

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



DETERMINACION DE CALCIO Y MAGNESIO EN SARDINAS ENLATADAS EN  
SALSA DE TOMATE SIN PICANTE; DE VENTA EN DOS SUPERMERCADOS  
RECONOCIDOS DE SAN SALVADOR

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACION

PRESENTADO POR

DIEGO OTONIEL JOVEL ORTIZ

YANIRA PATRICIA DE LEON RAMIREZ

PARA OPTAR AL GRADO DE

LICENCIADO(A) EN QUIMICA Y FARMACIA

JUNIO 2023

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

**SECRETARIO GENERAL**

MAESTRO FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LICDA. REINA MARIBEL GALDAMEZ

**SECRETARIA**

LICDA. EUGENIA SORTO LEMUS

## **DIRECCION DE PROCESOS DE GRADO**

### **DIRECTORA GENERAL**

M.Sc. Ena Edith Herrera Salazar

### **TRIBUNAL EVALUADOR**

Licda. Rosa Mirian Rivas De Lara

Lic. Mario Antonio Hernández Melgar

### **DOCENTE ASESOR**

Lic. Guillermo Antonio Castillo Ruiz

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a la Universidad de El Salvador, en especial a la Facultad de Química y Farmacia, a su decana Licda. Reina Galdámez, y todo el plantel docente, laboratoristas, personal administrativo por haber contribuido, compartiendo sus conocimientos y consejos, a nuestra formación académica y profesional durante los años de estudio.

A nuestro docente asesor Lic. Guillermo Antonio Castillo por su gran disposición, apoyo, empeño y dedicación durante la realización de nuestro trabajo de graduación. Gracias por tomar el trabajo como suyo.

A nuestros docentes evaluadores del tribunal calificador: Licda. Rosa Mirian Rivas De Lara y Lic. Mario Antonio Hernández Melgar, y a la Directora de Procesos de Grado, M.Sc. Ena Edith Herrera Salazar y a la colaboración de Licda. Lorena Margarita Ramírez Mercado quienes han dirigido el presente trabajo de investigación, por sus consejos, sugerencias, apoyo y enseñanzas determinantes para alcanzar los objetivos propuestos.

**Diego Jovel y Yanira De León**

## **DEDICATORIA**

Primeramente, a Dios porque él me ha sostenido con su amor todo este tiempo su mano poderosa nunca me dejó, porque por sus infinitas bendiciones hacia mí vida y a la de mi familia pude terminar la carrera, y puedo decir Ebenezer hasta aquí me ayudó Jehová.

En especial a mi madre, porque desde mi infancia ella cuidó de mí, durante todo este trayecto de mi vida estudiantil, desde primer grado, bachillerato y universidad fue mi gran apoyo y mi razón de seguir adelante, te doy gracias mamá por ser la mejor madre que Dios me pudo dar, y formaste el hombre que soy ahora, y aunque ya no estés en este mundo quiero dedicarte este triunfo que es fruto de tu esfuerzo, lo logramos.

A mi padre, que gracias a su esfuerzo y su apoyo junto con mi madre fueron fundamentales en este proceso, gracias por ser un ejemplo para mí papá.

A mi hermana, por haberme ayudado todo estos años, por su cariño y sus consejos.

Y a mi familia, primos, tíos, abuelos, sobrinos, y a los que ya partieron al cielo, a todos con los que pude convivir y compartí esta meta hoy culminada, gracias por su apoyo.

A mi compañera de tesis y mejor amiga Yanira Patricia De León por haber aceptado este reto y que durante su desarrollo supimos enfrentar las adversidades con la ayuda de Dios.

A mis amigos que en todo momento me apoyaron en este camino, que en los momentos más difíciles y en los momentos de alegría estuvieron a mi lado a todos gracias totales.

**Diego Jovel Ortiz**

## **DEDICATORIA**

Este triunfo se lo dedico primeramente a Dios por permitirme cumplir uno de los mayores sueños de mi vida al titularme en la Universidad de El Salvador, por siempre haberme dado las fuerzas para enfrentar y superar cada uno de los retos que se han presentado, por todas sus bendiciones a través del camino y siempre dejarme cosas buenas. Gracias a Dios Todopoderoso por mi éxito.

A mis padres Raúl y Silvia que siempre vieron en mí la capacidad para lograr todas las cosas que me he propuesto, siempre animarme a seguir luchando y por demostrarme con su ejemplo que con perseverancia, humildad y pasión se pueden lograr grandes cosas. Gracias por enseñarme a trabajar duro por lo que quiero, por fin lo he logrado papis. Los amo

A mis hermanas Claudia, Carolina y Natalia que siempre han estado ahí en los momentos oportunos para brindarme una mano, animarme y motivarme a seguir luchando, gracias por todo lo que ven en mí. Las amo y siempre estaré para ustedes.

A mis personas especiales que están en el cielo, cumplí la promesa de lograrlo y también les dedico este triunfo. Gracias por todo su amor.

A mi compañero, amigo y colega Diego Jovel, por tu apoyo y esfuerzo para realizar este trabajo juntos, ha sido una lucha enorme y si no hubiera sido con vos probablemente no lo habría logrado. Que Dios te bendiga siempre.

A mis amigos, mis jefes, mis compañeros de universidad y trabajo que durante mis años de estudiante de una u otra forma me apoyaron para poder continuar estudiando, gracias porque han creído en mí dándome palabras de ánimo y fortaleza cuando las he necesitado.

**Yanira De León Ramírez**

## INDICE GENERAL

	Pág. N°
Resumen	
Capítulo I	
1.0 introducción	xv
Capítulo ii	
2.0 Objetivos	
2.1 Objetivo general	19
2.2 Objetivos específicos	19
Capítulo III	
3.0 Marco Teórico	
3.1 Conserva de sardina enlatada.	21
3.2 Especies de sardinas utilizadas en las conservas enlatadas.	23
3.3 Ingredientes para la conserva de sardinas enlatadas en salsa de tomate y aditivo.	29
3.4 Proceso de elaboración de sardina enlatada.	31
3.5 Minerales en el organismo.	40
3.6 Generalidades de las valoraciones.	53
3.7 Titulaciones de formación de complejos.	56
3.8 Tablas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).	62
3.9 Estadística aplicada al método	62
3.10 Generalidades de la estadística.	64
Capítulo IV	
4.0 Diseño Metodológico	
4.1 Tipo de estudio	68
4.2 Investigación bibliográfica	68
4.3 Investigación de campo	68

## Capítulo V

### 5.0 Resultados y discusión de Resultados.

5.1 Elaborar una guía de observación de las diferentes marcas de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante comercializadas en las dos grandes cadenas de supermercados en la zona metropolitana de San Salvador. 76

5.2 Cuantificar el contenido de Calcio y Magnesio en las muestras de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante por el Método de Valoración Complejométrico. 76

5.3 Verificar los resultados experimentales con respecto a los valores reportados en la tabla del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), para Calcio y Magnesio 82

5.4 Interpretar los resultados obtenidos con respecto a los valores estadísticos para verificar la validez del método. 84

## Capítulo VI

6.0 Conclusiones 87

## Capítulo VII

7.0 Recomendaciones 90

Bibliografía

Anexos



## INDICE DE TABLAS

Tabla N°		Pág. N°
1	Tabla INCAP para valores de Calcio y Magnesio que deben contener las sardinas enlatadas en salsa de tomate por cada 100 g	62
2	Resumen de los resultados obtenidos para la valoración de Calcio y Magnesio, en las diferentes marcas de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante.	76
3	Codificación de marcas de sardinas enlatadas.	77
4	Distribución de frecuencia para los datos de miligramos de Calcio obtenidos de las muestras de sardina enlatada en salsa de tomate sin picante.	78
5	Distribución de frecuencia para los datos de miligramos de Magnesio obtenidos de las muestras de sardina enlatada en salsa de tomate sin picante.	79
6	Valor C.V según el grado en que la media representa el conjunto.	82
7	Promedios de miligramos de calcio y magnesio, valores calculados para 100g de muestra y valores reportados por la tabla del INCAP.	83
8	Resultados de la evaluación de la precisión y exactitud.	85
9	Resultados obtenidos mediante la aplicación del método complejométrico en Sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante para la determinación de Calcio.	107
10	Resultados obtenidos mediante la aplicación del método complejométrico en Sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante para la determinación de Magnesio.	109

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Pág. N°
1	Aditivos permitidos en la NSR 67.00.82:99.	30
2	Marcas de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante, que son comunes en las dos grandes cadenas de supermercado del área de San Salvador.	68

## INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág. N°
1	pH mínimo necesario para la valoración satisfactoria de varios cationes con EDTA	62

## INDICE DE ANEXOS

Anexo N°	
1	Imágenes del proceso experimental
2	Equipo, materiales y reactivos
3	Preparación de reactivos
4	Cálculos experimentales del método complejométrico para la determinación de calcio y magnesio

## RESUMEN

El Calcio y el Magnesio, son minerales muy importantes en el cuerpo humano, que están involucrados en muchos procesos fisiológicos en el organismo, estos minerales se pueden adquirir a través de la dieta alimenticia, y entre estos alimentos se encuentran las sardinas enlatadas, que son un alimento de fácil consumo y que son ricos en macronutrientes y micronutrientes.

El análisis de alimentos es muy importante para tener la certeza de que se consumen alimentos de calidad, inocuos y seguros. Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar la cantidad de Calcio y Magnesio que se encuentran en las sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante, y para tener un valor de referencia sobre el contenido de Calcio y Magnesio en estos productos se utilizaron las tablas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

El método utilizado para la determinación de Calcio y Magnesio es el método de Titulación Complejométrica, que se fundamenta en la quelación de metales por medio de un ligando, tomando en cuenta factores que se deben controlar, como el pH, de esta forma se cuantificó la cantidad de estos minerales.

La investigación se realizó haciendo un muestreo simple en las dos grandes cadenas de supermercados del área metropolitana de San Salvador, tomando muestras de 6 marcas de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante. La parte experimental se realizó en los laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Los resultados obtenidos se trataron estadísticamente para verificar la validez del análisis, se hizo uso del coeficiente de variación en donde el Calcio tiene un coeficiente de variabilidad de 21.77% y el Magnesio 24.92%, que nos indica que

la media con la cual comparamos la desviación estándar tiene representatividad sobre el conjunto de datos, es decir que los análisis realizados son confiables.

Conforme a los resultados obtenidos, se puede concluir que la cantidad de Calcio y Magnesio difieren de los valores reportados por las tablas del INCAP, pero esto no significa que el contenido de estos minerales no esté presente en las muestras.

Debido a estos resultados se recomienda en futuras investigaciones usar el método oficial proporcionado por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC) para analizar la muestra, o realizar un pretratamiento adecuado que garantice la extracción de la cantidad máxima de minerales contenidos en la muestra.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## 1.0 INTRODUCCION

La sardina es un pez azul de aguas cálidas, de gran valor nutricional, por ello se han creado métodos de conservación que sean eficaces de preservar sus características organolépticas y nutricionales. No fue hasta a mediados del siglo XIX donde se industrializó la conserva de pescado como tal. Esta conserva suele prepararse en un medio de aceite vegetal, envasadas al natural (con los jugos de la propia sardina) o en medios ácidos como vinagre, limón, picante y salsa de tomate que resulta ser una gran combinación ya que el tomate contiene una gran cantidad de carotenos con función antioxidante que se absorben con mayor facilidad con ayuda de las grasas que aporta la sardina. Es un alimento graso y saludable abundante en aceites omega 3 con larga vida útil y aporte de vitaminas tales como D, A, B<sub>1</sub>, B<sub>12</sub>, B<sub>6</sub> y minerales como calcio, hierro, magnesio, sodio, potasio y zinc que gracias al proceso de tratamiento térmico que recibe se difunde de las partes duras hacia la carne.

En este contexto el trabajo de investigación está enfocado en brindar información sobre el contenido de calcio y magnesio de seis diferentes marcas de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante que se distribuyen en las dos grandes cadenas de supermercados del área metropolitana de San Salvador. Se decidió determinar estos minerales debido a que el calcio es el mineral más abundante en el cuerpo humano y el magnesio regula la absorción y asimilación del calcio en el cuerpo.

El Calcio (Ca) es un mineral indispensable para que se realicen varios procesos en el organismo tales como la formación de los huesos y dientes, la contracción muscular y el buen funcionamiento del sistema nervioso, participa en las actividades de algunas enzimas. La falta de este mineral puede afectar el crecimiento de los huesos y su rigidez por lo cual se pueden dar deformaciones o incluso resultar en osteoporosis. El Magnesio (Mg) es importante para muchos procesos que realiza el cuerpo, regula la función de los músculos y el sistema

nervioso, los niveles de azúcar en la sangre, y la presión sanguínea. Además, ayuda a formar proteínas, masa ósea y ADN el material genético presente en las células.

Esta investigación se realizó en dos etapas. La primera etapa es la recopilación bibliográfica acerca del tema y la segunda etapa es la parte experimental donde se analizaron seis marcas diferentes de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante, las cuales se comercializan en dos de las grandes cadenas de supermercados a nivel metropolitano en San Salvador.

A las muestras se les realizó un tratamiento previo y posteriormente se cuantificó la cantidad de Ca y Mg por el Método de Valoración Complejométrico, se hizo por triplicado para cada marca. Los resultados obtenidos se trataron estadísticamente para verificar la validez del análisis, se hizo uso del coeficiente de variación en donde el Calcio tiene un coeficiente de variabilidad de 21.77% y el Magnesio 24.92%, que nos indica que la media con la cual comparamos la desviación estándar tiene representatividad sobre el conjunto de datos, es decir que los análisis realizados son confiables. Sin embargo, estos valores difieren de los valores reportados por las tablas del INCAP, esta diferencia se puede deber al pretratamiento de la muestra ya que es posible que no se obtuviera la máxima extracción del calcio y magnesio, o también, a que no se utilizó el mismo método de análisis utilizado para la elaboración de las tablas del INCAP.

El análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. El método complejométrico utilizado es un no oficial tomado del manual de Química Analítica Cuantitativa de la Facultad, razón por la cual para garantizar la fidelidad de los resultados se utilizó un método estadístico que consiste en realizar una distribución de frecuencia para datos agrupados, también se hizo uso del coeficiente de variación, que con la ayuda de la tabla de interpretación de dicho

coeficiente pudimos determinar la confiabilidad de dichos resultados. Con ello se pudo determinar que el método es exacto ya que los parámetros evaluados como el porcentaje de recuperación aparente, desviación estándar y coeficiente de variabilidad están dentro de los criterios de aceptación.

Esta investigación tuvo un tiempo de duración de un año.



## **CAPITULO II**

### **OBJETIVOS**

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL:**

Determinar Calcio y Magnesio en sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante; de venta en dos supermercados reconocidos de San Salvador.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- 2.2.1 Elaborar una guía de observación de las diferentes marcas de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante comercializadas en las dos grandes cadenas de supermercados en la zona metropolitana de San Salvador.
- 2.2.2 Cuantificar el contenido de Calcio y Magnesio en las muestras de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante por el Método de Valoración Complejométrico.
- 2.2.3 Verificar los resultados experimentales con respecto a los valores reportados en la tabla del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), para Calcio y Magnesio.
- 2.2.4 Interpretar los resultados obtenidos con respecto a los valores estadísticos para verificar la validez del método.

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

### 3.0 MARCO TEORICO

#### 3.1 Conserva de sardinas enlatadas (1)

El hombre siempre ha querido conservar los alimentos cazados o recolectados, una vez saciadas sus necesidades inmediatas, pues éstos se degradaban rápidamente. Ya en el Neolítico, el hombre sabía que el frío servía para conservar alimentos y usaba hielo para tal efecto. También se dio cuenta de que la sal y el aceite no sólo servían para condimentar alimentos, sino para conservarlos. Los egipcios, por ejemplo, eran considerados importantes exportadores de pescado ahumado, otro famoso sistema de conservación. Las travesías del océano hacia las Américas se hacían a base de frutos secos, semillas y salazones, aunque con el riesgo de una misteriosa enfermedad, el escorbuto, debida a la falta de vitaminas. También se sabía que las frutas y algunos vegetales podían ser conservados en azúcar, y ciertas legumbres y frutos toleraban el vinagre. Pero todos estos procedimientos conservaban los alimentos por poco tiempo y con escasas garantías, debido a esto, algunos métodos no acababan de ser totalmente seguros.

Antes de las conservas eran conocidos otros métodos para mantener las propiedades de los alimentos, como conservarlos en lugares secos y oscuros, envolverlos en sustancias protectoras como azúcar para mantener frutas y vegetales, vinagre para legumbres y frutos, grasa, aceite, arcilla, miel, hielos, etc., y eran conocidos los procesos para hacer ahumados y salazón.

En el siglo XVIII, Napoleón se encontraba en la campaña de Rusia cuando una hambruna diezmó las tropas de Napoleón debido a la dificultad de hacer llegar víveres a zonas tan lejanas, esto hizo que Napoleón ofreciese una recompensa de 12.000 francos a aquel que hallase “un método para mantener los alimentos largo tiempo y en buen estado”. Nicolás Appert un investigador francés al que se le otorgó el título de “Benefactor de la Humanidad” averiguó en 1803 un método para conservar alimentos por calor en recipientes herméticamente cerrados,

consiguiendo con esto la recompensa de los 12.000 francos. Más tarde descubre que el vapor es más eficaz que el agua hirviendo para la esterilización. En 1810 sustituyendo al cristal José Casado patenta el envase de hojalata que dotó a las conservas de mayor resistencia y las previno del efecto de la luz que deteriora el contenido vitamínico.

