

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en tilapias (*Oreochromis spp*) cultivadas en tres lagos de El Salvador.

Por:

Br. Ana María Hernández Orellana

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2022.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en tilapias (*Oreochromis spp*) cultivadas en tres lagos de El Salvador.

Por:

Br. Ana María Hernández Orellana

Requisito para optar al título de:

Licenciada en Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Ciudad Universitaria, Marzo de 2022.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M.Sc. ROGER AMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING.FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

Dr. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO:

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA:

LIC. EMERSON GUSTAVO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

DOCENTES DIRECTORES:

LIC. EMERSON GUSTAVO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

LIC. M.Sc. FREDDY ALEXANDER CARRANZA ESTRADA

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION:

ING. AGR. MSc. JUAN MILTON FLORES TENSOS.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la composición nutricional mediante el análisis bromatológico proximal y cuantificación de minerales en tilapias (*Oreochromis spp*) cultivadas en jaulas, en el lago de Güija, Ilopango y Suchitlán de El Salvador. El estudio tuvo una duración de seis meses, y para su realización se dividió en dos fases: la primera consistió en la obtención de tilapias, seleccionando tres productores locales dentro de cada lago.

Los sitios visitados fueron: lago de Güija: caserío La Barra Antigua; lago de Ilopango: caserío el Sauce y cantón Apulo "Vivero Palo seco"; lago Suchitlán: comunidad Copapayo "Isla del ermitaño" y comunidad La Bomba. Se analizaron un total de 45 tilapias, 15 por cada lago, las cuales se obtuvieron en su fase adulta, con un peso aproximado de 200 a 400 g, los ejemplares se depositaron en bolsas de polietileno debidamente identificadas y se trasladaron en hieleras a 4°C al Laboratorio de Química Agrícola de la facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador para llevar a cabo la segunda fase, que consistió en la realización del análisis bromatológico proximal y cuantificación de minerales de la parte comestible de las tilapias (musculo y piel), en la cual se determinaron los siguientes componentes: humedad, proteína cruda, extracto etéreo, ceniza, fibra cruda, carbohidratos, potasio, fósforo, sodio, calcio, magnesio, hierro y zinc.

Los resultados se compararon con los valores de referencia de tilapia fresca presentados en las tablas de composición de alimentos del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), los datos se analizaron estadísticamente a través de un Diseño Completo al Azar, las diferencias se consideraron significativas a una probabilidad menor o igual a 5% ($p \leq 0.05$).

Los resultados del análisis bromatológico, mostraron que el agua es el componente más abundante en las tilapias, aproximándose al 80.00% de humedad total en los tres lagos. La carne de tilapia se caracteriza por poseer una cantidad importante de proteína cruda, las tilapias analizadas del lago de Ilopango presentaron mayor contenido (19.34 g/100g). Sin embargo las tilapias del lago de Güija y Suchitlán arrojaron contenidos similares (17.94 g/100 g y 18.96 g/100g) respectivamente. El contenido de grasa presente en la carne tilapias en los tres lagos oscilo entre 1.40 g/100g a 1.63 g/100g. El contenido de ceniza en tilapias del lago de Ilopango y Suchitlán presentaron valores iguales (0.93 g/100g) mientras que en el lago de Güija se obtuvo 0.87 g/100g. En cuanto a la determinación de minerales, el potasio es el componente más abundante presente en tilapias, el mayor contenido se obtuvo en las tilapias del lago de Ilopango (268.29 mg/100g), en el lago Suchitlán y Güija presentaron valores similares (258.98 g/100g y 253.24 g/100g).

El análisis estadístico indica que no hay diferencia significativa en el contenido bromatológico y minerales presentes en las tilapias de los tres lagos ($p \geq 0.05$).

Palabras claves: tilapias, lagos, análisis, contenido nutricional, minerales.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the nutritional composition using the proximal bromatological analysis and mineral quantification in tilapia (*Oreochromis spp*) cultivated in cages, in Güija Lake, Ilopango and Suchitlán of El Salvador. The study lasted six months, and was divided into two phases: the first consisted in obtaining the tilapia, selecting three local producers within each lake.

The sites visited were: Güija lake: La Barra Antigua farmhouse; Ilopango Lake: El Sauce village and Apulo canton "Vivero Palo seco"; Suchitlán Lake: Copapayo community "Isla del Ermitaño" and La Bomba community. A total of 45 tilapia were analyzed, 15 from each lake, which were obtained in their adult phase, with an approximated weight of 200 to 400 g, the specimens were deposited in duly identified polyethylene bags and transferred in coolers at 4 grades to the Laboratory of Agricultural Chemistry of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador to carry out the second phase, which consisted of carrying out the proximal bromatological analysis and quantification of minerals of the edible part of tilapia (muscle and skin), in which the following components were determined: moisture, crude protein, ethereal extract, ash, crude fiber, carbohydrates, potassium, phosphorus, sodium, calcium, magnesium, iron and zinc.

The results were compared with the reference values of fresh tilapia presented in the food composition tables of the Institute of Nutrition of Central America and Panama (INCAP 2018), the data were statistically analyzed through a Complete Random Design, the differences were considered significant at a probability less than or equal to 5% ($p \leq 0.05$).

The results of the bromatological analysis, that moisture content is the most abundant component in tilapia, approaching to 80.00% of total humidity in collected samples. The edible part of tilapia is characterized by having a significant amount of crude protein, the tilapia specimens analyzed tilapia from Ilopango Lake have a higher content (19.34 g / 100g). However, the tilapias specimens from Lake Güija and Suchitlán yielded similar contents (17.94 g / 100 g and 18.96 g / 100g) respectively. The fat content present in the tilapia tissue at the three lakes ranges from 1.40 g / 100g to 1.63 g / 100g. The ash content in tilapia from Ilopango Lake and Suchitlán presented equal values (0.93 g / 100g) while in Güija Lake 0.87 g / 100g was obtained. Regarding the determination of minerals, potassium is the most abundant component present in tilapias, the highest content was yielded by the tilapias specimens from Ilopango Lake (268.29 mg / 100g), in Suchitlán Lake and Güija the specimens yielded similar values (258 , 98 g / 100g and 253.24 g / 100g).

The statistical analysis indicates that there is no significant difference in the bromatological and mineral content present in tilapias specimens from the three lakes ($p \geq 0.05$).

Keywords: tilapias, lakes, analysis, nutritional content, minerals.

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios, por darme la sabiduría a lo largo de la carrera y permitirme culminar mis estudios, por guiarme por un buen camino y darme la fortaleza necesaria para salir adelante.

A mis padres, por siempre apoyarme en mis decisiones y estar para mí incondicionalmente.

A los Docentes del Departamento de Química Agrícola de la facultad de Ciencias Agronómicas, por ser un excelente equipo y apoyarme profesional y emocionalmente a lo largo de mí proceso de graduación. “Química agrícola siempre en la lucha”.

A mis asesores, Lic. Emerson Martínez y Lic. MSc. Freddy Carranza, por ser excelentes docentes que me guiaron y me apoyaron tanto profesional como económicamente en esta investigación.

Al Ing. Agr. Vladimir Avilés y Lic. Jacob Pineda por ayudarme en los procesos de laboratorio.

Al Ing. Agr. Juan Ricardo Vargas por su apoyo y ayuda técnica en el trabajo de investigación.

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agronómicas por la formación profesional.

A mi amiga y hermana Kenia Vanessa Rivas Alberto, por darme refugio cuando lo necesite, ser mi cómplice y confidente a lo largo de mi carrera.

A mi jefa y mentora profesional, M.V.Z. Rosalinda Vigil de Martínez, por darme la oportunidad de aprender y ejercer la Medicina Veterinaria y a la vez avanzar en mi proceso de graduación.

A todos mis amigos de las diferentes carreras de la Facultad de Ciencias Agronómicas: Brenda Leiva, Fabiola Gregori, Geovany Castillo, Edgar Reyes, Karen Muños, Fátima Lino, entre otros quienes hicieron el trayecto de mi carrera más divertida y estuvieron para apoyarme en diferentes circunstancias.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar mis estudios, por darles salud y vida a mi padre, madre y abuela, para poder compartir con ellos este logro tan importante.

A mi madre María Julia Orellana y mi padre Mauricio Hernández que son el pilar fundamental en mi vida.

A mi abuela, Marcos por criar a una mujer con carácter, y siempre cuidarme y acompañarme en el camino de mi educación.

A mi hermano mellizo, Jonatán Hernández quien fue mi compañero en la lucha de superación, que por cuestiones del destino la vida nos separó, pero que aun en la distancia me apoya y me motiva. Te extraño hermano.

A mis asesores, Lic. Emerson Martínez y Lic. MSc. Freddy Carranza por darme la oportunidad y confianza de compartir con ellos esta investigación, por ser mis acompañantes en esta aventura llamada tesis.

A todos profesionales y futuros profesionales, que este trabajo les sirva de mucha ayuda en sus propias investigaciones.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	2
2.1. Introducción y dispersión de la acuicultura a nivel mundial y en El Salvador.....	2
2.2. Producción de la acuicultura a nivel mundial.....	2
2.3. Situación actual de la acuicultura en El Salvador.....	3
2.4. Contribución a la Seguridad Alimentaria.....	3
2.5. Política nacional de pesca y acuicultura.....	4
2.6. Sistemas de producción.....	5
2.6.1. Sistema extensivo.....	5
2.6.2. Sistema semi-intensivo.....	5
2.6.3. Sistema intensivo.....	5
2.7. Métodos de cultivo de tilapia.....	6
2.7.1. Cultivo en jaulas.....	6
2.7.2. Cultivo en estanques rústicos.....	7
2.7.3. Cultivo en Tanques.....	8
2.8. Generalidades de la tilapia.....	8
2.9. Características de la tilapia (<i>Oreochromis spp</i>).....	8
2.10. Principales constituyentes químicos de la carne de tilapia (<i>Oreochromis spp</i>).....	9
2.11. Minerales presentes en la carne de tilapia.....	11
2.12. Componentes del análisis bromatológico proximal.....	11
2.12.1. Humedad.....	11
2.12.2. Proteína cruda.....	12
2.12.3. Grasa.....	13
2.12.4. Fibra cruda.....	13
2.12.5. Carbohidratos totales.....	13
2.12.6. Ceniza.....	14
2.13. Análisis del contenido de micronutrientes por espectrofotometría de AA por llama.....	14
2.14. Minerales.....	14
2.14.1. Calcio (Ca).....	15
2.14.2. Fósforo (P).....	15
2.14.3. Sodio (Na).....	15

2.14.4. Hierro (Fe)	15
2.14.5. Potasio (K)	16
2.14.6. Zinc (Zn)	16
2.14.7. Magnesio (Mg)	16
3. MATERIALES Y METODOS	17
3.1. Metodología de campo	17
3.2. Metodología de laboratorio	18
3.3. Preparación de la muestra	19
3.4. Análisis bromatológico proximal	20
3.4.1. Determinación de humedad parcial	20
3.4.2. Determinación de humedad total	21
3.4.3. Determinación de nitrógeno proteico	22
3.4.4. Determinación de extracto etéreo	23
3.4.5. Determinación de ceniza	24
3.4.6. Determinación de fibra cruda	25
3.4.7. Determinación de carbohidratos solubles o extracto libre de nitrógeno (E.L.N)	26
3.5. Análisis de potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro y zinc por Absorción Atómica (AA)	27
3.5.1. Preparación de la solución de cenizas para determinación de minerales	27
3.5.2. Determinación de potasio	28
3.5.3. Determinación de sodio	28
3.5.4. Determinación de calcio	29
3.5.5. Determinación de magnesio	30
3.5.6. Determinación de hierro	30
3.5.7. Determinación de zinc	31
3.5.8. Determinación de fósforo (método colorimétrico)	31
3.6. Metodología estadística	32
3.6.1. Factores en estudio	32
3.6.2. Parámetros a evaluar	32
3.6.3. Análisis estadístico	33
4. RESULTADOS Y DISCUSION	34
4.1. Análisis bromatológico proximal	34
4.1.1. Determinación de Humedad	34
4.1.2. Determinación de Proteína Cruda	36
4.1.3. Determinación de Extracto Etéreo	39

4.1.4. Determinación de ceniza.....	42
4.1.5. Determinación de Fibra Cruda	44
4.1.6. Determinación de Carbohidratos.....	45
4.2. Determinación de minerales	47
4.2.1. Determinación de Potasio	47
4.2.2. Determinación de fósforo	50
4.2.3. Determinación de sodio	52
4.2.4. Determinación de Calcio	55
4.2.5. Determinación de Magnesio	58
4.2.6. Determinación de Hierro	61
4.2.7. Determinación de Zinc	64
5. CONCLUSIONES	68
6. RECOMENDACIONES	70
7. BIBLIOGRAFÍA.....	71
8. ANEXOS.....	78

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la tilapia (<i>Oreochromis sp</i>).....	9
Cuadro 2. Composición de los principales nutrientes en tilapia fresca en 100 g de porción comestible.....	10
Cuadro 3. Composición química de los filetes de varias especies de pescado	10
Cuadro 4. Composición de minerales de la tilapia fresca en 100 g de porción comestible.	11
Cuadro 5. Distribución y manejo de muestras en el laboratorio	19
Cuadro 6. Resultados del porcentaje de humedad total en tilapias de los tres lagos	34
Cuadro 7. Prueba de normalidad para el porcentaje de humedad	35
Cuadro 8. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad.....	36
Cuadro 9. Resultados del contenido de proteína curda, en tilapias de los tres lagos	37
Cuadro 10. Prueba de normalidad para el contenido de proteína cruda	38
Cuadro 11. Análisis de varianza para el contenido de proteína cruda.....	38
Cuadro 12. Comparación de contenido de proteínas reportado en diferentes países	39
Cuadro 13. Aporte de proteína cruda para hombres y mujeres sanos de 25-50 años de edad.....	39
Cuadro 14. Resultados del contenido de extracto etéreo, en tilapias de los tres lagos	40
Cuadro 15. Prueba de normalidad para el contenido de extracto etéreo.....	41
Cuadro 16. Análisis de varianza para el contenido de extracto etéreo	41
Cuadro 17. Aporte de extracto etéreo para hombres y mujeres sanos de 25-50 años de edad.....	42
Cuadro 18. Resultados del contenido de cenizas, en tilapias de los tres lagos	42
Cuadro 19. Prueba de normalidad para el contenido de ceniza	43
Cuadro 20. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de ceniza	43
Cuadro 21. Análisis de varianza para el porcentaje de ceniza	44
Cuadro 22. Resultados del contenido de fibra cruda, en tilapias de los tres.....	45
Cuadro 23. Resultados del contenido de carbohidratos, en tilapias de los tres lagos.....	46

Cuadro 24. Resumen del análisis bromatológico proximal en tilapias (<i>Oreochromis spp</i>) en tres lagos de El Salvador	46
Cuadro 25. Resultados del contenido de potasio, en tilapias de los tres lagos	47
Cuadro 26. Prueba de normalidad para el contenido de potasio.....	48
Cuadro 27. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de potasio.....	49
Cuadro 28. Análisis de varianza para el contenido de potasio.	49
Cuadro 29. Aporte de potasio para hombres y mujeres sanos mayores de 18 años de edad.....	49
Cuadro 30. Resultados del contenido de fósforo, en tilapias de los tres lagos	50
Cuadro 31. Prueba de normalidad para el contenido de fósforo	51
Cuadro 32. Análisis de varianza para el contenido de fósforo.....	51
Cuadro 33. Aporte de fósforo para hombres y mujeres sanos mayor de 25 años de edad.....	52
Cuadro 34. Resultados del contenido de sodio, en tilapias de los tres lagos	53
Cuadro 35. Prueba de normalidad para el contenido de sodio.....	54
Cuadro 36. Análisis de varianza para el contenido de sodio	54
Cuadro 37. Aporte de sodio para hombres y mujeres sanos mayores de 18 años de edad.....	54
Cuadro 38. Resultados del contenido de calcio, en tilapias de los tres lagos.....	55
Cuadro 39. Prueba de normalidad para el contenido de calcio	56
Cuadro 40. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de calcio	56
Cuadro 41. Análisis de varianza para el contenido de calcio.....	57
Cuadro 42. Aporte de calcio para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.....	57
Cuadro 43. Resultados del contenido de magnesio, en tilapias de los tres lagos.....	58
Cuadro 44. Prueba de normalidad para el contenido de magnesio.....	59
Cuadro 45. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de magnesio.....	59
Cuadro 46. Análisis de varianza para el contenido de magnesio	60

Cuadro 47. Aporte de magnesio para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad	60
Cuadro 48. Resultados del contenido de hierro, en tilapias de los tres lagos.....	61
Cuadro 49. Prueba de normalidad para el contenido de hierro	62
Cuadro 50. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de hierro	62
Cuadro 51. Análisis de varianza para el contenido de hierro.....	63
Cuadro 52. Aporte de hierro para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.....	63
Cuadro 53. Resultados del contenido de zinc, en tilapias de los tres lagos.....	64
Cuadro 54. Prueba de normalidad para el contenido de zinc.....	65
Cuadro 55. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de zinc.....	65
Cuadro 56. Análisis de varianza para el contenido de zinc	66
Cuadro 57. Aporte de zinc para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.....	66
Cuadro 58. Resumen de la determinación de minerales en tilapias de tres lagos de El Salvador	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del lago de Güija, Ilopango y Suchitlán de El Salvador.....	18
Figura 2. Muestreo de tilapias criadas en jaulas	18
Figura 3. Procesamiento de muestras. (A) Pesaje y selección de tilapias (B y C) extracción de musculo y piel.....	20
Figura 4. Análisis bromatológico (A) Titulación para determinación de PC. (B) Pesado de muestra para EE. (C) Toma de datos	27
Figura 5. Determinación de minerales por Absorción Atómica.....	32
Figura 6. Comparación del contenido de humedad en tilapias de los tres lagos con el porcentaje reportado por el INCAP.....	35
Figura 7. Comparación del contenido de proteína cruda en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP	37
Figura 8. Comparación del contenido de extracto etéreo en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP	40
Figura 9. Comparación del contenido de ceniza en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP	43
Figura 10. Comparación del contenido de potasio en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP.....	48
Figura 11. Comparación del contenido de fósforo en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP.....	51
Figura 12. Comparación del contenido de sodio en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP.....	53
Figura 13. Comparación del contenido de calcio en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP.....	56
Figura 14. Comparación del contenido de magnesio en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP.....	59
Figura 15. Comparación del contenido de hierro en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP.....	62
Figura 16. Comparación del contenido de zinc en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP.....	65

INDICE DE ANEXOS

Cuadro A- 1. Resultado del porcentaje de humedad en tilapias del lago de Güija	78
Cuadro A- 2. Resultado del porcentaje de humedad en tilapias del lago de Ilopango	78
Cuadro A- 3. Resultado del porcentaje de humedad en tilapias del lago Suchitlán	78
Cuadro A- 4. Resultado del contenido de proteína cruda en tilapias del lago de Güija.....	79
Cuadro A- 5. Resultado del contenido de proteína cruda en tilapias del lago de Ilopango.....	79
Cuadro A- 6. Resultado del contenido de proteína cruda en tilapias del lago Suchitlán.....	79
Cuadro A- 7. Aporte dietético recomendado (RDA) para hombres y mujeres mayores de 25 años de edad, Requerimiento mínimo estimado (EAR) para personas sanas mayores de 18 años de edad.	80
Cuadro A- 8. Resultado del contenido de extracto etéreo en tilapias del lago de Güija.....	81
Cuadro A- 9. Resultado del contenido de extracto etéreo en tilapias del lago de Ilopango.....	81
Cuadro A- 10. Resultado del contenido de extracto etéreo en tilapias del lago Suchitlán.....	81
Cuadro A- 11. Resultado del contenido de ceniza en tilapias del lago de Güija	82
Cuadro A- 12. Resultado del contenido de ceniza en tilapias del lago de Ilopango	82
Cuadro A- 13. Resultado del contenido de ceniza en tilapias del lago Suchitlán.....	82
Cuadro A- 14. Resultado del contenido de fibra cruda en tilapias del lago de Güija.....	83
Cuadro A- 15. Resultado del contenido de fibra cruda en tilapias del lago de Ilopango.....	83
Cuadro A- 16. Resultado del contenido de fibra cruda en tilapias del lago de Suchitlán.....	83
Cuadro A- 17. Resultado del contenido de carbohidratos en tilapias del lago de Güija	84
Cuadro A- 18. Resultado del contenido de carbohidratos en tilapias del lago de Ilopango.....	84
Cuadro A- 19. Resultado del contenido de carbohidratos en tilapias del lago de Suchitlán.....	84

Cuadro A- 20. Resumen de resultados del análisis bromatológico proximal en tilapias (<i>Oreochromis spp</i>) de tres lagos de El Salvador	85
Cuadro A- 21. Resultado del contenido de potasio en tilapias del lago de Güija	86
Cuadro A- 22. Resultado del contenido de potasio en tilapias del lago de Ilopango.....	86
Cuadro A- 23. Resultado del contenido de potasio en tilapias del lago Suchitlán.....	86
Cuadro A- 24. Resultado del contenido de fósforo en tilapias del lago de Güija.....	87
Cuadro A- 25. Resultado del contenido de fósforo en tilapias del lago de Ilopango	87
Cuadro A- 26. Resultado del contenido de fósforo en tilapias del lago Suchitlán	87
Cuadro A- 27. Resultado del contenido de sodio en tilapias del lago de Güija.....	88
Cuadro A- 28. Resultado del contenido de sodio en tilapias del lago de Ilopango.....	88
Cuadro A- 29. Resultado del contenido de sodio en tilapias del lago Suchitlán.....	88
Cuadro A- 30. Resultado del contenido de calcio en tilapias del lago de Güija	89
Cuadro A- 31. Resultado del contenido de calcio en tilapias del lago de Ilopango	89
Cuadro A- 32. Resultado del contenido de calcio en tilapias del lago Suchitlán.....	89
Cuadro A- 33. Resultado del contenido de magnesio en tilapias del lago de Güija	90
Cuadro A- 34. Resultado del contenido de magnesio en tilapias del lago de Ilopango.....	90
Cuadro A- 35. Resultado del contenido de magnesio en tilapias del lago Suchitlán.....	90
Cuadro A- 36. Resultado del contenido de hierro en tilapias del lago de Güija	91
Cuadro A- 37. Resultado del contenido de hierro en tilapias del lago de Ilopango	91
Cuadro A- 38. Resultado del contenido de hierro en tilapias del lago Suchitlán.....	91
Cuadro A- 39. Resultado del contenido de zinc en tilapias del lago de Güija	92
Cuadro A- 40. Resultado del contenido de zinc en tilapias del lago de Ilopango.....	92
Cuadro A- 41. Resultado del contenido de zinc en tilapias del lago Suchitlán.....	92
Cuadro A- 42. Resumen de resultados del análisis de minerales en tilapias (<i>Oreochromis spp</i>) de tres lagos de El Salvador	93

Figura A- 1. Contenido nutricional en tilapias del lago de Guija / contenido nutricional según el INCAP	94
Figura A- 2. Contenido nutricional en tilapias del lago de Ilopango / contenido nutricional según el INCAP	94
Figura A- 3. Contenido nutricional en tilapias del lago Suchitlán / contenido nutricional según el INCAP	95
Figura A- 4. Contenido de minerales en tilapias del lago de Güija / contenido de minerales según el INCAP	95
Figura A- 5. Contenido de minerales en tilapias del lago de Ilopango / contenido de minerales según el INCAP	96
Figura A- 6. Contenido de minerales en tilapias del lago de Suchitlán / contenido de minerales según el INCAP	96

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial es ampliamente conocido que los productos de la pesca y de la acuicultura constituyen recursos alimenticios importantes para la mayoría de las sociedades por su valioso aporte nutricional en la dieta humana y se les considera como uno de los alimentos más completos por la calidad y cantidad de nutrientes que aporta (Rodríguez y Chavarría 2017). La carne de pescado contiene como componentes principales agua, proteínas, grasas, carbohidratos, ceniza y otros nutrientes como minerales y vitaminas (Stansby, citado por Rodríguez y Chavarría 2017).

