (CE), encontrándose en el laboratorio 17.984 mg de calcio; la muestra que menos calcio se encontró fue la marca Lolos (L), con 11.607 mg de calcio.

Teniendo en cuenta que cada paquete individual de galleta Club Extra contiene 25 gramos, lo que significa que cada paquete individual contiene un aproximado de 4.5 mg de calcio, para el caso de las galletas Lolos estas pesan 15 g por cada paquete individual lo que significa que podemos encontrar un aproximado de 1.74 mg de calcio.

Para el magnesio la muestra que más contenía dicho mineral fueron las Club Extra (CE), con 15.837 mg de magnesio, y la muestra que menor cantidad se encontró fue la marca Chiky (CH) con 10.851 mg de magnesio.



Cada paquete individual de galleta Club Extra contiene 25 gramos, lo que significa que cada paquete individual contiene un aproximado de 3.95 mg de magnesio, para el caso de las galletas Chiky estas pesan 40 g por cada paquete individual lo que significa que podemos encontrar un aproximado de 4.34 mg de magnesio.

Según la FDA (Federación de Drogas y Alimentos), el valor diario para la ingesta de Calcio es de 1300 mg, para una dieta de 2000 calorías, para el caso de la marca Club Extra, (la cual fue la muestra en donde se encontró mayor cantidad) se encontraron 17.987 mg, lo que significa que es 1.38 % de la ingesta diaria recomendada para el calcio.

Para el magnesio el Valor diario es de 420 mg según la FDA (Federación de Drogas y Alimentos), para una dieta de 2000 calorías, para el caso de la muestra que mayor cantidad de magnesio reporto fue la de Club Extra (CE) con 15.837 mg de magnesio, lo que representa el 3.77% de la ingesta diaria recomendada.

La comparación de los resultados de calcio y magnesio obtenidos en el laboratorio con los reportados en las etiquetas de las galletas, se encuentran en la tabla No. 3, donde se describen las marcas de galletas, el promedio de Calcio y Magnesio encontrado experimentalmente, así como las cantidades de Calcio y Magnesio reportados en las viñetas de dicha marca de galleta.

Tabla N°11. Comparación de los miligramos de Calcio y Magnesio encontrados en laboratorio versus los reportados en cada empaque de galleta muestra.

Código de muestras	Promedio de Calcio encontrado experimental (mg)	Promedio de Magnesio encontrado experimental (mg)	Cantidad de Calcio reportado en viñetas (mg)	Cantidad de Magnesio reportado en viñetas (mg)
CE	17.8944	15.8371	NR	NR
CH	14.0253	10.8514	NR	NR
PC	13.0581	11.4379	NR	NR
L	11.6072	12.0245	NR	NR
TS	13.0581	12.3178	NR	NR
CC	12.0908	14.0775	14	NR

Donde: CE: Club Extra, CH: Chiky, PC: Picnic, L: Lolos, TS: Tosh, CC: CanCan, NR: No Reporta

Fuente: Elaboración propia

Lo que pudimos observar en la Tabla N°11, es que en los empaques de galletas tomadas como muestra no reportan los valores de calcio y magnesio a excepción de las galletas Can Can (CC), estas reportan 14 mg de calcio por cada 100 g de galleta. Lo que nos demuestra la falta de información por parte de los fabricantes hacia los consumidores.

La entrega de la metodología a la coordinación de química analítica para implementación de la cátedra, se realizó un documento donde se describe la marcha analítica que se utilizó para la realización del trabajo de investigación. (Ver Anexo N° 6)

**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES**

## 6.0 CONCLUSIONES.

1. Por medio del sondeo se conocieron todas las marcas de galletas comercializadas en los dos supermercados elegidos de la periferia de Apopa, de las cuales solo seis marcas fueron en común, entre estas se encontraron galletas tipo waffer, rellenas, saladas y dulces, por lo que concluimos que dichas marcas son representativas para la toma de la muestra.
2. Según los resultados obtenidos experimentalmente nos demuestra que la marca Club Extra (CE), contiene la mayor cantidad de calcio y magnesio reportado de las marcas en estudio, mientras que la muestra Lolos (L) reportó menor cantidad de calcio y la muestra Chiky (CH) reportó menor cantidad de magnesio.
3. La mayoría de las marcas de galletas analizadas no tienen suficiente información para realizar una comparación contra los resultados obtenidos experimentalmente ya que éstas no rotulan ni calcio, ni magnesio en los empaques; a excepción de la marca Can Can, la cual rotula una cantidad de calcio mayor al obtenido experimentalmente.
4. La metodología diseñada como producto de esta investigación tiene finalidad didáctica, para ser utilizada en la enseñanza del análisis cuantitativo mediante el método titrimétrico.
5. En las valoraciones complejométricas es de suma importancia el pH ya que este determina el rango en el cual se encuentran los diferentes minerales o elementos a cuantificar.

6. Según la Federación de Drogas y Alimentos (FDA), la ingesta diaria debe ser de 1300 mg de calcio y de 420 mg de magnesio para una dieta de 2000 calorías, por lo tanto, se debe tener el cuidado con el consumo de galletas que combinados con los alimentos que contienen calcio y magnesio puede exceder la cantidad diaria recomendada.

**CAPITULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

## 7.0 RECOMENDACIONES.

1. La verificación de los resultados obtenidos de la cuantificación de calcio y magnesio en galletas mediante valoración complejométrica, debe realizarse mediante el método de absorción atómica para poder considerarla como alternativa analítica.
2. Llevar a cabo futuras investigaciones sobre otros minerales presentes en los diferentes tipos de galletas.
3. Realizar ensayos para el tratamiento de la muestra según la AOAC, hasta llegar a calcinación sin agregar ácidos ya que estos perjudican el pH requerido para cuantificar cada mineral en complejometría.
4. Para las valoraciones por complejometría específicamente para calcio y magnesio se deben realizar a pH fuertemente alcalino para lograr los virajes de color de los indicadores en el punto de equivalencia.
5. Teniendo el conocimiento de la cantidad de calcio y magnesio contenido por cada 100 gramos de galletas, evaluar el consumo de estas para no exceder los límites del consumo diario, ya que dichos minerales están presentes en diferentes tipos de alimentos.