El pescado es un producto perecedero y, sin duda, uno de los más expuestos a la acción de las bacterias. Afortunadamente, hoy los tiempos han cambiado y estamos mucho más seguros a la hora de consumirlo. No obstante, no conviene olvidar que el pescado en conserva es una forma sana, segura y cómoda de disfrutar de este alimento, ya que podemos saborearlo siempre que nos apetezca, en cualquier momento y en cualquier lugar.

#### Atributos de las conservas de pescado enlatadas <sup>(1)</sup>

Los elementos esenciales, los glúcidos, los lípidos, las proteínas y minerales contenidos en los alimentos casi no se modifican durante el proceso de conservación. La oxidación de los lípidos es poco frecuente en comparación con la cocina casera, durante la cual muchas veces se suele producir peroxidación que, en algunos casos, puede convertirse en un riesgo sanitario. En cuanto a las proteínas y los glúcidos, la única menor modificación que se produce facilita la digestión de estos elementos. En lo que respecta a los macronutrientes de los alimentos en lata, los componentes esenciales y sus valores caloríficos y energéticos equivalentes se mantienen en la misma medida que los alimentos frescos. Las vitaminas liposolubles que se encuentran en las grasas se conservan sistemáticamente mientras que las vitaminas hidrosolubles suelen eliminarse durante las operaciones de lavado y procesamiento al igual que en la cocina casera. Adicionalmente, cuando la temperatura de esterilización no supera los 135°C, tampoco sufren alteraciones. En consecuencia, los ácidos W-3, de elevado interés nutricional, permanecen prácticamente inalterados durante el periodo de vigencia de la conserva.

Finalmente, durante el procesado de la conservación no se alteran las vitaminas liposolubles, A, D, E y K, que en las condiciones citadas anteriormente permanecen estables, a pesar de su sensibilidad a la luz. Nada de lo indicado anteriormente tendría interés, si durante el proceso de fabricación-conservación se modificasen los caracteres organolépticos del pescado y, en general, en cualquier conserva cárnica o vegetal, ya que existiría un rechazo natural a la hora del consumo. En cualquier clase de conserva enlatada esto no tiene lugar, por lo que un aspecto apetitoso y un valor nutritivo pleno, justifican la importancia de estos productos en la nutrición moderna. Además, otro valor agregado para este tipo de conservas es que las enzimas y microorganismos que producen la alteración del pescado se destruyen con relativa facilidad, o quedan inactivadas mediante el calor. Por tanto, los productos de pescado que se envasan y se cierran herméticamente en latas, que los protegen contra cualquier recontaminación y que después se someten a un tratamiento térmico oportuno, permanecerán estables durante un largo tiempo.

### 3.2 Especies de sardinas utilizadas en las conservas enlatadas

Según el CODEX ALIMENTARIUS Norma para las sardinas y productos análogos en conserva identifica las siguientes especies de sardinas como las de mayor consumo en la industria pesquera a nivel mundial, sardina japonesa *Sardinops melanostictus*, sardina sudamericana *Sardinops sagax musica*, sardina europea o española *Sardina pilchardus*, sardina de África austral *Sardinops ocellatus*, sardina del pacífico *Sardinops sagax caeruleus* *Sardinops melanostictus*, *Sardinops neopilchardus*, *Sardinella aurita*, *Sardinella brasiliensis*, *Sardinella maderensis*, *Sardinella longiceps*, *Sardinella gibbosa*. *Clupea harengus*, *Clupea bentincki*, *Sprattus sprattus*, *Hyperlophus vittatus*, *Nematalosa vlaminghi*, *Etrumeus teres*, *Ethmidium maculatum*, *Engraulis anchoita*, *Engraulis mordax*, *Engraulis Ringens*, *Opisthonema oglinum*. (2)

Su constitución física queda definida por un cuerpo alargado, muy comprimido, de escamas caedizas y cicloideas, pudiendo alcanzar los 25 cm de longitud y hasta 200 g de peso los individuos adultos. La mandíbula superior posee dientes pequeños o nulos con maxilares que no sobrepasan la parte media del ojo. Muestra la aleta dorsal alejada de la caudal, próxima al rostro, mientras que las pelvianas se insertan en posición abdominal. Las sardinas tienen una coloración verde pardo en el dorso, tornándose azul brillante en los flancos, hasta llegar al blanco plateado de su vientre. <sup>(3)</sup>

El plancton es su alimento preferido, filtrándolo a través de branquiespinas (filamentos ubicados en las branquias que extraen las impurezas del agua y, en los peces que se alimentan de plancton, las pasan directamente al estómago). Las sardinas han desarrollado varias técnicas específicas para alimentarse como colocarse frente a la corriente de agua, haciéndola pasar hasta las branquias o nadando activamente. <sup>(3)</sup>

En el mar podemos encontrarlas formando grandes cardúmenes o bancos que sólo desorganizan en ocasiones para comer. Las hembras desovan entre 50,000 y 60,000 huevos al mar para más tarde ser fecundado por los machos. Las crías o larvas pasan a formar parte del plancton hasta que poco a poco van abandonándolo. Suelen vivir alrededor de los 8 años, sobresaliendo en edad y tamaño las especies que habitan aguas frías. <sup>(3)</sup>

La abundancia de alimento es uno de los factores que puede determinar la distribución de la sardina. Las distintas áreas geográficas que presentan abundancia de alimento atraen distintas subpoblaciones de sardina. Como se mencionó anteriormente, las surgencias marinas que ocurren en los diversos océanos del mundo traen consigo nutrientes que se traducen en grandes cantidades de alimento, que puede ser aprovechado por las larvas, así como por los adultos, por lo tanto, las distintas subpoblaciones pueden estar separadas con base en las diferentes zonas donde existe abundancia de alimento. <sup>(4)</sup>

La dinámica poblacional de las sardinas puede ser afectada por diversos factores ambientales. El cambio climático es probablemente el factor que más afecta la distribución de la sardina; la variación térmica anual provoca el desplazamiento de las diferentes poblaciones hacia el norte en verano y al sur en invierno. <sup>(4)</sup>

Las siguientes especies de sardinas son las más consumidas a nivel mundial según la FAO. <sup>(5)</sup>

Sardina japonesa. <sup>(6)</sup> *Sardinops melanostictus*.

Es la especie de pez más productiva entre las sardinas. Hay puntos prominentes de color azul y negro en el costado y escamas redondas en todo el cuerpo. Distribuido en la parte oriental de Honshu, el suroeste de Kyushu, el mar de Japón y el estrecho de Tsushima.

Es una excelente fuente de nutrientes, aunque su contenido de grasa es superior al de muchos otros tipos de pescado, su grasa consiste principalmente en un ácido graso poliinsaturado llamado ácido eicosapentaenoico (EPA), que tiene el efecto de reducir el colesterol malo y prevenir los coágulos de sangre que pueden causar arteriosclerosis. De hecho, comer *Sardinops melanostictus* ayuda a limpiar el torrente sanguíneo. El *Sardinops melanostictus* también contiene una gran cantidad de ácido docosahexaenoico (DHA), una sustancia conocida por mejorar la actividad cerebral para mejorar la capacidad de aprendizaje y también prevenir el envejecimiento. Las sardinas también son una rica fuente de vitamina D, que aumenta la absorción de Calcio y ayuda a prevenir la osteoporosis.

Normalmente, las *Sardinops melanostictus* de China se capturan en la zona del Lejano Oriente. Así que los chinos también lo llamaron sardina del lejano oriente. *Sardinops melanostictus* tiene las ventajas de un crecimiento rápido, una reproducción fuerte, la carne es tierna y rica en grasas. Además de hacer harina de pescado como alimento, muchas fábricas están desarrollando y procesando surimi, bolas de pescado, conserva de sardina enlatada, rollos de pescado,



salchichas de pescado y otros alimentos. También se puede utilizar para refinar aceite de pescado, bronceado, fabricación de jabón y fundición de metales.

Sardina sudamericana. (7) *Sardinops sagax música*.

Existen dos subespecies para el Pacífico sudoriental: *Sardinops sagax sagax* del norte y centro de Perú, y *Sardinops sagax musica* de Chile. Las sardinas de Chile presentan las mismas características morfológicas de la forma típica, con el final de la dorsal colocada en el centro de un proceso escamoso, que puede levantarse del cuerpo en forma de lengüeta aguda hacia atrás y el último radio de la aleta anal con soporte triangular de base transversal ancha, altura del cuerpo 22,5-24cm; grosor del cuerpo 15-17cm.

Desde fines de la década de los sesenta esta especie experimento un incremento en abundancia y al mismo tiempo, una expansión en su distribución geográfica en el Pacífico sudoriental específicamente en las costas de Perú y Chile y para las Islas Galápagos.

Esta especie tuvo gran importancia socioeconómica para el Perú, con auge en la década de 1980, por constituir una de las principales fuentes de materia prima para la industria conservera. Además, ha jugado un rol ecológico importante en la transferencia de energía desde bajos hacia altos niveles tróficos y como presa de numerosos depredadores superiores, como peces grandes, aves y mamíferos marinos. En las últimas tres décadas, la población de sardina en aguas peruanas ha experimentado cambios notables en su distribución, niveles de abundancia y desembarques relacionados con factores ambientales y la presión de pesca. Los referidos factores han originado el descenso de su abundancia a niveles muy bajos, lo que se refleja en los desembarques.

Sardina europea o española. (8) *Sardina pilchardus*.

Su dorso es de color gris oscuro, azul y plateado y a lo largo de los flancos presenta una banda azulada. El vientre es blanco plateado. Las aletas son

incoloras, salvo la dorsal, que está un poco oscurecida. Las escamas son caedizas y cicloideas (sin espinillas visibles a la lupa). Todos los radios son blandos. Presenta de 26 a 30 series de escamas visibles en la línea longitudinal máxima. Presenta branquiespinas en la parte interna de las branquias, que son prolongaciones que sirven para retener los pequeños organismos de los que se alimenta.

La sardina europea forma varias razas geográficas que alcanzan distinto tamaño y edad, dependiendo del área en que vivan. De especies como la alosa o sábalo (*Alosa alosa*) se diferencian en la posición de las aletas pélvicas, el número de escamas o el tamaño de la boca. Del espadín (*Sprattus sprattus*) se diferencia porque este tiene el opérculo liso. Es una especie pelágica que vive sobre la plataforma, acercándose más a la costa en la época de reproducción, en invierno se van a zonas cercanas al talud continental, de fondos de unos 150 m se distribuye en Atlántico nororiental: Islandia y Mar del Norte, hacia el sur hasta la Bahía de Gorée, Senegal. Mediterráneo (común en la parte occidental y en el Mar Adriático, raro en la parte oriental), Mar de Mármara y Mar Negro.

Se reúnen en grandes bancos. Los huevos permanecen formando parte del plancton una o dos semanas (depende de la temperatura); tienen un diámetro de 1,5 mm y poseen gota de grasa. Cada hembra pone entre 50.000 y 60.000 huevos. Las larvas también son planctónicas un periodo más largo de tiempo. Paulatinamente van abandonando la vida planctónica para pasar a hábitos nectónicos, en este caso también pelágicos.

Son peces gregarios por excelencia y que realizan importantes desplazamientos. En primavera se acerca a la zona más costera y superficial y cuando llegan las aguas frías se aleja y hunde. En el pasado se describieron importantes migraciones que hoy no se reconocen; se pensaba que las sardinias nacidas en el Mar Cantábrico buscaban aguas frías, llegando hasta las costas atlánticas francesas y el Canal de la Mancha, volviendo a reproducirse al Cantábrico. Hoy

se sabe que las sardinas van apareciendo en superficie (ascendiendo desde aguas más profundas) en función del calentamiento de agua, comenzando por el sur del Golfo de Vizcaya (Cantábrico), costas francesas hacia el Norte y, finalmente, en verano en el sur de las Islas Británicas, dando la sensación de una migración de Sur a Norte.

Sardina de África austral. (9) *Sardinops sagax ocellatus*.

La distribución de *Sardinops sagax ocellatus* en el sur de África se extiende desde el sur de Angola (14°S y 10°E) frente a la costa occidental de Sudáfrica, hasta el norte de Durban frente a la costa este de Sudáfrica. *Sardinops sagax ocellatus* solo se encuentra frente a la costa este durante la 'carrera de la sardina', que es una migración en la que las sardinas abandonan el banco Agulhas y se trasladan a la costa este a finales de mayo o principios de junio de cada año. *Sardinops* encuentra distribuido en cinco regiones de sugerencia a nivel mundial; el sistema de corrientes de Kuroshio-Oyashio frente a Japón, el sistema de corrientes de California, el sistema de corrientes de Humboldt desde el sur de Perú hasta el norte de Chile, la Bahía Europea de Cádiz hasta el Mar del Norte y el Mar Báltico occidental, y el sistema de corrientes de Benguela frente a la costa oeste de África del Sur.

Las sardinas suelen ocupar la profundidad del agua de mar de hasta 200 m. Las sardinas experimentan una migración vertical diurna, que es un fenómeno en el que los peces migran a la superficie del agua al anochecer y se trasladan a las profundidades del océano al amanecer, impulsados por la presencia de la luz. Las sardinas son planctívoros que se alimentan tanto de fitoplancton como de zooplancton, pero obtienen la mayor parte de su aporte dietético de zooplancton pequeño, como los copépodos. Se alimentan por filtración nadando lentamente con la boca bien abierta y los opérculos acampanados y usan sus branquiespinas de malla fina para colar su comida del agua.

Sardina del pacífico. (5) *Sardinops sagax caeruleus*.

La sardina del Pacífico (*Sardinops sagax caeruleus*) también llamada sardina “Monterrey” es una de las más importantes en el mundo por su contribución al ecosistema y a la pesca. Su distribución abarca desde el Noroeste de México hasta el Sureste de Alaska (60° y 50°N). Estos organismos pueden alcanzar una talla de hasta 41 cm y una edad de 14 años; sin embargo, rara vez sobrepasan los 30 cm y los 5 años, debido al continuo acoso de depredadores y a la actividad pesquera. Sus hábitos alimenticios son omnívoros, su dieta se basa principalmente en copépodos, huevos y diatomeas.

En períodos de verano se desplazan hacia el norte del continente, mientras que en invierno la migración es hacia el sur. Dentro de ese desplazamiento ocupa distintos lugares en donde soporta poblaciones de mamíferos marinos, peces y aves; además es un importante recurso pesquero para Canadá, Estados Unidos y México. En las primeras décadas del siglo XX se contaba con una gran industria de pesca y enlatado de sardina en el este de Canadá y noreste de los Estados Unidos; sin embargo, en los años 40 el volumen de pesca comenzó a reducirse hasta llegar a la desaparición de *S. sagax caeruleus* de esta zona. El colapso de la sardina en los años 40's llevó a los investigadores a estudiar sus causas (Radovich 1982); aunque la población de sardina desapareció de las zonas de Canadá y Washington, dicho colapso no ocurrió en las aguas de California, Baja California y el Golfo de California.

### 3.3 Ingredientes para la conserva de sardinas enlatadas en salsa de tomate y aditivos

Los ingredientes declarados en las etiquetas de las sardinas en salsa de tomate son los siguientes:

Sardina, agua, pasta de tomate, sal, especias, almidón de maíz, modificado como espesante, azúcar, paprika como colorante, goma guar y goma Xántan como espesantes.

El siguiente cuadro fue extraído de La Norma Salvadoreña: SARDINAS Y PRODUCTOS ANALOGOS EN CONSERVA NSR 67.00.82:99. En él se puede verificar el listado de los aditivos permitidos. (10)

Cuadro N° 1. Aditivos permitidos en la NSR 67.00.82:99.

Aditivo	Dosis máxima en el producto final
Espesantes o agentes gelificantes (en el medio de envasado exclusivamente)	
- Carboximetilcelulosa sódica (CMC)	20 g/Kg. Solos o mezclados en medio envasado
- Pectinas	20 g/Kg. Solos o mezclados en medio envasado
- Agar agar	20 g/Kg. Solos o mezclados en medio envasado
- Carragenina	20 g/Kg. Solos o mezclados en medio envasado
- Goma guar	20 g/Kg. Solos o mezclados en medio envasado
- Goma de semillas de algarrobo	20 g/Kg. Solos o mezclados en medio envasado
- Ácidos alginicos y sus sales de calcio, potasio y sodio	20 g/Kg. Solos o mezclados en medio envasado
- Goma Xantán	20 g/Kg. Solos o mezclados en medio envasado
Almidones modificados (químicamente)	
- Almidones tratados por ácidos (incluidos dextrinas blancas y amarillas)	60 g/kg. Solo o mezclados
- Almidones tratados por álcalis	
- Almidones blanqueados	60 g/kg. Solo o mezclados
- Adipato acetilado de dialmidón	60 g/kg. Solo o mezclados

Cuadro N° 1 (continuación).