La carne de tilapia presenta gran cantidad de proteínas, no posee mucha grasa y proporciona minerales esenciales (FAO 2018). Según las tablas del INCAP (2018), el aporte de proteína en una ración promedio de 100 gramos de tilapia es de 20.08 g, esto cubre entre 30.00% y 40.00% de la ingesta diaria adecuada de proteínas para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad (RDA 1989), además posee una digestibilidad superior al 80.00% (Izquierdo *et al.* 2000). La composición química del pescado varía considerablemente de una especie a otra, y aun entre individuos de una misma especie, ya que depende de varios factores, como: la disponibilidad de alimentos, el hábitat (los peces continentales suelen tener un menor contenido de grasa que los peces marinos), la temperatura del agua (las especies que habitan en aguas frías presentan un mayor contenido de grasa) y el ciclo de maduración sexual (los peces almacenan ciertos nutrientes como fuente de energía antes del desove) (Rodríguez 2017).

Muchas investigaciones reportan los efectos beneficiosos del consumo de estos organismos para una buena salud. La información relativa a la composición proximal (valor nutricional) ha ido evolucionando y cobrando cada vez más importancia para el consumidor sensibilizado con mantener una dieta sana y variada, así como abarcar todas sus necesidades nutritivas. El conocimiento del aporte nutricional de la tilapia ha sido motivo de estudios en varios países, lo cual ha permitido determinar el valor alimenticio de estos recursos en Latinoamérica como también en otras latitudes (Rodríguez y Chavarría 2017).

Según Ardón *et al.* (2006), en El Salvador, cada día se incrementa la necesidad de producir más alimentos de buena calidad y con alto valor nutritivo; el cultivo de peces, en especial el de la tilapia, ha cobrado interés durante los últimos años. Sin embargo, la composición de los nutrientes presentes en la carne de tilapia no ha sido evaluada en condiciones de El Salvador.

De allí la necesidad de realizar esta investigación, cuyo objetivo fue determinar y cuantificar el potencial nutricional del músculo y piel de la tilapia (*Oreochromis spp*) producida en jaulas, en los lagos de Güija, Ilopango y Suchitlán, y obtener resultados para poder comparar con los valores establecidos en las tablas de composición de alimentos del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), y a la vez determinar el aporte de los nutrientes según los requerimientos de ingesta diaria adecuada para el ser humano, con la finalidad de brindar información sobre la composición proximal y contenido de minerales de la tilapia, para que las personas puedan conocer los beneficios nutricionales que brinda el consumo de este recurso producido en el país y al mismo tiempo diversificar la ingesta alimentaria de aquella población que se reserva al consumo de este producto.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Introducción y dispersión de la acuicultura a nivel mundial y en El Salvador

Por muchos años, la pesca ha brindado alimento y recursos de vida a la humanidad. El modo tradicional de pesca de captura con redes o anzuelos dio paso a la crianza de peces. En la edad media se realizaba la crianza de peces en lagos y fuentes de los palacios y monasterios pero fue hasta el siglo XIV, en Francia, cuando se iniciaron los procesos de conservación en estanques, para mantener la frescura de la pesca obtenida; y hasta el siglo XX que se efectúa la pesca intensiva, de carácter comercial (Hidalgo 2017).

En el Salvador la acuicultura dio inicio en 1962 mediante la asistencia de en el marco de un programa de diversificación agrícola, construyendo una estación de piscicultura de agua dulce. Las especies de tilapia introducidas en los años (1962, 1972, 1978, 1995, 2002 y 2005) han sido las siguientes: *Oreochromis mossambicus* (tilapia roja o mojarra), *O. niloticus* (tilapia del Nilo), *O. melanopleura*, *O. hornorum* (FAO 2005).

Sin embargo la tilapia se ha introducido en todo el mundo y se cría de manera generalizada en los trópicos y las zonas subtropicales. Aunque en la actualidad este mercado es dominado por Asia, se cría cada vez más en condiciones ambientalmente controladas en climas templados (Monge y Rivera 2012). Esta especie se encuentra naturalmente distribuida en América central, sur del Caribe, sur de Norteamérica, el sudeste asiático, Medio Oriente y África (Monge y Rivera 2012).

2.2. Producción de la acuicultura a nivel mundial

Según el informe de la FAO, “estado mundial de la pesca y acuicultura 2020”, presentado en el 2018, la producción mundial de la acuicultura, alcanzó otro récord histórico de 114,5 millones de toneladas de peso vivo, con un valor total de venta en la explotación de 263,600 millones de USD. La producción total consistió en 82,1 millones de toneladas de animales acuáticos (250,100 millones de USD), 32,4 millones de toneladas de algas acuáticas (13,300 millones de USD) y 26,000 toneladas de conchas marinas ornamentales y perlas (179,000 USD).

La contribución de la acuicultura mundial a la producción pesquera ha aumentado constantemente, y alcanzó el 46.00% en el periodo de 2016-18 frente al 25.70% del año 2000 (FAO 2020).

En el plano regional, la acuicultura representa entre el 16.00% y el 18.00% de la producción total de pescado en África, las Américas y Europa (FAO 2020). Con todo, la acuicultura sigue creciendo a mayor ritmo que otros sectores importantes de la producción de alimentos (FAO 2018).

2.3. Situación actual de la acuicultura en El Salvador

En El Salvador la pesca y la acuicultura son actividades productivas con potencial para el desarrollo del país que contribuyen a la seguridad alimentaria y nutricional, la generación de empleos, ingresos y divisas (FAO y MAG 2016).

Por el momento los dos grandes rubros de la acuicultura son: el camarón marino (*Litopenaeus vannamei*) y la tilapia en sus diferentes especies y variedades (*Oreochromis sp*) (MAG 2015).

Para el área de la acuicultura en el país se reportan 1,212.9 hectáreas, distribuidas en 1,381 estructuras productivas siendo: estanques, jaulas flotantes, canales y reservorios. Pueden identificarse tres núcleos de distribución de los estanques de tierra: Tacachico-Atiocoyo, la zona sur-occidente: Santa Ana, Ahuachapán y Sonsonate, y la zona de Metapán, Chalatenango y Suchitoto; para un total aproximado de 122.71 hectáreas. Las jaulas se ubican en distintos cuerpos de agua continentales encontrando en el lago de Ilopango 236 jaulas, en el lago de Güija 42 jaula, en Ahuachapán 4 jaulas, Chalatenango 6, y Cabañas 11; haciendo un total de 299 jaulas (Tsang *et al*, citado por Galdámez y Sáenz 2017).

En este sentido, es importante destacar que, en El Salvador la acuicultura ha crecido vertiginosamente con el paso del tiempo. Las cifras oficiales reportadas por el Centro de Desarrollo de la Pesca CENDEPESCA indican que entre el año 2000 y 2010 el cultivo de tilapia aumentó de 64 a 4,094 toneladas métricas, lo cual representa un incremento del 6,297%. Aunque las estadísticas reflejan la acelerada tendencia creciente de la tilapia, es posible que en la práctica los datos de producción sean incluso mayores ya que los anteriores índices corresponden básicamente a la producción industrial y de mediana escala, pero no incluyen el grueso de la acuicultura de pequeña escala con perspectiva comercial (FUNDES s.f).

2.4. Contribución a la Seguridad Alimentaria

La definición oficial de la FAO, con respecto a seguridad alimentaria dice: “que existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos, para satisfacer sus necesidades nutricionales y sus preferencias alimentarias, a fin de llevar una vida activa y sana” (PESA 2011).

La nutrición adecuada para un ser humano saludable, debe integrar una serie de componentes alimenticios así como: hidratos de carbono y grasa para cubrir los requerimientos de energía, proteínas para cubrir los requerimientos estructurales el organismo demanda y para satisfacer las necesidades de micronutrientes no energéticos, también son fundamentales las vitaminas y los minerales. El pescado puede contribuir a las necesidades nutricionales y de salud de cualquier persona, en particular de niños en crecimientos y ancianos (Ruano y Hernández 2008).

En el contexto de la población rural pobre, la pesca tradicional de captura, complementa la acuicultura y permite satisfacer las necesidades de subsistencia y aportar una fuente valiosa de ingresos a los pescadores. En muchos casos las especies capturadas constituyen la base de la seguridad alimentaria familiar (FAO 2003).

Históricamente, las estrategias de seguridad alimentaria en la región se han enfocado al uso de los alimentos denominados básicos, que por aspectos culturales son los esenciales en las dietas de la mayor parte de la población centroamericana. Dentro de estos alimentos figuran principalmente maíz, frijol, arroz, derivados de trigo, legumbres locales y fuentes de proteína animal como leche, huevos y carnes. Por lo tanto, en países donde estos alimentos constituyen casi la totalidad de la dieta, la contribución del pescado como fuente de micronutrientes, minerales y ácidos grasos, que no se encuentran en esos alimentos básicos, pueden ser de vital importancia (Ruano y Hernández 2008).

También, salvo para las familias que se dedican a la pesca artesanal, los productos pesqueros han estado fuera del alcance de los grupos pobres de la región, esto debido tanto a razones culturales, como económicas ya que en la gran mayoría de casos, un producto pesquero constituye un plato de alto valor económico, además de no existir una costumbre alimenticia que favorezca el consumo de este tipo de productos (Ruano y Hernández 2008). Según la FAO (2003), el precio de los productos acuáticos que se comercializan internacional o localmente determina la contribución de los mismos a la seguridad alimentaria, ya que ello influye en la producción.

2.5. Política nacional de pesca y acuicultura

La pesca y la acuicultura tienen un impacto social y económico significativo, particularmente para las poblaciones costeras y ribereñas de menores recursos. La política nacional de pesca y acuicultura 2015-2030 menciona que, una de las principales limitantes que enfrenta la pesca y la acuicultura de El Salvador, es el insuficiente conocimiento sobre las posibilidades que ofrecen las aguas oceánicas, para desarrollar pesquerías no tradicionales, con las cuales se puedan generar nuevas oportunidades de aprovechamiento y que simultáneamente ayuden a reducir la presión de captura en las zonas costeras, además no se han diseñado paquetes productivos validados para transferir métodos y técnicas de cultivos eficiente, rentables y sostenibles tanto a los pequeños y medianos productivos activos, como a personas que quieran incursionar en la actividad, existe escasa incorporación de buenas prácticas de producción, control de calidad e inocuidad en la cadenas de valor (MAG y CENDEPESCA 2015).

La pesca y la acuicultura en El Salvador, afronta diversos retos que lleva a reflexionar el rumbo que debería tomar la pesca y la acuicultura, a fin de continuar aportando efectivamente a la generación de empleo e ingresos; a la obtención de producción de buena calidad, que contribuya a la seguridad alimentaria y la nutrición de los consumidores (MAG y CENDEPESCA 2015).

El objetivo general de la política, es mejorar las condiciones de la pesca y la acuicultura, que le permitan consolidarse como un sector sostenible, rentable, proveedor de alimentos de buena calidad, estables fuentes de trabajo, riqueza para el país y que contribuya a la seguridad alimentaria y nutricional (MAG y CENDEPESCA 2015).

2.6. Sistemas de producción

Los sistemas de producción de tilapia varían desde sencillos a muy complejos; los sistemas de manejo sencillo se caracterizan por poco control sobre la calidad del agua, el valor nutricional del alimento y por producciones bajas. Los sistemas de cultivo tradicionales son: extensivo, semi-intensivo, intensivo y súper intensivo (Saavedra 2006).

2.6.1. Sistema extensivo

Este tipo de cultivo requiere escasa inversión, principalmente porque se capturan del medio en que se desarrolla un importante porcentaje de nutrientes, necesarios para su dieta (CENDEPESCA 2008). Se caracteriza por un grado mínimo de modificación del medio ambiente, existiendo muy poco control sobre el mismo y la calidad y la cantidad de los insumos agregados para estimular, suplementar o reponer la cadena alimenticia (Saavedra 2006).

De este modo, las densidades de cultivo son de uno a dos peces/m³, dependiendo del tamaño comercial establecido. Las producciones alcanzadas varían en torno a los dos a tres Ton/ha/año (CENDEPESCA 2008).

2.6.2. Sistema semi-intensivo

Este sistema requiere recambios de agua, cada semana, del 50.00 al 60.00%. Siempre será necesario incorporar sistemas de filtración, para eliminar especies ajenas al cultivo (CENDEPESCA 2008). En los sistemas semi-intensivo, se ha realizado una modificación significativa sobre el ambiente, se tiene control completo sobre el agua, las especies cultivadas y las especies que se cosechan. Se utiliza fertilizante para lograr una máxima producción (Saavedra 2006).

Este es el nivel más común de manejo para productores pequeños y medianos que no tienen recursos económicos para grandes inversiones y que cuentan con capital limitado y/o donde alimentos de calidad no son disponibles. Generalmente es un estanque de tierra que se puede llenar o drenar al gusto del productor (Saavedra 2006).

La densidad del cultivo varía entre 3 a 8 peces/m³ y se generan rangos de producción de 15.00 a 32.00 ton/ha/año, para factores de conversión alimenticia de 1.3 a 1.5 peces (CENDEPESCA 2008).

2.6.3. Sistema intensivo

Para manejar un cultivo intensivo de tilapia, se requieren pilas de concreto que almacenen entre 100 a 500 m² o estanques de 500 a 3000 m² (CENDEPESCA 2008).

Se ha hecho una modificación sustantiva sobre el medio ambiente, con control completo sobre el agua, especies sembradas y cosechadas; se usa una tasa de siembra mayor, ejerciendo mayor control sobre la calidad y cantidad de agua (ya sea a través de aireación de emergencia o con recambios diarios). En este sistema se pueden utilizar estanques de tierra, de concreto o jaulas flotantes (Saavedra 2006).

Las densidades de siembra de los peces rondan los 10 a 15 peces/m³ mientras que la producción puede alcanzar de 30.00 a 45.00 ton/ha/año. La alimentación se basa en productos artificiales que contienen niveles de proteína cercanos al 28.00 y 40.00%. Los factores de conversión alimenticia son de 1.4 a 1.6 (CENDEPESCA 2008).

2.7. Métodos de cultivo de tilapia

La tilapia es un pez de buen sabor, rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques y en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas y tolera bajas concentraciones de oxígeno (Nicovita s.f.)

En El Salvador los principales métodos de cultivo de tilapias son dos: el uso de estanques y el uso de jaulas flotantes en cuerpos de agua.

2.7.1. Cultivo en jaulas

“El cultivo en jaulas podría definirse como el engorde de peces desde fases juveniles hasta tamaños comerciales en un área restringida y delimitada por mallas que permitan el libre flujo de agua” (Guerrero y Ramos 2004).

El cultivo de tilapia se puede realizar en jaulas permitiendo una explotación intensiva de un cuerpo de agua, convirtiéndose en el medio de expansión más importante y simple en la producción de tilapia (Arévalo y Marín 2011).

Este sistema de cultivo es el que mejor resultado ofrece ya que permite utilizar cuerpos de agua existentes con profundidades superiores a los 3 metros con una reposición de agua constante, además se logran rápidos crecimientos del pez debido a su limitado movimiento, un ahorro de energía y esto a su vez en un mayor incremento de peso en un corto tiempo (Urbano 2020).

El cultivo de tilapia en jaulas puede desarrollarse en canales, lagunas, esteros, entre otros. Las características del medio en donde se instalaran las jaulas van a depender de la intensificación del cultivo y el tipo de jaula a utilizar. Se recomienda una distancia mínima de 1 metro entre el fondo de la jaula y el fondo del cuerpo de agua, con el fin de reducir la incidencia de parásitos, disminuir los sólidos en suspensión y evitar las zonas de fondos que son más susceptibles a niveles bajos de oxígeno (Nicovita s.f.).

En cuanto a la densidad de siembra, en este sistema de cultivo se encuentra sujeta a la calidad del agua, tamaño del cuerpo de agua, profundidad, especie, tipo de alevines, sistemas de alimentación, entre otros factores. En lagos, embalses o ríos con buena corriente, la densidad de siembra puede llegar hasta 1000 a 1500 peces por metro cubico, mientras que en cuerpos de agua con movimiento lento o moderado, solo se recomienda de 300 a 1000 animales por metro cubico. Los valores normales de conversión en la producción intensiva de tilapia en jaulas están entre el rango de 1.8 y 2.3 (Nicovita s.f.).

Tipos de jaulas

La mayor parte de los modelos utilizados son jaulas de tipo flotante y consisten en una estructura circular construida con materiales locales (por ejemplo, madera, bambú) o tubos de acero o de plástico, del que está suspendida una red de fibra sintética, y para mejorar la flotación se utiliza espuma de estierno o barriles de petróleo, estas jaulas se agrupan en balsas y están ancladas al fondo del lago/embalse/rio o unidas a la orilla por una pasarela de madera (Beveridge 1986)

Las ventajas del cultivo en jaulas según Urbano (2020) son:

- La inversión inicial es baja debido a que la tecnología es relativamente económica y simple.
- Incrementa la producción comparada con los cultivos convencionales como estanques de tierra.
- Es aplicable a la mayoría de cuerpos de agua con profundidades mayores a 2 metros.
- Permite una manipulación fácil de los peces y siembras a altas densidades
- Se reduce la manipulación y la mortalidad
- El ciclo de reproducción de la tilapia se interrumpe en jaulas, ya que los huevos caen del fondo de las jaulas o no se desarrollan aun si están fertilizados.

Desventajas del cultivo en jaulas según Urbano (2020) son:

- Difícil manejo cuando se presentan oleajes intensivos
- Existe total dependencia de la alimentación artificial
- Requiere de personal calificado para su manejo.

2.7.2. Cultivo en estanques rústicos

Un estanque es un embalse de agua que se puede llenar y vaciar fácilmente, propiciando un medio ambiente favorable al organismo que se cría o cultiva (Guerrero y Ramos 2004).

Este sistema es común y ampliamente practicado en el caso de tilapias. Dado que esta especie sobrevive a espacios restringidos, se han utilizado todos los tamaños de estanques, incluso de menos de 100 m². Los estanques rústicos están excavados en tierra y poseen estructuras especiales para el llenado y drenaje de agua en forma individual. La engorda se efectúa en estanques cuya superficie se recomienda no sea mayor a 0.25 Ha (2,500 m²) de manera que su manejo sea menos costoso (Urbano 2020).

Para el cultivo de tilapia en estanques se debe tener en consideración ciertas características como tamaño, ubicación, drenaje, entre otros. Es importante el tamaño del estanque ya que permite que el cultivo de tilapia se pueda llevar a cabo en diferentes grados de intensidad (Arévalo y Marín 2011).

Entre las ventajas que presentan el cultivo en estanque según Arévalo y Martín (2011) se encuentran:

- Fácil y rápido de cosechar
- Pueden ser llenados y drenados fácilmente
- Se facilitan los tratamientos preventivos y curativos de enfermedades.
- Se puede trabajar con densidades de siembra mayores porque su recambio es superior.

2.7.3. Cultivo en Tanques

Son recipientes o contenedores instalados en tierra que pueden llenarse de agua y disponer de la cantidad necesaria para aplicar las técnicas de cultivo, requieren de sistemas adecuados para la renovación del agua por lo que es fácil realizar las operaciones de cosecha, limpieza y desinfección de los mismos. Para su funcionamiento hay que contar básicamente con sistemas de toma, bombeo y distribución del agua, desagües e instalaciones complementarias (Guerrero y Ramos 2004).

Pueden ser de diversos tipos y materiales de obra, ladrillos, hormigón, bloques, cemento, geomembrana, fibra de vidrio, metal etc. Las formas pueden ser rectangulares o circulares; la instalación puede ser en serie o paralelo según las características de la zona. Está comprobado que los recipientes circulares son los más útiles y en los que mejor se aprovecha el agua que se mueve en trayectorias circulares, sin dejar zonas muertas como ocurre en los rectangulares, la distribución del alimento es más uniforme y se limpia más fácilmente, incluso automáticamente (Guerrero y Ramos 2004).