## BIBLIOGRAFIA

1. ACOFARMA. Fichas de Información Técnica [Internet]. Acofarma.com. EDTA Sal Disódica, España, 2020. [Citado 22 julio 2022] Disponible en: <https://formulasmagistrales.acofarma.com/idb/descarga/3/f06a75fe6522d7a9.pdf>.
2. Aguilar-Barojas S. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud, Salud en Tabasco [Internet], issn: 1405-2091, vol. 11, núm. 1-2, Revista Salud en Tabasco, Secretaría de Salud del Estado de Tabasco Villahermosa México, enero-agosto, 2005, pp. 333-338. [Citado 08 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
3. Análisis Volumétrico. Fundamentos de las valoraciones [Internet]. Www.uv.es. Publicado por Licencia Creative Commons Reconocimiento. [Citado 19 julio 2022]. Disponible en: [https://www.uv.es/qanaldetect/volumetrias/1\\_fundamentos\\_de\\_las\\_valoraciones.html](https://www.uv.es/qanaldetect/volumetrias/1_fundamentos_de_las_valoraciones.html)
4. Association of Official Analytical Chemist. (2003). Official Methods of Analysis. (40th Edition). Centennial Edition: United States of América.
5. Baires R., Moran A., Vanegas K. Investigación del grado de demanda comercial y calidad Físico-Química del Cloruro de Magnesio Hexahidratado, utilizado para fines terapéuticos [Internet]. [San Salvador, El Salvador]: Universidad de El Salvador; 2004. Pág. 18-26. [citado el 12 de julio de 2022]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5530/1/16100549.pdf>



6. Bracamonte D., Luna D., Jiménez J. Graficación de Curvas de Valoraciones Complejométricas y Diagrama de Distribución de Especies del EDTA, Usando el Enfoque de la Programación Estructurada, [Internet]. Edu.co. Pág. 50-57, [citado el 20 julio de 2022]. Disponible en: <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/684/687>.
7. Cali Paguay M., Elaboración y evaluación nutricional de galletas a base de harina de trigo (*Triticum aestivum*) con semilla de Chía (*Salvia hispánica*), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, [Internet]. Edu.ec. Pág. 11 – 12, 26, [citado el 11 de julio de 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5038/1/56T00639%20UDCTFC.pdf>
8. Chirinos Leal W., Vargas Rincón N. Análisis proximal de galletas de harina de trigo (*Triticum vulgare*), Tapirama (*Phaseolus lunatus*) de Pueblo Nuevo de Paraguaná. [Internet]. Vol. 44, núm.2. Feijóo; 2017, [citado 8 julio 2022]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2223-48612017000200002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2223-48612017000200002).
9. Comités Técnicos de Normalización del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT. NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 67.10.02:99 DIRECTRICES DEL CODEX SOBRE EL ETIQUETADO NUTRICIONAL [Internet], San Salvador, El Salvador, 1993, Editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT. [citado 7 julio 2022]. Pág. 1– 31. Disponible en: <https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/ETIQUET>

ADO/DIRECTRICES%20DEL%20CODEX%20ALIMENTARIUS%20SOBRE%20ETIQUETADO%20NUTRICIO.pdf

10.10. Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, (CONACYT), Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.30.01.04, Productos de Panadería. Clasificación y Especificaciones del Pan Dulce. [Internet]. San Salvador, El Salvador: Editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, Primera Edición, [citado 7 julio 2022]. Pág. 1 – 24. Disponible en:

<https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/PANADERIA/PRODUCTOS%20DE%20PANADERIA.%20CLASIFICACION%20Y%20ESPECIFICACIONES%20DEL.pdf>.

11. Departamento de Salud y Servicios Humanos USA. Valor Diario y Porcentaje de Valor Diario: Cambios en las nuevas etiquetas de información nutricional y complementaria. [Internet]. Fda.gov. Administración de Alimentos y Medicamentos, FDA, Estados Unidos, marzo 2020, [citado el 12 julio 2022]. Disponible en: <https://www.fda.gov/media/137914/download>

12. Díaz Mejía J., Santana Grande J. Cuantificación de Hierro, Zinc, Calcio y Vitamina “A” en leche de soya en polvo, de tres marcas comercializadas en los alrededores del Centro Urbano “José Simeón Cañas”. [Internet]. Edu.sv. [San Salvador, El Salvador], Universidad de El Salvador, junio 2009, [citado 03 agosto 2022]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2584/1/16100882.pdf>

13. Dubon Urbina A., Guadrón A. Determinación cuantitativa de elementos presentes en sales inorgánicas por métodos complejométricos No

Oficiales. [Internet]. Edu.sv. [San Salvador, El Salvador], Universidad de El Salvador, septiembre 2009. [citado el 20 julio 2022]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2597/1/16101216.pdf>

14. Duran Velasco D., Hernández Castillo F. Propuesta del Método Titrimétrico por Oxido Reducción con Permanganato de Potasio para determinar Calcio en tabletas y en leches enteras fluidas pasteurizadas. [Internet]. Edu.sv [San Salvador, El Salvador], Universidad de El Salvador, Octubre de 2013. [citado el 13 julio 2022]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5142/1/Trabajo%20de%20graduacion.pdf>
15. ESBELT. Proceso de Producción en una Fábrica de Galletas [Internet]. Provenza 385, 08025 Barcelona España: ESBELT, S.A; B21 2000, [citado 9 julio 2022]. Disponible en: <http://www.cadenasyequiposind.com/esbelt/produccion-de-galletas.pdf>
16. Franco Baires, G. R. y Meléndez Ramírez, E. M. Elaboración de una guía práctica para la preparación de Reactivos químicos y estándares de uso frecuente en el Análisis químico, [Internet]. Edu.sv. [San Salvador, El Salvador], Universidad de El Salvador, Julio 2003. [[citado el 13 julio 2022]. Pág.: 44, 46, 64 Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3145/1/16100804.pdf>
17. Fuestelsaz Gallegos C. Cálculo del tamaño de la muestra. Artículo Enfermera de investigación. Hospital Universitario, [Internet]. Federacion-matronas.org. 2004, Vol., 5, n 18, [citado 08 diciembre 2022]. Pág. 5-13. Disponible en: <https://www.federacion-matronas.org/wp-content/uploads/2018/01/vol5n18pag5-13.pdf>

18. Gobierno de España, Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memorias Democráticas. BOE-A-1982-13243, Real Decreto 1124/1982 Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración, Fabricación, Circulación y Comercio de Galletas. [Internet]. Boe.es. Núm. 133, 4 de junio de 1982, España, páginas 15069 a 15072, [citado 11 junio 2022]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1982/04/30/1124>
19. Guía nutrición. Minerales en galletas de mantequilla o normales. [Internet]. Guia-nutricion.com., [citado 11 julio 2022]. Disponible en: <http://www.guia-nutricion.com/galletas-de-mantequilla-o-normales/minerales>
20. Instituto de la Galleta, Nutrición y Salud. Historia de la Galleta. [Internet]. Institutodelagalleta.com. [citado el 10 de julio de 2022]. Disponible en: <http://institutodelagalleta.com/historia.php?cl=2>
21. Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN), Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1107:2013. AGUA. DETERMINACION DE CALCIO. METODO EDTA. [Internet] gob.ec. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Primera Edición, Quito Ecuador, junio 2006. [citado julio 2022] Disponible en: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-1107-AGUAS.-DETERMINACION-DEL-CALCIO.-METODO-EDTA.pdf?x42051#:~:text=Preparar%20el%20indicador%20mezclando%202000,que%20no%20ocurran%20cambios%20posteriores>
22. Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN), Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 085:2005. GALLETAS. REQUISITOS. [Internet] gob.ec. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Primera Edición,

Quito Ecuador, 2005, [citado 10 julio 2022]. Disponible en:  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2085-1.pdf>

23. Jane H. Artículo. CALCIO [Internet]. Centro de Información de Micronutrientes del Instituto Linus Pauling, Universidad Estatal de Oregón, Estados Unidos, 2003, [citado 12 Julio 2022]. Disponible en:  
<https://ipi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/calcio>

24. Jhonatan A., Esther C. EDTA: conceptos básicos [Internet]. Monografias.com. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Juliaca, Puno, Perú, 2015, [citado el 22 de julio de 2022]. Disponible en:  
<https://www.monografias.com/trabajos105/edta-conceptos-basicos/edta-conceptos-basicos>

25. LENNTECH. Magnesio – (Mg). Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente [Internet]. Lenntech.es. [citado el 13 de julio de 2022]. Disponible en:  
[https://www.lenntech.es/periodica/elementos/mg.htm#:~:text=Elemento%20qu%C3%ADmico%2C%20met%C3%A1lico%2C%20de%20s%C3%ADmbolo,108.6%20lb%2Fft3\)](https://www.lenntech.es/periodica/elementos/mg.htm#:~:text=Elemento%20qu%C3%ADmico%2C%20met%C3%A1lico%2C%20de%20s%C3%ADmbolo,108.6%20lb%2Fft3))

26. López Garciaguirre, M. A. “Métodos de Análisis Complejométrico para la Cuantificación de Minerales en Fertilizantes”.