- Glicerol dialmidón	60 g/kg. Solo o mezclado <sup>2</sup>
- Glicerol dialmidón acetilado	60 g/kg. Solo o mezclados
- Hidroxipropil glicerol dialmidón	60 g/kg. Solo o mezclados
- Fosfato de dialmidón	60 g/kg. Solo o mezclados
- Fosfato acetilado de dialmidón	60 g/kg. Solo o mezclados
- Fosfato de hidroxipropil dialmidón	60 g/kg. Solo o mezclados
- Fosfato de monoalmidón	60 g/kg. Solo o mezclados
- Almodones oxidados	60 g/kg. Solo o mezclados
- Acetato de almidón	60 g/kg. Solo o mezclados
- Hidroxipropil almidón	60 g/kg. Solo o mezclados
	60 g/kg. Solo o mezclados
<b>Acidificantes</b>	
- Ácido acético	Limitada por las buenas prácticas de fabricación
- Ácido cítrico	Limitada por las buenas prácticas de fabricación
- Ácido láctico	Limitada por las buenas prácticas de fabricación
<b>Aromatizantes naturales, por ejemplo,</b>	
- Aceites con especias	Limitada por las buenas prácticas de fabricación
- Extractos de especias	Limitada por las buenas prácticas de fabricación
<b>Aromas de ahumado</b>	
- (Soluciones naturales de humo y extractos de las mismas)	Limitada por las buenas prácticas de fabricación

### 3.4 Proceso de elaboración de sardina enlatada <sup>(5)</sup>

#### Recepción de Materias Primas

Esta es la etapa del proceso en la cual las materias primas son recibidas en la fábrica, en esta etapa debemos controlar los siguientes factores:

Temperatura de materia prima, en los productos frescos el pescado debe tener una temperatura de entre 0°C y 4°C, en los productos congelados la temperatura

debe ser de  $<-18^{\circ}\text{C}$ . Estos controles se tienen que realizar en todas las partidas recibidas independientemente de su procedencia o especie.

Aspecto de la piel y aplastamiento en la carne, en este caso tenemos que realizar una observación visual del color de la piel y la mucosidad del pescado, así como observar posibles grietas y magulladuras en la carne del pescado. El pescado debe de tener la piel y la carne entera, un color homogéneo sin decoloraciones.

Enranciamiento, observación del color y olor de las zonas subcutáneas y externas en pescado fresco y congelado, imprescindible la ausencia de zonas amarillentas en la carne del pescado, así como olor a "rancio".

#### Operaciones previas

El tratamiento térmico de esterilización o pasterización utilizado en la producción de alimentos enlatados se conoce como "el proceso" por lo que todas las operaciones preparatorias son el "preprocesado". El mercado internacional de pescado enlatado, como la mayoría de los alimentos enlatados, espera que el contenido de la lata no deje desperdicios en el plato del consumidor. Para cumplir con este requisito, resulta imprescindible someter a la materia prima a una variedad de operaciones previas para modificar el pescado de la manera deseada en el producto acabado.

La separación de las partes, que incluso después del prolongado tratamiento térmico serán incomedibles, puede realizarse antes que cualquier otro tratamiento térmico. El pescado se decapita, eviscera y se eliminan las aletas, escamas y otras partes no comestibles antes del tratamiento térmico porque la manipulación del pescado una vez cocido causaría su rotura y disminuiría su valor. Sin embargo, todavía hoy mucho pescado enlatado se llena de forma manual, y el grado de rotura de la carne durante esta operación sirve para ajustar la severidad de esta operación de precocción.

## Fileteado

En esta fase debemos eliminar todos los restos de espinas, vísceras, piel y sangre, así como de zonas oscurecidas. Los cortes deben ser realizados longitudinalmente al cuerpo del pescado, cortes limpios, sin desgarros y sin espinas de la cavidad abdominal en las especies pequeñas. Como ya se ha comentado, una vez que el pescado ha sido cocido, se le entrega al equipo de personas encargadas del raspado y fileteado que obtendrán cuatro filetes limpios de una pieza de pescado cocido. En este proceso los filetes son cuidadosamente limpiados, eliminando todas las espinas y piel. Todos los filetes son pesados y al comparar con los kilos brutos podemos obtener el rendimiento por lote fabricado. Los filetes de cada operario son pesados para poder así incentivar a aquellos que obtienen más kilos. Las tablas de productividad son cambiadas atendiendo al tamaño y calidad del pescado, cuanto más pequeño sea el pescado menos kilos de filetes tiene que obtener el operario. Los operarios son informados individualmente cada hora de su productividad.

## Pelado

Aunque la piel es perfectamente comestible se suele eliminar en muchas especies de pescado, especialmente atún y caballa, con la finalidad de mejorar la presentación. Existe un proceso químico de pelado para el pescado, se sumerge brevemente en una disolución de hidróxido sódico a 70-80°C y a un pH de 14. Al salir, chorros de agua a presión eliminan la piel suelta y, finalmente, otra inmersión en ácido clorhídrico a pH 1 neutraliza el álcali residual del pescado.

## Cocción

En esta fase es muy importante la medición del tiempo de cocción, la medición de la temperatura del vapor o agua de cocción, medición de la temperatura de la espina central, observación visual y la textura de la carne. Una vez limpiado y descabezado, el pescado es colocado manualmente en las parrillas para ser



cocido a 100°C en salmuera o al vapor. La cocción del pescado es una de las partes más importantes en el proceso de fabricación, no hay ningún tiempo estimado, depende siempre del tamaño y la grasa del pescado, luego dependerá de la procedencia y temporada de pesca. Indicar los tiempos de cocción es una tarea muy delicada, un exceso de cocción deja el pescado seco y poco jugoso, así como una pérdida de rendimiento. En caso de cocer poco el pescado disminuimos también el rendimiento debido a que el pescado se desmorona en las manos de los operarios, y tendrá un porcentaje elevado de agua.

Para verificar la cocción se utilizan dos métodos, en ambos sacamos una pieza de la balsina de cocción. Una vez obtenida la pieza podemos, bien observar la firmeza y estructura de la carne, o bien dividir el pescado en dos partes y coger la espina central del pescado, quebrar la espina y observar si el tendón del interior de la espina central se rompe o se estira como una goma, en caso de romperse significa que el pescado aún no está cocido perfectamente y requiere más tiempo.

#### Envasado

El pescado pequeño debe ser envasado de una pieza entera, el tamaño de las piezas de un envase debe ser lo más homogéneo posible, el número de piezas por envase dentro del mismo lote debe ser similar. Para los túnidos envasados en tronco o bloque, debe quedar un espacio suficiente para recibir el líquido de cobertura. Una vez hemos obtenido los filetes, pasamos a recortarlos manualmente. Después serán seleccionados y metidos en las latas o envases de vidrio, tras asegurarnos que el pescado está debidamente empacado.

#### Llenado en caliente/cerrado en caliente

Cuando se coloca el pescado caliente en el interior del envase y se inyecta aceite, salmuera o salsa caliente, se puede dejar menos espacio de cabeza para su posterior expansión, y parte del aire en la zona superior de la lata se elimina por el vapor procedente del contenido caliente. El sellado debe ser inmediato antes

de que se enfríe el producto y se contraiga. En una lata de 440 g de producto acabado, este método puede conseguir un vacío moderado de unos 25 mm de mercurio al comprobarlo con una «válvula de vacío de latas», pero la manipulación de pescado delicado en caliente puede ser imposible de hacer tanto de forma manual como mecánica. Sin embargo, las gambas y carne de otros mariscos envasados en salmuera o vinagre se manipulan adecuadamente siguiendo este método. De forma similar, en aquellos pescados que se cuecen en la lata y a continuación se decantan, la inyección de líquido caliente y sellado (como la caballa en salsa) consigue un vacío satisfactorio en el espacio de cabeza.

En los productos más sólidos, patés, trozos íntegros, etc., no puede realizarse el vacío de forma satisfactoria, si bien se ha intentado llenar con el sólido frío e inyectar el líquido caliente. En tales casos, el vacío resultante en el espacio de cabeza puede ser inferior a 5 mm de mercurio de manera que existe el peligro de que las tapas de los extremos se abomben hacia afuera. Este tipo de latas se conoce como “flippers” o, cuando un lado se abomba y al ser presionado provoca el abombamiento del lado opuesto, “springers”. Esta situación también puede favorecerse por la producción de gases en el interior del bote debido a la corrosión interna de la hojalata, (hinchamiento por hidrógeno) o, aún más peligroso, debido a la actividad de microorganismos que sobrevivieron al proceso o porque penetraron a través de un poro. Por esta razón, el consumidor rechaza con acierto una lata con abombamiento convexo antes que, con deformación cóncava, además, están prohibidas por las autoridades sanitarias.

Un buen proceso de vacío consiste en poner las latas llenas en un baño de agua caliente con las tapas puestas (se trata de fijar la tapa al cuerpo únicamente con la primera operación del doble sellado) con el fin de prevenir la contaminación del interior mientras que todavía permite escapar el aire a través del doble cierre incompleto y, finalmente, se sellan. Esta es una forma fiable para conseguir un

buen vacío en el espacio de cabeza, pero, al ser muy lento, no se adecua a las líneas continuas actuales de elevada velocidad.

#### Vacío de las Latas

La eliminación de gases de las latas antes del sellado es necesaria para:

- Prevenir el desarrollo de presión en el interior de envases grandes durante la esterilización a altas temperaturas debido a la expansión de los gases del espacio de cabeza
- Reducir la oxidación del contenido y la corrosión interna del envase. Cuando en el proceso las presiones externa e interna no están equilibradas, en los envases de hojalata se produce una tensión en las juntas, lo que puede provocar fugas.

El deterioro por fugas es, con diferencia, el origen más frecuente de alteración microbiana en alimentos enlatados. La constatación de desequilibrios en las presiones durante el autoclaveado puede ser o no obvia mediante la inspección del producto acabado. Con diferencias de presión grandes y/o diámetros de lata grandes, una presión interna mayor que la externa produce una distorsión de la lámina de hojalata (generalmente cerca de la junta) que se conoce como peaking, mientras que una presión externa mayor que la interna produce un colapso hacia dentro del cuerpo del bote conocido como panelling. En otros envases, una excesiva presión interna durante el autoclaveado podría conducir al levantamiento de las tapas, o bien, que se abran los cierres de las bolsas al reblandecerse por el calor. En consecuencia, en ambos casos, es necesario esforzarse para asegurar una sobrepresión en el proceso.

En las tradicionales latas pequeñas y planas, la fuerza estructural del envase es suficiente para resistir diferencias de presión interior/exterior bastante grandes sin Deformarse; es más, en este tipo de envases no se necesita un espacio de cabeza que permita la expansión de cantidades tan pequeñas durante el

procesado, aunque se intenta eliminar el aire mediante la colocación del pescado bien prieto e inyectando aceite o salsa para rellenar todos los huecos. Las latas mayores necesitan un cierto espacio de cabeza que permita la expansión del contenido durante el tratamiento térmico, de manera que hay que eliminar el aire del espacio de cabeza inmediatamente antes de sellar el cierre. Los tres métodos para conseguir un vacío en el espacio de cabeza son: (I) llenado en caliente/cerrado en caliente; (II) sellado bajo vapor; y (III) sellado al vacío.

#### Sellado bajo vapor

En los envases que circulan a través de una cámara de vacío mediante vapor y se sellan a su salida, se reemplaza el aire del espacio de cabeza por vapor, que condensa en el envase cerrado. Esto provoca un vacío parcial, cuya magnitud depende del grado de evacuación del aire, que al mismo tiempo está en función de la presión de vapor en el interior de la cámara.

#### Sellado bajo vacío

El método más seguro para conseguir un vacío constante en el espacio de cabeza consiste en sellar la lata en una cámara de vacío. Sin embargo, la velocidad a la que circulan las líneas ha de reducirse ya que se requiere un cierto tiempo para poder realizar el vacío en las latas a medida que entran en la cámara. Los envases de aluminio laminado deben sellarse al vacío para evitar cualquier aumento de presión interna durante el calentamiento. La velocidad de las líneas puede acelerarse teniendo varias posiciones de sellado, pero las líneas de bolsas pueden trabajar sólo a 60 unidades/min, mientras que las líneas de envasado tradicional pueden funcionar con rendimientos superiores a 1.000 unidades/min<sup>-1</sup>.

#### Integridad del cierre

Es deseable que ni el pescado ni el líquido queden atrapados en el cierre durante la etapa de sellado puesto que el material retenido (sólidos en particular), podrían proporcionar una vía de contaminación postproceso y, en el caso de los envases

de cristal con cierre pry-off, en los que realmente es el vacío interno lo que mantiene la tapa durante el procesado, puede provocar el fallo del sellado. El fabricante de conservas de pescado es responsable de la integridad del sellado doble que él hace en su producto. Tanto el llenado como el sellado son operaciones que requieren un control estricto para asegurar la integridad del cierre. Debería vigilarse cuidadosamente la etapa de llenado para evitar burbujas de aire las cuales, si quedan en el interior de la lata cuando ésta se sella, favorecen la expansión durante el proceso provocando estrés innecesario en las juntas y por tanto, aumentando la posibilidad de fugas.

El volumen del espacio de cabeza en un producto afecta la transferencia de calor y el vacío final depende del espacio libre dejado en el momento del llenado el cual, a su vez, depende de la densidad del contenido, asumiendo todo ello que el control de peso está en unos márgenes muy estrechos. Sin embargo, en muchas operaciones de enlatado de pescado resulta imposible conseguir un espacio de cabeza como, por ejemplo, cuando el envase es muy pequeño, o el contenido esté muy comprimido y según la velocidad de la línea de la producción. Estas latas se suelen procesar bajo agua a alta presión (conseguida mediante aire comprimido) para equilibrar la presión interna de la lata.

#### Autoclaves de vapor a presión

La manera más frecuente de procesado térmico de alimentos enlatados para conseguir una esterilidad comercial es el vapor saturado a presión. Cuanto mayor sea la presión en el interior del autoclave, mayor será la temperatura a la que el vapor condensa en las paredes externas de la lata. Las condiciones que se utilizan con mayor frecuencia en los autoclaves convencionales.

Las cámaras de presión se someten a unas estrictas medidas de seguridad que deben controlarse de forma frecuente. En cada cámara se debe indicar la presión analizada y la presión de trabajo máxima de seguridad, y debe estar equipada con una válvula de seguridad para abrirla y vaciarla si se excede esta presión

máxima de seguridad. Los dispositivos de seguridad son ya obligatorios para que el autoclave no se pueda abrir mientras esté en funcionamiento, ni mientras la válvula de entrada de vapor esté abierta.

Dos tipos de autoclaves por cargas que todavía se utilizan son los autoclaves estáticos verticales y horizontales.

El tipo horizontal tiene la ventaja de que la carga se puede realizar con carros, mientras que en los verticales deben ser cargados mediante poleas y polipastos. También existen otros autoclaves verticales que se introducen en orificios y que representan un potencial riesgo higiénico. Sin embargo, en el autoclave vertical hay una distribución interna del vapor más uniforme si se compara con el horizontal. En los autoclaves horizontales, para evitar esta distribución heterogénea, el vapor se introduce a través de unos tubos con múltiples orificios situados en toda la base. Pero estos orificios tienden a obstruirse si no se limpian de forma regular.

#### Etiquetado

El contenido mínimo del etiquetado será: Denominación del producto, forma de presentación, pesos neto y escurrido, capacidad normalizada del envase, relación de ingredientes, identificación del fabricante y fecha de consumo preferente.

#### Almacenamiento

El local de almacenaje deberá estar limpio y seco, los embalajes deben ser de un tamaño tal que impidan el movimiento de los envases. Los embalajes deben apilarse en jaulas o a altura reducida, para evitar aplastamientos. Toda manipulación de embalajes deberá ser cuidadosa, a fin de evitar golpes, que podrían abollar los envases, afectando a sus costuras y sertidos, comprometiendo su hermeticidad, además de desmerecer su aspecto.

### 3.5 Minerales en el organismo

Los minerales tienen una gran importancia para el cuerpo humano ya que lo ayudan a mantenerse sano, no pueden ser sintetizados y deben formar parte de la alimentación diaria. Nuestro organismo usa los minerales para distintas funciones incluyendo mantener los huesos, corazón y cerebro funcionando bien, además también son importantes para las enzimas y hormonas <sup>(11)</sup>.

Los minerales se clasifican en dos tipos dependiendo de la necesidad de ellos en el cuerpo humano:

- Los macrominerales que se necesitan en mayores cantidades, incluyen Calcio, Fósforo, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloro y Azufre. <sup>(11)</sup>
- Los microelementos, oligoelementos o elementos traza que se necesitan en menores cantidades y son el Hierro, Manganeso, Cobre, Yodo, Zinc, Cobalto, Flúor y Selenio. <sup>(11)</sup>

Estos minerales se encuentran en una amplia variedad de alimentos y se consumen en una dieta balanceada por la mayoría de las personas. En algunos casos se pueden recomendar suplementos minerales, pero también ocurre que personas con ciertos problemas de salud deben reducir el consumo de un mineral. <sup>(11)</sup>

Los componentes minerales del organismo forman parte del estrecho peso total de nuestro cuerpo, representan del 4 al 5% del peso corporal (2.8 kg en un hombre de 70 kg y unos 2 kg en una mujer de 50 kg). De ellos, aproximadamente el 50% es Ca, 25% P y 25% el resto. <sup>(11)</sup>

Estos iones mantienen el medio celular eléctricamente neutro, regulan la presión osmótica, el equilibrio hídrico y el equilibrio ácido-base. La distribución de los iones es específica,  $K^+$  y  $Mg^{+2}$  se acumulan en el interior de la célula, mientras que  $Na^+$  y  $Ca^{+2}$  y  $Cl^{+2}$  lo hacen en el exterior. <sup>(11)</sup>

## Calcio <sup>(12)</sup>

Es el mineral más abundante en el cuerpo. Constituye el 1,5-2% del peso corporal y el 39% de los minerales totales del cuerpo. El 99% del calcio se encuentra en hueso y dientes y el 1% restante en la sangre, líquidos extracelulares y dentro de las células de tejidos blandos donde regula un gran número de importantes funciones metabólicas. Una mínima parte del calcio óseo es intercambiable y participa en la homeostasis del mismo a corto plazo. Cuando no existe esta reserva, el calcio debe extraerse de la sustancia ósea que es más estable. Las fracciones de calcio sérico total son tres fracciones diferentes:

- Calcio libre o ionizado (5%);
- Calcio aniónico que se une a los fosfatos (50%) y
- El calcio unido a proteínas principalmente la albúmina (45%).