2.8. Generalidades de la tilapia

El término tilapia proviene de un género con una gran cantidad de especies de peces Africanos y del Medio Oriente. En la actualidad, se han clasificado 77 especies de tilapia, y 100 subespecies; agrupadas en cuatro géneros de acuerdo con sus hábitos reproductivos: *Oreochromis*, *tilapia*, *Sarotherodon* y *Danakilia* (Instituto Nacional de Pesca, citado por Galdámez y Sáenz 2017).

Las especies de mayor interés en la acuicultura son clasificadas actualmente en el género *Oreochromis*, las tilapias que presentan incubación bucal materna de los embriones y peces-larvas (Velásquez 2012).

Las tilapias tienen una serie de ventajas, son peces robustos con pocas exigencias respiratorias, soportan rangos variados de salinidad, tienen un crecimiento acelerado, resistentes a la acción de agentes patógenos y fáciles de transportar. Son excelentes peces para el consumo, con carnes de muy suave textura y una gran reducción ósea (Velásquez 2012).

2.9. Características de la tilapia (*Oreochromis spp*)

La tilapia *Oreochromis spp*, también llamada Mojarra Roja, Mojarra Cardenal, Pargo Rojo de agua dulce y Perca Dorada, se originó en Taiwán a partir de un mutante blanco *O. mozambicus* con *O. Niloticus* siendo un híbrido (Velásquez 2012).

La tilapia es una especie apta para ser cultivada en zonas tropicales y subtropicales, donde la temperatura del agua oscila entre 24 °C a 32 °C. Debido a su naturaleza híbrida, se adapta con gran facilidad a ambientes lénticos, estanques, lagunas, reservorios y en general a medios confinados (Calderón 2018). Su clasificación taxonómica se muestra en el cuadro No.1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la tilapia (*Oreochromis spp*)

División	Chordata
Superclases:	Gnathostomata
Serie:	Piscis
Clase:	Actinoptergii
Orden:	Perciformes
Suborden:	Percoide
Familia:	Cichlidae
Género:	Oreochromis
Especie:	Oreochromis spp

Fuente: Universidad Nacional Agraria la Molina, Congreso Nacional de Acuicultura Lima-Perú.

2.10. Principales constituyentes químicos de la carne de tilapia (*Oreochromis spp*)

Las proteínas están consideradas como el constituyente más importante de cualquier célula viviente y representan el grupo químico más abundante en el cuerpo de los animales, con excepción del agua; en promedio, el pez contiene 75.00% de agua, 16.00% de proteína, 6.00% de lípidos y 3.00% de cenizas. En el siguiente cuadro se pueden observar las diferencias en la composición química de varias especies de peces (Tacon 1989),

Las variaciones en la composición química del pez están estrechamente relacionadas con la alimentación, nado migratorio y cambios sexuales relacionados con el desove. El pez tiene periodos de inanición por factores externos como la escasez de alimento, que los obliga a degradar las proteínas y lípidos almacenados para obtener los niveles de energía necesarios y llevar a cabo sus procesos fisiológicos normales, agotando las reservas tanto de lípidos como de proteínas, originando una reducción de la condición biológica del pez. En adición, muchas especies generalmente no ingieren mucho alimento durante la migración para el desove y por lo tanto no tienen la capacidad de obtener energía a través de los alimentos (Arteaga y Díaz 2018). El cuadro No 2 refleja el contenido de los constituyentes de la tilapia fresca.

Cuadro 2. Composición de los principales nutrientes presentes en tilapia fresca en 100 g de porción comestible

Nombre del alimento	Agua (%)	Proteína (g)	Grasa total (g)	Ceniza (g)	fibra (g)	Carbohidratos (g)
Pescado, tilapia fresca	78.00	20.08	1.70	0.93	0.00	0.00

Fuente: Elaborado con base en INCAP 2018.

Los constituyentes químicos de cada pez varían ampliamente entre las especies e inclusive de menor manera entre sujetos de la misma especie lo que se debe a la edad, lugar de desarrollo y estación (Arteaga y Díaz 2018). En el siguiente cuadro se pueden observar las diferencias en la composición química de varias especies de peces.

Cuadro 3. Composición química de los filetes de varias especies de pescado

Especie	Nombre científico	Agua (%)	Lípidos (%)	Proteínas (%)	Energía (Kcal/100g)
Bacalao	<i>Gadus morhua</i>	79.00-80.00	1.90-3.00	13.80 – 15.90	314.00-388.00
Anguila	<i>Anguilla anguilla</i>	78.00-83.00	0.10-0.90	15.00 – 19.00	295.00-332.00
Salmón	<i>Salmo salar</i>	67.00-77.00	0.30-14.00	21.50	-
Trucha	<i>Salmo trutta</i>	70.00-79.00	1.20-10.80	18.80- 19.10	-
Tilapia	<i>Oreochromis sp</i>	71.00	4.10	18.50	581.00
Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>	81.60	2.10	16.00	-
Bagre	<i>Ageneiosus spp</i>	79.00	3.70	14.80	-

Fuente: Elaborado con base en Arteaga y Díaz 2018

Los peces criados en acuicultura también pueden mostrar variaciones en la composición química, pero en este caso varios factores son controlados y por lo tanto se pueden predecir la composición química. Hasta cierto punto el acuicultor tiene la posibilidad de diseñar la composición del pez, seleccionando las condiciones de cultivo. Se ha reportado que factores como la composición del alimento, ambiente, tamaño del pez y rasgos genéticos, tienen un impacto en la composición y calidad del pescado de acuicultura (FAO 1998).

El contenido de carbohidratos en el músculo de pescado es muy bajo, generalmente es inferior a 0.50%. Esto es típico del músculo estriado, en el cual los carbohidratos se encuentran en forma de glucógeno y como parte de los constituyentes químicos de los nucleótidos. Estos últimos son fuente de ribosoma liberada como una consecuencia de los cambios autolíticos post mortem (FAO 1998).

2.11. Minerales presentes en la carne de tilapia

Respecto a los minerales, la carne de peces se considera como una fuente de calcio, fósforo, hierro y cobre. Los peces de mar tienen principalmente un alto contenido de yodo (Arteaga y Díaz 2018).

Según Velásquez (2012), los principales minerales presentes en la carne de tilapia son: sodio, calcio, hierro, potasio, magnesio, fósforo, aluminio, cobalto, cromo, titanio, magnesio, y otros más. En el cuadro No 4 se indica el contenido de minerales de la carne de tilapia fresca.

Cuadro 4. Composición de minerales de la tilapia fresca en 100 g de porción comestible.

Pescado carne, tilapia cruda.	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Potasio (mg)	Sodio (mg)	Zinc (mg)	Magnesio (mg)	Cobre (mg)	Selenio (mcg)
	10.00	170.00	0.56	302.00	52.00	0.33	27.00	0.08	41.80

Fuente: Elaborado con base en INCAP 2018.

2.12. Componentes del análisis bromatológico proximal

El sistema proximal, también llamado Análisis Proximal de Wendee, es el análisis más utilizado en la caracterización nutricional de alimentos en los laboratorios Agrícolas del mundo. También un excelente procedimiento para realizar control de calidad y determinar si los productos terminados alcanzan los estándares establecidos por los productores y consumidores (Contreras y Santos 2012).

El propósito principal de un análisis bromatológico proximal es determinar, en un alimento, el contenido de humedad, grasa, proteína, fibra cruda, carbohidratos y cenizas. (Contreras y Santos 2012).

2.12.1. Humedad

Ordinariamente casi todos los alimentos contienen agua en cantidades variables. Se dice que la cantidad de agua presente es la humedad, es decir, esta es una medida de la concentración de agua presente en un alimento. El contenido de humedad debe conocerse para poder determinar el valor nutritivo de un alimento (Ramírez 2008).

El agua se encuentra en los alimentos en dos formas: agua libre y agua ligada. El agua libre es la forma predominante, se libera con facilidad por evaporación o por secado. El agua ligada está combinada o unida en alguna forma química a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y adsorbida en la superficie de las partículas coloides (Condemarin *et al.* 2014). No hay método analítico que distinga estas formas de agua (Carbajal *et al.* 2014).

La determinación del contenido de humedad es uno de los ensayos más importantes y usados en el procesamiento y análisis de los alimentos. Dado que, la cantidad de materia seca en un alimento se relaciona inversamente con la cantidad de humedad que contiene, el porcentaje de humedad tiene importancia económica directa tanto para el procesador como para el consumidor (Ramírez 2008). Según Condemarin *et al.* (2014), permite saber cuál es la composición del producto, controlar las materias primas en la industria y facilitar su elaboración, prolongar su conservación impidiendo el desarrollo microorganismos y otras reacciones de deterioro químicas o enzimáticas indeseables, mantener su textura y consistencia, etc.

2.12.2. Proteína cruda

En el cuerpo, miles de sustancias están constituidas por proteínas. Aparte del agua, las proteínas forman la parte principal del tejido magro del cuerpo y en conjunto constituyen alrededor del 17.00% del peso corporal. Los seres humanos obtienen el nitrógeno que requieren consumiendo proteínas en la dieta, las cuales son cruciales para la regulación y conservación del cuerpo (Pineda y Rivera 2016).

Los aminoácidos contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno y algunos incluyen azufre (Contreras y Santos 2012). En la naturaleza existen más de 300 diferentes aminoácidos, de los cuales el ser humano utiliza solo 20. Los de mayor interés son los que forman parte estructural de las proteínas, ya que son moléculas más abundantes y tienen una gran diversidad en sus funciones, puesto que forman parte de enzimas, hormonas, neurotransmisores (Zea *et al.* 2017).

El ser humano necesita un total de veinte aminoácidos, de los cuales, once de ellos el propio organismo los sintetiza y no necesitamos adquirirlos en la dieta, estos son llamados no esenciales o dispensables. Los nueve restantes no se sintetizan y deben ser aportados por la dieta. Los aminoácidos adquiridos obligatoriamente de la dieta son los denominados aminoácidos esenciales (González *et al.* 2007).

Un alimento es de alta o buena calidad cuando contiene proteínas con todos los aminoácidos esenciales, los cuales son: valina, leucina, treonina, lisina, triptófano, histidina, fenilalanina, isoleucina, arginina y metionina (Rodríguez 2017).

Dentro del organismo humano, las proteínas desempeñan algunas funciones importantes, entre las cuales se destacan: formar tejidos de sostén que brinden elasticidad y resistencia a los órganos y tejidos; ejercer una función enzimática, actuando con biocatalizadores de reacciones químicas metabólicas; crear anticuerpos; facilitar el transporte de nutrientes en el organismo y mantener el pH interno y el equilibrio osmótico (Rodríguez 2017).

Por su costo, es este el nutriente más importante en la dieta en una operación comercial; su adecuada evaluación permite controlar la cantidad de los insumos proteicos que están siendo adquiridos del alimento que se está suministrando (Olvera *et al.* 1993).

2.12.3. Grasa

Todas las células humanas, animales y vegetales contienen grasa, que se forman en las células a partir de los hidratos de carbono; para el organismo las grasas son una importante fuente de energía (Pineda y Rivera 2016). Desde un punto de vista nutricional la determinación de extracto etéreo sirve no solo para identificar la grasa presente, sino también a partir de ésta, estimar el contenido calórico del material (Hernández y Martínez 2016).

Los constituyentes grasos de los alimentos consisten en diversas sustancias lípidas. El contenido de grasa algunas veces llamado extracto etéreo (EE) o grasa cruda se puede considerar como compuesto de lípidos libres, ósea aquellos que pueden ser extraídos por disolventes menos polares como éter de petróleo y éter dietílico, mientras que los lípidos combinados necesitan disolventes más polares tales como alcoholes para su extracción (Navarro 2007).

Las extracciones de grasa en los productos alimenticios pueden hacerse con éter etílico anhidro o éter de petróleo. Para el análisis de muestras vegetales se debe hacer referencia al extracto etéreo y no al de grasa, al designar la porción extraída. Esto se debe a que además de grasa, el éter extrae pigmentos vegetales, ceras, entre otros (Navarro 2007).

2.12.4. Fibra cruda

La fibra se puede considerar fundamentalmente como polisacáridos y lignina resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas del hombre. El contenido de la fibra total del alimento se determina usando una combinación de métodos enzimáticos y gravimétricos (Ortiz 2006).

La importancia de determinar la fibra en los alimentos radica en que influye en su digestibilidad y por lo tanto en el grado en el que un alimento puede ser utilizado para consumo humano o animal (Sánchez y Mendieta 2000).

2.12.5. Carbohidratos totales

Los carbohidratos, también llamados glúcidos, se pueden encontrar casi de manera exclusiva en alimentos de origen vegetal. Constituyen uno de los tres principales grupos químicos que forman la materia orgánica junto con las grasas y las proteínas (Pineda y Rivera 2016).

Según Montgomery *et al.* (1999), las funciones que los glúcidos cumplen en el organismo son:

- **Energética:** los carbohidratos aportan 4 Kilocalorías por gramo de peso seco. Esto es, sin considerar el contenido de agua que pueda tener el alimento en el cual se encuentra el carbohidrato. Cubiertas las necesidades energéticas, una pequeña parte se almacena en el hígado y músculos como glucógeno (normalmente no más de 0.50% del peso del individuo), el resto se transforma en grasa y se acumula en el organismo como tejido adiposo.

- **Ahorro de proteínas:** si el aporte de carbohidratos es insuficiente, se utilizarán las proteínas para fines energéticos, relegando su función plástica.
- **Regulación del metabolismo de las grasas:** en caso de ingestión deficiente de carbohidratos, las grasas se metabolizan anormalmente, acumulándose en el organismo cuerpos cetónicos, que son productos intermedios del metabolismo de las grasas.

2.12.6. Ceniza

La fracción ceniza representa los constituyentes inorgánicos del alimento (Sánchez y Mendieta 2000). Pero normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes. La importancia de la determinación de ceniza radica en que indica la calidad de ciertos alimentos (Contreras y Santos 2012).

2.13. Análisis del contenido de micronutrientes por espectrofotometría de absorción atómica por llama

La bromatología es la ciencia enfocada al estudio de los alimentos y uno de los análisis de mayor importancia para determinar las cualidades nutricionales de un alimento es el análisis de minerales, es decir, la determinación de nutrientes de naturaleza inorgánica, ya que los minerales juegan un papel crítico en la nutrición y mantenimiento de la salud humana, siendo considerados como elementos esenciales (Álvarez 2016).

La espectrofotometría de absorción atómica (AA) es una de las técnicas analíticas más utilizadas para la determinación de trazas de elementos inorgánicos como: calcio (Ca), cobre (Cu), hierro (Fe) y plomo (Pb), debido a su alta selectividad, sensibilidad, y la posibilidad de ser ajustada al análisis directo con una mínima preparación de muestra (Lorenzo *et al.* 2010).

2.14. Minerales

Los minerales son indispensables para el buen funcionamiento del organismo humano, que representan cerca de un 4.00% de su peso corporal y se distribuyen en similares proporciones en todos los tejidos. Todos ellos son esenciales, es decir, que el organismo no es capaz de producir ninguno por sí mismo y necesita adquirirlos de los alimentos que conforman la dieta cotidiana para evitar carencias. Algunos de ellos se necesitan en gran cantidad (macrominerales) y otros en cantidades menores (microminerales) (Díaz y Santana 2009).

Macrominerales: Son los que se encuentran en mayor proporción y de los que se necesita ingerir mayor cantidad (calcio, fósforo, sodio, cloro, potasio, magnesio y azufre) (Díaz y Santana 2009).

Microminerales: Son los nutrientes requeridos por el organismo en muy pequeñas cantidades, pero que no por eso dejan de ser esenciales (Páez 2012) entre ellos se encuentran: hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, vanadio y cobalto (Pineda y Rivera 2016).

2.14.1. Calcio (Ca)

Es el mineral más abundante que se encuentra en el cuerpo humano y representa entre el 1.50% al 2.00% del peso corporal total de un adulto. Los dientes y los huesos contienen la mayoría del calcio que se encuentra en el cuerpo (alrededor del 99.00%). El calcio en estos tejidos se concentra en forma de sales de fosfato de calcio. Los tejidos corporales, la sangre y otros fluidos del cuerpo contienen la cantidad restante de calcio (1.00%). El calcio del organismo va aumentando hasta el final de la época de crecimiento (hacia los 30 años), pero posteriormente, el intercambio con el exterior sigue siendo intenso, produciéndose una constante eliminación del mismo, que debe ser repuesto a partir del calcio procedente de los alimentos (Díaz y Santana 2009).

2.14.2. Fósforo (P)

El cuerpo humano de un adulto contiene aproximadamente 700.00 g de fósforo. El 85.00% de esta cantidad se deposita en los huesos en forma de fosfatos. El resto se encuentra en los fluidos del organismo como iones mono y dihidrógeno fosfato y en diversos compuestos fosforilados presentes en células de metabolismo activo (Discher, citado por Pineda y Rivera 2016).

El fosfato desempeña diversas funciones en el organismo. Se encuentran ligados con los hidroxiapatitos complejos que forman la estructura de los huesos. Se considera que este actúa como depósito de reserva de fosfatos, pero este ion es tan abundante en la mayoría de los alimentos que se desconocen enfermedades carenciales (Discher, citado por Pineda y Rivera 2016).

2.14.3. Sodio (Na)

Es el catión con mayor concentración en los fluidos extracelulares, es responsable del mantenimiento hídrico en los tejidos celulares, además es responsable del transporte de ciertos nutrientes al interior de la célula. El consumo adecuado de este mineral es de 1500.00 mg/día para individuos de 19 a 30 años. Su principal fuente es la sal de mesa, aunque se encuentra presente en diferentes alimentos en menores concentraciones (Álvarez 2016).

2.14.4. Hierro (Fe)

El hierro es un oligoelemento que se encuentra en cada célula del cuerpo humano, por lo general unido con una proteína. Es un nutriente de suma importancia para los seres humanos, se debe a que forma parte de las células sanguíneas que transportan el oxígeno a todas las células del organismo. El organismo contiene 4.50 gramos de Hierro (75.00% en hemoglobina) es necesario para la utilización de las vitaminas del complejo B, colabora en el sistema inmunológico e interviene en la función y síntesis de neurotransmisores. Aproximadamente el 30.00% del hierro en el cuerpo permanece almacenado para reemplazar fácilmente el hierro perdido. El hierro es imprescindible en la formación de la hemoglobina y la mioglobina que transportan el oxígeno en la sangre hacia los músculos, también forma parte de diversas proteínas y enzimas del cuerpo (Díaz y Santana 2009).

2.14.5. Potasio (K)

Las funciones del potasio no difieren mucho de las del sodio en el organismo, ya que muchas de estas las realizan en conjunto (Álvarez 2016). El consumo adecuado de potasio es de 2000 mg/día para individuos sanos mayores de 18 años de edad. La concentración de este mineral en los tejidos animales es bastante constante, pero varía inversamente con la cantidad de grasa (RDA 1989).

“El potasio es el principal catión intracelular y se encuentra en el agua celular en una concentración de 145 mEq/litro, más de 30 veces la concentración a la que se encuentra en el plasma y el líquido intersticial (3.8 a 5.0 mEq/litro). Este pequeño porcentaje de potasio extracelular es, sin embargo, de gran importancia fisiológica, contribuyendo a la transmisión de los impulsos nerviosos, al control de la contractilidad del músculo esquelético y al mantenimiento de la presión arterial normal” (RDA 1989).

2.14.6. Zinc (Zn)

Es un oligoelemento que se encuentra en segundo lugar después del hierro, por su concentración en el organismo. El zinc juega un papel importante en el funcionamiento adecuado del sistema inmunológico. Se requiere para la actividad de las enzimas, necesarias en la división y crecimiento celular, al igual que en la cicatrización de heridas, también colabora en la agudeza del olfato y del gusto (Díaz y Santana 2009).

2.14.7. Magnesio (Mg)

El magnesio es un mineral esencial, está involucrado en muchas vías fisiológicas, incluyendo la producción de energía, la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, el transporte de iones, la señalización celular, y también funciones estructurales (Oregon State University, citado por Pineda y Rivera 2016).

Este mineral está involucrado en el metabolismo energético, la regulación de la glucosa, la síntesis proteica, degradación de los ácidos grasos, la contracción muscular y en todas las reacciones hormonales (Baca *et al.* 2015)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en tres lagos de El Salvador, Güija, Ilopango y Suchitlán. El lago de Güija está ubicado en el extremo noroeste del país, en el departamento de San Ana; con una altitud de 430 metros sobre el nivel del mar y una superficie de 42 km² (Chávez y Martínez 2012), además su profundidad máxima en el centro es de 25 m (Madrid 2015). El lago de Ilopango ubicado entre los departamentos de San Salvador, Cuscatlán y La Paz, se sitúa a una altitud de 440 msnm y tiene una superficie de 72 km² y una profundidad que varía entre 240 a 260 m (Mena 2015). El lago de Suchitlán ubicado entre los departamentos de Cabañas, Chalatenango, San Salvador y Cuscatlán, posee una altitud de 230 msnm, una superficie de 135 km² y una profundidad máxima de 56 m.

El ensayo se llevó a cabo de julio a diciembre de 2021. La fase de campo tuvo una duración de un mes, la cual consistió en la toma de muestras de tilapias en los sitios seleccionados, y la fase experimental tuvo una duración de 4 meses; para este estudio se utilizó la parte comestible de las tilapias (musculo y piel), a la cual se le determinaron las variables nutricionales siguientes: contenido de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, ceniza, fibra cruda y carbohidratos así como también el contenido de minerales, potasio, fósforo, sodio, calcio, magnesio, hierro y zinc presentes en el musculo y piel de tilapia (*Oreochromis sp*) cultivadas en jaulas, en los tres lagos mencionados.