27. López M. Métodos de Análisis Complejométrico para la Cuantificación de Minerales en Fertilizantes. [Internet]. Edu.sv [San Salvador, El Salvador], Universidad de El Salvador, Agosto 2006, pág. 24-36, [citado el 24 julio 2022]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5072/1/10131461.pdf>

28. Martínez de Victoria E. El calcio, esencial para la salud. Nutr Hosp [Internet], vol. 33, supl.4 versión, Revista Scielo, On-line ISSN 1699-5198, Madrid, España 2016, [citado el 12 julio 2022]. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112016001000007](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112016001000007)
29. Meagan B. Magnesio en la Dieta. Medlineplus.gov Revista MedlinePlus Editado por Enciclopedia Nacional de Medicina de EE. UU., Estado Unidos, [citado el 11 junio 2022]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002423.htm>
30. Meagan B. Calcio en la dieta. [Internet]. Medlineplus.gov. Revista MedlinePlus Editado por Enciclopedia Nacional de Medicina de EE. UU., Estado Unidos, septiembre 2021, [citado el 22 de 11 junio 2022]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002412.htm>
31. Menchú M. Méndez H, Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. [Internet]. Incap.int. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá / Organización Panamericana de la Salud (INCAP/OPS), 2a edición, 2007. Pág. 6 – 10, 50, [citado el 22 de 8 julio 2022]. Disponible en: <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCALimentos.pdf>
32. Merck, E. “Métodos Complejométricos de Valoración con Titriplex” III Edición. Alemania 1982.
33. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, Productos de Panadería, Pastelería o Galletería. Ficha de requisitos técnicos de acceso al mercado

de EE. UU., [Internet]. Exportemos.pe. Proyecto BID-ADEX – RTA, Perú, publicada 27 agosto 2008, [citado 10 julio 2022]. Disponible en: <https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/Galletas.pdf>

34. Ministerio de Salud (MINSAL), REGLAMENTO TÉCNICO RTCA 67.04.54:10 CENTROAMERICANO Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios [Internet]. Comex.go.cr. Ministerio de Economía (MINECO), San Salvador, El Salvador, 2012. Pag 31 – 48, [citado 7 julio 2022]. Disponible en: [https://www.comex.go.cr/media/3541/339\\_anexo-de-la-resolucion-no-283-rtca-aditivos-alimentarios-\\_comieco.pdf](https://www.comex.go.cr/media/3541/339_anexo-de-la-resolucion-no-283-rtca-aditivos-alimentarios-_comieco.pdf)
35. Pilar M. Análisis volumétrico de interés farmacéutico: Valoradores automáticos. [Internet]. Idus.us.es. Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia, Sevilla, España, Julio 2017. Pág. 5-3, [citado el 19 julio 2022]. Disponible en: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/65309/An%C3%A1lisis%20volum%C3%A9trico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
36. Ramos R, Funes J. Conceptos y Métodos Básicos de Estadística [Internet]. transparenciafiscal.gob.sv. 2013 [citado 1 enero 2022]. Disponible en: [https://www.transparenciafiscal.gob.sv/downloads/pdf/DC4597\\_4.\\_Curso\\_3\\_Conceptos\\_y\\_Metodos\\_Basicos\\_de\\_Estadistica.pdf](https://www.transparenciafiscal.gob.sv/downloads/pdf/DC4597_4._Curso_3_Conceptos_y_Metodos_Basicos_de_Estadistica.pdf)
37. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Mexicana NMX-F-006-1983. Alimentos-Galletas. [Internet]. Gob.mx. Dirección General de Normas, 1983. Pág.3–9, [citado el 22 julio 2022]. Disponible en: [https://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-F-006-1983\\_GALLETAS.pdf](https://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-F-006-1983_GALLETAS.pdf)

38. The United States Pharmacopeial Convention, trigésima revisión y Formulario Nacional vigesimoquinta edición, Rockville MD, 2007, Estados Unidos de América.
39. Thermo Fisher SCIENTIFIC, Ficha de Datos de Seguridad, Ácido Etilendiaminotetraacético sal Disódica 2-Hidrato. [Internet]. Fishersci.es. Thermo Fisher SCIENTIFIC, Waltham, Massachusetts, Estados Unidos, diciembre 2020, [citado el 22 julio 2022]. Disponible en: [https://www.fishersci.es/chemicalProductData\\_uk/wercs?itemCode=10030140&lang=ES](https://www.fishersci.es/chemicalProductData_uk/wercs?itemCode=10030140&lang=ES)