La mayoría de funciones metabólicas las efectúa el calcio ionizado. Su concentración está controlada principalmente por la hormona parathormona, la calcitonina y la vitamina D.

### Calcio en el líquido extracelular

Las concentraciones extracelulares de calcio pueden percibirse por medio de un receptor  $\text{Ca}^{+2}$  (CaR) de superficie, un miembro de la súper familia de receptores unidos a proteína G en células de paratiroide, riñones, intestinos, pulmones, encéfalos, piel, médula espinal, osteoblastos, mamas y otras células. El CaR permite al  $\text{Ca}^{+2}$  actuar como primer mensajero extracelular en la forma de una hormona calciotrópica. De esta manera el CaR permite la regulación, mínimo a mínimo de la reabsorción de calcio en los túbulos renales. La función de estas acciones en la homeostasis. <sup>(12)</sup>



### Calcio en el líquido intracelular

Las concentraciones intracelulares de calcio, a 100 nmol/ M son > 10 000 veces menores que las extracelulares. Como respuesta a una interacción de estímulos químicos, eléctricos o físicos con un receptor de la superficie celular, las concentraciones intracelulares de calcio se elevan a partir de un influjo de calcio extracelular o de reservas intracelulares de calcio como el retículo endoplasmático o sarcoplasmático, la elevación en el calcio intracelular activa una respuesta celular específica, por lo general por la activación de una o más cinasas para fosforilar una o más proteínas. Por lo tanto, el calcio actúa como un segundo mensajero para activar un amplio rango de respuestas fisiológicas, como contracciones musculares, liberación de hormonas, liberación de neurotransmisores, visión, metabolismo de glucógeno, diferenciación, proliferación y movilidad celular. El  $\text{Ca}^{+2}$  activa o estabiliza a varias enzimas, una función que no se relaciona con los cambios en la concentración intracelular de calcio. Estas incluyen diversas proteasas y deshidrogenasas. (12)

### Absorción y homeostasis del Calcio

La regulación homeostática del calcio sérico para asegurar un suministro constante a los tejidos es compleja y aún no se entiende por completo. Cuando las concentraciones de calcio caen, aunque sea un poco, los niveles lo regresan a la normalidad a partir de un aumento controlado PTH- vitamina D en la absorción del calcio, un aumento de la reabsorción en los túbulos renales y la resorción ósea. Las concentraciones elevadas de  $\text{Ca}^{+2}$  en el líquido extracelular inhiben la secreción de la PTH y la producción de calcitriol y también estimulan la secreción de calcitonina. Esto produce una disminución en la absorción de calcio, un aumento en su excreción urinaria y una reducción en la resorción ósea. El  $\text{Ca}^{+2}$  se une al Ca-R en la superficie de células paratiroides, lo que estimula un cambio en la conformación en el receptor que lleva a una inhibición de la secreción de PTH de la paratiroides. En el caso de ingesta de calcio que se

acerca a los 800 a 1 000 mg/día, el componente saturable de la absorción de calcio puede ser responsable de la mitad de la absorción de este. La absorción de Calcio también incluye el contenido de este en la comida. A medida que aumenta la carga de calcio, disminuye la eficiencia de absorción de la vía saturable aunque el calcio neto absorbido conforme al componente no saturable se vuelve cada vez más dominante. Para efectos prácticos, la absorción de calcio es más eficiente si se consume en dosis divididas a lo largo del día. (12)

### Metabolismo

El ingreso del calcio al organismo se realiza mediante combinaciones orgánicas unido a las proteínas, a los ácidos grasos o en forma de sales, como carbonatos, fosfatos y cloruros de calcio. De importancia para su absorción resulta el ácido clorhídrico del estómago, que solubiliza parte del calcio unido a diferentes productos insolubles. La absorción del calcio ocurre por el intestino delgado, influyendo en ello varios factores. En primer lugar, hay que señalar que todos los elementos que favorecen el pH ácido del contenido intestinal incrementan la absorción del calcio. Por el contrario, cuando el pH se hace más alcalino se producen fosfatos y carbonatos neutros más insolubles y con ello menos calcio absorbido, el transporte activo, a nivel del intestino delgado, requerido para la absorción del calcio. De igual manera actúan los azúcares, las proteínas y las grasas favoreciendo la absorción del calcio, ya que por diversas vías actúan disminuyendo el pH intestinal. Una vez absorbido el calcio se localiza en todo el organismo, bien en forma iónica como  $\text{Ca}^{+2}$ , o en forma de complejos orgánicos unidos a proteínas o bien en forma de sales difusibles o no. Cuando la ingesta de calcio es alta, las concentraciones de 1,25 hidroxicolecalciferol, bajan por el aumento de calcio plasmático. La absorción de calcio es elevada cuando la ingesta es baja y disminuye cuando se ingieren grandes cantidades, el calcio solo se absorbe si está en una forma hidrosoluble, la absorción de calcio disminuye por la existencia de sales insolubles como fosfatos y oxalatos. Otro factor

requerido para la absorción del calcio es la vitamina D3 (vitamina D activa), que incrementa la captación de calcio en el borde del cepillo de las células epiteliales de la mucosa intestinal, donde está incluida el ATPasa dependiente de  $\text{Ca}^{+2}$ , al estimular a una proteína que se une al calcio; sin embargo, cuando se ingiere de manera exagerada existe un mecanismo que limita la absorción del calcio. (12)

### Funciones del Calcio

**Función Plasmática:** Contribuye a la formación del tejido óseo y dentario, donde se localizan en forma de fosfato tricálcico.

**Contracción muscular:** En el músculo relajado la concentración de calcio es muy baja debido a un sistema de transporte activo que concentra el  $\text{Ca}^{+2}$  en las cisternas del retículo sarcoplasmático. Cuando llega un impulso eléctrico se produce la liberación de  $\text{Ca}^{+2}$  que fluye rápidamente hacia las invaginaciones de la membrana plasmática denominados túbulos transversos. La rápida descarga de  $\text{Ca}^{+2}$  produce la unión de la actina y la miosina con la consecuente hidrólisis del ATP que brinda la energía requerida para la contracción muscular. Cuando los impulsos neuromotores cesan, el calcio es transportado hacia las cisternas del retículo por un proceso de transporte activo que requiere energía. En el estado relajado, los extremos de los filamentos de actina que se extienden entre dos discos Z sucesivos apenas comienzan a superponerse entre sí. Por lo contrario, en el estado contraído estos filamentos de actina han sido fraccionados hacia adentro entre filamentos de miosina, de modo que sus extremos se superponen entre sí en su máxima extensión, además los discos Z han sido traccionados por los filamentos de actina hasta los extremos de los filamentos de miosina. Así la contracción muscular se produce por un mecanismo de deslizamiento de los filamentos.

**Coagulación sanguínea:** El calcio interviene en el proceso de la coagulación bajo su forma ionizada. Se requiere su presencia para la activación de la proconvertina

a convertina y también para la conversión de la protrombina en trombina. Además, al calcio se le atribuyen otras funciones fisiológicas que dependen de su acción, siendo el ion principal de los líquidos celulares, cumple un papel en la generación y conducción de los impulsos nerviosos donde participa con el  $K^{+2}$ . Otro papel importante es el mantenimiento de la estructura normal y la permeabilidad selectiva de la membrana celular, la comunicación intercelular y la proliferación celular. Por último, el papel de los iones de calcio como activador de algunas enzimas, en particular lipasas, fosfolipasas y la alfa amilasa y sobre la estimulación de la liberación de algunas hormonas, en particular la insulina, la epinefrina y la TSH. <sup>(12)</sup>

#### Fuentes de Calcio

Muchos alimentos son ricos en calcio, sobre todo los de origen animal tales como el huevo, la leche y de otros productos de origen animal. Las legumbres y las leguminosas también lo poseen. Los productos lácteos aportan más del 55% del calcio ingerido en la dieta. También son fuentes de calcio en la dieta diaria algunos vegetales de hojas verdes, como brócoli y coles rizadas. La vitamina D se necesita para ayudar al cuerpo a usar el calcio, razón por la cual se fortifica la leche con esta vitamina. El calcio se encuentra presente en muchos alimentos. Puede obtener las cantidades recomendadas de calcio mediante el consumo de una variedad de alimentos, entre ellos:

- La leche, el yogur y el queso son las fuentes de calcio principales para la mayoría de la gente en los Estados Unidos.
- La col rizada, el brócoli y el repollo chino son buenas fuentes de calcio de origen vegetal.
- El pescado con huesos blandos comestibles, como las sardinas enlatadas y el salmón, son buenas fuentes de calcio de origen animal.
- Aunque la mayoría de los cereales (pan, pastas y cereales no fortificados) no son ricos en calcio agregan cantidades significativas de

calcio a la dieta por la frecuencia o la cantidad en que la gente los consume.

- Ciertos cereales para el desayuno, jugos de fruta, bebidas de soja y arroz, y varios tipos de tofu son fortificados con calcio. Para saber si estos alimentos contienen calcio, verifique las etiquetas de los productos. (12)

### Déficit de Calcio Durante la infancia

El déficit de calcio o hipocalcemia por debajo de 8,5 mg/dL impide una correcta mineralización del esqueleto, si progresa este déficit se produce el raquitismo en los niños y osteomalacia en adultos. El déficit puede aparecer por varios motivos como insuficiencia renal, cáncer de mama y próstata. La carencia aguda de este mineral ocasiona un balance metabólico negativo, aumentando su reabsorción ósea por aumento de la parathormona. En personas con ingesta crónica de  $\text{Ca}^{+2}$  el remodelado ósea permanece aumentado y la formación ósea. (12)

### Excreción de Calcio

La cantidad de calcio eliminado es igual a la que ingresa y se realiza fundamentalmente por vía renal, existe también otras vías a través de las cuales se eliminan cantidades mínimas de calcio, tal como la vía digestiva, se elimina por las heces, también se elimina por el sudor y por la secreción láctea. La eliminación por el riñón varía como arreglo a la concentración de calcio en el plasma, la cantidad eliminada por filtración glomerular y la función tubular. (12)

### Balance de calcio total

El balance proviene entre la absorción y la excreción intestinal y urinaria. En el equilibrio el balance es igual a cero, esto ocurre en sujetos sanos en edad adulta, mientras que en los niños, adolescentes sanos y mujeres gestantes se encuentran en balance positivo; es decir la ingesta es mayor a las pérdidas, en tanto en la vejez ocurre balance negativo, siendo la pérdida mayor que la ingesta.

La ingesta normal de calcio varía entre 500 a 1000 mg de calcio elemental en 24 horas. El rol de la función excretora renal, en el balance de calcio es, el de una regulación fina, eliminando entre 100 y 200 mg en 24 horas, mientras que por vía fecal la excreción es del orden de 400 a 800 mg al día. El hueso en su proceso de remodelación constante viene al torrente circulatorio unos 500 mg pero requiere del mismo otros 500 mg. Cuando disminuye la ingesta de calcio por la dieta, desciende la absorción de calcio y baja la concentración de calcio sérico. Ello produce la estimulación de la parathormona (PTH), que aumenta la resorción ósea, la reabsorción renal de calcio y la producción renal de Calcitriol, el cual aumenta la absorción intestinal y reabsorción renal del calcio y en el hueso favorece la acción resortiva de la parathormona (PTH). El balance entre entradas y salidas del organismo tienden a ser neutros, con estabilidad en los valores plasmáticos, pero a expensas de un balance negativo del hueso. Fisiológicamente existen circunstancias que tienden a un balance positivo como ocurre en la formación de tejido ósea, de ahí la necesidad en el aporte dietético de Calcio. En otras circunstancias hay tendencias a un balance negativo como es el caso en el embarazo o en la senectud en la que disminuye la capacidad absorptiva intestinal, disminuye la capacidad de formar vitamina D y se mantiene la estabilidad a expensas de perder masa ósea. (12)

#### Trastornos metabólicos del calcio

Hipercalcemia: Se produce cuando el calcio llega al líquido extracelular, proveniente del tracto digestivo y del hueso, supera las salidas hacia el intestino, hueso y riñón con el incremento del calcio sérico por encima de 10.5 mg/dL. Pero la hipercalcemia sintomática puede ser también resultado de un incremento de la fracción de calcio ionizado. La acidosis incrementa la porción ionizada del calcio. Las situaciones de falsa hipercalcemia pueden ser debidas a errores de laboratorio o a la colección prolongada de un torniquete antes de la extracción de

la muestra de sangre o por hiperalbunemia que condiciona pseudohipercalemia. (12)

Hipocalcemia: Es un trastorno metabólico que ocurre cuando las pérdidas renales de  $\text{Ca}^{+2}$  del líquido extracelular son mayores que los reemplazos realizados desde hueso e intestino, que como consecuencia se produce una disminución del nivel sérico de calcio total o disminución de la fracción de Calcio iónico por debajo de 4,75 mg/dL. En casos de una mala absorción de calcio juntamente con una alimentación inadecuada o problemas de la hormona paratiroidea, se produce una deficiencia de calcio y de vitamina D dando lugar a la hipocalcemia. Otros casos el déficit de magnesio y de hormona paratiroidea. Los niveles bajos de calcio impiden que la troponina inhiba la interacción actina miosina produciendo un aumento de la excitabilidad muscular e incluso tetania, producida por una irritabilidad de la unión de las terminaciones nerviosas con los músculos y se caracteriza por el adormecimiento de manos, pies, labios, lengua; seguido de espasmos y calambres musculares en piernas y espalda. En los niños puede ocasionar retraso mental y en personas adultas depresión, demencia y psicosis, si no se controla a tiempo ocasiona otras alteraciones como piel escamosa y seca, cataratas, pelo áspero y uñas quebradizas. (12)

### Magnesio

El  $\text{Mg}^{+2}$  es el catión más abundante en el cuerpo humano y el segundo más prevalente a nivel intracelular. Más de la mitad del magnesio del cuerpo humano se concentra en los huesos y el resto en los músculos y tejidos blandos. El Magnesio sérico comprende menos del 1% del  $\text{Mg}^{+2}$  total y su concentración se mantiene mediante un estrecho margen por el intestino delgado y el riñón que aumentan la fracción de  $\text{Mg}^{+2}$  absorbida en casos de escasez. La concentración sérica de magnesio es uno de los parámetros clínicos para detectar los desórdenes en el metabolismo de Magnesio. El magnesio se relaciona con una gran variedad de procesos bioquímicos y fisiológicos, entre ellos la contractilidad

muscular y la excitabilidad nerviosa. Se trata de un catión esencial involucrado en muchas reacciones enzimáticas. Como cofactor de adenosina trifosfatasa participa en todos los procesos biosintéticos, glucólisis, formación de AMP cíclico, transporte de membranas con consumo de energía y transmisión del código genético. Casi el 30% de magnesio en suero se une a proteínas, mientras que la mayor parte de la porción residual se ioniza y filtra por los riñones, el magnesio intracelular se une a proteínas y fosfatos ricos en energía. Al magnesio se le ha llamado bloqueador de los canales de calcio fisiológico de la naturaleza, porque durante el agotamiento de magnesio, aumenta el calcio intracelular. Está bien documentado que el calcio desempeña un papel importante en la contracción de músculos estriados y lisos, por lo tanto, el agotamiento de magnesio puede resultar en calambres musculares, hipertensión y vasoespasmos coronarios y cerebrales. (12)

### Homeostasis del Magnesio

La cantidad de magnesio absorbida se relaciona inversamente con la cantidad consumida. Los riñones son los principales órganos de regulación de homeostasis del magnesio. Casi el 65% del magnesio filtrado se reabsorbe en la asa de Henle por transporte activo. De 20 a 30% de magnesio se reabsorbe por difusión pasiva en el túbulo renal contorneado proximal, que se relaciona con el transporte de calcio, sodio y agua. Si bien el excedente de magnesio se excreta casi por completo a través de los riñones, no es así cuando hay deficiencia, en cuyo caso, los riñones evitan la pérdida respectiva excretando menos de 12 a 24 mg/día. La excreción de magnesio aumenta con la ingesta alta de sodio, calcio y proteína más de 94 g/ día debido al aumento de carga ácida, además del consumo de cafeína y alcohol.



### Metabolismo su Absorción

Se realiza por el intestino delgado, se excreta por vía urinaria. Alrededor del 30% está unido a las proteínas en suero, donde el 75% está unido a la albúmina, globulinas alfa-1 y alfa-2. Por otra parte, el 15% en complejos y un 50% se encuentra en forma ionizada. La regulación de sus concentraciones se realiza en la hormona paratiroidea a través de la regulación en su reabsorción tubular renal.