3.1. Metodología de campo

La primera fase consistió en realizar una visita previa de reconocimiento para el establecimiento de los puntos de muestreo en cada lago en estudio. Luego se llegó a cada sitio y entre los productores locales se seleccionaron tres. Los puntos muestreados fueron: lago de Güija: caserío La Barra Antigua “La puntilla del Mojón” (se obtuvieron tres muestras); lago de Ilopango: caserío el Sauce (se obtuvieron dos muestras) y cantón Apulo “Vivero Palo seco” (se obtuvo una muestra); lago Suchitlán: comunidad Copapayo “Isla del ermitaño” (se obtuvieron 2 muestras) y comunidad La Bomba (se obtuvo una muestra). Antes de la obtención de cada una de las muestras se establecieron tres criterios: primero, las tilapias debían estar cultivadas en jaulas; segundo, obtener 3 muestras por cada lago y que cada una de las muestras estuviera constituida por 5 ejemplares, haciendo un total de 15 tilapias por cada lago; y tercero, las tilapias tenían que estar en fase adulta, es decir poseer con un peso aproximado de 200 a 400 g. Se realizó un muestreo aleatorio simple y la recolección de las muestras se realizó de manera que coincidiera con los días en que se estaba realizando la cosecha de las tilapias, lo cual fue establecido en las visitas de reconocimiento. La cantidad tomada fue necesaria para la realización de los análisis de laboratorio. Las visitas a cada sitio se realizaron una por semana. Los ejemplares se depositaron en bolsas de polietileno con sello hermético identificadas con un código adecuado al orden y a cada sitio de muestreo (LG01, LG02, LG03, LI01, LI02, LI03, LS01, LS02, LS03) y finalmente se trasladaron en hieleras a 4°C hasta el Laboratorio de Investigación de Química Agrícola.

En la figura No 1, se muestra la ubicación geográfica de los tres lagos muestreados



Fuente: Elaboración propia (software QGIS 3.14.16)

Figura 1. Ubicación geográfica del Lago de Güija, Ilopango y Suchitlán de El Salvador.

En la figura No 2, se observan algunas de las jaulas de tilapia muestreadas dentro de cada uno de los lagos.



Figura 2. Muestreo de tilapias criadas en jaulas.

3.2. Metodología de laboratorio

Los análisis se realizaron a 45 tilapias, las cuales se analizaron en el Laboratorio de investigación de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Se realizó el análisis bromatológico proximal que consistió en la determinación de humedad, proteína cruda, grasas, fibra cruda, cenizas y carbohidratos. Así mismo se determinó la concentración de minerales: calcio, fósforo, hierro, potasio, sodio, zinc y magnesio que son nutrientes presentes en las tilapias y de suma importancia dentro de la dieta humana, estos nutrientes se determinaron a partir de las cenizas.

Cuadro 5. Distribución y manejo de muestras en el laboratorio

Sitio muestreado	Punto	ID de muestra	Unidades por muestra	Numero de análisis	Duplicado
Lago de Güija	La barra 1	LG01	5	13	26
	La barra 2	LG02	5	13	26
	La barra 3	LG03	5	13	26
Lago de Ilopango	Palo seco	LI01	5	13	26
	El sauce 1	LI02	5	13	26
	El sauce 2	LI03	5	13	26
Lago de Suchitlán	El ermitaño1	LS01	5	13	26
	El ermitaño 2	LS02	5	13	26
	La bomba	LS03	5	13	26
Total: 3	9	Total: 9	Total: 45	Total: 117	Total: 234

Cada uno de los análisis se realizó por duplicado. Para el manejo dentro del laboratorio, cada una de las muestras y su duplicado se identificó de la siguiente manera: LG01-1, LG01-2, LG02-1, LG02-2, LG03-1, LG03-2; LI01-1, LI01-2, LI02-1, LI02-2, LI03-1, LI03-2; LS01-1, LS01-2, LS02-1, LS02-2 LS03-1, LS03-2.

3.3. Preparación y procesamiento de las muestras

Una vez trasladadas las tilapias hacia el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, estas se congelaron hasta la realización de los análisis.

Los análisis se iniciaron el siguiente día, para la cual las muestras fueron descongeladas a temperatura ambiente, se lavaron con abundante agua, luego se procedió a pesar cada una de las tilapias por separado para seleccionar aquellas que cumplieran con el peso establecido (200 a 400g).

Para la obtención de la parte comestible (musculo y piel), se procedió al descamado, eliminación de vísceras y resto de tejido no comestible a manera de dejar solo contenido muscular y piel, utilizando bisturí, cuchillos de acero inoxidable y tablas plásticas para cortar, luego se procedió a pesar la parte comestible (musculo y piel) de cada muestra con ayuda de bandejas y balanzas para determinar el peso inicial. Luego pasaron a un proceso de molido con licuadora de acero inoxidable, en el cual se obtuvieron muestras homogéneas. Las muestras se colocaron en bolsas plásticas para posteriormente realizar los análisis.

La figura No 3 muestra algunos de los procesos que se realizaron en el laboratorio de investigación de Química Agrícola para la preparación de las muestras.



Figura 3. Procesamiento de muestras. (A) Pesaje y selección de tilapias (B y C) extracción de musculo y piel.

3.4. Análisis bromatológico proximal

Este análisis fracciona los alimentos en seis componentes, cada uno agrupa varios nutrientes que tienen propiedades comunes. Estos análisis son:

- Humedad (%)
- Cenizas (%)
- Proteína cruda (%)
- Grasa o Extracto Etéreo (%)
- Fibra cruda (%)
- Extracto libre de Nitrógeno o Carbohidratos (%)

3.4.1. Determinación de humedad parcial

Fundamento

Se basa en la pérdida de peso que sufre una muestra cuando se calienta a una temperatura entre 60-70°C por un periodo de 24 horas, en una estufa de aire reforzado o ventilación forzada, luego se coloca en un desecador para llevar la muestra a equilibrio con la humedad ambiente y se pesa cuando se enfría.

Procedimiento

- Fraccionar la muestra en pequeños trozos, y homogenizar haciendo uso de una bolsa plástica.
- Pesar la muestra a la cual se le determinará la humedad parcial, en balanza semi analítica.
- Colocar la muestra en la estufa de ventilación forzada durante 24 horas, previamente calentada a 70°C.
- Sacar la muestra de la estufa, enfriar en desecador durante 30 minutos.
- Pesar y registrar el peso de la muestra después de secar.
- Determinar el porcentaje de humedad mediante la ecuación 1.

Ecuación 1

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Pérdida de peso = (Peso de muestra antes de secar) – (Peso de muestra después de secar).

3.4.2. Determinación de humedad total

Fundamento

La cantidad de agua se elimina por calentamiento de la muestra en una estufa de vacío a temperatura de 105 °C durante 5 horas y presión de 100 mm de Hg.

Procedimiento

- Calentar a 105 °C en una estufa de vacío una caja de aluminio durante un período de 2 horas. Enfriar en desecador durante 30 minutos y pesar en balanza analítica (anotar el peso).
- En la caja de aluminio tarada pesar 5 gramos de muestra previamente homogenizada (anotar el peso).
- Colocar destapada la caja de aluminio con la muestra en la estufa de vacío (previamente calentada a 105 °C) durante 5 horas. Ajustar la presión del vacío a 100 mm de Hg.
- Retirar la caja de la estufa, tapar y poner en desecador para que enfríe durante 30 minutos.
- Pesar y registrar los pesos. Determinar el porcentaje de humedad total mediante la ecuación 2.

Ecuación 2

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Pérdida de peso = (Peso de caja con muestra antes de secar) – (Peso de caja con muestra después de secar).

Peso de muestra = (Peso de caja con muestra – Peso de caja vacía)

3.4.3. Determinación de nitrógeno proteico

Método micro kjeldahl

Fundamento

Este método se divide en tres etapas:

- a) **Digestión:** Destrucción de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico concentrado y caliente. Este actúa sobre la materia orgánica deshidratándola y carbonizándola. El carbón es oxidado y el nitrógeno reducido a amoníaco en presencia de reactivos específicos que actúan como catalizadores. El amoníaco desprendido queda fijado en el ácido sulfúrico como sulfato de amonio, que es estable en las condiciones de trabajo.
- b) **Destilación:** Liberación del amoníaco formado, recogiénose en un volumen conocido de ácido bórico formándose borato de amonio.
- c) **Titulación:** El borato de amonio se titula con ácido clorhídrico 0.1 N empleando como indicador una mezcla de verde de bromocresol y rojo de metilo.

Procedimiento

a) Digestión

- Pesar entre 0.1 y 0.2 g de muestra y colocarla en un tubo tecator para micro kjeldahl de 250 mL.
- Agregar al tubo, que contiene la muestra pesada: 6.0 mL de ácido sulfúrico concentrado, 3.0 g de la mezcla de catalizador (sulfato de potasio y sulfato de cobre).
- Agitar suavemente durante 5 minutos esta mezcla y colocar los tubos en el equipo de digestión Kjeldhal, al mismo tiempo conectar el sistema de extracción de vapores y condensación de gases. Retirar los tubos cuando la solución se torne de color azul o verde (dependiendo del indicador).

b) Destilación

- Dejar enfriar los tubos y agregar aproximadamente 80 mL agua destilada, esperar a que enfríen nuevamente.
- Colocar el tubo en el equipo de destilación.
- En un erlenmeyer de 250 mL colocar 25 mL de la solución de ácido bórico al 4%, más indicadores (verde de bromocresol y rojo de metilo), y colocarlo en el aparato de destilación (solución de color rojo).
- Agregar 60 mL de solución de hidróxido de sodio al 35 %.
- Recibir el destilado en el erlenmeyer de 250 mL el que debe estar en el aparato después de 5 minutos de trabajo del mismo (hasta que complete la destilación se observará un cambio de color del indicador de rojo a verde. Deje enfriar el tubo por 10 a 15 minutos y luego retirarlo).

c) Titulación

- Titular el destilado obtenido con solución de ácido clorhídrico 0.1 N hasta cambio de color del indicador que va de verde a rojo. Y determinar la cantidad de proteína en la muestra mediante las ecuaciones 3 y 4.

Ecuación 3

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{Volumen de HCL en mL}) \times \text{N de HCL} \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

0.014 = Miliequivalente del nitrógeno.

Ecuación 4

$$\% \text{ de proteína cruda} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6.25$$

El factor de 6.25 se aplica a la mayoría de proteínas animales y vegetales ya que se asume que en su composición poseen entre 16% a 19% de N, cuando se trate de otro tipo de muestra, se debe buscar el factor correspondiente (Hernández y Martínez 2016).

3.4.4. Determinación de extracto etéreo

Fundamento

El éter se evapora y se condensa continuamente, durante 8 horas, al pasar a la muestra extrae materiales solubles.

El extracto se recoge en un balón de fondo plano y cuando el proceso se completa, el éter se destila y se recolecta en otro recipiente y la grasa cruda que queda en el balón se seca y se pesa.

Procedimiento

- Pesar en papel filtro corriente más o menos 2.0 gramos de muestra a la que se le ha determinado la humedad a 105 °C (Humedad Total) colocar en un dedal de extracción limpio y seco el papel filtro conteniendo la muestra. Anotar el peso como "peso seco".
- Cubrir la muestra con un papel filtro de casi igual diámetro al interior del dedal o utilice algodón. Esto permite que el éter se distribuya de forma uniforme sobre la muestra.
- Colocar el dedal con la muestra en el recipiente para muestras (corneta), y fijarlo bajo el condensador del equipo de extracción.
- Lavar y secar un balón de fondo plano en estufa a 105 °C por 2 horas, enfriar y pesarlo.
- Agregar 200 mL de éter etílico al balón de fondo plano y colocarlo sobre el condensador.
- Abrir la llave del agua que enfría el condensador.
- Observar si hay escapes de éter después de que este comienza a ebulir y condensarse. Cuando el nivel del éter en el balón de grasa baje y suba constantemente, el aparato puede dejarse solo y realizar observaciones periódicas.
- El periodo de extracción es de 8 horas.

- Después de que la extracción se complete, bajar los condensadores y permitir que el dedal drene completamente.
- Remover las muestras y colocarlas en el beaker para recoger el éter.
- Colocar nuevamente los balones con grasa y destile el éter.
- Remover los balones poco antes de que el éter se evapore hasta sequedad.
- Vaciar el éter destilado en un recipiente especial para conservar el éter usado.
- Completar la evaporación del éter que queda en los balones de grasa, dejándole sobre la mesa de trabajo por un tiempo.
- Colocar los balones con grasa en una estufa a 100 °C por 1 hora, después enfriarlos en el desecador a temperatura ambiente y pesarlos (anote el peso).
- Determinar el porcentaje de extracto etéreo mediante la ecuación 5.

Ecuación 5

$$\% \text{ Extracto Etéreo} = \frac{\text{Peso de Extracto Etéreo}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Peso de muestra = (Peso papel filtro con muestra) - (Peso papel filtro vacío)

Peso de E.E. = (Peso de balón con extracto etéreo) - (Peso de balón vacío)

3.4.5. Determinación de ceniza

Fundamento

La destrucción de la materia orgánica por incineración de cada muestra se lleva a cabo en un horno de mufla a temperatura de 550 °C por un período de 2 horas, quedando sólo el material inorgánico llamado ceniza que no se destruye a esta temperatura.

Procedimiento

- Colocar el crisol limpio bien identificado en un horno de mufla, calentar a 550 °C por una hora.
- Sacar el crisol del horno mufla, colocar en un desecador y enfriar durante 30 minutos.
- Pesar el crisol vacío en una balanza analítica, anotar el peso.
- Pesar en una balanza analítica aproximadamente 5 gramos de muestra, a la que ya se le ha determinado la humedad total, en el crisol de porcelana tarado. *(Se obtendrán resultados en base seca).
- Colocar el crisol en el horno de mufla y mantener a temperatura de 550 °C durante 2 horas.
- Retirar el crisol del horno mufla, colocar en el desecador durante 30 minutos y pesar (anotar peso).
- Determinar el porcentaje de cenizas, mediante la ecuación 6.
- Guardar la muestra de ceniza para la solubilización y determinación de minerales, en caso de ser necesario.

Ecuación 6

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

3.4.6. Determinación de fibra cruda

Método ANKOM

Fundamento

La Fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde al residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas.

Procedimiento

- Realizar el análisis por duplicado.
- Marcar con lápiz la numeración correspondiente a las bolsas para análisis de fibra (ANKOM F57).
- Pesar la bolsa en balanza analítica y registrar el peso.
- Pesar aproximadamente 1 g de la muestra desengrasada directamente en la bolsa.
- Sellar la bolsa dejando aproximadamente 0.5 cm a partir del borde con ayuda del sellador de bolsas.
- Colocar las bolsas con muestra en el suspendedor de bolsas (colocar 3 bolsas por canasta), del equipo de digestión e introducir dicho suspendedor en el equipo, poniendo la pesa sobre la última canasta para mantener el suspendedor sumergido.
- Añadir 2000 ml de la solución de ácido sulfúrico 0.255 ±.005 N a la cámara del digestor y cerrar la tapa del equipo.
- Encender los botones de agitación y calentamiento del equipo y dejar por 46 min en extracción. La temperatura será controlada automáticamente a 100°C.
- Después de 45 min. Apagar el botón de calentamiento.
- Abrir la válvula de escape y drenar la cámara de digestión antes de abrir la tapa del equipo.
- Abrir la tapa del equipo.
- Añadir 2000 mL de agua destilada caliente (90-100° C) cierre la tapa sin apretar y enjuagar durante 5 a 10 min.
- Drenar el agua de enjuague y repetir el paso anterior 2 veces más.
- Añadir 2000 ml de solución de Hidróxido de sodio 0.313 ± 005 N a la cámara del digestor y cerrar la tapa del equipo.
- Encender el botón de calentamiento del equipo y dejar por 46 min en extracción. La temperatura será controlada automáticamente a 100°C.
- Después de 45 min. Apagar el botón de calentamiento.
- Abrir la válvula de escape y drenar la cámara de digestión antes de abrir la tapa del equipo.
- Abrir la tapa del equipo.
- Añadir 2000 mL de agua destilada caliente (90-100° C) cierre la tapa sin apretar y enjuagar durante 5 a 10 min.
- Drenar el agua de enjuague y repetir el paso anterior 2 veces más.

- Retirar las bolsas con muestra del equipo y presionarlas suavemente para eliminar el exceso de agua.
- Apagar el equipo.
- Colocar las bolsas en un frasco resistente a la acetona y cubrir completamente con dicho solvente.
- Cerrar el frasco y poner en agitación constante de 5 a 10 min.
- Retirar las bolsas del frasco con acetona y escurrir presionando suavemente para eliminar el exceso de solvente
- Acomodar en una charola y dejar en campana de extracción hasta que el olor a acetona desaparezca.
- Llevar la charola con bolsas a estufa a 100° C hasta peso constante.
- Sacar las bolsas de la estufa y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Pesar en balanza analítica anotando el peso
- Determinar el porcentaje de fibra cruda mediante la ecuación 7.

Ecuación 7

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{\text{Peso de muestra después de digestión} - \text{Peso de bolsa}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

3.4.7. Determinación de carbohidratos solubles o extracto libre de nitrógeno (E.L.N)

Esta fracción es calculada con base en las otras determinaciones:

Ecuación 8

$$\% \text{ E.L.N o carbohidratos} = 100 - (\% \text{CZ} + \% \text{PC} + \% \text{EE} + \% \text{FC})$$

CZ: Cenizas

PC: Proteína Cruda

EE: Extracto Etéreo

FC: Fibra Cruda

En la figura No 4 se reflejan algunos de los procedimientos realizados en la determinación del análisis bromatológico proximal.



Figura 4. Análisis bromatológico (A) Titulación para determinación de PC. (B) Pesado de muestra para EE. (C) Toma de datos.

3.5. Análisis de potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro y zinc por Absorción Atómica (AA)

Fundamento

Al suministrar una determinada cantidad de energía a un átomo cualquiera en estado fundamental (E_0), esta es absorbida por el átomo de tal forma que se incrementará el radio de giro de sus electrones de la capa externa llevando al átomo a un nuevo estado energético (E_1) que llamamos excitado. Cuando este vuelve a su estado fundamental cede una cantidad de energía cuantitativamente idéntica a su energía de excitación, emitiendo radiaciones a longitudes de onda determinada. Cuando los átomos en estado fundamental se encuentran con las radiaciones que ellos mismos son capaces de emitir, se produce una absorción de las mismas, pasando los átomos del estado fundamental al excitado. El fenómeno de absorción de radiaciones a determinadas longitudes de onda en el caso particular en que el medio absorbente sean los átomos en estado fundamental, se conoce como espectroscopia de absorción atómica (Shimadzu s.f.).

3.5.1. Preparación de la solución de cenizas para determinación de minerales

Fundamento

La ceniza se trata con ácido clorhídrico concentrado y agua destilada. Se agita y calienta cerca del punto de ebullición. Después se filtra a través de un papel filtro libre de cenizas quedando en el filtrado los minerales; y en el papel filtro sílice.

Procedimiento

- Realizar el análisis por duplicado.
- Utilizar agua calidad AA (bidestilada / osmotizada)
- Humedecer la ceniza con agua bidestilada, mediante el uso de una pizeta.
- Adicionar 5.0 mL de ácido clorhídrico calidad AA (mediante el uso de pipeteador múltiple ó bureta).
- Agregar al crisol conteniendo la ceniza 10.0 mL de agua bidestilada (con pipeteador automático).
- Poner el crisol en hot-plate a 90 - 100 °C y evaporar el líquido hasta aproximadamente la mitad, teniendo cuidado de no tener salpicaduras.

- Transcurrido el tiempo, retirar del hot-plate, y enfriar la solución a temperatura ambiente.
- Filtrar la solución, utilizando papel filtro Whatman N° 42, y recibir en balón volumétrico de 100.0 mL.
- Realizar de 2 a 3 lavados en el crisol para arrastrar el contenido.
- Aforar el balón volumétrico con agua bidestilada, rotular y conservar la solución para la determinación de minerales.
- NOTA: Realizar simultáneamente un blanco, de la misma manera.

3.5.2. Determinación de potasio

Procedimiento

Preparación del blanco

- Agregar en un balón volumétrico de 100.0 ml, 5.0 ml de ácido clorhídrico concentrado llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación Soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de potasio [1000 ppm K] preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.1, 0.25, 0.5, y 1.0 ppm, llevar a volumen utilizando agua bidestilada.

Muestra

- Pipetear 25.0 mL del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100.0 mL, llevar a volumen con agua bidestilada. La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración de K en la muestra sea pequeña.
- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.

En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.

3.5.3. Determinación de sodio

Procedimiento

Preparación del blanco

- Agregar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico concentrado llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación Soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de sodio [1000 ppm Na] preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.05, 0.1, 0.5, y 1.0 ppm, llevar a volumen utilizando agua bidestilada.

Muestra

- Pipetear 25.0 mL del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100.0 mL, llevar a volumen con agua bidestilada. La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración de Na en la muestra sea pequeña.
- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.

En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.

3.5.4. Determinación de calcio

Procedimiento.

Preparación del blanco

- Agregar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico diluido y 6.0 mL de solución de lantano (50g/L), llevar a volumen con agua destilada y homogenizar.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

Preparación de soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de calcio (1000 ppm Ca) preparar una solución stock de 100 ppm para preparar la curva de calibración.
- A partir de la solución stock, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.3, 1.0, 3.0 y 6.0 ppm Ca, llevar a volumen utilizando agua bidestilada.

Muestra

- Pipetear 25.0 mL del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100.0 mL, adicionar 6.0 mL de solución de Lantano (50 g/L). Llevar a volumen con agua destilada.
- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.
- En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.

3.5.5. Determinación de magnesio

Procedimiento

Preparación del blanco

- Agregar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico concentrado y 6.0 mL de solución de lantano (50 g/L), llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación de soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de magnesio [1000 ppm Mg] preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.1, 0.25, 0.5 y 1.0 ppm de Mg, llevar a volumen utilizando agua bidestilada.