## **ANEXOS**

## ANEXO N° 1. MAPA DE UBICACIÓN DE SUPERMERCADOS DE LA PERIFERIA DE APOPA

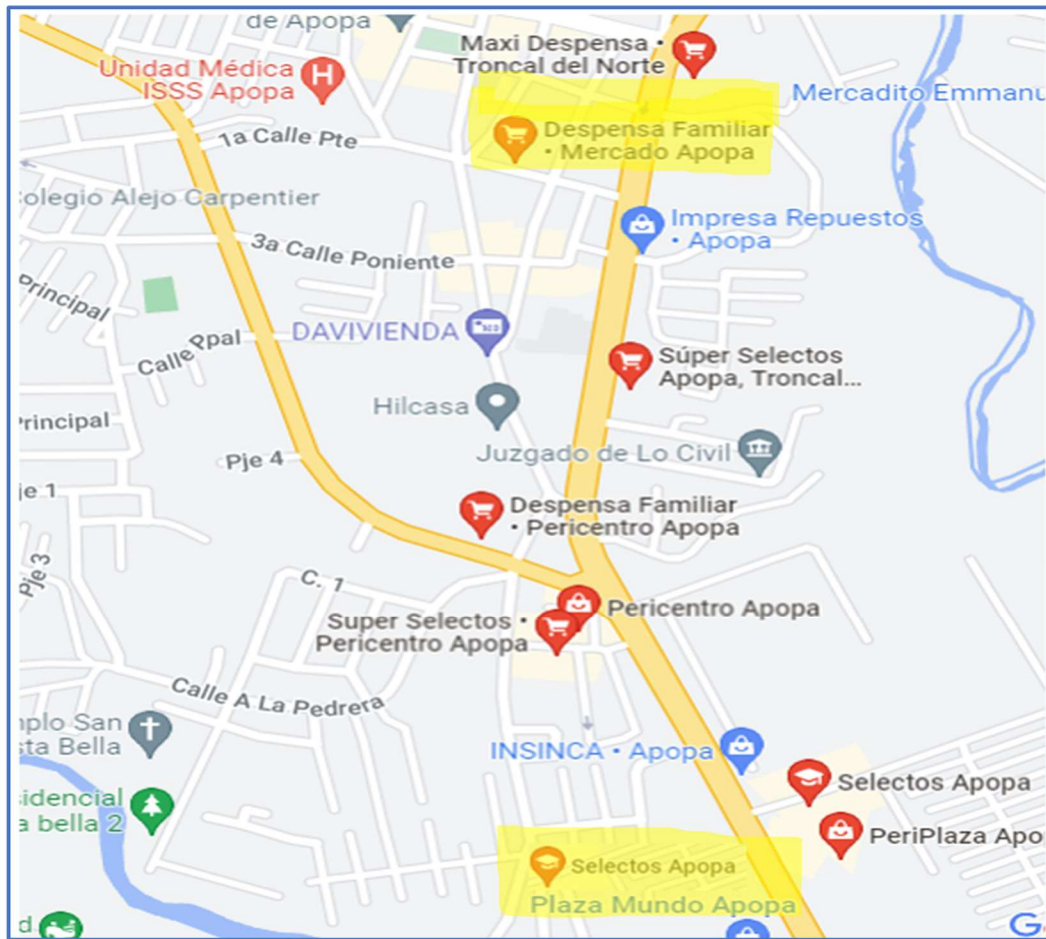



Figura N°12. Mapa de ubicación de supermercados de la periferia de Apopa.

 Supermercados en los cuales se realizó el sondeo y compra de las Muestras.

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO N° 2 FORMATO PARA EL SONDEO DE GALLETAS**

Tabla N° 12 Formato para el sondeo de marcas de galletas comercializadas en los dos supermercados de la periferia de Apopa

NOMBRE DEL SUPERMERCADO		
No	NOMBRE DEL PRODUCTO	SABORES
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Fuente: Elaboración propia

## **ANEXO N° 3 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS**

### Equipo.

- Mufla
- Balanza analítica.
- Hot plate.
- Desecador.

### Material.

- Erlenmeyer 250 mL
- Probeta de 25 mL.
- Balones volumétricos de 50.0, 100.0 y 250.0 mL
- Agitador
- Pipeta volumétrica de 10.0 mL
- Bureta de 50 mL
- Soporte para bureta, completo.
- Mortero y pistilo.
- Crisol.

### Reactivos.

- Cloruro de amonio.
- Carbonato de Calcio.
- Hidróxido de amonio concentrado.
- Ácido etilendiaminotetraacético sal disódica (EDTA).
- Indicador negro de eriocromo T.
- Indicador murexida o purpurato de amonio.
- Hidróxido de Sodio perlas.
- Ácido clorhídrico concentrado.

**ANEXO N°4**  
**PREPARACIÓN REACTIVOS.**

**Preparación de la solución valorante de sal disódica del ácido etilendiaminotetracético (EDTA) 0.1 M.** (26, 38, 32)

- Pesar 37.4 g de sal disódica de ácido etilendiaminotetracético (EDTA).
- Llevar a un valor volumétrico de 1000 mL, agregar 0.04 g de cloruro de magnesio hexahidratado, agregar 500 mL de agua destilada libre de CO<sub>2</sub>, mezclar hasta disolver y aforar a 1000 mL.
- Etiquetar y reservar solución en un envase de plástico.

Cálculos:

$$PM_{EDTA} = 374.27$$

$$g = M \cdot V(\text{mL}) \cdot \text{mMol} \text{ (Ecuación No. 4)}$$

$$\text{mMol} = PM / 1000 = \frac{374.27 \text{ g/mol}}{1000} = 0.37427$$

$$g_{EDTA} = (0.1 \text{ M}) (1000\text{mL}) (0.37427) = 37.42 \text{ g}$$

37.42 g de EDTA para 1 litro de una solución 0.1 M

**Preparación de la solución de estándar primario de carbonato de calcio 0.1 M.** (32)

- Desecar en una estufa a 110°C por dos horas el estándar primario de Carbonato de Calcio. Luego colocarlo en desecador para enfriar.
- Pesar 0.5 g de estándar (previamente desecado), colocarlo en un beaker de 30 mL y disolverlo con 10 gotas de ácido clorhídrico 3N, hasta disolver completamente.
- Luego diluir con 30mL con agua destilada libre de CO<sub>2</sub>, transferir a un balón de 50.0 mL y aforar con H<sub>2</sub>O libre de CO<sub>2</sub>.
- Rotular como solución estándar de Carbonato de Calcio 0.1M, esta solución se utiliza para estandarizar la solución de EDTA 0.1 M.

Cálculos

$$g = M \cdot V(\text{mL}) \cdot \text{mMol} \text{ (Ecuación No. 5)}$$

$$\text{mMol} = \text{PM} / 1000 = \frac{100 \text{ g/mol}}{1000} = 0.1$$

$$g = (0.1\text{M}) (50 \text{ mL}) (0.1)$$

$g = 0.5 \text{ g}$  de Carbonato de calcio para preparar 50 mL.

### Preparación de ácido clorhídrico 3N. <sup>(17)</sup>

- Medir 61.8 mL de Ácido clorhídrico al 37 % P/P de pureza y  $\rho = 1.18 \text{ g/mL}$ .
- Colocar un beaker en baño de hielo y adicionar aproximadamente 500 mL de agua destilada y agregar el ácido lentamente con agitación constante.
- Transferir la solución a un balón volumétrico de 1000 mL de capacidad y completar volumen.
- Envasar en frasco de vidrio y rotular como HCl 3N.

Cálculo:

$$g = N \cdot V(\text{mL}) \cdot \text{Meq}$$

$$\text{Meq} = \text{PM} / 1000 = \frac{36 \text{ g/mol}}{1000} = 0.036$$

$$g = (3\text{N}) (250 \text{ mL}) (0.040) = 27.0 \text{ g de HCl}$$

Relacionando con la pureza:

$$37 \text{ g} \text{ ----- } 100 \text{ g}$$

$$27 \text{ g} \text{ ----- } X$$

$$X = 72.97 \text{ g de HCl}$$

Relacionando con la densidad

$$\rho = m / v \text{ (Ecuación No. 5)}$$

Despejando:

$V = m / \rho = 72.97\text{g} / 1.18 \text{ g/mL} = 61.84 \text{ mL}$  de Ácido clorhídrico para preparar 250 mL de HCl 3 N.

### **Preparación de hidróxido de sodio 4N.** (32)

- Pesar cuidadosamente 16.0 g de Hidróxido de Sodio en perlas en un beaker (Realizarlo rápidamente ya que es higroscópico).
- Disolver las perlas en agua destilada libre de CO<sub>2</sub> en un baño de hielo (Para evitar una reacción brusca exotérmica).
- Trasferir a un Balón volumétrico de 100 mL y aforar con agua libre de CO<sub>2</sub>.
- Envasar en frasco plástico.
- Etiquetar.