(12)

### Funciones del Magnesio

El  $Mg^{+2}$  es un activador enzimático en el metabolismo de los carbohidratos, El  $Mg^{+2}$  participa en el mecanismo de la contracción muscular donde se encuentra inhibida la capacidad ATP básica de la miosina al contrario del  $Ca^{+2}$  que la estimula. También en la transmisión del impulso nervioso, siendo un agente modulador de la actividad del sistema nervioso; valores inferiores a los normales causan hiperirritabilidad del sistema nervioso y valores elevados producen depresión. Puede aparecer también el magnesio formando parte del sistema esquelético presentando una función plástica, pero en menor cantidad que el calcio. El magnesio en el cuerpo es esencial también para la amortiguación y el metabolismo no sólo de la vitamina D sino también del calcio. El magnesio convierte la vitamina D en su forma activa de modo a que pueda ayudar a la amortiguación del Calcio. Varios estudios relacionados con la salud del hueso publicado en el Gorrón de la Bioquímica Fisiológica y en el Gorrón clínico de la nutrición señalan que el magnesio es también necesario para las acciones beneficiosas de la vitamina D en el hueso. (12)

### Fuentes de Magnesio

Las concentraciones más altas se encuentran en las semillas completas, como nueces, legumbres y cereales no molidos. Más del 80% se pierde al eliminar el germen y las capas externas de los cereales. Los vegetales son otra buena fuente

de magnesio, formando parte de sustancias como porfirinas y clorofila. El pescado, la carne y la leche son fuentes relativamente pobres, al igual que la mayoría de las frutas comunes, excepto el plátano.

El magnesio está ampliamente distribuido en los alimentos, especialmente en los de origen vegetal, se encuentra también en algunos moluscos y crustáceos. El consumo de aguas "duras" con un alto contenido en magnesio puede contribuir también a la ingesta. El magnesio es un mineral que el cuerpo necesita. Este elemento se encuentra presente en: Granos enteros, cereales, nueces, almendras, salvado de trigo, harina de soja, harina de avena, plátano, cacao, chocolate, principalmente verduras de hoja verde, por su contenido de clorofila, pigmento del cual el elemento magnesio constituye el ion central. (12)

#### Excreción de Magnesio

El 80% de magnesio en el plasma es filtrado por el glomérulo, del cual el 95% es absorbido por la nefrona. Aproximadamente 100 mg de magnesio es excretado en la orina cada día, su principal absorción ocurre en el asa de Henle, siendo esta un 60 a 70% del total filtrado. El túbulo proximal absorbe un 15 a 25% del magnesio filtrado, por su parte el túbulo distal absorbe 5 a 10%. En el asa de Henle el magnesio es reabsorbido con el calcio de manera pasiva a través de la vía para celular formada por uniones intracelulares estrechas. (12)

#### Déficit de Magnesio

La deficiencia de este elemento es provocada muchas veces por problemas en su absorción, patologías renales, diuresis excesiva, alcoholismo crónico, diarrea severa. El déficit primario de magnesio se origina por dos mecanismos etiológicos, que son por deficiencia y la otra por depleción que es debida a la desregulación de los factores que controlan el estatus de  $Mg^{+2}$  como la hipoabsorción intestinal de Magnesio. En este sentido, la deficiencia de magnesio puede estar relacionada con una presión arterial elevada debido a que un exceso

de calcio puede provocar una constricción de los músculos de las paredes de las arteriolas. Dada la posible relación entre la deficiencia de magnesio y las arritmias cardíacas y la presión arterial elevada, Douban y Brodsky han indicado que la deficiencia de magnesio puede estar asociado a las enfermedades cardiovasculares. (12)

### Trastornos metabólicos de Magnesio

- Hipomagnesemia.

Causas de Hipomagnesemia: se puede producir por cuatro mecanismos.

Disminución de la ingesta de magnesio: La disminución puede ocurrir en 3 tipos de pacientes; pacientes desnutridos, pacientes alcohólicos y pacientes en las que se demuestra nutrición parenteral total por tiempos prolongados.

Redistribución de Magnesio extracelular al intracelular: Esto ocurre en el llamado síndrome del hueso hambriento, en el cual el magnesio se deposita en el hueso. Esto ocurre en pacientes con hiperparatiroidismo después de una paratiroidectomía. También puede ocurrir en hiperinsulinemia durante el tratamiento de la cetoacidosis diabética, en el síndrome de realimentación o durante la administración intravenosa de dextrosa. Estados hiper adrenérgicos, como los síndromes de abstinencia de alcohol incrementa los niveles plasmáticos de catecolaminas, que producirán translocación de magnesio al intracelular o incrementarían la oxidación de triglicéridos, que a su vez aumentaría los niveles plasmáticos de ácidos grasos libres que quelarían el magnesio plasmático libre. Pérdida gastrointestinal de magnesio.

Pérdida renal de magnesio: Alteraciones de absorción de magnesio en el intestino pueden ocurrir como consecuencia de diarrea de cualquier causa.

- Hipermagnesemia.

Las causas más frecuentes de Hipermagnesemia (mayor de 0,95 mmol/L) son la insuficiencia renal aguda y el aporte exógeno en el tratamiento de la preeclampsia-eclampsia

Mecanismo la Hipermagnesemia: inhibe la reabsorción de magnesio tanto en el túbulo proximal como en el Asa de Henle. Esta inhibición de la reabsorción produce un aumento en la excreción de magnesio y previene el desarrollo de niveles elevados del catión, aun en presencia de una ingesta aumentada. Esta anomalía no se asocia con un aumento en la excreción renal de magnesio.

Existe un importante equilibrio entre el Calcio y Magnesio ya que el consumo de cantidades excesivas de calcio sin complementarlo con magnesio puede provocar ataques cardíacos, derrames cerebrales y muerte súbita. Por lo general el magnesio se consume pobremente, esto debido a factores como el agotamiento de magnesio en el suelo, el uso de cloro y la mala absorción, mientras que, en el caso del calcio, en consumo en la población por lo general es elevado debido a desinformación brindado por propagandas inadecuadas. (12)

### 3.6 Generalidades de las valoraciones (13)

Las valoraciones son ampliamente utilizadas en química analítica para determinar ácidos, bases, agentes oxidantes, agentes reductores, iones metálicos, proteínas y muchas otras especies químicas. Las valoraciones se basan en la reacción que se da entre un analito y un reactivo estándar conocido como titulante. Dicha reacción tiene una estequiometría conocida y reproducible. En una valoración se determina el volumen o la masa de titulante necesaria para reaccionar completamente con el analito, y este dato se utiliza posteriormente para calcular la cantidad de analito.

En algunas valoraciones, conocidas como valoraciones coulombimétricas o potenciométricas, se mide la cantidad de carga requerida para consumir al analito

por completo. En cualquier valoración, el punto de equivalencia química, llamado punto final cuando se determina experimentalmente, se hace evidente por el cambio de color de un indicador o por el cambio en una respuesta instrumental. A continuación, se presentan los principios básicos de las valoraciones.

#### Conceptos básicos de las valoraciones volumétricas

Una disolución estándar (o titulante estándar) es un reactivo de concentración conocida que se utiliza para llevar a cabo una valoración volumétrica. La valoración se lleva a cabo añadiendo lentamente la disolución estándar desde una bureta o algún otro aparato dispensador de líquidos hacia una disolución que contiene al analito; se sigue este proceso hasta que se pueda juzgar que la reacción entre los dos se ha completado. El volumen o masa de reactivo necesario para completar la valoración se determina a partir de la diferencia entre la lectura inicial y la lectura final.

A veces es necesario añadir un exceso de titulante estándar para después determinar dicho exceso por medio de una valoración por retroceso con un segundo titulante estándar. Por ejemplo, la cantidad de fosfato en una muestra se puede determinar añadiendo un excedente medido de una disolución estándar de nitrato de plata a la muestra, lo cual lleva a la formación de fosfato de plata insoluble. Posteriormente, el exceso de nitrato de plata se retro titula con una disolución estándar de tiocianato de potasio. La cantidad de nitrato de plata es químicamente equivalente a la cantidad del ion fosfato más la cantidad del tiocianato utilizado para la valoración por retroceso. La cantidad de fosfato se determina entonces calculando la diferencia entre la cantidad de nitrato de plata y la cantidad de tiocianato.

#### Estándares primarios

Un estándar primario (o patrón primario) es un compuesto altamente purificado que sirve como material de referencia en las valoraciones y otros métodos

analíticos. La exactitud de un método depende de manera crítica de las propiedades del estándar primario. A continuación, se presentan algunos requerimientos importantes que debe cumplir un estándar primario:

- Alta pureza. Deben existir métodos disponibles para confirmar su pureza.
- Estabilidad atmosférica.
- Ausencia de agua de hidratación de tal manera que la composición del sólido no cambie con variaciones en la humedad.
- Bajo costo.
- Solubilidad razonable en el medio de valoración.
- Masa molar razonablemente grande de tal manera que el error relativo asociado con la pesada del estándar sea mínimo.

Muy pocos compuestos cumplen o se acercan a cumplir estos criterios, y solo un pequeño número de sustancias usadas como estándares primarios están disponibles de manera comercial. Como consecuencia, muchas veces se deben utilizar compuestos menos puros en lugar de los estándares primarios. La pureza de estos estándares secundarios se debe establecer por medio de análisis cuidadosos

La exactitud de una valoración no puede ser mejor que la exactitud de la concentración de la disolución estándar utilizada. Existen dos métodos básicos para establecer la concentración de estas disoluciones. En el primer método o método directo se determina cuidadosamente la masa del estándar primario que se disuelve en un disolvente adecuado y posteriormente se diluye a un volumen conocido en un matraz volumétrico.

El segundo método se conoce como estandarización; en este, el titulante que se va a estandarizar se usa para titular 1) una masa conocida de estándar primario, 2) una masa conocida de estándar secundario, o 3) el volumen de una disolución estándar cuidadosamente medido. Un titulante que es estandarizado también se llama disolución estándar secundaria. La concentración de una disolución

estándar secundaria está sujeta a una mayor incertidumbre que la concentración de una disolución estándar primaria. Entonces, si tenemos opción, se deben preparar las disoluciones por el método directo. Muchos reactivos, sin embargo, carecen de las propiedades requeridas por un estándar primario y, por lo tanto, requieren estandarizarse.

Tipos de análisis volumétricos.

Existen 5 Tipos de titulaciones volumétricas, las cuales son:

- Titulación de neutralización ácido-base en medio acuoso.
- Titulación de neutralización ácido-base en medio no acuoso.
- Titulación de óxido reducción.
- Titulación de precipitación.
- Titulación de formación de complejos

### 3.7 Titulaciones de formación de complejos <sup>(13)</sup>

En estas titulaciones se formarán complejos a partir de un Agente Quelante, el cual se forma por un agente orgánico que tiene dos o más grupos capaces de formar complejos con un ión metálico.

Se dice que los iones complejos son compuestos constituidos por un ión metálico con otros iones o moléculas. Las partes del complejo se mantienen unidas mediante uniones covalentes coordinadas en las cuales el ión o molécula, son diferentes del ión metálico central.

La teoría de Lewis es la que por lo general se considera como la más aplicable en estas titulaciones complejométricas. Se puede decir que el ión metálico central actúa como ácido de Lewis y los otros iones o moléculas como bases de Lewis. La mayoría de los iones metálicos reaccionan como donadores de pares de electrones formando complejos o compuestos de coordinación.

La especie donadora, es llamada ligando; debe tener disponible al menos un par de electrones no compartidos para formar el enlace. El agua, el amoníaco y los iones de halogenuros son los ligandos inorgánicos más comunes.

- Ligandos Monodentados: Poseen un posible sitio de coordinación (enlace simple) entre ellos tenemos iones Haluro,  $\text{NH}_3$ .
- Ligandos Bidentados: Poseen dos sitios de coordinación, entre ellos tenemos: Etilendiamino el cuál reacciona con el  $\text{Zn}^{+2}$  y  $\text{Ni}^{+2}$

Para que dicho proceso se lleve a cabo, es necesario que se dé un enmascaramiento o purificación de las sustancias mediante la adición de un reactivo apropiado, que impide la acción de las sustancias interferentes.

Existen ligandos multidentados de mucha importancia en la aplicación de valoraciones complejométricas, en las cuáles utilizan como titulante el ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA), que es estable con un gran número de iones polivalentes. Cada uno de los átomos de hidrógeno en los grupos carboxílicos ( $-\text{COOH}$ ) experimentan disociación ácida.

La forma neutra del ácido es tetraprótica y se representa con fórmula  $\text{H}_4\text{Y}$ , que establece complejos en razón de 1:1 debido a que el ión  $\text{H}_4\text{Y}$  posee en total seis grupos funcionales: cuatro grupos carboxílicos y dos grupos aminos, que pueden ocupar cuatro, cinco o seis posiciones de coordinación entorno del ión metálico central.

La sal disódica  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , es un reactivo de uso común que sirve como materia prima para la preparación de soluciones de EDTA estándares que son las que se utilizan en las valoraciones.

Es preciso que el indicador sea de color intenso cuando este enlazado con el metal o cuando este libre, a esta propiedad que poseen los indicadores se le denomina Metalocrómicos. Dentro de los indicadores Metalocrómicos utilizados en las Titulaciones Complejométricas se tienen:



- Negro de Eriocromo T (NET) el más utilizado.
- Calcon.
- Naranja de Xilenol.
- Murexida.

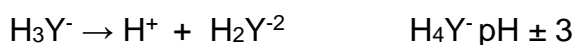
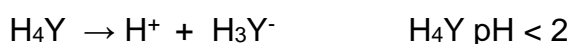
### Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA)

Muy utilizado como valorante en complejometría con 6 posibles sitios de enlace con un ión metálico: 4 grupos carboxilo y 2 grupos amino. La mayor parte son elementos electronegativos tienden a ceder pares electrónicos.

El EDTA es un ligando hexadentado, este se une a los iones analíticos por medio de dos nitrógenos y cuatro hidrógenos de los grupos carboxílicos.

Si las soluciones a titular son bastante ácidas el  $H_4Y$  se descompondrá a medida se alcalinice el medio dando diferentes especies, por ejemplo:

$HAY^-$  o también,  $A^{+2} + Y^{-4} \rightarrow CuY^{-2}$ , es posible obtener varias reacciones dependiendo la presencia de iones  $H_3O^+$  o sea el pH de la solución.

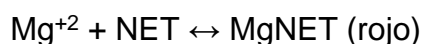
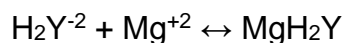
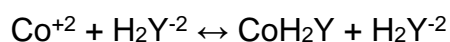


### Métodos de valoración con EDTA:

- Valoración Directa: Cuando se agrega el titulante directamente a la sustancia a valorar, manteniendo un pH generalmente de 9-10. La solución buffer utilizada es  $NH_4Cl-NH_4OH$  y como indicador el Negro de Eriocromo T (NET). Entre los cationes que se pueden valorar de manera directa  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$  Formándose el complejo:



- Valoración Indirecta o Retroceso: Cuando se agrega en exceso la especie titulante y luego el exceso se valora. Hay casos que no hay indicador satisfactorio o cuando el ión metálico forme complejo con el EDTA muy lentamente.



- Valoración por Retroceso: Son útiles en determinación de cationes que forman complejos estables con EDTA y no se dispone de indicadores adecuados.
- Valoración por Desplazamiento: En la disolución del analito es agregado en exceso sin cuantificar, de una disolución con el complejo (EDTA) con Mg o Zn. Si el analito forma un complejo más estable que el Zinc o Magnesio ocurre la reacción de desplazamiento.



Donde  $\text{M}^{2+}$  es el catión analito y  $\text{Mg}^{2+}$  es el catión liberado.

Punto de equivalencia y punto final.

Los estudios de las reacciones se llevan a cabo en forma adecuada por medio de una técnica conocida como: Valoración o Titulación. En una Valoración una disolución de concentración exactamente conocida, denominada Disolución Patrón, se agrega en forma gradual a otra disolución de concentración

desconocida hasta que la reacción química entre las dos disoluciones se complete.

La adición de la Disolución Patrón se efectúa hasta alcanzar el Punto de Equivalencia, e inmediatamente después, el Punto Final, definiéndose cada uno de ellos de la siguiente manera:

- Punto de equivalencia: De una valoración se define como la cantidad de valorante añadido el cual es química y cuantitativamente equivalente a la cantidad de analito en la muestra, en el cual ha reaccionado o neutralizado completamente la muestra.
- Punto Final: Es un fenómeno puramente físico y experimental relacionado con la condición de equivalencia como un cambio de color o viraje de un indicador.

La diferencia entre ambos siempre debe ser mínima. Durante una titulación, el punto de equivalencia se alcanza cuando la cantidad de titulante añadido es química y cuantitativamente equivalente a la cantidad de analito en la muestra.

El Punto de Equivalencia es el resultado ideal (teórico) que se busca en una valoración y no se puede determinar experimentalmente, es el punto en el cual la cantidad de valorante añadida es exactamente la necesaria para que reaccione estequiométricamente con el analito.

Lo que se mide es el punto final de la valoración, el cual se observa por un cambio brusco de una propiedad Física o Química dados por la misma solución o por un reactivo auxiliar.

Debe esperarse que sea pequeña la diferencia de volumen o masa entre el punto final y el punto de equivalencia debido a imperfecciones en los cambios físicos y nuestra habilidad para observarlas, este es llamado error de titulación. Entre los métodos para determinar el momento en que se ha consumido el analito se citan:

- Detectar un cambio brusco de voltaje o de corriente entre un par de electrodos.
- Observar un cambio de color del indicador.
- Formación de un precipitado coloreado.