Muestra

- Pipetear 25.0 mL del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100.0 mL, adicionar 6.0 mL de solución de Lantano (50 g/L). Llevar a volumen con agua bidestilada.
- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.
- En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.

3.5.6. Determinación de hierro

Procedimiento

Preparación del blanco

- Agregar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico concentrado, llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación Soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de hierro [1000 ppm Fe] preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar 0.3, 1.0, 3.0 y 6.0 ppm de Fe, llevar a volumen utilizando agua bidestilada.

Muestra

- Pipetear 25.0 mL del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100.0 mL, llevar a volumen con agua bidestilada. La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración de Fe en la muestra sea pequeña.
- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.

3.5.7. Determinación de zinc

Procedimiento

Preparación del blanco

- Agregar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico concentrado llevar a volumen con agua bidestilada y homogenizar.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación Soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de zinc [1000 ppm Zn] preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.05, 0.1, 0.5 y 1.0 ppm, llevar a volumen utilizando agua bidestilada.

Muestra

- Pipetear 25.0 mL del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100.0 mL, llevar a volumen con agua bidestilada. La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración de Zn en la muestra sea pequeña.
- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.

3.5.8. Determinación de fósforo (método colorimétrico)

Fundamento

El método de análisis para determinar fósforo consiste en una extracción del elemento con una solución doble ácido, solución de Mehlich o Solución Carolina del Norte. Una vez extraídos los elementos; el fósforo se determina con el método colorimétrico del Vanadato-Molibdato de Amonio. La coloración amarilla que se desarrolla en esta metodología se debe a la formación del sistema Vanadomolibdofosfórico, al sustituirse los átomos de oxígeno del radical PO_4^{3-} por los radicales oxivanadio y oximolibdeno, para dar un heteropolícompuesto adaptable a muchos medios acidificados.

Procedimiento

Preparación del blanco

- Agregar en un tubo de ensayo, 5.0 mL de ácido clorhídrico concentrado y 2.0 mL de solución de Molibdato-Vanadato, homogeneizar y dejar reposar 30 minutos.
- Colocar esta solución en el Espectrofotómetro Visible y leer. El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación de solución estándar

- A partir de una solución madre de 1000 ppm preparar una solución stock de 100 ppm
- De la solución stock de 100 ppm, preparar los siguientes estándares: 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm y 20 ppm.

Muestra

- Pipetear 5.0 mL de la solución madre de ceniza y transferirlos a un tubo de ensayo.
- Añadir 2.0 mL de solución Molibdato-Vanadato, agitar y dejar en reposo durante 30 min.
- Transcurrido el tiempo, leer en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm.
- Llevar un blanco para ajustar el cero de absorbancia en el equipo.

En la figura 5 se pueden ver algunos procesos realizados en la preparación del blanco, preparación de soluciones estándares y lectura de las muestras para la cuantificación de minerales.

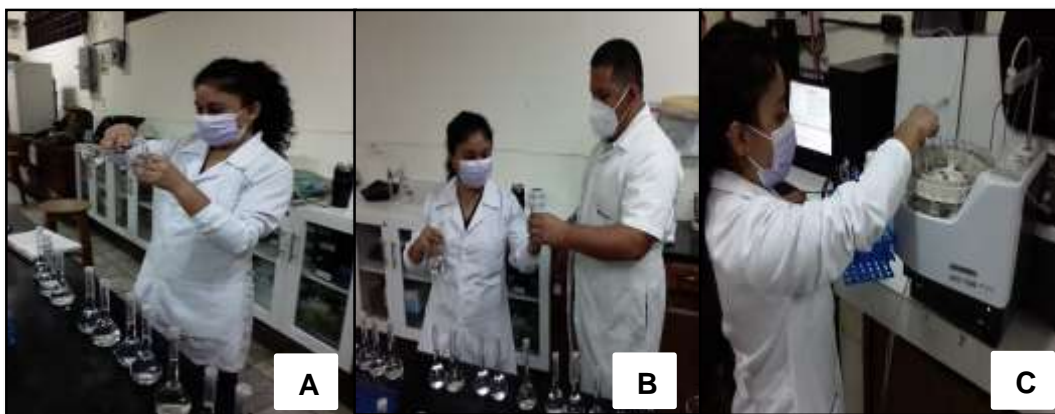


Figura 5. Determinación de minerales por Absorción Atómica

3.6. Metodología estadística

A continuación se describen los factores en estudio y los parámetros que se evaluaron en el análisis estadístico de los resultados obtenidos.

3.6.1. Factores en estudio

Tilapias de los lagos:

- Lago de Güija
- Lago de Ilopango
- Lago Suchitlán

3.6.2. Parámetros a evaluar

Análisis bromatológico:

- Humedad (%)
- Proteína cruda (%)
- Extracto etéreo (%)
- Ceniza (%)
- Fibra cruda (%)
- Carbohidratos (%)

Análisis de minerales:

- Potasio (K)
- Fósforo (P)
- Sodio (Na)
- Calcio (Ca)
- Magnesio (Mg)
- Hierro (Fe)
- Zinc (Zn)

3.6.3. Análisis estadístico

Los datos de cada resultado obtenido en la determinación del análisis bromatológico proximal y contenido de minerales en tilapias (*Oreochromis spp*) de los tres lagos, fueron analizados por medio de un diseño completo al azar. La normalidad de los datos fue evaluada a través de la prueba estadística de Shapiro-Wilks. Si los datos no presentaron una distribución normal, la mediana de las variables fue analizada a través de la prueba de Kruskal Wallis. De lo contrario, si la distribución fue normal, se aplicó la prueba F para igualdad de varianzas y las medias de las variables fueron analizadas por medio de un Análisis de Varianza (ANOVA), para determinar si las medias difieren o no significativamente entre sí, las diferencias se consideraron significativas a una probabilidad menor o igual al 5% ($p \leq 0.05$) y no significativas a una probabilidad mayor o igual al 5% ($p \geq 0.05$). Para la tabulación de los datos se utilizó plantillas de Excel, y para el análisis estadístico el programa "InfoStat/E versión 2020".

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis bromatológico proximal

Luego de realizar el análisis bromatológico proximal de las muestras de tilapia de los diferentes lagos, se tabularon y analizaron cada uno de los resultados obtenidos de manera individual para su interpretación.

Los valores obtenidos en la determinación bromatológica, se compararon con las tablas de composición de alimentos del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). Los resultados se evaluaron bajo el término “tilapia fresca”, en unidades de (g por cada 100 g) de porción comestible, según (INCAP 2018).

Según Huss (1999), considera que el factor de mayor impacto en la composición química del pez criado en acuicultura es la composición de su alimento, pero en este caso varios factores son controlados y por lo tanto se puede predecir la composición química. Hasta cierto punto el acuicultor tiene la posibilidad de diseñar la composición del pez, seleccionando las condiciones de cultivo. Se ha reportado que factores como la composición del alimento, ambiente, tamaño del pez y rasgos genéticos, tienen un impacto en la composición y calidad del pescado (FAO 1998).

4.1.1. Determinación de Humedad

Una vez realizada la determinación del porcentaje de humedad (parcial y total), se sumaron ambos valores para obtener un valor final de la humedad de la muestra y se obtuvieron los siguientes resultados (cuadro 6). Los resultados para cada una de las reparticiones pueden consultarse en el cuadro A-1, A-2 y A-3.

Cuadro 6. Resultados del porcentaje de humedad total en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Humedad (%)	Promedio
lago de Güija	LG01	85.61	81.70
	LG02	80.02	
	LG03	79.48	
Lago de Ilopango	LI01	79.94	80.02
	LI02	79.62	
	LI03	80.50	
Lago Suchitlán	LS01	79.62	80.94
	LS02	83.30	
	LS03	79.88	

El agua forma parte de los principales constituyentes del musculo del pescado. Puede notarse en el cuadro 6, que el contenido de agua en las tilapias de los tres lagos estudiados, supera el 80%, siendo el constituyente mayoritario en este alimento. También se puede observar que el valor más alto se obtuvo en el punto de muestreo LG01 con 85.61% y el valor más bajo se obtuvo en el punto LG03 con 79.48%.

La figura 6 muestra la comparación del contenido de humedad obtenido en las tilapias de los tres lagos y el porcentaje de humedad reportado por las tablas del INCAP, se puede observar de mejor manera, que el porcentaje de humedad en las tilapias estudiadas, fue similar, aproximándose al 80% en los tres lagos, siendo superiores con respecto al valor de humedad reportado en las tablas del INCAP (78%).

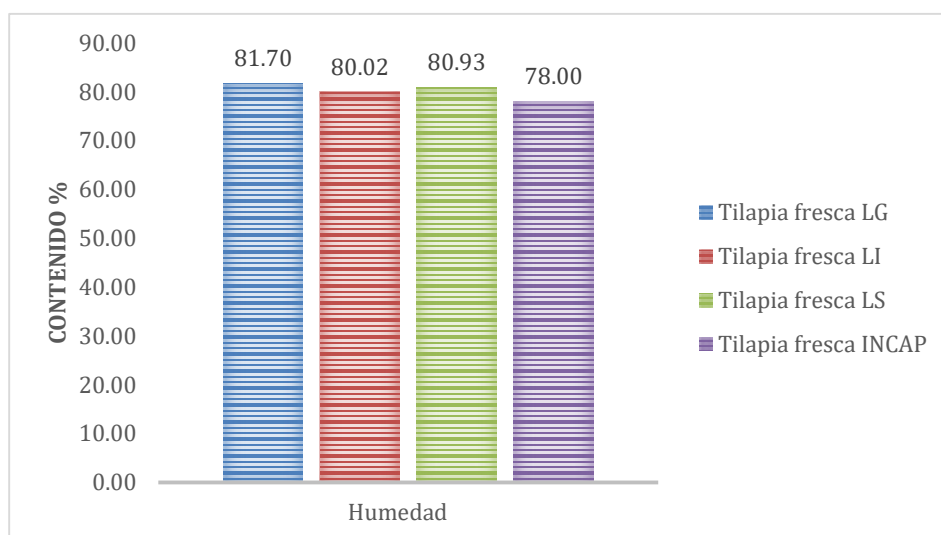


Figura 6. Comparación del contenido de humedad en tilapias de los tres lagos con el porcentaje reportado por el INCAP

El cuadro 7 muestra la prueba de normalidad para verificar si los datos obtenidos del contenido de humedad de las tilapias de los tres lagos tienen una distribución normal, se observa que en el lago de Güija el valor obtenido de *P* es menor a 0.05, es decir que no cumplen con el supuesto de normalidad.

Cuadro 7. Prueba de normalidad para el porcentaje de humedad

Lagos	n	Media	Desviación estándar	P (Unilateral D)
LG	6	81.71	3.04	0.0073
LI	6	80.02	0.64	0.8373
LS	6	80.93	1.88	0.0727

Por lo tanto se realizó el análisis de varianza de Kruskal Wallis para determinar cuáles medianas presenta diferencia significativa, el cual indica que el valor **P** es mayor a 0.05, por lo tanto no existe diferencia significativa entre el porcentaje de humedad de las tilapias del Lago de Güija, Lago de Ilopango y Lago Suchitlán (cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad

Lagos	n	D.E	Mediana	P
LG	6	3.04	80.02	0.9308
LI	6	0.64	80.11	
LS	6	1.88	80.15	

Según Ramírez (2017), el agua es uno de los componentes más abundantes del pescado, forma parte de la estructura de su carne, es inversamente proporcional al contenido graso y es uno de los elementos que presenta mayores fluctuaciones. El contenido de agua depende de las especies y la época del año; pero puede variar entre el 60 y el 80% del total; sin embargo se ha establecido que las especies de pescados de carne magra o blanca contienen un porcentaje de humedad que oscila entre el 75 y el 80%; por lo que puede estimarse que la tilapia cultivada en los tres lagos pertenece a esta clasificación.

También según Huss (1999), menciona que la composición química de los peces varía considerablemente entre las diferentes especies y también entre individuos de una misma especie, dependiendo de la edad, sexo, medio ambiente y estación del año. En un filete de pescado el porcentaje de agua puede variar entre el 66-81%.

Rodríguez (2017) en un estudio realizado en Ecuador, reporta un rango de porcentaje de humedad entre el 75.81% y el 78.53% para tilapias (*Oreochromis sp*). Lo cual demuestra que los valores obtenidos en este estudio son superiores a los valores reportados.

4.1.2. Determinación de Proteína Cruda

Una vez realizada la determinación de proteína cruda por el método de Kjeldahl, se obtuvieron los siguientes resultados para cada muestra de los tres lagos (cuadro 9). En la cual se observa que el mayor contenido de proteína cruda se obtuvo en la muestra LG03 con 20.54 g/100g y el menor contenido se obtuvo en la muestra LG01 con 14.23 g/100g ambas correspondientes al lago de Güija. Los resultados obtenidos en cada una de las reparticiones pueden consultarse en los cuadros A-4, A-5 y A-6.

Cuadro 9. Resultados del contenido de proteína cruda, en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Proteína cruda (g/100g)	Promedio
Lago de Güija	LG01	14.23	17.94
	LG02	19.06	
	LG03	20.54	
Lago de Ilopango	LI01	19.49	19.34
	LI02	19.28	
	LI03	19.26	
Lago Suchitlán	LS01	19.71	18.97
	LS02	17.03	
	LS03	20.17	

En la figura 7 se muestra de una de mejor manera, que el contenido más alto de proteína cruda fue de 19.34 g/100 g correspondiente a las tilapias del lago de Ilopango, y el contenido más bajo se obtuvo en las tilapias cultivadas en el lago de Güija con 17.94 g/100 g. También se aprecia la comparación del contenido de proteína cruda obtenido en las tilapias de los tres lagos y el contenido de proteína reportado por el INCAP, siendo el resultado de proteína de las tilapias en estudio inferiores con respecto al valor reportado en las tablas del INCAP.

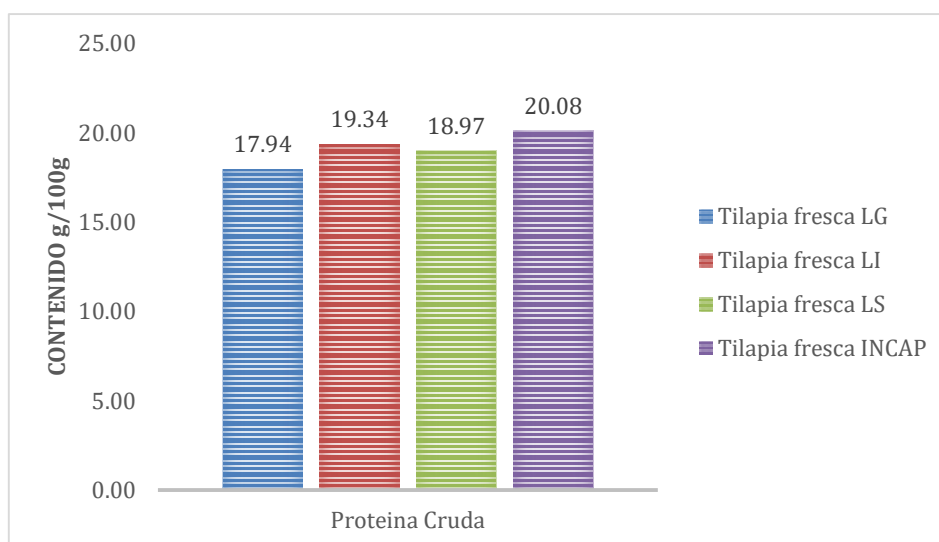


Figura 7. Comparación del contenido de proteína cruda en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP

El cuadro 10 muestra la prueba de normalidad para verificar si los resultados obtenidos en el análisis de proteína de las tilapias de los tres lagos tienen una distribución normal, se observa que en el lago de Ilopango el valor obtenido de **P** es menor a 0.05, es decir que no cumplen con el supuesto de normalidad. Por lo tanto se realizó el análisis de varianza de Kruskal Wallis para determinar cuáles medianas presenta diferencia significativa.

Cuadro 10. Prueba de normalidad para el contenido de proteína cruda

Lagos	n	Media	Desviación estándar	P (Unilateral D)
LG	6	17.94	3.04	0.1510
LI	6	19.34	0.22	0.0035
LS	6	18.97	1.59	0.1905

En análisis de varianza indica que el valor **P** es mayor a 0.05, por lo tanto no existe diferencia significativa en el contenido de proteína cruda reportado entre las tilapias del Lago de Güija, Lago de Ilopango y Lago Suchitlán (cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de varianza para el contenido de proteína cruda

Lagos	n	D.E	Mediana	P
LG	6	3.04	19.06	0.9599
LI	6	0.22	19.46	
LS	6	1.59	19.39	

Según Huss (1999), el pez tiene periodos de inanición por factores externos como la escasez de alimento que los obliga a degradar las proteínas almacenadas para obtener los niveles de energía necesaria y llevar a cabo sus procesos fisiológicos, pudiendo ocasionar variaciones en la composición química del pez. El contenido y similitud de proteína cruda en las tilapias (*Oreochromis spp*) de los tres lagos podría estar relacionado con el método de cultivo, ya que las tilapias estaban cultivadas en jaulas, con un limitado movimiento y sujetas a un sistema de alimentación donde el productor tiene la capacidad de suplir las necesidades alimenticias y por ende cubrir las necesidades de proteína que estas necesitan, por lo que no es necesario recurrir a la proteína almacenada para obtener energía, evitando variaciones en el contenido de proteína que ofrecen.

Las proteínas constituyen el segundo mayor componente químico del pescado, después del agua, en esta investigación se muestra que las tilapias de los tres lagos estudiados obtuvieron un rango estrecho de proteína cruda que va desde 18.00 a 19.00 g/100 g de porción comestible, siendo el segundo componente que mayor contenido aporta.

Diferentes estudios han reportado el contenido proteico de tilapias en diversos países del mundo (cuadro 12). Según Huss (1999), la variación normal del contenido de proteínas en filete de pescados, se encuentra entre el 16% y el 21%, pudiendo encontrar también concentraciones máximas hasta del 28%. Por lo tanto los contenidos de proteína obtenidos en este estudio, se encuentran dentro de los valores reportados por la literatura.

Cuadro 12. Comparación de contenido de proteína reportado en diferentes países

Fuente	País reportado	Especie de tilapia	PC (Base fresca)
Toledo (2000)	América Latina y El Caribe	<i>Oreochromis sp</i>	19.20%
Izquierdo (2000)	Venezuela	<i>Oreochromis sp</i>	23.00-34.00 g/100 g
Rodríguez (2017)	Ecuador	<i>Oreochromis sp</i>	20.12%- 21.98%

Con respecto al aporte nutricional en humanos, en el cuadro 13 se observa el aporte de proteína cruda, según el contenido obtenido en tilapias (*Oreochromis spp*) de los tres lagos. El aporte se refleja según el requerimiento de ingesta diaria adecuada de proteína cruda para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad (RDA 1989), los requerimientos de proteína se puede ver en (cuadro A-7).

Cuadro 13. Aporte de PC para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad

Proteína Cruda (g/100g)	LG	LI	LS
	17.94	19.34	18.97
Aporte H	28.00%	31.00%	30.00%
Aporte M	36.00%	39.00%	38.00%

El aporte de proteína en una ración promedio de 100g de tilapia, cubre aproximadamente entre el 28.00% y 39.00% del requerimiento de ingesta diaria para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.

4.1.3. Determinación de Extracto Etéreo

Una vez determinado el contenido de extracto etéreo, se obtuvieron los resultados que se muestran en cuadro 14, el cual indica que el mayor contenido de extracto etéreo se obtuvo en la muestra LI02 con 2.20 g/100g correspondiente al lago de Ilopango y el menor contenido se obtuvo en la muestra LG01 con 1.04 g/100g correspondientes al lago de Güija. Los resultados para cada una de las reparticiones en las muestras de los tres lagos pueden consultarse en los cuadros A-8, A-9 y A-10.

Cuadro 14. Resultados del contenido de extracto etéreo, en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Extracto etéreo (g/100g)	Promedio
Lago de Güija	LG01	1.04	1.40
	LG02	1.45	
	LG03	1.77	
Lago de Ilopango	LI01	1.63	1.78
	LI02	2.20	
	LI03	1.52	
Lago Suchitlán	LS01	1.94	1.63
	LS02	1.33	
	LS03	1.65	

Seguidamente se observa la comparación del contenido de extracto etéreo obtenido en las tilapias de los tres lagos y el contenido de grasa reportado por el INCAP, también se puede apreciar de una mejor manera que el valor más alto se obtuvo en las tilapias cultivadas en el lago de Ilopango (1.78 g/100 g), y el valor más bajo se obtuvo en las tilapias del lago de Güija (1.40 g/100 g), siendo el valor obtenido en las tilapias del lago de Ilopango similar al valor reportado en las tablas del INCAP, mientras que las tilapias del lago de Güija y el lago Suchitlán presentan valores inferiores con respecto al valor reportado por el INCAP (figura 8).