Cálculo:

$$g = N \cdot V(\text{mL}) \cdot \text{Meq}$$

$$\text{Meq} = \frac{\text{PM}}{1000} = \frac{40 \text{ g/mol}}{1000} = 0.040$$

$$g = (4\text{N}) (100 \text{ mL}) (0.040) = 16 \text{ g de NaOH}$$

### **Preparación indicadora de negro de eriocromo T.** (32)

Triturar 10.0 mg de negro de eriocromo T hasta obtener un polvo fino con 2.0 g de cloruro de potasio.

### **Preparación indicadora de Murexida.** (21)

Mezclar 0,20 g de murexida con 100 g de NaCl puro bien pulverizado.



### **Solución de Buffer Amoniacal – Cloruro de Amonio.** <sup>(32)</sup>

- Pesar exactamente 67.5 g. de Cloruro de Amonio en balanza semi analítica o granataria en un beaker de 100.0 mL.
- Disolver el Cloruro de Amonio en 570 mL de Amoniaco concentrado (Trabajar en cámara extractora de gases).
- Mezclar bien y transvasar a un frasco volumétrico de 1000.0 mL con ayuda de un embudo y un frasco lavador.
- Llevar a volumen con agua destilada libre de CO<sub>2</sub> y homogenizar.
- Envasar en frasco de plástico.
- Etiquetar y reservar.

Nota: En la valoración de la Solución de Sal disódica de EDTA se utilizará la solución Buffer Cloruro de Amonio – Hidróxido de Amonio con la cual se alcanza un pH óptimo de 10 para la titulación.

**ANEXO N° 5**  
**CALCULOS DE RESULTADOS DE LABORATORIO.**

Tabla N°13. Resultados experimentales para la cuantificación de Calcio y Magnesio

Códigos de marcas de galletas / No. Muestra	Peso de muestra en (g)	(X <sub>1</sub> ) Volumen gastado de EDTA para Calcio (mL)	Prom. volumen gastado de EDTA para Calcio (mL)	(X <sub>2</sub> ) Volumen gastado de EDTA para Magnesio (mL)	Prom. volumen gastado de EDTA para Magnesio (mL)	M EDTA	(Y <sub>1</sub> ) mg de Calcio	(Y <sub>2</sub> ) mg de Magnesio	Promedio Calcio en (mg)	Promedio Magnesio en (mg)	
CE	1	20.0504	0.4000	0.4000	0.6000	0.6000	0.1086	17.4108	15.8371	17.8939	15.8371
			0.4000		0.6000						
			0.4000		0.6000						
	2	20.0549	0.5000	0.4333	0.6000	0.6000	0.1086	18.8602	15.8371		
			0.4000		0.6000						
			0.4000		0.6000						
	3	20.0592	0.4000	0.4000	0.6000	0.6000	0.1086	17.4108	15.8371		
			0.4000		0.6000						
			0.4000		0.6000						
CH	1	20.0232	0.3000	0.3333	0.4000	0.4000	0.1086	14.5075	10.5581	14.0244	10.8520
			0.3000		0.4000						
			0.4000		0.4000						
	2	20.0771	0.3000	0.3000	0.4000	0.4667	0.1086	13.0581	12.3187		
			0.3000		0.5000						
			0.3000		0.5000						
	3	20.0398	0.4000	0.3333	0.4000	0.3667	0.1086	14.5075	9.6791		
			0.3000		0.4000						
			0.3000		0.3000						

Tabla N°13 Continuación

PC	1	20.0725	0.3000	0.3000	0.4000	0.4000	0.1086	13.0581	10.5581	13.0581	11.4379
			0.3000		0.4000						
			0.3000		0.4000						
	2	20.0850	0.3000	0.3000	0.5000	0.5000	0.1086	13.0581	13.1976		
			0.3000		0.5000						
			0.3000		0.5000						
	3	20.0854	0.3000	0.3000	0.4000	0.4000	0.1086	13.0581	10.5581		
			0.3000		0.4000						
			0.3000		0.4000						
L	1	20.0049	0.3000	0.2333	0.5000	0.5000	0.1086	10.1548	13.1976	11.6072	12.0248
			0.2000		0.4000						
			0.2000		0.6000						
	2	20.0095	0.3000	0.3000	0.5000	0.4667	0.1086	13.0581	12.3187		
			0.3000		0.5000						
			0.3000		0.4000						
	3	20.0065	0.3000	0.2667	0.4000	0.4000	0.1086	11.6086	10.5581		
			0.2000		0.4000						
			0.3000		0.4000						
TS	1	20.0069	0.3000	0.3333	0.4000	0.4667	0.1086	14.5075	12.3187	13.0581	12.3187
			0.4000		0.5000						
			0.3000		0.5000						
	2	20.0089	0.3000	0.3000	0.5000	0.4667	0.1086	13.0581	12.3187		
			0.3000		0.5000						
			0.3000		0.4000						
	3	20.0200	0.3000	0.2667	0.5000	0.4667	0.1086	11.6086	12.3187		
			0.3000		0.4000						

Tabla N°13 Continuación

			0.3000		0.5000						
CC	1	20.0364	0.3000	0.2667	0.6000	0.6000	0.1086	11.6086	15.8371	12.0918	14.0774
			0.3000		0.6000						
			0.2000		0.6000						
	2	20.0397	0.3000	0.3000	0.5000	0.5000	0.1086	13.0581	13.1976		
			0.3000		0.5000						
			0.3000		0.5000						
	3	20.0536	0.3000	0.2667	0.5000	0.5000	0.1086	11.6086	13.1976		
			0.3000		0.5000						
			0.2000		0.5000						

Donde: CE: Club Extra, CH: Chiky, PC: Picnic, L: Lolos, TS: Tosh, CC: CanCan.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo para la determinación de Calcio y Magnesio en las diferentes muestras de galletas:

### **Determinación de Magnesio.**

Para la muestra de galleta: CH01

Volumen gastado de la muestra: 0.4000 ml

Molaridad de solución valorante: 0.1086

Peso Molecular de magnesio: 24.305 mg

$$C = (V_g * P_m * M) * 10$$

$$C = (0.40 * 24.305 * 0.1086) * 10$$

C = 10.5581 mg de Magnesio en aproximadamente 20 g de muestra.

### **Determinación de Calcio.**

Para la muestra: L 02

Volumen gastado de la muestra: 0.3000 ml

Molaridad de solución valorante: 0.1086

Peso Molecular de Calcio: 40.08 mg

$$C = (V_g * P_m * M) * 10$$

$$C = (0.30 * 40.08 * 0.1086) * 10$$

C = 13.0581 mg de Calcio en aproximadamente 20 g de muestra.