La Figura N°7 muestra este pH mínimo para un punto final satisfactorio en la valoración de varios iones metálicos en la ausencia de agentes formadores de complejo que compitan. Note que un ambiente moderadamente ácido es satisfactorio para muchos cationes divalentes de metales pesados y que un ambiente fuertemente ácido puede ser tolerado en la valoración de iones como el hierro (III) y el indio (III).

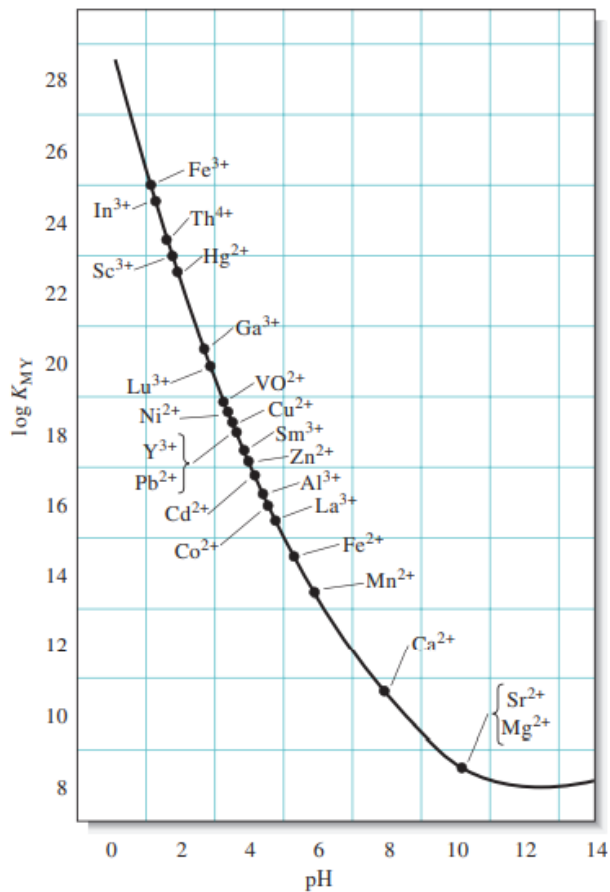


Figura N° 1. pH mínimo necesario para la valoración satisfactoria de varios cationes con EDTA. (14)

### 3.8 Tablas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). <sup>(18)</sup>

El INCAP es una institución que promueve las iniciativas de seguridad alimentaria y nutricional entendiéndola como el derecho de toda persona a tener acceso a alimentos inocuos, de buena calidad nutricional, en suficiente cantidad.

Las tablas incluyen el contenido de macronutrientes y micronutrientes para 565 productos, las fuentes de datos fueron los laboratorios propios del INCAP, complementados con algunos valores de otras fuentes principalmente del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para productos enlatados importados.

Tabla N° 1. Tabla INCAP para valores de Calcio y Magnesio que deben contener las sardinas de salsa de tomate por cada 100 g. <sup>(18)</sup>

Código	Nombre	Calcio (mg)	Magnesio (mg)
8040	Pescado, Sardina Enlatada C/tomate	240	34

### 3.9 Estadística aplicada a los resultados. <sup>(15)</sup>

La estadística, es la rama de la ciencia matemática que se encarga de organizar, resumir y analizar datos y, partiendo de ese análisis, realiza inferencias (deducciones) de una población a partir de la información contenida en una muestra.

Los métodos estadísticos tradicionalmente se utilizan para propósitos descriptivos, para organizar y resumir datos numéricos. La estadística descriptiva, por ejemplo, trata de la tabulación de datos, su presentación en forma gráfica o ilustrativa y el cálculo de medidas descriptivas.

Pero fueron los romanos, maestros de la organización política, quienes mejor supieron emplear los recursos de la estadística. Cada cinco años realizaban un censo de la población y sus funcionarios públicos tenían la obligación de anotar nacimientos, defunciones y matrimonios, sin olvidar los recuentos periódicos del ganado y de las riquezas contenidas en las tierras conquistadas. Para el nacimiento de Cristo sucedía uno de estos empadronamientos de la población bajo la autoridad del imperio.

D. Bernoulli, proporciona la primera solución al problema de estimar una cantidad desconocida a partir de un conjunto de mediciones de su valor que, por el error experimental, presentan variabilidad.

A partir de 1950 se puede decir que es el inicio de la época moderna de la estadística.

La estadística para su mejor estudio se divide en tres ramas las cuales son: estadística descriptiva, teoría de la probabilidad y estadística inferencial.

Estadística descriptiva: se encarga solamente de describir y analizar un conjunto determinado de datos, sin obtener conclusiones; para lo cual se auxilia de tablas, gráficos y cuadros para el manejo de datos ordenados o individuales tanto cuantitativos como cualitativos. Su finalidad es obtener información, analizarla, elaborarla y simplificarla lo necesario para que pueda ser interpretada cómoda y rápidamente y, por tanto, pueda utilizarse eficazmente para el fin que se desee.

Probabilidad: se utiliza en el análisis de situaciones en las que interviene el azar como los juegos de dados, cartas, tiro de monedas y casi todos los deportes.

Estadística inferencial: es aquella que nos permite realizar inferencias o deducciones sobre el comportamiento o características de una población a partir de una muestra de los elementos que integran a dicha población.

### Definiciones:

- Media: Es la cantidad total de la variable distribuida a partes iguales entre cada observación. Está representada por la siguiente ecuación:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} = \frac{\text{Sumatoria de valores de observaciones}}{\text{sumatoria de observaciones de la muestra}}$$

- Desviación estándar (s): Es simplemente la raíz cuadrada de la varianza. La varianza y la desviación miden la dispersión promedio alrededor de la media; es decir, como las observaciones mayores fluctúan por encima de ésta y como las observaciones menores se distribuyen por debajo de ésta como medidas de variabilidad más importantes.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$$

- Coeficiente de variación: El coeficiente de variación es una medida de dispersión que permite el análisis de las desviaciones de los datos con respecto a la media y al mismo tiempo las dispersiones que tiene los datos dispersos entre sí. Se representa por la siguiente ecuación:

$$CV = \frac{s}{\bar{X}}$$

### 3.10 Estadística aplicada al método

#### Exactitud <sup>(16)</sup>

La evaluación práctica de la Exactitud (veracidad) se fundamenta en la comparación de la media de los resultados de un método con relación a valores conocidos, es decir, la veracidad se determina contra un valor de referencia.

Se dispone de dos técnicas básicas: Verificación con respecto a los valores de referencia de un material caracterizado y comparación con otro método caracterizado.

Para verificar la Exactitud (veracidad) utilizando un material de referencia, se determina la media y la desviación estándar de una serie de réplicas de una prueba y se compara contra el valor caracterizado del material de referencia. El material de referencia ideal sería un material certificado de matriz natural, muy semejante a la muestra de interés. Claramente la disponibilidad de estos materiales es limitada. Los materiales de referencia para una validación pueden ser:

- Preparados por adición de materiales típicos con materiales de referencia con pureza certificada u otros materiales de pureza y estabilidad adecuada.
- Materiales típicos bien caracterizados, de estabilidad verificada internamente y conservados para control de calidad interno.

Para el cálculo del parámetro de Exactitud utilizando material de Referencia, se deberá tomar en cuenta la siguiente formula.

Donde:

$$R (\%) = \frac{\bar{X}}{X_{ref}} \times 100$$

R (%) = recuperación aparente



$\bar{x}$  = valor medio

$X_{ref}$  = valor de referencia

### Precisión <sup>(17)</sup>

Según la USP, la precisión de un método analítico es el grado de concordancia entre los resultados de las pruebas individuales cuando el método se aplica repetidamente a múltiples muestreos de muestras homogéneas. Esto generalmente se expresa como la desviación estándar o la desviación estándar relativa (coeficiente de variación). La precisión generalmente se investiga en tres niveles de repetitividad, precisión intermedia y reproducibilidad.

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

## 4.0 DISEÑO METODOLOGICO.

### 4.1 Tipo de estudio:

- Descriptivo: se cuantificó la cantidad de calcio y magnesio, contenidas en las sardinas enlatadas, para verificar estos valores con respecto a las tablas del INCAP
- Exploratorio: indaga cómo se encuentran los valores de calcio y magnesio en las muestras. Los datos obtenidos en la investigación podrán ser utilizados en el futuro para poder realizar otros estudios relacionados con el tema.

### 4.2 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica se desarrolló consultando las siguientes bibliotecas en modo virtual:

- En biblioteca de Dr. "Benjamín Orozco" Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador
- En biblioteca Central de la Universidad de El Salvador
- En la Biblioteca de Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer (USAM)
- En la Biblioteca de Universidad Don Bosco
- En la Biblioteca de Universidad Centro Americana José Simeón Cañas (UCA)
- En la Biblioteca de Universidad Nueva San Salvador (UNSSA)
- Internet

### 4.3. Investigación de Campo

- Universo: sardinas enlatadas comercializadas en las dos grandes cadenas de supermercados del área metropolitana de San Salvador.
- Muestra: sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante que se encuentran comercializadas en común, en las dos grandes cadenas de supermercados del área metropolitana de San Salvador.



- Tipo de muestreo: Aleatorio simple, se analizarán 3 latas de cada una de las seis marcas que son distribuidas en común en las dos grandes cadenas de supermercados de zona metropolitana de San Salvador, haciendo un total de 18 latas de sardinas en salsa de tomate.

Parte Experimental. (Ver anexo N°2 y N°3 materiales, equipos y reactivos)

Muestreo:

Se llevó a cabo visitando los dos supermercados con más afluencia de personas en el área metropolitana de San Salvador, para verificar las marcas de sardinas en salsa de tomate que se distribuían, para lo cual se utilizó la siguiente hoja de cotejo.

Cuadro N° 2. Marcas de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante, que son comunes en las dos grandes cadenas de supermercado del área de San Salvador.

MARCA DE SARDINA	SUPER SELECTOS	WALMART	FOTO
Sardimar	✓	✓	
Calvo	✓	✓	

Cuadro N° 2 (Continuación)

Pacífico Azul	✓	✓	
Del Norte	✓	✓	
Verdemar	✓	✓	
La sirena	✓	✓	

### Pretratamiento de la muestra

- Tomar el contenido de una lata de sardina en salsa de tomate y escurrirla para remover la salsa, hacer lavados con agua destilada para quitar el exceso de salsa.
- Utilizar el contenido neto de una lata de sardina previamente lavada con agua destilada para quitar el exceso de salsa de tomate.
- Medir con una probeta de 100 mL agua destilada y colocarla en un Beaker de 250 mL previamente lavado.
- Agregar el contenido de la lata, al beaker que contiene el agua destilada.
- Tapar la muestra con papel parafilm y dejar la muestra reposando 24 horas en refrigeración.
- Luego de transcurrido el tiempo, filtrar con papel Filtro Whatman de grado 42 libre de cenizas, guardar el filtrado para el análisis, repetir este proceso para cada una de las muestras.

Procedimiento para la cuantificación de Calcio Y Magnesio utilizando método complejométrico <sup>(19)</sup>

### Tratamiento de la muestra

#### Determinación de Magnesio

- Medir con pipeta volumétrica 10 ml de muestra tratada previamente y colocarla en un erlenmeyer de 250 ml.
- Agregar solución buffer cloruro de amonio-hidróxido de amonio hasta que la solución tenga un pH 10. Verificar con una tira de papel pH.
- Agite la solución suavemente, manteniéndola tapada para evitar la evaporación del buffer amoniacal.
- Añadir una mínima cantidad de indicador negro de eriocromo T.
- Llenar la bureta con la solución de EDTA, teniendo la precaución de lavar con pequeñas porciones de su solución valorante para ambientar.

- Titular rápidamente la solución problema con solución de EDTA, que tiene la bureta, procurando agitar constantemente durante la titulación, hasta que la solución vire de rojo vino a color azul.
- Anotar los mL gastados.
- Realizar 2 valoraciones más para cada marca.

#### Determinación de Calcio

- Medir con pipeta volumétrica 10 ml de la muestra tratada 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. Verificar con una tira de papel pH.
- Agregar una mínima cantidad de indicador de purpurato de amonio o murexida sólida. Agitar la solución.
- Llenar la bureta con la solución de EDTA, teniendo la precaución de lavar con pequeñas porciones de su solución valorante para ambientar.
- Titular la muestra con la solución de EDTA que está en la bureta, hasta que el color vire de rosado a violeta.
- Realizar 2 valoraciones más cada marca.

Formulas a utilizar para la determinación de calcio y magnesio:

Determinación de Magnesio:

$$V_{\text{mL de EDTA gastados para Mg}} = V_{\text{Parte I}} - \text{Promedio del } V_{\text{Parte II}}$$

$$\text{ppm}_{\text{de Mg}^{2+}} = \frac{V_{\text{mL de EDTA gastados para Mg}} \times M_{\text{EDTA}} \times \text{mmol}_{\text{Mg}^{2+}} \times 10^6}{V_{\text{mL de muestra valorada}}}$$

Determinación de Calcio:

$$\text{ppm}_{\text{de Ca}^{2+}} = \frac{V_{\text{mL de EDTA gastados en parte II}} \times M_{\text{EDTA}} \times \text{mmol}_{\text{Ca}^{2+}} \times 10^6}{V_{\text{mL de muestra valorada}}}$$

Fórmula para calcular la molaridad de EDTA:

$$M = \frac{g}{V(L) \times PM}$$

Dónde:

M = molaridad (mol/L)

g = gramos de EDTA

V = volumen en litros

PM = peso molecular de EDTA

Exactitud y precisión del método

Evaluar en el nivel de 100% (estándar), para el método complejométrico utilizando el estándar de carbonato de calcio para ello se realizó de la siguiente forma.

Procedimiento:

Preparación del estándar de Carbonato de calcio

- Pesar en balanza analítica 0.50 g de carbonato de calcio, previamente desecado.
- Agregar el estándar pesado a un balón volumétrico de 50.0 mL.
- Agregar una porción de agua destilada libre de CO<sub>2</sub> aproximadamente 30 mL.
- Agitar hasta lograr disolver todo el estándar.
- Aforar con agua destilada libre de CO<sub>2</sub> hasta 50.0 mL



Determinación de la concentración de la solución estándar con EDTA 0.1 M por el método complejométrico

- Medir con pipeta volumétrica 10.0 mL de solución estándar de Carbonato de Calcio y colocarla en un erlenmeyer de 250 mL.
- Agregar lentamente solución de hidróxido de sodio 4 N para llevar la solución a pH 12.
- Agregar una mínima cantidad de indicador purpurato de amonio o murexida. Agitar la solución.
- Llenar la bureta previamente ambientada con solución estándar de EDTA 0.1 M.
- Titular la solución estándar con la solución EDTA que está en la bureta hasta que el color de la solución vire de rosado a violeta.
- Realizar 2 valoraciones más.
- Anotar los volúmenes gastados

Formulas:

$$R (\%) = \frac{\bar{x}}{X_{ref}} \times 100$$

R (%) = recuperación aparente

$\bar{x}$  = valor medio

$X_{ref}$  = valor de referencia

Criterio de aceptación: 90-100%

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

## 5.0 RESULTADO Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Elaboración de una guía de observación de las diferentes marcas de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante comercializadas en las dos grandes cadenas de supermercados en la zona metropolitana de San Salvador.

La ayuda de la guía de observación nos permitió identificar las marcas comercializadas en común en los dos supermercados más grandes en la zona metropolitana de San Salvador (Ver Cuadro N°2).

Se identificaron 6 marcas de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante, de las cuales se tomaron 3 latas de cada marca, el muestreo se realizó en el supermercado que presentaba el mejor precio ofertado al público.

5.2 Cuantificación del contenido de Calcio y Magnesio en las muestras de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante por el Método de Valoración Complejométrico.

Tabla N° 2. Resumen de los resultados obtenidos para la valoración de Calcio y Magnesio, en las diferentes marcas de sardinas en salsa de tomate sin picante.

*CODIGO DE MUESTRA	**mg ( $\bar{x}$ ) de Ca <sup>2+</sup>	**mg ( $\bar{x}$ ) de Mg <sup>2+</sup>
CV	99.85	43.37
DN	86.33	26.96
LS	63.78	28.13
PA	80.53	29.69
SM	61.20	23.05
VM	90.19	28.52

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3. Codificación de marcas de sardinas.

MARCA	CÓDIGO DE MUESTRA
CV	Calvo
DN	Del Norte
LS	La Sirena
PA	Pacífico Azul
SM	Sardimar
VM	VerdeMar

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 2 se pueden apreciar los valores promedios por marcas en miligramos de Calcio y Magnesio, por lo que podemos decir que las marcas que presentan mayor cantidad en miligramos de Calcio son Sardinas CV con 99.85 mg y VM con 90.19 mg y la que presenta menor cantidad es SM con 23.015 mg. También se aprecia los valores en miligramos de Magnesio donde como resultado se obtiene que las marcas de sardinas que presentan mayor cantidad de Magnesio son CV 43.37 mg, PA 29.69 mg y SM con 23.05 mg.

#### Estadística descriptiva <sup>(15)</sup>

Para poder comparar y tener una mejor visualización e interpretación de todos los datos obtenidos en cada uno de los análisis realizados, se aplicó la estadística descriptiva haciendo uso de tablas de distribución de frecuencias, que nos permitió agrupar los datos y observar en cada intervalo, la frecuencia en que aparecen los valores en este caso los miligramos de calcio y magnesio, también se determinaron medidas de tendencia central para obtener el valor más representativo y poder observar la variabilidad y como estos valores están dispersos y así verificar la fiabilidad de los resultados.