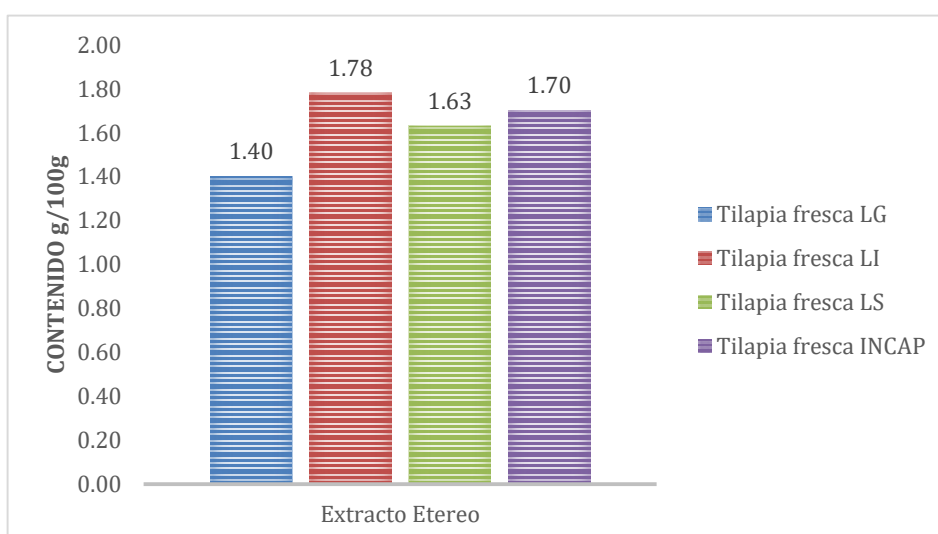


Figura 8. Comparación del contenido de extracto etéreo en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP

El cuadro 15 muestra la prueba de normalidad para verificar si los datos obtenidos del contenido de extracto etéreo de las tilapias de los tres lagos tienen una distribución normal, se observa que en el lago de Ilopango el valor obtenido de **P** es menor a 0.05, es decir que no cumplen con el supuesto de normalidad. Por lo tanto se realizó el análisis de varianza de Kruskal Wallis para determinar cuáles medianas presenta diferencia significativa.

Cuadro 15. Prueba de normalidad para el contenido de extracto etéreo

Lagos	N	Media	Desviación estándar	P (Unilateral D)
LG	6	1.40	0.43	0.8880
LI	6	1.78	0.50	0.0157
LS	6	1.63	0.32	0.5964

En el análisis de varianza (cuadro 16) el valor **P** es mayor a 0.05, por lo tanto no existe diferencia significativa en el contenido de extracto etéreo reportado entre las tilapias del Lago de Güija, Lago de Ilopango y Lago Suchitlán. Esto podría estar relacionado a que todas las tilapias tenían un tamaño entre 200-400 g, ya que según Huss (1999) el contenido de grasa puede variar con el tamaño de los peces.

Cuadro 16. Análisis de varianza para el contenido de extracto etéreo

Lagos	N	D.E	Mediana	P
LG	6	0.43	1.43	0.5873
LI	6	0.50	1.58	
LS	6	0.32	1.68	

La carne de tilapia presenta gran cantidad de proteínas y no posee mucha grasa (FAO 2018). Este estudio muestra que las tilapias de los tres lagos estudiados obtuvieron un rango estrecho de extracto etéreo que va desde 1.40 a 1.78 g/100 de porción comestible.

Perea *et al.* (2008), evaluaron en Colombia el contenido nutricional de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) reportando un contenido de grasa de 2.2 a 4.5 g/100g base húmeda, por lo que las muestras de tilapias de este estudio poseen menos grasa que las reportadas en la literatura. Rodríguez (2017) también reporta contenidos de grasa total de 1.03% y 1.61% para tilapia (*Oreochromis sp*) en Ecuador. Lo que sustenta la idea de que la carne de tilapia no posee mucha grasa. Además es notorio que el contenido de humedad con el contenido de extracto etéreo tienen una relación inversa, puesto que conforme a esta investigación se verifica que a mayor porcentaje de humedad, menor porcentaje de grasa.

En el cuadro 17 se observa el aporte de extracto etéreo de las tilapias de los tres lagos, según el requerimiento de ingesta diaria adecuada de grasa, para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad. En cuadro A-7 se puede ver el requerimiento de grasa establecido por la RDA (1989).

Cuadro 17. Aporte de E.E para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad

Extracto Etéreo (g/100g)	LG	LI	LS
		1.40	1.78
Aporte H	8.00%	10.00%	10.00%
Aporte M	12.00%	15.00%	14.00%

El aporte de extracto etéreo en una ración promedio de 100g de tilapia, cubre aproximadamente entre el 8.00% y 15.00% del requerimiento de ingesta diaria para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.

4.1.4. Determinación de Ceniza

Luego de realizar la determinación de cenizas en las muestras de tilapias de los tres lagos, se considera como contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra, en la que se obtuvieron los siguientes resultados (cuadro 18). Los resultados para cada una de las reparticiones en las muestras de los tres lagos pueden verse en los cuadros A-11, A-12 y A-13.

Cuadro 18. Resultados del contenido de ceniza, en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Ceniza (g/100g)	Promedio
lago de Güija	LG01	0.66	0.87
	LG02	0.92	
	LG03	1.04	
Lago de Ilopango	LI01	0.96	0.93
	LI02	0.91	
	LI03	0.95	
Lago Suchitlán	LS01	0.99	0.93
	LS02	0.80	
	LS03	0.99	

El cuadro anterior indica que el mayor contenido de ceniza se obtuvo en la muestra LG03 con 1.04 g/100g de porción y el menor contenido se obtuvo en la muestra LG01 que fue de 0.66 g/100g, ambos correspondientes al lago de Güija.

En la figura 9 se representa de una mejor manera, que las tilapias cultivadas en el lago de Ilopango y el lago de Suchitlán obtuvieron un contenido igual de cenizas que fue de 0.93 g/100 g siendo este resultado igual con respecto al valor reportado en las tablas del INCAP (0.93 g/100 g), mientras que en las tilapias del lago de Güija se obtuvo un valor menor según el reportado que fue de 0.87 g/100 g de porción comestible.

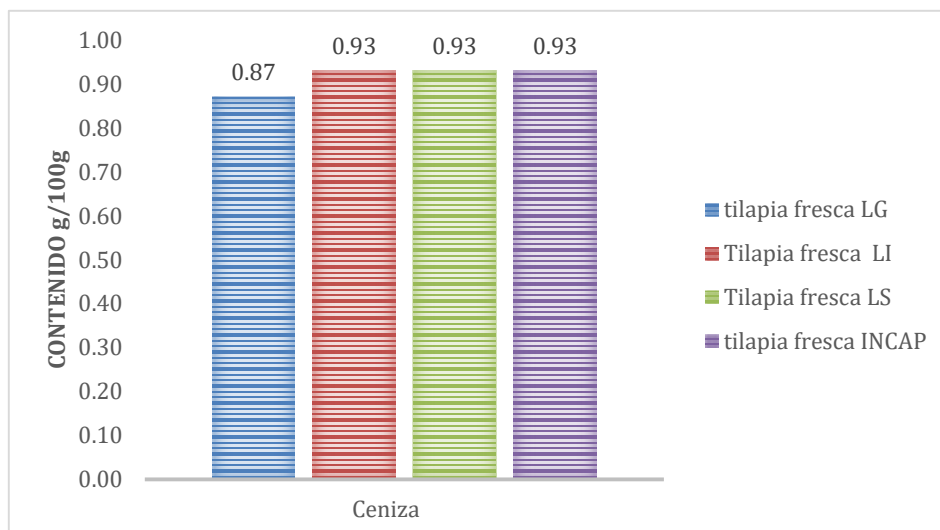


Figura 9. Comparación del contenido de ceniza en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP

La prueba de normalidad indica que los datos obtenidos del contenido de ceniza en las tilapias de los tres lagos tienen una distribución normal, ya que el valor obtenido de P es mayor a 0.05, es decir que si cumplen con el supuesto de normalidad (cuadro 19). Por lo tanto se realizó la prueba para igualdad de varianza.

Cuadro 19. Prueba de normalidad para el contenido de ceniza

Lagos	N	Media	Desviación estándar	P (Unilateral D)
LG	6	0.87	0.17	0.3314
LI	6	0.93	0.05	0.5076
LS	6	0.93	0.10	0.1513

El cuadro 20 refleja que entre las tilapias del lago de Güija y las tilapias del lago de Ilopango existe diferencia significativa ya que el valor obtenido de P es menor a 0.05, mientras que en las tilapias del lago de Güija y lago Suchitlán, y las tilapias del lago de Ilopango y lago Suchitlán no existe diferencia significativa ya que el valor obtenido de P es mayor a 0.05. Algunas de las variables que podrían influir en la diferencia entre el lago de Güija e Ilopango son: el tipo de dieta a la que se someten las tilapias, la calidad del agua y el origen del cuerpo de agua, ya que el lago de Ilopango es de origen volcánico asociando este hecho a que puede ser más rico en minerales.

Cuadro 20. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de ceniza

Grupo (1)	Grupo (2)	n (1)	n (2)	Var (1)	Var (2)	F	P	Prueba
LG	LI	6	6	0.03	2.7E-03	11.29	0.0187	Bilateral
LG	LS	6	6	0.03	0.01	2.91	0.2656	Bilateral
LI	LS	6	6	2.7E-03	0.01	0.26	0.1633	Bilateral

Por lo tanto se realizó una segunda prueba, el análisis de varianza (ANOVA) (cuadro 21) con el objeto de reafirmar o refutar los resultados en la prueba F de igualdad de varianza, para determinar cuáles medias presenta diferencia significativa. Lo cual indica que el valor **P** es mayor a 0.05, por lo tanto no existe diferencia significativa en el contenido de ceniza reportado entre las tilapias de los tres lagos analizados como conjunto, más la prueba F de igualdad de varianza si ha indicado diferencia entre dos lagos específicos.

Cuadro 21. Análisis de varianza para el porcentaje de ceniza

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Lagos	0.02	2	0.01	0.54	0.5929
Error	0.22	15	0.01		
Total	0.23	17			

Este estudio muestra que las tilapias de los tres lagos estudiados obtuvieron un contenido de ceniza que va desde 0.87 a 0.93 g/100 de porción comestible, observándose en esta experiencia que las tilapias criadas en el lago de Güija, lago de Ilopango y lago Suchitlán tienen contenidos similares de ceniza.

Osorio *et al.* (2013), en un estudio realizado en Colombia en la que se evaluaron algunos componentes nutricionales en filete de tilapia nilótica criadas bajo un sistema productivo de jaulas flotantes, reportan un contenido de ceniza de 0.74 g para tilapia nilótica. Los contenidos de ceniza obtenidos en esta investigación son superiores al valor reportado, lo que indica la presencia de mayores constituyentes inorgánicos.

4.1.5. Determinación de Fibra Cruda

Luego de realizar los cálculos que nos indican la cantidad de fibra presente en las muestras de los tres lagos, se obtuvieron los siguientes resultados (cuadro 22). Los resultados para cada una de las reparticiones se reflejan en los cuadros A-14, A-15 y A-16.

Cuadro 22. Resultados del contenido de fibra cruda, en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Fibra cruda (g/100g)	Promedio
lago de Güija	LG01	0.00	0.00
	LG02	0.00	
	LG03	0.00	
Lago de Ilopango	LI01	0.00	0.00
	LI02	0.00	
	LI03	0.00	
Lago Suchitlán	LS01	0.00	0.00
	LS02	0.00	
	LS03	0.00	
INCAP			0.00

El cuadro 22 muestra el contenido de fibra cruda obtenido en las tilapias de los tres lagos y el contenido de fibra reportado por el INCAP, en ambos casos se puede observar que la carne de tilapia no posee fibra.

Según Cruz *et al.* (2013) y Tacon (1989), la fibra cruda generalmente se considerada como el componente no digerible de un ingrediente alimenticio o dieta, que resiste a la digestión y absorción en el intestino delgado humano. La carne de tilapia por ser un alimento de origen animal carece de carbohidratos complejos tales como: celulosa y hemicelulosa asociados a la fracción de fibra, por tanto no es cuantificable, además al no poseer contenido de fibra se dice que es un alimento altamente digestible. Según izquierdo *et al.* (2000) el pescado aporta una digestibilidad superior al 80%.

En este caso no se realizó el análisis de varianza ya que no se reportan valores de fibra cruda en las muestras de tilapia.

4.1.6. Determinación de Carbohidratos

Posteriormente de realizar la determinación del porcentaje de humedad, %proteína, %extracto etéreo, %ceniza, %fibra cruda, mediante el análisis bromatológico proximal, se procedió a determinar el porcentaje de carbohidratos para las muestras de los tres lagos, donde se obtuvieron los siguientes resultados (cuadro 23). Los resultados para cada una de las reparticiones pueden consultarse en los cuadros A-17, A-18 y A-19.

Cuadro 23. Resultados del contenido de carbohidratos, en tilapias de los tres lagos

Lugar	Sitio	Carbohidratos (g/100g)	Promedio
Lago de Güija	LG01	0.00	0.00
	LG02	0.00	
	LG03	0.00	
Lago de Ilopango	LI01	0.00	0.00
	LI02	0.00	
	LI03	0.00	
Lago Suchitlán	LS01	0.00	0.00
	LS02	0.00	
	LS03	0.00	
INCAP			0.00

El cuadro 23 representa el contenido de carbohidratos obtenido en las tilapias de los tres lagos y el contenido de carbohidratos reportado por el INCAP, se puede observar que en este estudio se obtuvo un valor igual al reportado por las tablas del INCAP (0.00 g/100 g).

Según la FAO (1998), el contenido de carbohidratos en el músculo de pescado es muy bajo, generalmente es inferior a 0.50%. Esto es típico del músculo estriado, en el cual los carbohidratos se encuentran en forma de glucógeno y como parte de los constituyentes químicos de los nucleótidos. Estos últimos son fuente de ribosoma liberada como una consecuencia de los cambios autolíticos post mortem. Esta información sustenta los resultados de carbohidratos en este estudio.

A continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos, en la determinación del análisis bromatológico proximal de tilapias (*Oreochromis sp*), en el lago de Güija, lago de Ilopango y lago Suchitlán (cuadro 24). El resumen de cada una de las repeticiones en las muestras de los tres lagos se puede observar en el cuadro A-20

Cuadro 24. Resumen del análisis bromatológico proximal en tilapias (*Oreochromis spp*) en tres lagos de El Salvador

Lagos	Humedad (g/100 g)	Proteína Cruda (g/100 g)	Extracto Etéreo (g/100 g)	Ceniza (g/100 g)	Fibra Cruda (g/100 g)	Carbohidratos (g/100 g)
LG	81.70	17.94	1.40	0.87	0.00	0.00
LI	80.02	19.34	1.78	0.93	0.00	0.00
LS	80.93	18.97	1.63	0.93	0.00	0.00

En las figuras A-1, A-2 y A-3 se puede consultar el resumen del contenido nutricional obtenido en las tilapias de cada uno de los lagos.

4.2. Determinación de minerales

Luego de la preparación de cenizas (solubilización) obtenidas en las muestras de tilapia de los tres lagos se procedió a cuantificar la disponibilidad de los minerales a evaluar: potasio, fósforo, sodio, calcio, magnesio, hierro y zinc. Se tabularon y analizaron cada uno de los resultados obtenidos para su interpretación.

Los valores obtenidos en la cuantificación de minerales, se compararon con las tablas de composición de alimentos del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). Los resultados se evaluaron bajo el término “tilapia fresca” en unidades de mg/100g de porción comestible, según el INCAP (2018).

4.2.1. Determinación de Potasio

Luego de las lecturas de las muestras de tilapia mediante absorción atómica por llama para determinar el contenido de potasio, se obtuvieron los siguientes resultados para cada muestra de los tres lagos (cuadro 25). Los resultados de las repeticiones realizadas pueden verse en los cuadros A-21, A-22 y A-23

Cuadro 25. Resultados del contenido de potasio, en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Potasio (mg)	Promedio
lago de Güija	LG01	203.62	253.24
	LG02	250.92	
	LG03	305.19	
Lago de Ilopango	LI01	270.37	268.29
	LI02	258.09	
	LI03	276.42	
Lago Suchitlán	LS01	241.65	258.98
	LS02	235.23	
	LS03	300.07	

El cuadro 25 indica que el mayor contenido de potasio se obtuvo en la muestra LG03 con 305.19 g/100g de porción comestible y el menor contenido se obtuvo en la muestra LG01 que fue de 203.62 g/100g ambos correspondientes al lago de Güija.

Sin embargo, en la siguiente grafica se puede observar que el contenido más alto se obtuvo en las tilapias cultivadas el lago de Ilopango (268.29 mg/100 g), mientras que en las tilapias del lago Suchitlán y el lago de Güija se obtuvieron valores inferiores (258.98 mg/100 g y 263.24 mg/100 g) respectivamente, también se muestra la comparación del contenido de potasio obtenido en las tilapias de los tres lagos y el contenido de potasio reportado por el INCAP, siendo los contenidos de potasio obtenido en este estudio, inferiores con respecto al valor reportado en las tablas del INCAP (figura 10).

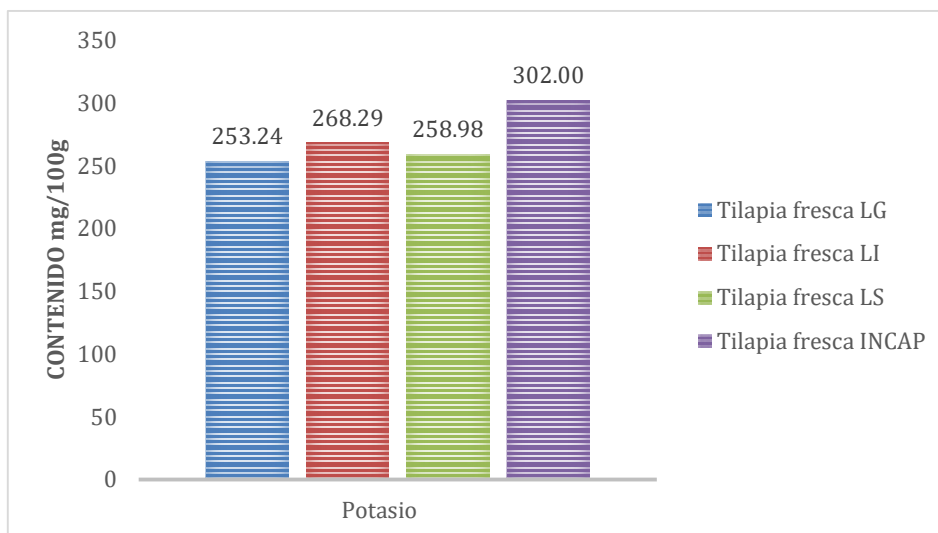


Figura 10. Comparación del contenido de potasio en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP

En el cuadro 26 se muestra la prueba de normalidad para verificar si los datos obtenidos del contenido de potasio, de las tilapias de los tres lagos, tienen una distribución normal, se observa que en los tres lagos, el valor obtenido de **P** es mayor a 0.05, es decir que cumplen con el supuesto de normalidad. Por lo tanto se realizó la prueba para igualdad de varianza.

Cuadro 26. Prueba de normalidad para el contenido de potasio

Lagos	n	Media	Desviación estándar	P (Unilateral D)
LG	6	253.24	55.36	0.8649
LI	6	268.29	20.85	0.9940
LS	6	258.98	33.10	0.1933

El cuadro 27 refleja que entre las tilapias de los tres lagos, no existe diferencia significativa ya que el valor obtenido de **P** es mayor a 0.05, es decir que poseen igualdad de varianzas. Seguidamente se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar cuáles medias poseen diferencia significativa.

Cuadro 27. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de potasio

Grupo (1)	Grupo (2)	n (1)	n(2)	Var (1)	Var(2)	F	P	Prueba
LG	LI	6	6	3064.51	434.76	7.05	0.0514	Bilateral
LG	LS	6	6	3064.51	1095.53	2.80	0.2834	Bilateral
LI	LS	6	6	434.76	1095.53	0.40	0.3333	Bilateral

El análisis de varianza reporta un valor **P** superior a 0.05 en las tilapias de los tres lagos, por lo tanto no existe diferencia significativa entre las tilapias del Lago de Güija, Lago de Ilopango y Lago Suchitlán (cuadro 28).

Cuadro 28. Análisis de varianza para el contenido de potasio.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Lagos	692.44	2	346.22	0.23	0.8003
Error	22973.99	15	1531.6		
Total	23666.43	17			

El potasio se distribuye ampliamente en los alimentos, las fuentes dietéticas son especialmente las frutas, verduras y carnes frescas (RDA 1989). El contenido de potasio en tilapia se ha evaluado solo en pocos estudios. Castro *et al.* (2012) reportan en México contenidos de potasio en tilapia de 280.47 mg/100g de porción comestible. Según (Murray y Burt, citado por Huss 1999) el contenido promedio de potasio en el musculo de pescado es de 278 mg/100g pero puede variar de 19-502 mg/100g. Por lo tanto los datos obtenidos en este estudio tienen relación con los valores reportados por la literatura.

La ingesta de potasio varía considerablemente, dependiendo de la selección de alimentos. Con respecto al aporte nutricional en humanos, en el cuadro 29 se observa el aporte de potasio, según el contenido en 100g de porción comestible de tilapias (*Oreochromis spp*) en los tres lagos. El aporte se refleja según el requerimiento mínimo estimado de potasio, para hombres y mujeres sanos mayores de 18 años de edad. En cuadro A-7 se puede ver el requerimiento de potasio establecido por la RDA (1989).

Cuadro 29. Aporte de potasio para hombres y mujeres sanos mayores de 18 años de edad

Potasio (mg/100g)	LG	LI	LS
	253.24	268.29	258.98
Aporte H	13.00%	13.00%	13.00%
Aporte M	13.00%	13.00%	13.00%

El aporte de potasio en una ración promedio de 100g de tilapia, cubre aproximadamente el 13% del requerimiento mínimo estimado para hombres y mujeres sanos mayores de 18 años de edad.

4.2.2. Determinación de fósforo

Después de la preparación de la muestra, se realizó la lectura del contenido de fósforo para cada muestra de los tres lagos, y se obtuvieron los siguientes resultados (cuadro 30). Los resultados para cada una de las reparticiones pueden consultarse en los cuadros A-24, A-25 y A-26.