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo se realizaron los cálculos para determinar la linealidad de los datos obtenidos experimentalmente (provenientes de la Tabla N° 13), mediante el método de regresión calculados en tabla de Excel. (2. 36). En la siguiente tabla se representa los valores obtenidos por el método de regresión calculados en tabla de Excel, para la muestra CE01:

Tabla N° 14. Valores de Intercepto contra la variable

	Coefficientes	Error estándar
Intercepto	1.77636E-14	1.5354E-15
X Variable 1	43.52688	3.7238E-15

$$Y = b_0 + b_1 * X_1 \text{ (Ecuación No. 7)}$$

Dónde

$b_0$  = intercepto de los coeficientes

$b_1$  = X variable de los coeficientes

$X_1$  = un valor cualquiera de X en este caso volumen gastado de EDTA para Calcio y/o magnesio

$$Y = (1.77636E-14) + (43.52688) (0.40)$$

$Y = 17.4108$ , lo que nos representa estos valores obtenidos experimentalmente son lineales, debido que es el mismo resultado de los miligramos de calcio y/o magnesio, que se encuentran en la Tabla N° 13

Adonde:

$$b_0 = 1.77636E-14$$

$$b_1 = 43.52688$$

$$X_1 = \text{un valor cualquiera de X en este caso} = 0.40$$

Ejemplos de cálculos para determinar la precisión y confiabilidad del método.

$$CV = \frac{dt}{\bar{y}} * 100\% \text{ (Ecuación No. 8)}$$

$$CV_y = (1.5354E-15/17.8944) * 100\%$$

$$CV_y = 8.5801E-15$$

Donde:

$$dt = 1.5354E-15$$

$$\bar{y} = 17.8944$$

$$CV = \frac{dt}{\bar{x}} * 100\%$$

$$CV_x = (3.7238E-15/0.4111) * 100 = 9.0579E-13 \%$$

Donde:

$$dt = 3.7238E-15$$

$$\bar{x} = 0.4111$$

En base a los resultados obtenidos y los valores de CV podemos determinar que la media que representa al conjunto de datos es:

0 -< 10% por lo que la media es altamente representativa.

Tabla No.15 Representatividad según porcentaje de Coeficiente de Variabilidad (2, 36)

Valor de CV	Grado en que la media representa al conjunto de datos
0 -< 10%	Media altamente representativa
10% -< 20%	Media bastante representativa
20% -< 30%	Media tiene representatividad
30% -< 40%	Media con representación dudosa
40% o más	Media carente de representatividad



**ANEXO N° 6**  
**ENTREGA DE METODOLOGIA ANALITICA**

San Salvador, 28 de marzo 2023

Lic. Sandra Guadalupe Peraza.

Coordinadora Química Analítica Cualitativa y Cuantitativa.

Facultad de Química y Farmacia.

Por este medio me permito saludarla y desearle éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente es para comentarle que se realizó un trabajo de grado, el cual lleva por nombre "Determinación cuantitativa de calcio y magnesio en galletas comercializadas en dos supermercados en la periferia de apopa"; en el que se hará cumplimiento del objetivo y se entregara la metodología utilizada y los resultados a la cátedra de la cual usted es coordinadora, para su futura implementación en las prácticas de laboratorio.

Sin más que agregar.

Saludos Cordiales.

Atte. Denis García Barrera

Recibida  
17-04-23



## **METODOLOGIA DE ANALISIS COMPLEJOMETRICO**

### **DETERMINACION DE CALCIO Y MAGNESIO EN MUESTRAS DE GALLETAS**

#### **Fundamento:**

Las valoraciones complejométricas se basan en compuestos con capacidad de formar complejos con iones metálicos, el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), es el valorante más empleado en este tipo de valoraciones, debido a que forma complejos muy estables con la mayoría de los iones metálicos y a la estequiometría de los complejos formados. En las valoraciones con EDTA el objetivo es calcular la concentración del ion metálico en función de la cantidad de valorante añadido.

EL EDTA es capaz de formar múltiples enlaces coordinados con iones metálicos, a excepción de los metales alcalinos, formando quelatos que tienen la estabilidad suficiente para llevar a cabo las valoraciones. Dicha estabilidad de los quelatos resulta de los diversos sitios complejante de la molécula del EDTA, ya que esta tiene un sistema hexaprótico lo que le permite la desprotonación o pérdida de  $H^+$  por hidrólisis, lo que da lugar a diversos sitios complejantes de la molécula formando una estructura en forma de jaula, en la que el catión queda rodeado de forma efectiva y aisladas de moléculas del disolvente. (ver figura No. 2)

A continuación, se muestra la estructura del EDTA con los átomos de  $H^+$  los cuales se hidrolizan en la valoración.

Figura No. 1 Estructura del EDTA. Los átomos de H<sup>+</sup> ácidos se indican en los círculos.

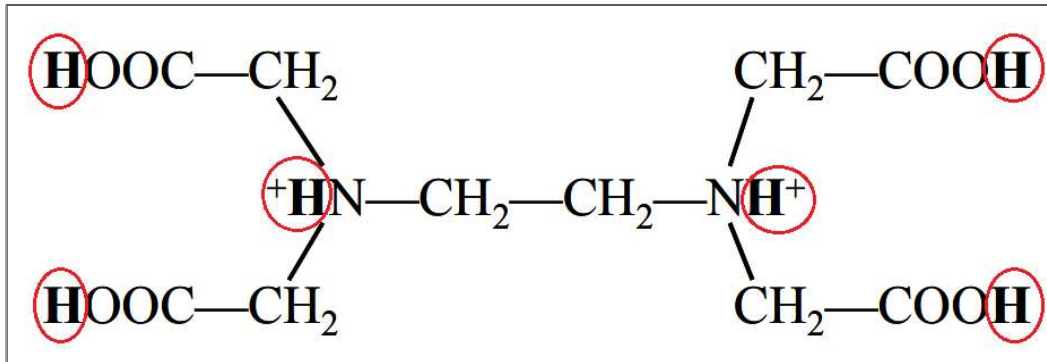
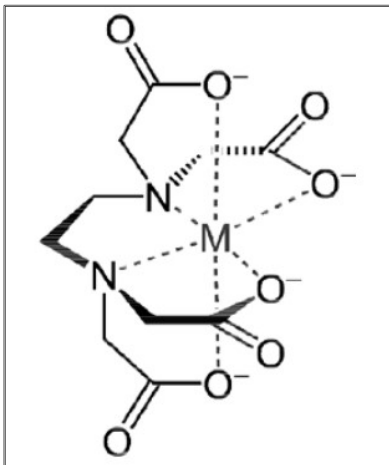


Figura No. 2 Estructura del complejo EDTA-Metal.



La solución valorante del EDTA debe tamponarse a un pH adecuado para que la constante de formación EDTA-Metal sea alta y el color del indicador libre sea suficientemente distinto del complejo metal-indicador. Si al pH que se cumplen estas condiciones precipita el analito, se añade un agente complejante auxiliar o un agente enmascarante el cual impide la asociación del EDTA con alguno de los cationes lo que permite controlar las interferencias y aumentar la selectividad en las valoraciones.

El punto de equivalencia en una valoración complejométrica se puede determinar mediante la adición de un indicador a la muestra que se compleje más débilmente que el EDTA con los cationes que se quieren valorar y que presente un cambio de color al romperse dicho complejo en presencia del EDTA. Un ejemplo es el indicador negro de eriocromo T, es un ácido débil cuyo color depende del pH de la disolución. (34)

## **PARTE EXPERIMENTAL**

### **Equipo**

- Balanza analítica
- Desecador
- Triturador eléctrico
- Estufa

### **Material:**

- Erlenmeyer 250 mL
- Probeta de 25 mL.
- Balones volumétricos de 50.0, 100.0 y 250.0 mL
- Agitador
- Pipeta volumétrica de 10.0 mL
- Beaker de 30 mL, 250 mL.
- Bureta de 50 mL
- Soporte para bureta, completo.