Para Calcio y Magnesio se elaboró una tabla de distribución de frecuencia para cada mineral, se utilizaron las siguientes fórmulas:

Número de intervalos:  $(15)$

$$K = 1 + 3.322 \log N$$

$$K = 1 + 3.322 \log 54 = 6.75 \approx 7 \text{ valor para datos de calcio y magnesio}$$

Ancho de intervalo de clases:  $(15)$

$$A = \frac{Ls - Li}{1 + 3.322 \log N}$$

$$A = \frac{110.6 - 46.38}{1 + 3.322 \log 54} = 9.7623$$

$A = 9.7623 \approx 9.76$  Valor para datos de Calcio

$$A = \frac{49.23 - 17.58}{1 + 3.322 \log 54} = 4.685$$

$A = 4.685 \approx 4.69$  Valor para datos de Magnesio

Tabla N°4. Distribución de frecuencia para los datos de miligramos de Calcio obtenidos de las muestras de sardina en salsa de tomate sin picante.

INTERVALO DE CLASE (Li-Ls)	FRECUENCIA (f)	PM $(\frac{Ls+Li}{2})$	PM*f	f(PM- $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>
46.38-56.14	5	51.26	256.30	4129.30
56.14-65.90	9	61.02	549.18	3241.40
65.90-75.66	10	70.78	707.80	849.67
75.66-85.42	6	80.54	483.24	1.76
85.42-95.18	11	90.30	993.30	1167.49

Tabla N°4. (Continuación)

95.18-104.94	10	100.06	1000.60	4024.93
104.94-114.70	3	109.82	329.46	2668.09
TOTAL	54	563.78	4319.88	16082.66

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 4 se puede observar la distribución de frecuencias, se calculó la cantidad de intervalos de clase dando como resultado un valor de 7 con un ancho de intervalo de 9.76, calculado según el número de análisis para la determinación de miligramos de calcio.

En el intervalo de 65.90 a 75.66 se encuentran 10 datos al igual que el intervalo de 95.18 a 104.94, el intervalo que mayor cantidad de datos contiene es de 85.42 a 95.18, esto nos indica que el valor más representativo está entre estos valores que representan los miligramos de calcio. Cabe recalcar que los demás elementos en la tabla nos ayudaron a determinar la media aritmética para datos agrupados y la desviación estándar.

Tabla N° 5. Distribución de frecuencia para los datos de miligramos de Magnesio obtenidos de las muestras de sardina en salsa de tomate sin picante.

INTERVALO DE CLASE (Li-Ls)	FRECUENCIA (f)	PM $(\frac{Ls+Li}{2})$	PM*f	$f(PM-\bar{x})^2$
17.58-22.27	7	19.93	139.51	661.35
22.27-26.96	13	24.62	320.06	328.91
26.96-31.65	23	29.31	674.13	2.66
31.65-36.34	0	33.99	0	0.00
36.34-41.03	3	38.69	116.07	245.16

Tabla N°5. (Continuación)

41.03-45.72	7	43.38	303.66	1319.59
45.72-50.41	1	48.07	48.07	339.30
TOTAL	54	237.99	1601.5	2896.97

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 5 se observa la distribución de frecuencias para los miligramos de Magnesio, se calculó la cantidad de intervalos de clase dando como resultado un valor igual a 7 con un ancho de intervalos de 4.69, calculado según el número de análisis realizados, el intervalo con mayor número de datos agrupados es 26.96 a 31.65 con 23 datos contenidos en este intervalo, esto nos indica que el valor más representativo se encuentra en este intervalo.

Media aritmética para datos agrupados:

Para datos de Calcio:

$$\bar{X} = \frac{\sum f.PM}{N} = \bar{X} = \frac{4319.88}{54} = 79.997 \approx 80.0$$

Para datos de Magnesio:

$$\bar{X} = \frac{\sum f.PM}{N} = \bar{X} = \frac{1601.50}{54} = 29.65$$

Para poder realizar una comparación de los resultados obtenidos fue importante obtener la media para datos agrupados ya que esto nos permitió encontrar el valor más representativo para cada intervalo de clase, en este caso se obtuvo un valor de 80.0 para los valores de Calcio y 29.65 para Magnesio quiere decir que así como se muestra en la Tabla N°2 los valores promedios por cada marca de sardina son cercanos a este valor, así podemos inferir que esos datos son representativos para realizar una comparativa con los valores reportados de

Calcio de la tabla del Instituto Nutricional de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

Desviación estándar

Para datos de Calcio:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum f(PM - \bar{x})^2}{N-1}}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{16082.66}{53}} = 17.4197 \approx 17.42$$

Para datos de Magnesio:

$$S_x = \sqrt{\frac{2896.97}{53}} = 7.3932 \approx 7.39$$

El resultado de la desviación estándar para el conjunto de datos de miligramos de Calcio es igual a 17.42, es decir, con una media muestral igual a 80.0 miligramos de calcio, tenemos una tendencia a variar por debajo o por encima de dicha concentración en 17.42 miligramos de calcio, al igual que el Magnesio con una media muestral igual a 29.65 miligramos Magnesio, con una tendencia a variar por debajo o por encima de dicha concentración en 7.39 miligramos de Magnesio, estas variaciones se deben a que las muestras son de diferentes marcas de sardinas.

Coeficiente de variabilidad

Para datos de Calcio:

$$C.V = \frac{S_x}{\bar{x}} \times 100\%$$



$$C.V = \frac{17.42}{80.0} \times 100\% = 21.77 \%$$

Para datos de Magnesio:

$$C.V = \frac{7.39}{29.65} \times 100\% = 24.92\%$$

En los estudios experimentales se hace necesario verificar la validez de los análisis, con el fin de decidir si los datos obtenidos son confiables y consecuentemente aceptar o no la validez de los mismos.

Por esta razón se hace uso del coeficiente de variación con el cual comparamos el resultado obtenido, en donde el Calcio tiene un coeficiente de variabilidad de 21.77% y el Magnesio 24.92%, que nos indica que la media con la cual comparamos la desviación estándar tiene representatividad sobre el conjunto de datos (Ver Tabla N°6), es decir que los análisis realizados son confiables ya que, si se hubiese obtenido un resultado mayor a 30%, se rechazaría la validez del estudio.

Tabla N° 6. Valor C.V según el grado en que la media representa el conjunto <sup>(15)</sup>

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

5.3 Verificación de los resultados experimentales con respecto a los valores reportados en la tabla del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), para Calcio y Magnesio.

Tabla N° 7. Promedios de miligramos de calcio y magnesio, valores calculados para 100g de muestra y valores portados por la tabla del INCAP <sup>(18)</sup>

CODIGO DE MUESTRA	mg ( $\bar{x}$ ) DE Ca <sup>2+</sup>	mg calculado para 100g de Mx Ca <sup>2+</sup>	mg ( $\bar{x}$ ) DE Mg <sup>2+</sup>	mg calculado para 100g de Mx Mg <sup>2+</sup>	Valores reportados por la tabla INCAP por cada 100 g de Mx	
					mg de Ca <sup>2+</sup>	mg de Mg <sup>2+</sup>
CV	99.85	133.13	43.37	57.83	240	34
DN	86.33	115.10	26.96	35.95		
LS	63.78	85.04	28.13	37.51		
PA	80.53	107.37	29.69	39.59		
SM	61.20	81.6	23.05	30.73		
VM	90.19	120.25	28.52	38.03		

El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) contiene 22 grupos de alimentos, y dentro de estos alimentos se encuentran los pescados en conserva como lo son las sardinas enlatadas en salsa de tomate.

Los valores nutricionales que son representados en la tabla del INCAP son por cada 100 gramos de porción comestibles o gramos netos, los componentes que se analizan por cada alimento son 28, tales como macronutrientes, grasas, vitaminas y minerales. <sup>(22)</sup>

Según la tabla del INCAP los valores reportados para carne de pescado, sardina enlatada con tomate para Calcio son de 240 mg y para Magnesio son 34 mg por cada 100 g de alimentos, es importante mencionar que en las tablas del INCAP no se encontró una descripción del método utilizado para la declaración. <sup>(22)</sup>

Los resultados obtenidos fueron analizados con respecto al peso neto escurrido de cada lata de sardina en salsa de tomate que son 75 g, para ello se hizo el cálculo con respecto a 100g de alimento con cada promedio de miligramos de calcio y magnesio para cada marca (Ver Tabla N°2), por lo tanto se puede verificar en la tabla que para el caso del Calcio todos los valores se encuentran por debajo de la cantidad establecida por el INCAP en cambio en el Magnesio se puede observar una variación en los resultados debido a que algunas marcas como Calvo, Del Norte, La Sirena, Pacifico Azul y Verde Mar sobrepasan el valor establecido y solo Sardimar es la única marca que se encuentran por debajo del valor establecido.

5.4 Interpretación los resultados obtenidos con respecto a los valores estadísticos para verificar la validez del método.

Calculo para el análisis N°1.

Datos:

FD= 5

Peso del estándar= 0.5035 g

Molaridad Teórica= 0.1 M

Peso molecular del Calcio= 100.09 g/mol

Concentración de la solución estándar:

Volumen gastado = 9.4 mL X FD

Volumen gastado = 47 mL  $\approx$  0.047 L

$$M = \frac{g}{V(L) \times PM}$$

$$M = \frac{0.5035g}{(0.047L) (100.09 g/mol)}$$

$$M = 0.1070 \text{ mol/L}$$

Recuperación aparente R (%):

X= 0.1070 M

Xref= 0.1 M

$$R (\%) = \frac{\bar{X}}{X_{ref}} \times 100$$

$$R (\%) = \frac{0.1070 \text{ M}}{0.1 \text{ M}} \times 100$$

$$R (\%) = 107.03\%$$

Tabla N° 8. Resultados de la evaluación de la precisión y exactitud.

Número de análisis	concentración de la solución estándar (M)	R (%)
1	0.1070	107.03
2	0.1106	110.56
3	0.1082	108.18
Promedio	0.1086	108.59
Desviación	0.0015	1.47
C.V	1.38	1.35

Fuente: Elaboración propia

Criterios de aceptación. <sup>(16)</sup>

Para la exactitud: 90-110%

Desviación estándar: < 2%

Coefficiente de variación: C.V < 2%

En la tabla N°8. Se observan los resultados al evaluar la precisión y exactitud del método, utilizando el método complejométrico para la determinación de Calcio y Magnesio en sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante, evaluando el 100% de concentración de estándar puro, dando como resultado un porcentaje

de recuperación aparente de 108.59% dato que se encuentra en el criterio de aceptación, en la evolución de la desviación estándar se obtuvo un resultado de 1.47 valor que es inferior  $< 2\%$  según el criterio de aceptación, finalmente en la determinación del coeficiente de variación se obtuvo un valor de 1.35 que es  $< 2\%$ . Con estos resultados y según los criterios de evaluación el método complejométrico que se utilizó para los análisis tiene exactitud y precisión.

**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES**

## 6.0 CONCLUSIONES.

1. Utilizando los resultados obtenidos en la guía de observación se identificó que las seis marcas de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante comercializadas en común en las dos grandes cadenas de supermercados en el área metropolitana de San Salvador son: Calvo, Del Norte, La Sirena, Pacifico Azul, Sardimar y Verdemar.
2. El resultado obtenido de la cuantificación haciendo uso del coeficiente de variación para Calcio fue de 21.77% y para Magnesio de 24.92%, lo que nos indica que la media con la cual comparamos la desviación estándar tiene representatividad sobre el conjunto de datos; es decir, que los análisis realizados son confiables.
3. Para las 6 marcas de sardina enlatada en salsa de tomate sin picante que fueron analizadas cuantificando la cantidad de Calcio y Magnesio, los resultados obtenidos en las determinaciones difieren de los valores reportados por las tablas del INCAP, en este sentido, resulta importante señalar que dichos valores son aproximaciones al contenido real que puede tener cada matriz alimenticia, y esta diferencia no desestima la utilidad de las tablas ya que son una herramienta en diversas tareas que encierra el proceso de la seguridad alimentaria nutricional. Otro factor que pudo haber influido en la variabilidad de los resultados fue el pretratamiento de la muestra, el cual probablemente no permitió extraer la máxima cantidad de minerales contenidos en esta.
4. Al evaluar la exactitud y precisión del método complejométrico con un estándar de referencia, se pudo determinar que el método es exacto y preciso ya que los parámetros evaluados como el porcentaje de

recuperación aparente, desviación estándar y coeficiente de variabilidad están dentro de los criterios de aceptación.



**CAPITULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

## 7.0 RECOMENDACIONES.

1. Debido a las discrepancias entre los resultados obtenidos para la cuantificación de Calcio y Magnesio en sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante con los valores de la Tabla INCAP, a futuros investigadores se recomienda utilizar el método oficial proporcionado por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, 2005) 985.35 para cuantificar el contenido de calcio en alimentos, denominado espectrometría de absorción atómica con llama o encontrar un método adecuado para la cuantificación de Magnesio ya que es el valor que más difiere de los resultados esperados.
2. En futuras investigaciones asegurarse de que se está utilizando un método que permite la máxima extracción de Calcio y Magnesio de la matriz alimentaria si se utiliza el método complejométrico para la cuantificación.
3. Si se utilizan las tablas del INCAP, o el de otras investigaciones similares como referencia del contenido de Calcio y Magnesio en este tipo de alimentos para la comparación de sus valores con datos experimentales de investigaciones, el investigador deberá decidir sobre la conveniencia de los valores de referencia que aplicará, hacer los análisis que se consideren necesarios y utilizar metodologías analíticas recomendadas para este tipo de determinaciones.
4. Para futuras investigaciones se recomienda realizar una validación completa del método complejométrico para la determinación de calcio y magnesio en sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Rodríguez Guerrero, M. A. Conservas de pescado y sus derivados. Juan Sebastián Ramírez Navas. Colombia. Universidad del Valle Tecnología en Alimentos. 2007. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf/conserva-pescado/conserva-pescado.pdf>
2. CODEX ALIMENTARIUS. Norma para las sardinas y productos análogos en conserva CXS 94-1981. Consultado: 18 abril 2022. Disponible en: [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/de/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B94-1981%252FCXS\\_094s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/de/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B94-1981%252FCXS_094s.pdf)
3. Región de Murcia digital. Fundación Integra. Características de la Sardina. Consultado: el 15 abril 2022. Disponible en: [https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2716&r=ReP-20495-DETALLE\\_REPORTAJESPADRE](https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2716&r=ReP-20495-DETALLE_REPORTAJESPADRE)
4. Martínez-Porchas, M, ESTUDIOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA SARDINA DEL PACÍFICO *Sardinops sagax caeruleus* (Clupeiformes: Clupeidae): HISTORIA, ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS Universidad y Ciencia, vol. 28, núm. 3, diciembre, 2012, pp. 285-300 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-29792012000300008&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792012000300008&lng=pt&nrm=iso)
5. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Consultado: 12 abril 2022. Disponible en: <https://www.fao.org/3/I9540Es/i9540es.pdf>

6. Xiamen Caharbor Imp&Exp Co., Ltd. Sardinops Melanostictus. Consultado: 18 abril 2022. Disponible en:  
<http://m.es.fisheryfood.com/frozen-fish/sardine/frozen-sardinops-melanostictus.html>
7. Quintana, G. C. Meléndez, M. F., Rodríguez, J. S., Espejo, D. U., Farfán, J. P., La sardina peruana, *Sardinops sagax*: Análisis histórico de la pesquería (1978-2005) vol.41 no.3. Sep. 2015 Pág. 203–216 Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-38802015000300203#B13](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802015000300203#B13)
8. SiB Colombia red nacional de datos abiertos sobre biodiversidad. Sardina europea. Consultado 21 abril de 2022. Disponible en:  
<https://colombia.inaturalist.org/taxa/118600-Sardina-pilchardus>
9. The South African National Biodiversity Institute (SANBI). Sardine Africana. Consultado: 24 abril 2022. Disponible en:  
<https://www.sanbi.org/animal-of-the-week/south-african-sardine/>
10. CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). 2000. Norma Salvadoreña Recomendada: SARDINAS Y PRODUCTOS ANALOGOS EN CONSERVA NSR 67.00.82:99. Consultado: 27 abril 2022. Disponible en: <https://www.informea.org/es/node/91441>
11. Skoog D. Fundamentos de Química Analítica. México.: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.2015. (9° ed). p. 302-306, 322-344,348-370, 400-436.
12. Yuliana Huapaya, E. C. Influencia de la alimentación en los niveles de calcio y magnesio en personas adultas aparentemente sanas del distrito de villa maría del triunfo. Universidad Norbert Wiener. 2018. [acceso 1 de mayo de 2022] Disponible en:  
<https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/1667>
13. Mejía Contreras, B. V., Vásquez González, C.E. Aplicación de Conceptos Básicos de Valoraciones Potenciométricas Utilizando Hoja de Cálculo

(Excel). [Tesis]. San Salvador. Universidad de El Salvador. 2011. P. 46-58, 65-71

14. Skoog D. Fundamentos de Química Analítica. México.: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.2015. (9° ed). p. 302-306, 322-344,348-370, 400-436.
15. Ramos R, Funes J. Conceptos y Métodos Básicos de Estadística. transparenciafiscal.gob.sv 2013 [citado 10 noviembre 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)
16. Organismo Salvadoreño de Acreditación OSA. Sistema de Gestión de Calidad G 9.6 Validación de Métodos Analíticos Físicoquímicos, Versión 2 Aprobado 2017. Consultado el marzo del 2023. Disponible en:  
<https://www.osa.gob.sv/wp-content/uploads/2015/09/GUIA-VALIDACION-FQ-OSA-V2-vigencia-09-10-17.pdf>
17. USP 35-NF 30 EN ESPAÑOL – Volumen 1. Pdf [Internet]. Es.scribd.com. Consultado el 4 de febrero 2023. disponible en:  
<https://es.scribd.com/document/469364122/USP-35-NF30-1-pdf#>
18. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Tabla composición de alimentos. REIMPRESIÓN INCAP. 2012. Consultado: Mayo 2022. Disponible en:  
<http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCALimentos.pdf>
19. Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. Manual de Laboratorio de Química Analítica. 2021.