Cuadro 30. Resultados del contenido de fósforo, en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Fósforo (mg/100g)	Promedio
lago de Güija	LG01	108.41	145.71
	LG02	153.68	
	LG03	175.06	
Lago de Ilopango	LI01	147.22	145.63
	LI02	141.67	
	LI03	148.02	
Lago Suchitlán	LS01	163.48	152.98
	LS02	136.95	
	LS03	158.52	

En el cuadro 30 se observa que el mayor contenido de fósforo se obtuvo en la muestra LG03 con 175.06 g/100g de porción comestible y el menor contenido se obtuvo en la muestra LG01 que fue de 108.41 g/100g ambos correspondientes al lago de Güija

La figura 11 muestra de mejor manera que el contenido más alto de fósforo se obtuvo en las tilapias del lago de Suchitlán (152.98 mg/100 g), mientras que en las tilapias cultivadas en el lago de Güija y el lago de Ilopango se obtuvieron valores inferiores (145.71 mg/100 g y 145.63 mg/100 g), también se hace la comparación del contenido de fósforo obtenido en las tilapias de los tres lagos y el contenido de fósforo reportado por el INCAP, se observa que el contenido de fósforo en las tilapias de los tres lagos, es inferior con respecto al valor reportado en las tablas del INCAP.

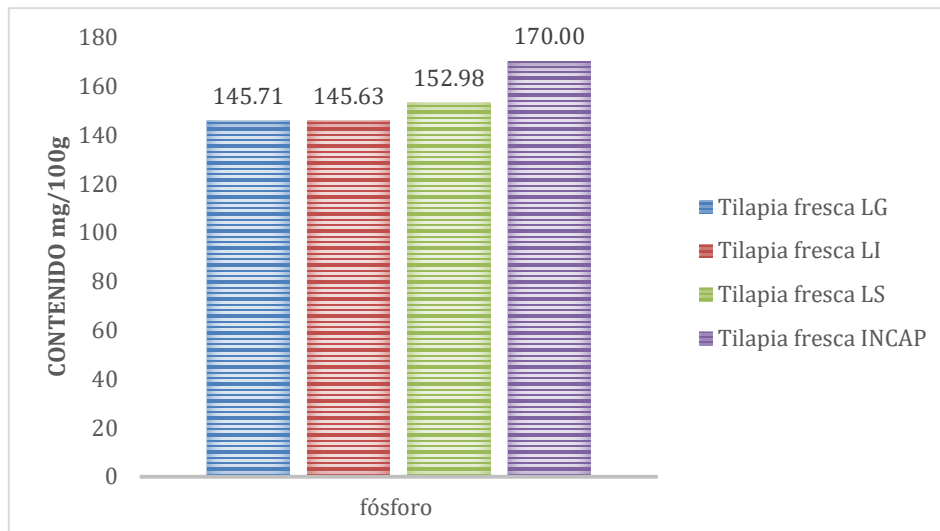


Figura 11. Comparación del contenido de fósforo en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP

La prueba de normalidad indica que los datos del contenido de fósforo, de las tilapias de los tres lagos, tienen una distribución normal, ya que el valor obtenido de P es menor a 0.05, es decir que no cumplen con el supuesto de normalidad (cuadro 31). Por lo tanto se realizó el análisis de varianza de Kruskal Wallis para determinar cuáles medianas presenta diferencia significativa.

Cuadro 31. Prueba de normalidad para el contenido de fósforo

Lagos	n	Media	Desviación estándar	P (Unilateral D)
LG	6	145.72	30.59	0.1919
LI	6	145.64	5.33	0.0040
LS	6	152.98	13.53	0.3636

El análisis de varianza indica que no existe diferencia significativa en el contenido de fósforo reportado entre las tilapias del Lago de Güija, Lago de Ilopango y Lago Suchitán ya que el valor P es mayor a 0.05 (cuadro 32).

Cuadro 32. Análisis de varianza para el contenido de fósforo

Lagos	n	D.E	Mediana	P
LG	6	30.59	153.68	0.4135
LI	6	5.33	147.22	
LS	6	13.53	155.55	

La carne de pescado se considera una fuente particularmente valiosa de fósforo. Este estudio muestra que la carne de tilapia de los tres lagos tienen contenidos entre 145-153 mg/100g. Los contenidos de fósforo encontrados en este estudio son inferiores a los reportados por Perea *et al* (2008), en un estudio realizado en Colombia los cuales fueron de 191-285 mg/100g en filete de tilapia roja (*Oreochromis sp*). Es importante considerar que según (Murray y Burt, citado por Huss 1999) el contenido de fósforo en el músculo de pescado puede variar en un rango de 68-550 mg/100g. Siendo así, los valores encontrados en este estudio se encuentran dentro del rango reportado por la literatura.

El cuerpo necesita muchos minerales, uno de los minerales esenciales presente en tilapias es el fósforo. En el cuadro 33 se observa el aporte de fósforo que brindan las tilapias de los tres lagos, según el requerimiento de ingesta diaria adecuada de fósforo, para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad. En el cuadro A-7 se puede consultar el requerimiento de fósforo establecido por la RDA (1989).

Cuadro 33. Aporte de fósforo para hombres y mujeres sanos mayor de 25 a. de edad

	LG	LI	LS
Fósforo (mg/100g)	145.71	145.63	152.98
Aporte H	18.00%	18.00%	19.00%
Aporte M	18.00%	18.00%	19.00%

El aporte de fósforo en una ración promedio de 100g de tilapia, cubre aproximadamente entre el 18% y 19% del requerimiento de ingesta diaria para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.

4.2.3. Determinación de sodio

Una vez realizadas las lecturas de las muestras de tilapia mediante absorción atómica para determinar el contenido de sodio, se obtuvieron los resultados que se representan en el cuadro 34, en el cual se observa que el mayor contenido se obtuvo en la muestra LI03 con 74.33 g/100g de porción comestible, correspondiente al lago de Ilopango y el menor contenido se obtuvo en la muestra LG01 con 27.25 g/100g, correspondiente al lago de Güija. Los resultados para cada una de las reparticiones pueden consultarse en los cuadros A-27, A-28 y A-29.

Cuadro 34. Resultados del contenido de sodio, en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Sodio (mg/100g)	Promedio
Lago de Güija	LG01	27.25	37.41
	LG02	39.85	
	LG03	45.13	
Lago de Ilopango	LI01	69.32	60.75
	LI02	38.60	
	LI03	74.33	
Lago Suchitlán	LS01	38.26	41.89
	LS02	38.05	
	LS03	49.38	

La siguiente grafica representa de una mejor manera los resultados obtenidos, y la comparación del contenido de sodio en las tilapias de los tres lagos con el valor reportado por en las tablas del INCAP, se puede observar que el contenido más alto se obtuvo en el lago de Ilopango (60.75 mg/100 g), siendo este superior con respecto al valor reportado en las tablas del INCAP, mientras que en el lago Suchitlán y el lago de Güija se obtuvieron valores bajos (41.89 mg/100 g y 37.41 mg/100g), siendo estos inferiores con respecto al valor reportado en las tablas del INCAP (figura 12).

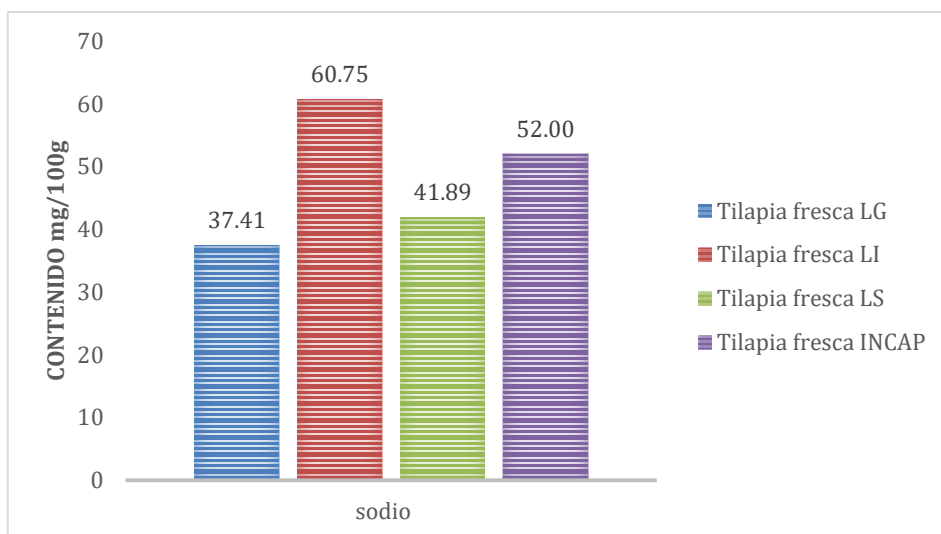


Figura 12. Comparación del contenido de sodio en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP

El cuadro 35 muestra la prueba de normalidad para verificar si los resultados del contenido de sodio tienen una distribución normal, se observa que en las muestras tilapias del lago Suchitlán el valor obtenido de *P* es menor a 0.05, es decir que no cumplen con el supuesto de normalidad. Por lo tanto se realizó el análisis de varianza de Kruskal Wallis para determinar cuáles medianas presenta diferencia significativa.

Cuadro 35. Prueba de normalidad para el contenido de sodio

Lagos	n	Media	Desviación estándar	P (Unilateral D)
LG	6	37.41	9.5	0.9970
LI	6	60.75	19.78	0.9078
LS	6	41.89	5.87	0.0260

El análisis de varianza (cuadro 36) indica que el valor *P* en las tilapias de los tres lagos es superior a 0.05, por lo tanto no existe diferencia significativa entre las tilapias del Lago de Güija, Lago de Ilopango y Lago Suchitlán.

Cuadro 36. Análisis de varianza para el contenido de sodio

Lagos	n	D.E	Mediana	P
LG	6	9.50	38.27	0.0823
LI	6	19.78	64.45	
LS	6	5.87	38.89	

En el pescado se encuentran cantidades relevantes de sodio. Castro *et al* (2012), reportan en México contenidos de sodio en tilapia de 29.58 mg/100g de porción comestible. Según Murray y Burt, citado por Huss 1999) el contenido promedio de sodio en el musculo de pescado es de 72 mg/100g pero puede variar de 30-134 mg/100g. Por lo tanto los datos obtenidos en este estudio tienen relación con los valores reportados por la literatura.

Con respecto al aporte nutricional en humanos, en el cuadro 37 se observa el aporte de sodio, según el contenido obtenido en tilapias (*Oreochromis sp*) de los tres lagos, el cual se refleja según el requerimiento mínimo estimado de sodio, para hombres y mujeres sanos mayores de 18 años de edad. El requerimiento de sodio establecido por la RDA (1989) se puede consultar en el cuadro A-7.

Cuadro 37. Aporte de sodio para hombres y mujeres sanos mayores de 18 años de edad

Sodio (mg/100g)	LG	LI	LS
	37.41	60.75	41.89
Aporte H	7.00%	12.00%	8.00%
Aporte M	7.00%	12.00%	8.00%

El aporte de sodio en una ración promedio de 100 g de tilapia, cubre aproximadamente entre el 7.00% y 12.00% del requerimiento de ingesta diaria adecuada para hombres y mujeres sanos mayores de 18 años de edad.

4.2.4. Determinación de Calcio

El cuadro 38 refleja los resultados de calcio que se obtuvieron para cada una de las muestras de los tres lagos luego de las lecturas mediante el equipo de absorción atómica por llama. En los cuadros A-30, A-31 y A-32 pueden consultarse los resultados para cada una de las reparticiones.

Cuadro 38. Resultados del contenido de calcio, en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Calcio (mg/100g)	Promedio
Lago de Güija	LG01	16.97	23.54
	LG02	23.03	
	LG03	30.61	
Lago de Ilopango	LI01	36.26	29.07
	LI02	23.56	
	LI03	27.39	
Lago Suchitlán	LS01	31.32	26.99
	LS02	20.38	
	LS03	29.28	

El cuadro 38 muestra que el mayor contenido de calcio se obtuvo en la muestra LI01 con 36.26 g/100g de porción comestible correspondiente al lago de Ilopango y el menor contenido se obtuvo en la muestra LG01 con 16.97 g/100g correspondiente al lago Güija.

Por lo tanto en la figura 13 se puede observar que el contenido más bajo se obtuvo en las tilapias cultivadas en el lago de Güija (23.54 mg/100 g), seguido de las tilapias del lago de Suchitlán (26.99 mg/100g), mientras que el contenido más alto se obtuvo en el lago de Ilopango (29.07 mg/100 g). También se representa la comparación del contenido de calcio obtenido en las tilapias de los tres lagos y el contenido de calcio reportado por el INCAP, se refleja que el contenido de este mineral en las tilapias en estudio de los tres lagos, es superior con respecto al valor reportado en las tablas del INCAP.

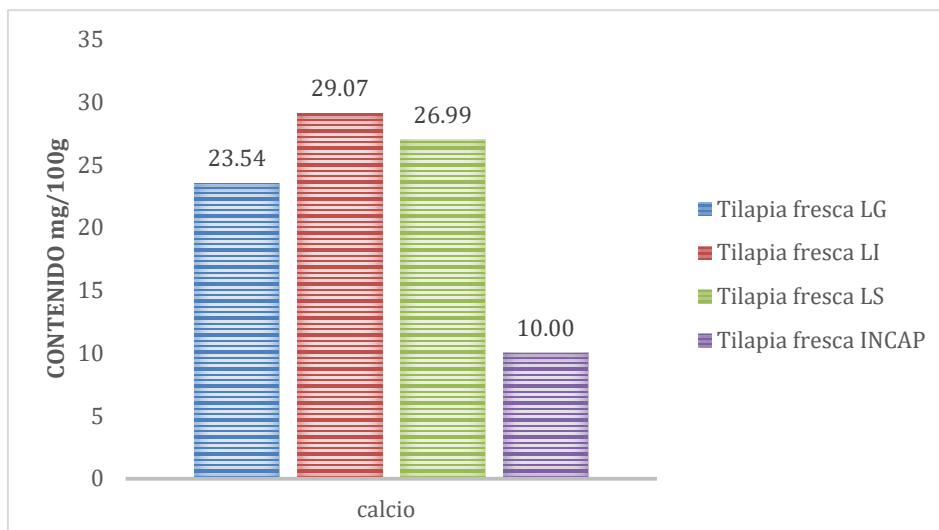


Figura 13. Comparación del contenido de calcio en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP

En el cuadro 39 se muestra la prueba de normalidad para verificar si los datos obtenidos del contenido de calcio tienen una distribución normal, se observa que en los tres lagos, el valor obtenido de P es mayor a 0.05, es decir que cumplen con el supuesto de normalidad. Por lo tanto se realizó la prueba para igualdad de varianzas

Cuadro 39. Prueba de normalidad para el contenido de calcio

Lagos	n	Media	Desviación estándar	P Unilateral D)
LG	6	23.54	7.98	0.1908
LI	6	29.07	6.60	0.5505
LS	6	26.99	10.06	0.6720

El cuadro 40 refleja que entre las tilapias de los tres lagos, no existe diferencia significativa ya que el valor obtenido de P es mayor a 0.05, es decir que poseen igualdad de varianzas

Cuadro 40. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de calcio

Grupo (1)	Grupo (2)	n (1)	n(2)	Var (1)	Var(2)	F	P	Prueba
LG	LI	6	6	63.74	43.51	1.47	0.6854	Bilateral
LG	LS	6	6	63.74	101.13	0.63	0.6248	Bilateral
LI	LS	6	6	43.51	101.13	0.43	0.3760	Bilateral

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar cuáles medias poseen diferencia significativa (cuadro 41). El valor **P** es superior a 0.05, por lo tanto indica que no existe diferencia significativa entre las muestras de tilapias de los tres lagos.

Cuadro 41. Análisis de varianza para el contenido de calcio

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Lagos	93.75	2	46.87	0.7	0.5240
Error	1041.89	15	69.46		
Total	1135.63	17			

El calcio es importante en la contracción muscular, formación de células sanguíneas, transmisión de impulsos nerviosos y activación de enzimas. Perea *et al.* (2008), en un estudio realizado en Colombia, reporta contenidos de calcio de 15- 33 mg/100g de filete de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Huss (1999), también señala que el contenido de calcio en musculo de pescado oscila en un rango de 19-881 mg/100g, por lo tanto los resultados obtenidos en este estudio se encuentran dentro de los rangos reportados por la literatura.

El cuerpo de una persona adulta contiene aproximadamente 1200 g de calcio, pero este nivel varía de acuerdo con la edad de cada persona. Con respecto al aporte nutricional en humanos, en el cuadro 42 se observa el aporte de calcio, según el contenido que se obtuvo en tilapias (*Oreochromis sp.*) de los tres lagos. El aporte se refleja según el requerimiento de ingesta diaria adecuada de calcio, para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años. En el cuadro A-7 se puede consultar el requerimiento de calcio establecido por la RDA (1989).

Cuadro 42. Aporte de calcio para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad

Calcio (mg/100g)	LG	LI	LS
	23.54	29.07	26.99
Aporte H	3.00%	4.00%	4.00%
Aporte M	3.00%	4.00%	4.00%

El aporte de calcio en unan ración promedio de 100 g de tilapia, cubre aproximadamente entre el 3.00% y 4.00% del requerimiento de ingesta diaria para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.

4.2.5. Determinación de Magnesio

Una vez realizadas las lecturas de las muestras de tilapia mediante absorción atómica para determinar el contenido de magnesio, se obtuvieron los resultados que se presentan en el cuadro 43 para cada muestra de los tres lagos. Los cuadros A-33, A-34 y A-35 pueden consultarse los resultados para cada una de las reparticiones.

Cuadro 43. Resultados del contenido de magnesio, en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Magnesio (mg)	Promedio
lago de Güija	LG01	12.73	15.94
	LG02	16.42	
	LG03	18.68	
Lago de Ilopango	LI01	17.73	16.90
	LI02	16.32	
	LI03	16.66	
Lago Suchitlán	LS01	17.08	17.19
	LS02	15.68	
	LS03	18.81	

El mayor contenido de magnesio se obtuvo en la muestra LS03 con 18.81 g/100g de porción comestible correspondiente al lago de Suchitlán y el menor contenido se obtuvo en la muestra LG01 con 12.73 g/100g correspondiente al lago Güija ver (cuadro 43).

Lo anterior se puede apreciar de una mejor manera en la figura 14, que muestra la comparación del contenido de magnesio obtenido en las tilapias de los tres lagos y el contenido de magnesio reportado por el INCAP, se puede observar que el contenido más alto se obtuvo en las tilapias del lago Suchitlán (17.19 mg/100 g), mientras que en el lago Ilopango y el lago de Güija se obtuvieron valores inferiores (16.90 mg/100 g y 15.94 mg/100 g), siendo el contenido de magnesio de las tilapias en estudio en los tres lagos, inferiores con respecto al valor reportado en las tablas del INCAP.

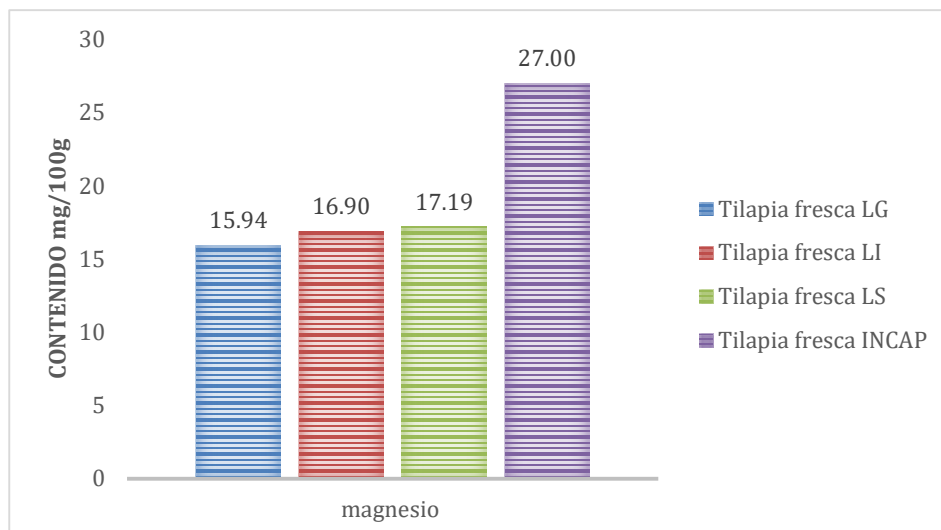


Figura 14. Comparación del contenido de magnesio en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP

En el cuadro 44 se muestra la prueba de normalidad para verificar si los datos obtenidos del contenido en el análisis de magnesio, de las tilapias de los tres lagos, tienen una distribución normal, se observa que en los tres lagos, el valor obtenido de P es mayor a 0.05, es decir que cumplen con el supuesto de normalidad. Por lo tanto se realizó la prueba para igualdad de varianzas.

Cuadro 44. Prueba de normalidad para el contenido de magnesio

Lagos	n	Media	Desviación estándar	P (Unilateral D)
LG	6	15.94	3.00	0.9385
LI	6	16.90	1.05	0.1276
LS	6	17.19	1.51	0.8409

El cuadro 45 refleja que entre las tilapias del algo de Güija y las tilapias del lago de Ilopango existe diferencia significativa ya que el valor obtenido de P es menor a 0.05, mientras que en las tilapias del lago de Güija y lago Suchitlán, y las tilapias del lago de Ilopango y lago Suchitlán no existe diferencia significativa ya que el valor obtenido de P es mayor a 0.05. La diferencia entre el algo de Güija e Ilopango podría estar asociada a la calidad y origen del cuerpo de agua, así como también al tipo de alimentación a la que están sometidas las tilapias.