### **Reactivos:**

- Cloruro de amonio sólido.
- Carbonato de Calcio sólido.
- Hidróxido de amonio concentrado.
- Ácido etilendiaminotetraacético sal disódica sólido (EDTA).

- Indicador negro de eriocromo T sólido.
- Indicador murexida o purpurato de amonio sólido.
- Hidróxido de Sodio perlas.
- Ácido clorhídrico concentrado

### **TRATAMIENTO DE LA MUESTRA**

- Triturar un aproximado de 100 g de muestra (4 empaques individuales de galletas).
- Pesar 20.0 g de muestra previamente triturada en un beaker de 250 mL.
- Agregar 200 mL de agua destilada libre de CO<sub>2</sub>.
- Agitar las muestras y tapar los beaker con papel Parafilm. Dejar en reposo por 24 horas a temperatura ambiente.
- Pasado el tiempo de reposo, filtrar las muestras con papel Whatman No.42. Recibir el filtrado en un beaker de 250 mL. (Realizar por triplicado).
- Del filtrado anterior tomar tres alícuotas de 20 mL cada una para cada análisis.

### **PREPARACION DE LA SOLUCION VALORANTE DE LA SAL DISODICA DE ACIDO ETILENDIAMINOTETRACETICO (EDTA) 0.1M**

- Pesar la cantidad de sal disódica de ácido etilendiaminotetracético (EDTA) calculados por el estudiante.
- Llevar a un balón volumétrico de 250 mL, agregar 0.01 g de cloruro de magnesio hexahidratado, agregar 100 mL de agua destilada libre de CO<sub>2</sub>, mezclar hasta disolver y aforar a 250 mL.
- Etiquetar y reservar solución en un envase de plástico.

Tomar en cuenta lo siguiente para sus cálculos:

$$P_{\text{EDTA}} = 374.27$$

$$g = M \cdot V(\text{mL}) \cdot \text{mMol}$$

### **PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE ESTÁNDAR PRIMARIO DE CARBONATO DE CALCIO 0.1 M.**

- Desecar en una estufa a 110°C por dos horas el estándar primario de Carbonato de Calcio. Luego colocarlo en desecador para enfriar.
- Pesar la cantidad de estándar primario calculado por el estudiante (previamente desecado), colocarlo en un beaker de 30 mL y disolverlo con 10 gotas de ácido clorhídrico 3N, hasta disolver completamente.
- Luego diluir con 30mL con agua destilada libre de CO<sub>2</sub>, transferir a un balón de 50.0 mL y aforar con H<sub>2</sub>O libre de CO<sub>2</sub>.
- Rotular como solución estándar de Carbonato de Calcio 0.1M, esta solución se utiliza para estandarizar la solución de EDTA 0.1 M.

Tomar en cuenta lo siguiente para sus cálculos:

$$g = M \cdot V(\text{mL}) \cdot \text{mMol}$$

$$\text{mMol} = \text{PM} / 1000$$

### **ESTANDARIZACION DE LA SOLUCION VALORANTE DE EDTA 0.1M CON CaCO<sub>3</sub> 0.1M**

- Medir con pipeta volumétrica 10 mL de solución estándar de Carbonato de Calcio y colocarla en un erlenmeyer de 250 mL.
- Agregar lentamente 7 gotas de solución de hidróxido de sodio 4 N para llevar la solución a pH 12.
- Agregar indicador purpurato de amonio o murexida. Agitar la solución.
- Llenar la bureta de 50 mL, previamente ambientada con solución estándar

de EDTA 0.1 M.

- Titular el patrón primario con la solución EDTA que está en la bureta hasta que el color de la solución vire de rosado a violeta.
- Anotar los mililitros gastados en la valoración.
- Realizar 2 valoraciones más.

## **DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE LA MUESTRA.**

### **Determinación de magnesio en la muestra**

- Medir con pipeta volumétrica 10 ml de muestra y colocarla en un erlenmeyer de 250 ml.
- Agregar 5 gotas de solución buffer cloruro de amonio-hidróxido de amonio hasta que la solución tenga un pH 10. (Comprobar pH con papel indicador)
- Agitar la solución suavemente, previamente tapada para evitar la evaporación del buffer amoniacal.
- Añadir 5 gotas de indicador negro de eriocromo T.
- Llenar previamente una bureta de 50 mL con la solución de EDTA 0.1 M, teniendo la precaución de lavar con pequeñas porciones de su solución valorante.
- Titular rápidamente la solución problema con solución de EDTA 0.1 M, que tiene la bureta, procurando agitar suavemente cada vez que caigan gotas del titulante sobre el Erlenmeyer, hasta que aparezca un color azul por toda la solución. La agitación debe ser suave y la titulación rápida para evitar caída del pH (el vire es de rojo vino a azul)
- No debe conservarse color rojizo al llegar al final de la titulación. Anotar los mL gastados.
- Realizar 3 valoraciones.
- Anotar las lecturas como mL gastados para Magnesio.



**Precauciones para tomar en cuenta:**

- Verificar el pH de la solución antes de valorar ya que en soluciones más alcalinas puede precipitar hidróxido de magnesio, mientras que en un medio más ácido el complejo formado por magnesio (II) con el indicador no es suficiente estable por lo que no aparece la coloración azul.
- El pH se consigue y se mantiene, añadiéndose suficiente cantidad de solución buffer (mezcla reguladora cloruro de amonio-hidróxido de amonio). Con este pH el cambio de color del indicador en la valoración es de color rojo vino a azul.
- El ión magnesio debe existir siempre para el cambio de color durante la valoración, por lo que la solución de EDTA se agrega magnesio en pequeña cantidad cuando se prepara.

**Determinación de calcio en la muestra.**

- Medir con pipeta volumétrica 10 ml de solución problema y colocarla en un Erlenmeyer de 250 mL.
- Agregar lentamente gotas de solución de hidróxido de sodio 4 N. para llevar la solución a pH 12 (comprobar el pH con el papel indicador).
- Agregar indicador purpurato de amonio o murexida. Agitar la solución.
- Llenar previamente una bureta de 50 mL con solución estándar secundario de EDTA 0.1 M.
- Titular la muestra con la solución de EDTA 0.1 M que está en la bureta, hasta que el color varíe de rosado a violeta, anotar los mililitros gastados en la valoración.
- Realizar 3 valoraciones.
- Anotar los mL gastados del valorante para Calcio.

**Precauciones para tomar en cuenta:**

- El pH 12 es óptimo para la valoración de Calcio con EDTA 0.1 en este pH

se observa perfectamente el cambio de color del indicador, de rosado a morado.

- Es importante que cuando se valora calcio en presencia de magnesio, la solución reguladora de hidróxido de sodio 4 N. se agrega lentamente y con agitación, de lo contrario puede ocurrir una precipitación del calcio con el magnesio.
- La solución problema y el Hidróxido de Sodio no deben contener ión carbonato, pues podría precipitar como Carbonato de Calcio.