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 1**  
**IMAGENES DEL PROCESO EXPERIMENTAL**



Figura N°. 1 Etiqueta nutricional de sardina en salsa de tomate sin picante marca Del Norte.

Fuente: Elaboración propia



Figura N °. 2 Muestras de sardina en pretratamiento, en agua desmineralizada.

Fuente: Elaboración propia



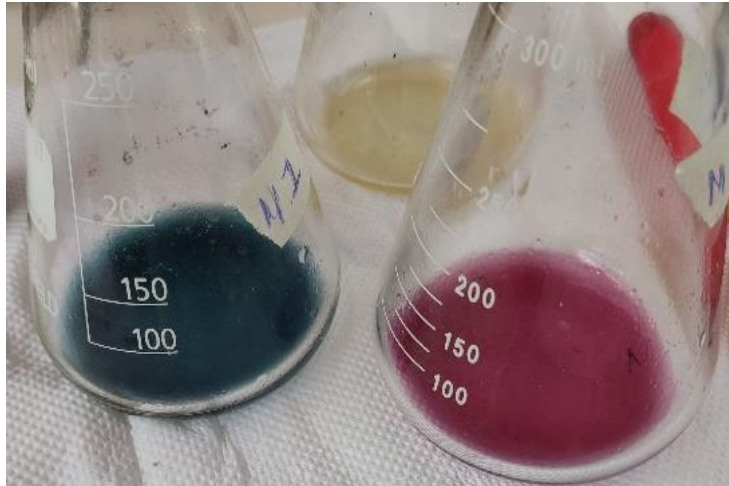


Figura N°. 3 Demostración de viraje de color al realizar una valoración complejométrica con EDTA 0.1 M para Magnesio, usando Negro de Eriocromo T como indicador (a la derecha se observa la muestra inicial y a la izquierda se muestra el punto final).

Fuente: Elaboración propia



Figura N°. 4 Demostración de viraje de color al realizar una valoración complejométrica con EDTA 0.1 M para Calcio, usando Murexida como indicador (a la derecha se observa la muestra inicial a la izquierda se muestra el punto final).

Fuente: Elaboración propia

## EQUIPO, MATERIALES Y REACTIVOS

### Equipo:

- Balanza analítica
- Hot plate
- Estufa

### Materiales:

- Erlenmeyer 250 mL
- Beaker de 250 mL
- Beaker de 100 mL
- Probetas de 25 mL
- Probetas de 100 mL
- Balones volumétricos de 50.0 mL
- Balones volumétricos de 100.0 mL
- Balones volumétricos de 250.0 mL
- Agitador
- Pipeta volumétrica de 10.0 mL
- Bureta de 50 mL
- Soporte para bureta completo
- Espátula
- Desecador

### Reactivos:

- Cloruro de amonio  $\text{NH}_4\text{Cl}$
- Hidróxido de amonio  $\text{NH}_4\text{OH}$
- Ácido etilendiaminotetracético disódico  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8$
- Ácido Clorhídrico concentrado
- Hidróxido de Sodio  $\text{NaOH}$
- Indicador negro de eriocromo T
- Indicador murexida o purpurato de amonio.

**ANEXO N° 3**  
**PREPARACION DE REACTIVOS**

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 solución de hidróxido de sodio 4 N para llevar la solución a pH 12.
- Agregar una mínima cantidad de indicador purpurato de amonio o murexida. Agitar la solución.
- Llenar la bureta 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.
- Realizar 2 valoraciones más.

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

- Disolver 9.306 g de sal disódica del ácido etilendiaminotetracético calculados para preparar 250 mL de solución 0.1M y agregarle 0.01g de cloruro de magnesio hexahidratado, agregar agua destilada, mezclar bien para disolver y aforar a 250 mL.

Cálculos:

gramos de EDTA para la preparación de la solución valorante 0.1 m

$$M = \frac{g}{V(L) \times PM}$$

Donde:

M = molaridad (mol/L)

g = gramos de EDTA

V = volumen en litros

PM = peso molecular de EDTA.

Datos para el cálculo:

PM de EDTA = 372.24 g/mol

Volumen de la solución = 0.25 L

Molaridad = 0.1 mol/L

Despejando gramos de EDTA disódico:

$$g = M \times V(L) \times PM$$

Sustituyendo valores:

$$g = \left(0.1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right) (0.25 \text{ L}) \left(372.24 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)$$

$$g = 9.306 \text{ g de EDTA disódico}$$

#### PREPARACION DE LA SOLUCION ESTANDAR PRIMARIO DE CARBONATO DE CALCIO 0.1 M.

- Pesar 0.50 g de Carbonato de Calcio reactivo analítico puro previamente desecado, colocarlo en un beaker de 30 mL y disolverlo con ácido clorhídrico 3N. Cuando se haya disuelto completamente, diluir a 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>. Esta solución se utiliza para estandarizar la solución de EDTA 0.1 M

Cálculos:

PM de Carbonato de calcio = 100.09 g/mol

Volumen de la solución = 0.05 L

Molaridad = 0.1 mol/L

$$M = \frac{g}{V(L) \times PM}$$

Despejando gramos de Carbonato de calcio:

$$g = M \times V(L) \times PM$$

Sustituyendo valores:

$$g = \left(0.1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right) (0.05 \text{ L}) \left(100.09 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)$$

$$g = 0.5005 \text{ g de Carbonato de calcio}$$

#### SOLUCION AMORTIGUADORA DE CLORURO DE AMONIO $\text{NH}_4\text{Cl}$ - HIDROXIDO DE AMONIO $\text{NH}_4\text{OH}$

- Disolver 67,5 g de cloruro de amonio en agua, agregar 570 mL de hidróxido de amonio y diluir con agua hasta 1000 mL.

#### NEGRO DE ERIOCROMO T SR

- Disolver 200 mg de negro de Eriocromo T y 2 g de clorhidrato de hidroxilamina en metanol para obtener 50 mL.

#### HIDROXIDO DE SODIO 2N

- Disolver 80 g de hidróxido de sodio en aproximadamente 800 mL de agua libre de  $\text{CO}_2$ , enfriar y diluir en agua libre de  $\text{CO}_2$  y aforar hasta 1000 mL. (x)

Cálculos para preparar NaOH 4N:

80 g ----- 2N -----1000 mL

X g ----- 4N ----- 1000 mL

$$X \text{ g} = \frac{(80 \text{ g})(4 \text{ N})(1000 \text{ mL})}{(2 \text{ N})(1000 \text{ mL})} = 160 \text{ g de NaOH}$$

- Disolver 160 g de NaOH en aproximadamente en 800 mL de agua libre de CO<sub>2</sub>, enfriar y diluir en agua libre de CO<sub>2</sub> y aforar hasta 1000 mL
- Cloruro de Amonio NH<sub>4</sub>Cl —Usar grado reactivo ACS.
- Hidróxido de Amonio NH<sub>4</sub>OH —Usar grado reactivo ACS.
- Solución Amortiguadora de Cloruro de Amonio NH<sub>4</sub>Cl - Hidróxido de Amonio NH<sub>4</sub>OH —Disolver 67,5 g de cloruro de amonio en agua, agregar 570 mL de hidróxido de amonio y diluir con agua hasta 1000 mL.
- Negro de Eriocromo T SR—Disolver 200 mg de negro de Eriocromo T y 2 g de clorhidrato de hidroxilamina en metanol para obtener 50 mL.

HIDRÓXIDO DE SODIO 2N

- Disolver 80 g de hidróxido de sodio en aproximadamente 800 mL de agua libre de CO<sub>2</sub>, enfriar y diluir en agua libre de CO<sub>2</sub> y aforar hasta 1000 mL.
- (x)

CÁLCULOS PARA PREPARAR NaOH 4N:

80 g ----- 2N -----1000 mL

X g ----- 4N ----- 1000 mL

$$X \text{ g} = \frac{(80 \text{ g})(4 \text{ N})(1000 \text{ mL})}{(2 \text{ N})(1000 \text{ mL})} = 160 \text{ g de NaOH}$$

- Disolver 160 g de NaOH en aproximadamente en 800 mL de agua libre de CO<sub>2</sub>, enfriar y diluir en agua libre de CO<sub>2</sub> y aforar hasta 1000 mL



**ANEXO N° 4**  
**CALCULOS EXPERIMENTALES DEL METODO COMPLEJOMETRICO PARA**  
**LA DETERMINACION DE CALCIO Y MAGNESIO**

Tabla N° 9. Resultados obtenidos mediante la aplicación del método complejométrico en Sardinias enlatadas en salsa de tomate sin picante para la determinación de Calcio.

MARCAS DE SARDINA	MUESTRA	DETERMINACION	VOLUMEN GASTADO DE TITULANTE (mL)	mg de Calcio
CALVO	CV01	1.1CV	1.80	104.36
		1.2CV	1.70	98.57
		1.3CV	1.80	104.36
	CV02	2.1CV	1.70	98.57
		2.1CV	1.80	104.36
		2.3CV	1.70	98.57
	CV03	3.1CV	1.60	92.77
		3.2CV	1.90	110.16
		3.3CV	1.50	86.97
DEL NORTE	DN01	1.1DN	1.40	81.17
		1.2DN	1.60	92.77
		1.3DN	1.50	86.97
	DN02	2.1DN	1.70	98.57
		2.2DN	1.40	81.17
		2.3DN	1.60	92.77
	DN03	3.1DN	1.40	81.17
		3.2DN	1.60	92.77
		3.3DN	1.20	69.58
LA SIRENA	LS01	1.1LS	1.00	57.98
		1.2LS	0.90	52.18
		1.3LS	1.10	63.78
	LS02	2.1LS	0.90	52.18
		2.2LS	1.20	69.58
		2.3LS	1.10	63.78
	LS03	3.1LS	1.20	69.58
		3.2LS	1.40	81.17
		3.3LS	1.10	63.78

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°9. (Continuación)

MARCAS DE SARDINA	MUESTRA	DETERMINACION	VOLUMEN GASTADO DE TITULANTE (mL)	mg de Calcio
PASIFICO AZUL	PA01	1.1PA	1.50	86.97
		1.2PA	1.20	69.58
		1.3PA	1.40	81.17
	PA02	2.1PA	1.50	63.78
		2.2PA	1.40	69.58
		2.3PA	1.60	63.78
	PA03	3.1PA	1.70	98.57
		3.2PA	1.80	104.36
		3.3PA	1.50	86.97
SARDIMAR	SM01	1.1SM	1.20	69.58
		1.2SM	1.10	63.78
		1.3SM	0.90	52.18
	SM02	2.1SM	1.10	63.78
		2.2SM	1.20	69.58
		2.3SM	1.10	63.78
	SM03	3.1SM	0.80	46.38
		3.2SM	1.20	69.58
		3.3SM	0.90	52.18
VERDE MAR	VM01	1.1VM	1.60	92.77
		1.2VM	1.50	86.97
		1.3VM	1.20	69.58
	VM02	2.1VM	1.60	92.77
		2.2VM	1.70	98.57
		2.3VM	1.90	110.16
	VM03	3.1VM	1.90	110.16
		3.2VM	1.40	81.17
		3.3VM	1.20	69.58

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 10. Resultados obtenidos mediante la aplicación del método complejométrico en Sardinias enlatadas en salsa de tomate sin picante para la determinación de Magnesio.

MARCAS DE SARDINA	MUESTRA	DETERMINACION PARA MAGNESIO	VOLUMEN GASTADO DE TITULANTE (mL)	mg de MAGNESIO
CALVO	CV01	1.1CV	1.20	42.19
		1.2CV	1.30	45.71
		1.3CV	1.20	42.19
	CV02	2.1CV	1.20	42.19
		2.1CV	1.10	38.68
		2.3CV	1.20	42.19
	CV03	3.1CV	1.30	45.71
		3.2CV	1.20	42.19
		3.3CV	1.40	49.23
DEL NORTE	DN01	1.1DN	0.70	24.61
		1.2DN	0.80	28.13
		1.3DN	0.90	31.65
	DN02	2.1DN	0.90	31.65
		2.2DN	0.70	24.61
		2.3DN	0.60	21.10
	DN03	3.1DN	0.70	24.61
		3.2DN	0.90	31.65
		3.3DN	0.70	24.61
LA SIRENA	LS01	1.1LS	0.80	28.13
		1.2LS	0.90	31.65
		1.3LS	0.80	28.13
	LS02	2.1LS	0.70	24.61
		2.2LS	0.90	31.65
		2.3LS	0.80	28.13
	LS03	3.1LS	0.70	24.61
		3.2LS	0.80	28.13
		3.3LS	0.80	28.13

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°10. (Continuación)

MARCAS DE SARDINA	MUESTRA	DETERMINACION PARA MAGNESIO	VOLUMEN GASTADO DE TITULANTE (mL)	mg de MAGNESIO
PASIFICO AZUL	PA01	1.1PA	1.10	38.68
		1.2PA	0.90	31.65
		1.3PA	0.80	28.13
	PA02	2.1PA	0.80	28.13
		2.2PA	0.70	24.61
		2.3PA	0.90	31.65
	PA03	3.1PA	0.70	24.61
		3.2PA	0.80	28.13
		3.3PA	0.90	31.65
SARDIMAR	SM01	1.1SM	0.50	17.58
		1.2SM	0.90	31.65
		1.3SM	0.50	17.58
	SM02	2.1SM	0.90	31.65
		2.2SM	0.50	17.58
		2.3SM	0.60	21.10
	SM03	3.1SM	0.70	24.61
		3.2SM	0.60	21.10
		3.3SM	0.70	24.61
VERDE MAR	VM01	1.1VM	0.70	24.61
		1.2VM	0.90	31.65
		1.3VM	0.60	21.10
	VM02	2.1VM	0.70	24.61
		2.2VM	0.80	28.13
		2.3VM	0.70	24.61
	VM03	3.1VM	1.10	38.68
		3.2VM	0.90	31.65
		3.3VM	0.90	31.65

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo, para la determinación de miligramos de Calcio en las muestras de sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante. Se utilizó el mismo cálculo para el Magnesio.

Para la muestra 1.1CV

Volumen gastado de valorante en la muestra: 1.80 mL

Molaridad del EDTA: 0.1085 mol/L

Milimoles de Calcio:  $24.305 \times 10^{-3}$

Gramos de muestra escurrida: 75 gramos

$$\text{mg}_{\text{de Ca}^{2+}} = \frac{V_{\text{mL de EDTA gastados para Ca}^{2+}} \times M_{\text{EDTA}} \times \text{mmol}_{\text{Ca}^{2+}} \times 10^6}{\text{g de muestra}}$$

Sustituyendo datos en la fórmula:

$$\text{mg}_{\text{de Ca}^{2+}} = \frac{1.8 \times 0.1085 \text{ mol/L} \times 24.305 \text{ E-}3 \times 10^6}{75 \text{ g}} = 104.36 \text{ mg}$$

Cálculos para exactitud y precisión del método complejométrico.

Concentración teórica para el estándar de carbonato de calcio 0.1M

Cálculo de peso teórico:

PM de Carbonato de calcio = 100.09 g/mol

Volumen de la solución = 0.05 L

Molaridad = 0.1 mol/L

$$M = \frac{g}{V(L) \times PM}$$

Despejando gramos de Carbonato de calcio:

$$g = M \times V(L) \times PM$$

Sustituyendo valores:

$$g = \left(0.1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right) (0.05 \text{ L}) \left(100.09 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)$$

$$g = 0.5 \text{ g de Carbonato de calcio}$$

Tabla N° 4. Resultados obtenidos mediante la evaluación de precisión y exactitud, utilizando el método complejométrico para el análisis de calcio y magnesio en sardinas en salsa de tomate sin picante.

Número de análisis	Volumen (mL) gastado	Volumen (mL) multiplicado por FD	concentración de la solución estándar (M)	R (%)
1	9.4	47	0.1070	107.03
2	9.1	45.5	0.1106	110.56
3	9.3	46.5	0.1082	108.18
		Media	0.1086	108.59
		DES	0.0015	1.47
		C.V	1.38	1.35

Fuente: Elaboración propia

Factor de dilución:

$$FD = \frac{50 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 5$$

Cálculo para análisis 1:

$$M = \frac{g}{V(L) \times PM}$$

Donde:

$$g = 0.5035 \text{ g}$$

$$V(L) = 0.047 \text{ L}$$

$$PM = 100.09 \text{ g/mol}$$

$$M = \frac{0.5035 \text{ g}}{(0.047 \text{ L}) \times (100.09 \text{ g/mol})} = 0.1070 \text{ M}$$