## **CALCULOS**

**Formula a utilizar para encontrar los miligramos de calcio y magnesio en la muestra:**

$$C = (V_g * PM * M) * 10$$

Dónde

C = Cantidad en mg encontrados de Magnesio y/o Calcio en la muestra.

$V_g$  = Volumen gastado de solución valorante EDTA.

PM = Peso Molecular de Magnesio y/o de Calcio

M = Molaridad corregida de solución valorante EDTA.

## **CAUSAS DE ERROR**

- El pH de la solución problema no sea ajustado, antes de la valoración de Calcio y Magnesio.
- Guardar la solución de EDTA en frascos de polietileno, porque el vidrio puede liberar iones metálicos como calcio y magnesio que se combinan con el titulante y disminuyen su fuerza efectiva. Para evitar esta causa de error se recomienda guardar la solución de EDTA en frascos de borosilicato o de plástico.
- Las soluciones reguladoras alcalinas, especialmente de tipo amoniacal,

atacan el vidrio y pueden introducir iones metálicos que consumen EDTA la titulación. Estas soluciones reguladoras deben guardarse en frascos de borosilicato o de plástico.

- No llevar a pH de 12 la muestra en la determinación de calcio.
- Agregar rápidamente y sin agitación solución reguladora de hidróxido de sodio 4N.
- Presencia de ión carbonato en solución problema y en solución de NaOH.

**ANEXO No. 7**  
**FOTOGRAFIAS DE TRABAJO EN LABORATORIO**



Figura N°13. Marcas de galletas en comun en ambos supermercados  
Fuente: Elaboración propia



Figura N°14. Trituración de las muestras en triturador eléctrico  
Fuente: Elaboración propia

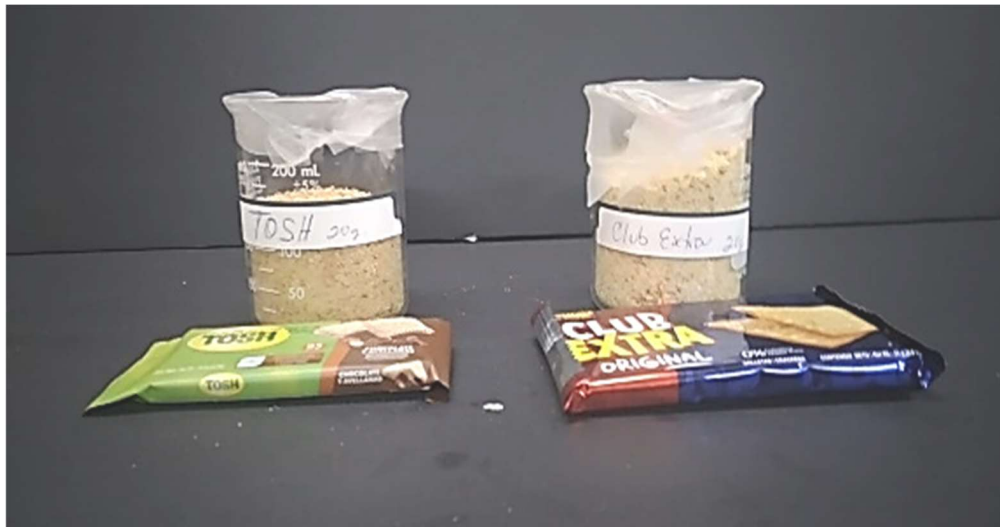


Figura N°15. Maceración de muestras  
Fuente: Elaboración propia



Figura N°16. Filtrado del método de maceración de cada muestra  
Fuente: Elaboración propia

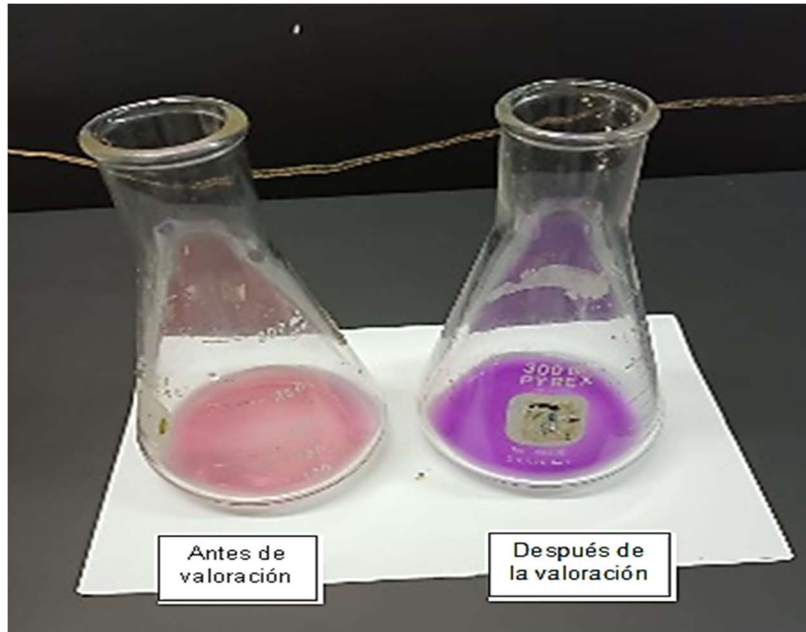


Figura N°17. Determinación de Calcio  
Fuente: Elaboración propia

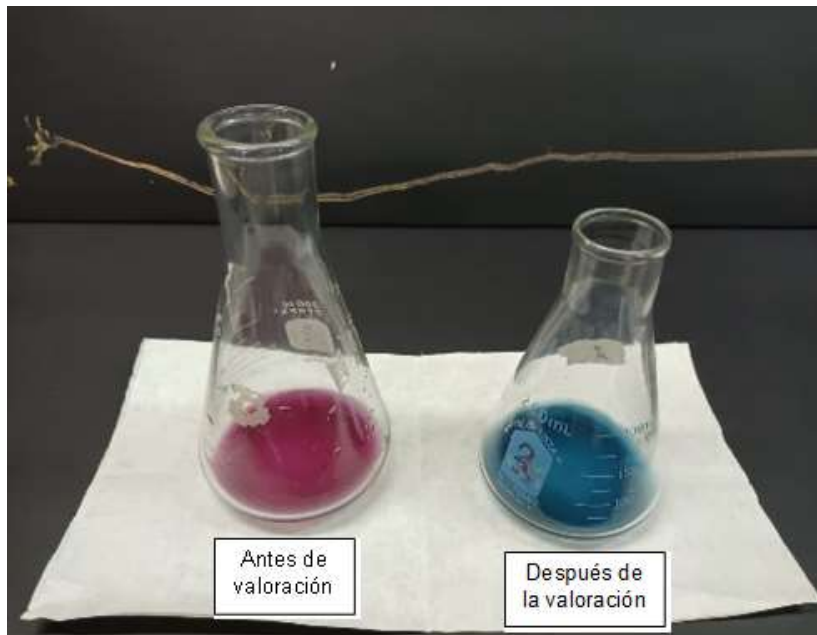


Figura N°18. Determinación de Magnesio  
Fuente: Elaboración propia