Cuadro 45. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de magnesio

Grupo (1)	Grupo (2)	n (1)	n(2)	Var (1)	Var(2)	F	P	Prueba
LG	LI	6	6	8.98	1.10	8.15	0.0380	Bilateral
LG	LS	6	6	8.98	2.28	3.93	0.1592	Bilateral
LI	LS	6	6	1.1	2.28	0.48	0.4431	Bilateral

Se realizó una segunda prueba, (ANOVA) (cuadro 46), con el objeto de reafirmar o refutar los resultados obtenidos en la prueba F de igualdad de varianza, para determinar cuáles medias presenta diferencia significativa. El análisis de varianza reporta que el valor **P** es mayor a 0.05, por lo tanto no existe diferencia significativa en el contenido de magnesio reportado entre las tilapias de los tres lagos analizados como conjunto, más la prueba F de igualdad de varianza si ha indicado diferencia entre dos lagos específicos

Cuadro 46. Análisis de varianza para el contenido de magnesio

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Lagos	5.12	2	2.56	0.62	0.5510
Error	61.85	15	4.12	0.62	
Total	66.96	17			

El magnesio es uno de los minerales presentes en la carne de tilapia. Ramos (2018), reporta en Ecuador el contenido de magnesio de tres especies de tilapias (*Oreochromis aureus*, *O. mossambicus* y *O. niloticus*) siendo estos entre 15-20 mg/100g de porción comestible. Es importante mencionar que según (Murray y Burt, citado por Huss 1999) el valor promedio de magnesio en el musculo de pescado es de 38 mg/100g pero puede variar en un rango de 4.5- 452 mg/100g. Por lo tanto podemos decir que los valores encontrados en este estadio se encuentran dentro de los valores reportados.

Todos los alimentos no procesados contienen magnesio, aunque en cantidades muy diferentes. El pescado, la carne y la leche son fuentes relativamente pobres de magnesio (RDA 1989). Para establecer el aporte nutricional en humanos, en el cuadro 47 se observa el aporte de magnesio, según el contenido que se obtuvo en tilapias (*Oreochromis sp*) de los tres lagos. El aporte se refleja según el requerimiento de ingesta diaria adecuada de magnesio, para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad. El requerimiento de magnesio establecido por la RDA (1989), se puede consultar en el cuadro A-7.

Cuadro 47. Aporte de magnesio para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad

Magnesio (mg/100g)	LG	LI	LS
	15.94	16.90	17.19
Aporte H	4.00%	5.00%	5.00%
Aporte M	6.00%	6.00%	6.00%

El aporte de magnesio en una ración promedio de 100 g de tilapia, cubre aproximadamente entre el 4.00% y 6.00% del requerimiento de ingesta diaria para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.

4.2.6. Determinación de Hierro

Una vez realizadas las lecturas de las muestras de tilapia mediante absorción atómica para determinar el contenido de hierro, se obtuvieron los siguientes resultados para cada muestra de los tres lagos (cuadro 48). Los resultados para cada una de las reparticiones pueden consultarse los cuadros A-36, A-37 y A-38.

Cuadro 48. Resultados del contenido de hierro, en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Hierro (mg)	Promedio
Lago de Güija	LG01	0.23	0.47
	LG02	0.66	
	LG03	0.52	
Lago de Ilopango	LI01	0.46	0.43
	LI02	0.40	
	LI03	0.45	
Lago Suchitlán	LS01	0.53	0.44
	LS02	0.40	
	LS03	0.41	

El mayor contenido de hierro se obtuvo en la muestra LG02 con 0.66 g/100g de porción comestible y el menor contenido se obtuvo en la muestra LG01 con 0.23 g/100g ambos correspondiente al lago de Güija.

La figura 15 muestra la comparación del contenido de hierro obtenido en las tilapias de los tres lagos y el contenido de hierro reportado por el INCAP, se puede observar de mejor manera, que el contenido más alto se obtuvo en el lago de Güija (0.47 mg/100 g), mientras que en el lago Suchitlán y el lago de Ilopango se obtuvieron valores inferiores (0.44 mg/100 g y 0.43 mg/100 g), siendo el contenido de hierro de las tilapias en estudio, en los tres lagos, inferior con respecto al valor reportado en las tablas del INCAP.

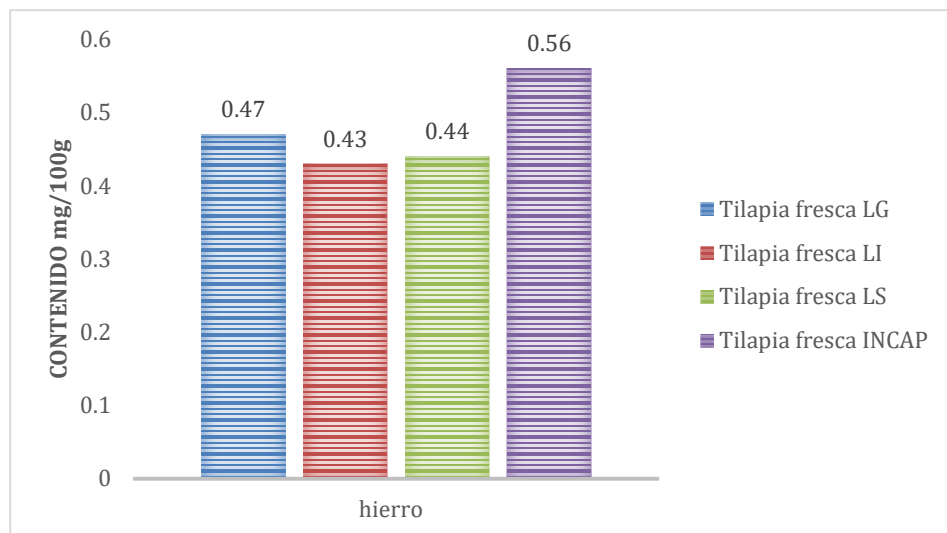


Figura 15. Comparación del contenido de hierro en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP

En el cuadro 49 se muestra la prueba de normalidad para verificar si los datos obtenidos del contenido de hierro, de las tilapias de los tres lagos, tienen una distribución normal, se observa que en los tres lagos, el valor obtenido de P es mayor a 0.05, es decir que cumplen con el supuesto de normalidad. Por lo tanto se realizó la prueba para igualdad de varianzas.

Cuadro 49. Prueba de normalidad para el contenido de hierro

Lagos	n	Media	Desviación estándar	P (Unilateral D)
LG	6	0.47	0.29	0.1805
LI	6	0.43	0.64	0.8248
LS	6	0.44	0.09	0.0575

El cuadro 50 refleja que entre las tilapias del lago de Güija y lago de Ilopango; lago de Güija y lago Suchitlán existe diferencia significativa ya que el valor obtenido de P es menor a 0.05, mientras que en las tilapias del lago de Ilopango y lago Suchitlán, no existe diferencia significativa ya que el valor obtenido de P es mayor a 0.05. Es importante destacar que las tilapias del lago de Güija poseen la mayor concentración de hierro y que debido a esto se observan diferencias significativas, esto podría asociarse a factores como, calidad del agua o posible presencia de sedimentos ricos en hierro como los red beds (Baburek *et al*, 2005).

Cuadro 50. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de hierro

Grupo (1)	Grupo (2)	n (1)	N (2)	Var (1)	Var (2)	F	P	Prueba
LG	LI	6	6	0.08	5. 0E-03	16.39	0.0081	Bilateral
LG	LS	6	6	0.08	0.01	11.06	0.0196	Bilateral
LI	LS	6	6	5. 0E-03	0.01	0.68	0.6769	Bilateral

Seguidamente se realizó el análisis estadístico, (ANOVA) (cuadro 51), con el objeto de reafirmar o refutar los resultados en la prueba F de igualdad de varianza, para determinar cuáles medias presenta diferencia significativa. El análisis indica el valor *P* es mayor a 0.05, por lo tanto no existe diferencia significativa en el contenido de hierro reportado entre las tilapias de los tres lagos analizados como conjunto, más la prueba F de igualdad de varianza si ha indicado diferencia entre dos grupos de lagos específicos.

Cuadro 51. Análisis de varianza para el contenido de hierro

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Lagos	3.1E-03	2	1.6E-03	0.05	0.9513
Error	0.47	15	0.03		
Total	0.47	17			

La carne de pescado también se considera una fuente de hierro. Perea *et al.* (2008) en un estudio realizado en Colombia reporto contenidos de hierro de 1-3 mg/100g de filete de tilapia roja (*Oreochromis sp*). Por otra parte Ramos (2018), reporto contenidos entre 0.25-0.50 mg/100g de porción comestible de tilapias (*Oreochromis sp*) en Ecuador. Por lo tanto es importante destacar la variación mínima entre de los contenidos de hierro obtenidos en este estudio con los reportados por la literatura.

Con respecto al aporte nutricional en humanos, en el cuadro 52 se observa el aporte de hierro, según el contenido obtenido en tilapias (*Oreochromis sp*) de los tres lagos. El aporte se refleja según el requerimiento de ingesta diaria adecuada de hierro, para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad. En el cuadro A-7 se puede consultar el requerimiento de hierro establecido por la RDA (1989).

Cuadro 52. Aporte de hierro para hombres y mujeres sanos mayores de 25 a. de edad

Hierro (mg/100g)	LG	LI	LS
	0.47	0.43	0.44
Aporte H	5.00%	4.00%	4.00%
Aporte M	3.00%	3.00%	3.00%

El aporte de hierro en una ración promedio de 100 g de tilapia, cubre aproximadamente entre el 3.00% y 5.00% del requerimiento de ingesta diaria adecuada para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.

4.2.7. Determinación de Zinc

Una vez realizadas las lecturas de las muestras de tilapia mediante absorción atómica para determinar el contenido de hierro, se obtuvieron los siguientes resultados para cada muestra de los tres lagos (cuadro 53). Los resultados para cada una de las reparticiones pueden consultarse los cuadros A-39, A-40 y A-41.

Cuadro 53. Resultados del contenido de zinc, en tilapias de los tres lagos

Sitio	Punto	Zinc (mg)	Promedio
Lago de Güija	LG01	0.09	0.12
	LG02	0.12	
	LG03	0.16	
Lago de Ilopango	LI01	0.14	0.14
	LI02	0.15	
	LI03	0.15	
Lago Suchitlán	LS01	0.14	0.14
	LS02	0.13	
	LS03	0.14	

El mayor contenido de zinc se obtuvo en la muestra LG03 con 0.16 g/100g de porción comestible y el menor contenido se obtuvo en la muestra LG01 con 0.09 g/100g ambos correspondientes al lago de Güija.

La figura 16 muestra la comparación del contenido de zinc obtenido en las tilapias de los tres lagos y el contenido de zinc reportado por el INCAP, se puede observar que en lago de Ilopango y Suchitlán se obtuvo un contenido igual (0.14 mg/100 g), comparado con las tilapias del lago de Güija (0.12 mg/100 g), siendo el contenido de zinc de las tilapias en estudio en los tres lagos, inferiores con respecto al valor reportado en las tablas del INCAP.

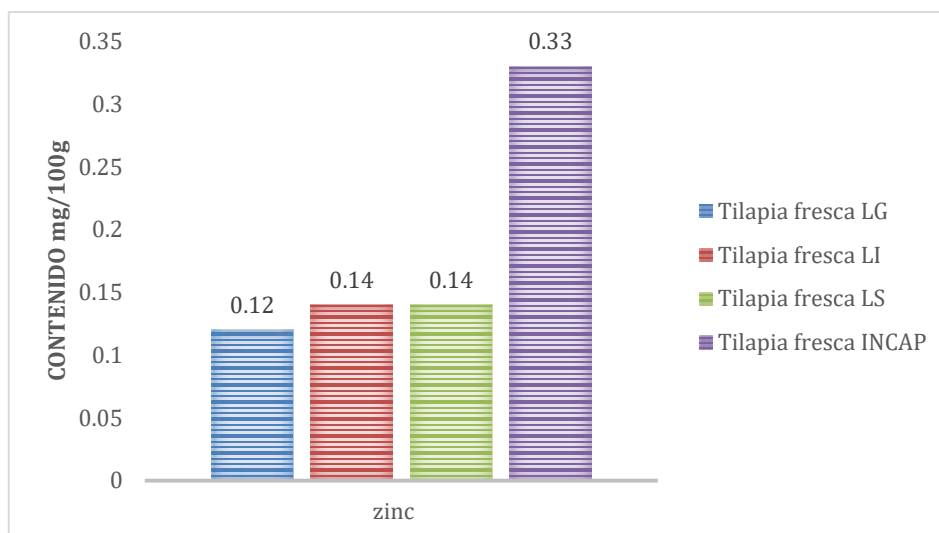


Figura 16. Comparación del contenido de zinc en tilapias de los tres lagos con el valor reportado por el INCAP

En el cuadro 54 se muestra la prueba de normalidad para verificar si los datos obtenidos del contenido de zinc, de las tilapias de los tres lagos, tienen una distribución normal, se observa que en los tres lagos, el valor obtenido de **P** es mayor a 0.05, es decir que cumplen con el supuesto de normalidad. Por lo tanto se realizó la prueba para igualdad de varianzas.

Cuadro 54. Prueba de normalidad para el contenido de zinc

Lagos	n	Media	Desviación estándar	P (Unilateral D)
LG	6	0.12	0.03	0.4894
LI	6	0.14	0.01	0.6055
LS	6	0.14	0.01	0.8387

El cuadro 55 refleja que entre las tilapias del lago de Güija y lago de Ilopango; lago de Güija y lago Suchitlán existe diferencia significativa ya que el valor obtenido de **P** es menor a 0.05, mientras que en las tilapias del lago de Ilopango y lago Suchitlán, no existe diferencia significativa ya que el valor obtenido de **P** es mayor a 0.05. Esto indica que los factores que influyen en estos resultados pueden estar asociados a la calidad del agua y a la dieta de las tilapias.

Cuadro 55. Prueba F para igualdad de varianzas para el contenido de zinc

Grupo (1)	Grupo (2)	n (1)	n(2)	Var (1)	Var(2)	F	P	Prueba
LG	LI	6	6	1. 0E-03	1. 1E-04	9.38	0.0282	Bilateral
LG	LS	6	6	1. 0E-03	1. 1E-04	9.09	0.0301	Bilateral
LI	LS	6	6	1. 1E-04	1. 1E-04	0.97	0.9739	Bilateral

Se realizó en análisis de varianza (ANOVA), con el objeto de reafirmar o refutar los resultados en la prueba F de igualdad de varianza y para determinar cuáles medias presenta diferencia significativa (cuadro 56). El valor *P* es mayor a 0.05, por lo tanto no existe diferencia significativa en el contenido de zinc reportado entre las tilapias de los tres lagos analizados como conjunto, más la prueba F de igualdad de varianza si ha indicado diferencia entre dos grupos de lagos específicos.

Cuadro 56. Análisis de varianza para el contenido de zinc

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Lagos	1.7E-03	2	8. E-04	2.07	0.1609
Error	0.01	15			
Total	0.01	17			

Existen pocos estudios que reporten el contenido de zinc en tilapias. Ramos (2018) reporta contenidos de zinc de tres especies de tilapia del género (*Oreochromis*) en Ecuador, encontrando valores de 0.30-0.60 mg/100 g de porción comestible. El contenido de zinc en las tilapias de los tres lagos estudiados es inferior a los valores reportados por la literatura.

La disponibilidad de zinc en diferentes alimentos varía ampliamente. Con respecto al aporte nutricional en humanos, en el cuadro 57 se observa el aporte de zinc, según el contenido obtenido en tilapias (*Oreochromis sp*) de los tres lagos. El aporte se refleja según el requerimiento de ingesta diaria adecuada de zinc, para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad. En cuadro A-7 se puede ver el requerimiento de zinc establecido por la RDA (1989).

Cuadro 57. Aporte de zinc para hombres y mujeres sanos mayores de 25 a. de edad

Zinc (mg/100g)	LG	LI	LS
	0.12	0.14	0.14
Aporte H	1.00%	1.00%	1.00%
Aporte M	1.00%	1.00%	1.00%

El aporte de zinc en una ración promedio de 100 g de tilapia, cubre aproximadamente el 1.00% del requerimiento de ingesta diaria adecuada para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad. Siendo un aporte muy mínimo de este producto con respecto a este mineral.

A continuación se presenta el promedio de los resultados obtenidos en la determinación de minerales en tilapias (*Oreochromis sp*), en el lago de Güija, lago de Ilopango y lago Suchitlán. El resumen de cada una de las repeticiones en las muestras de los tres lagos se puede observar en el cuadro A-42.

Cuadro 58. Resumen de la determinación de minerales en tilapias de tres lagos de El Salvador

Lagos	K (mg/100g)	P (mg/100g)	Na (mg/100g)	Ca (mg/100g)	Mg (mg/100g)	Fe (mg/100g)	Zn (mg/100g)
LG	253.24	145.71	37.41	23.54	15.94	0.47	0.12
LI	268.29	145.63	60.75	29.07	16.90	0.43	0.14
LS	258.98	152.98	41.89	26.99	17.19	0.44	0.14

En las figuras A-4, A-5 y A-6 se puede ver de una mejor manera el resumen del contenido de minerales obtenido en las tilapias de cada uno de los lagos.

5. CONCLUSIONES

Con respecto a la determinación del análisis bromatológico proximal, el agua es el componente más abundante presente en las tilapias de los tres lagos. El porcentaje humedad en las muestras de tilapias (*Oreochromis spp*) analizadas fue similar entre ellas, aproximándose al 80.00%, en los tres lagos.

En la determinación de proteína cruda, las tilapias analizadas del lago de Ilopango son las que presentaron mayor contenido (19.34 g/100 g de porción comestible). Sin embargo las tilapias del lago de Güija y Suchitlán poseen contenidos similares (17.94 g y 18.96 g) respectivamente, siendo las tilapias una fuente rica en proteínas.

La carne de tilapia procedente del lago de Ilopango, son las que mayor contenido de proteína podría aportar al ser humano, cubriendo entre 31.00% y 39.00% del requerimiento de ingesta diaria adecuada para hombres y mujeres mayores de 25 años de edad.

Las tilapias de los tres lagos estudiados, presentan contenidos bajos de extracto etéreo, en especial las tilapias del lago de Güija que contienen 1.40 g/100g de porción comestible, seguido del lago Suchitlán que posee 1.63 g/100g.

En los resultados obtenidos en la determinación de humedad y grasa en las tilapias de los tres lagos, puede notarse que el porcentaje de humedad es inversamente proporcional al contenido graso, ya que se observa que a mayor contenido de humedad menor contenido de grasa. También puede estimarse que las tilapias cultivadas en los tres lagos se encuentran dentro de la categoría de peces magros por poseer poca grasa y alto contenido de agua.

Con respecto al análisis bromatológico proximal, las tilapias estudiadas del lago de Ilopango fueron las que presentaron contenidos, en su mayoría similares o iguales a los valores de referencia del INCAP.

Los resultados obtenidos en la determinación de humedad, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas; el análisis estadístico indica que no hay diferencia significativa entre las tilapias de los tres lagos, por lo que todas las tilapias estudiadas presentan igual calidad bromatológica.

En cuanto a la determinación de minerales, el potasio es el componente más abundante presente en las tilapias de los tres lagos, mostrando valores similares entre ellos, sin embargo las tilapias del lago de Ilopango fueron las que presentaron mayor contenido.

Las tilapias analizadas de los tres lagos, presentaron un contenido de calcio superior con respecto al valor de referencia del INCAP, y solo en el lago de Ilopango se presentó un contenido de sodio superior al valor reportado por el INCAP; mientras que los contenidos de potasio, fósforo, magnesio, hierro y zinc en las tilapias de los tres lagos presentaron contenidos inferiores a los valores de referencia.

Con relación al aporte nutricional del contenido de minerales en humanos, el fósforo es el componente que mayor aporta en las tilapias de los tres lagos, cubriendo entre el 18.00 – 19.00% de requerimiento de ingesta diaria adecuada para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.

En los resultados obtenidos en la cuantificación de minerales, el análisis estadístico indica que los contenidos de potasio, fósforo, sodio, calcio, magnesio, hierro y zinc, no presentan diferencia significativa entre las tilapias de los tres lagos.

6. RECOMENDACIONES

A las personas, incluir la carne de tilapia en la dieta alimenticia, ya que es una fuente rica en proteína, baja en grasa, altamente digestible y además proporciona importantes minerales principalmente potasio, fósforo, sodio, calcio y magnesio, que son los componentes que hacen destacar la tilapia de otros productos cárnicos.

A productores y futuros productores, que quieran adentrarse al sector de la acuicultura se recomienda el cultivo de tilapias en jaulas, ya que un método de cultivo de bajo costo y fácil manejo y además permite la obtención de un alimento con alto contenido nutricional que puede proporcionar muchos beneficios a la salud de las personas.

Incluir en una futura investigación la evaluación de parámetros microbiológicos en la carne de tilapia (*Oreochromis spp*) ya que no existen estudios previos que indiquen la calidad microbiológica de las tilapias cultivadas en los lagos de Güija, Ilopango y Suchitlán.

Se recomienda evaluar el contenido nutricional de la dieta a la que se someten las tilapias cultivadas en jaulas en los tres lagos estudiados en esta investigación, y comparar con el aporte nutricional que estas brindan.

Para tener información completa sobre la calidad de tilapia cultivada en El Salvador, se recomienda a futuros investigadores, evaluar la presencia de metales pesados de este producto que se consume en el país.

Evaluar parámetros físicos químicos como: temperatura, oxígeno disuelto, pH y turbidez del medio donde se cultivan las tilapias para conocer los factores más determinantes que influyen en el contenido nutricional que estas aportan.

Capacitar a las personas interesadas en el cultivo de tilapias en jaulas en los lagos, para explotar los cuerpos de agua y fomentar la producción de este valioso recurso alimenticio que contribuye a la nutrición y salud de las personas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, D, M. 2016. Determinación de Sodio, Potasio, Hierro, Calcio y Zinc en arveja, lenteja y harina de haba por espectrometría de absorción atómica de llama. Tesis. Quito, Ecuador. En línea. Consultado el 7 de jun de 2021. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11454>
- AOAC (Association of Oficial Anlytical Chemists, US). 1980. Official Methods of Analisis 13th Ed. Washington D.C. Edited by William Horwitz. Published By The Association of Official Chemists. 1038 p.
- Ardón Quezada, M.A; Guandique Borja, L.M; Del Valle Vásquez, R.A. 2006. Estudio de mercado y viabilidad técnica operativa para la comercialización de tilapia, en el municipio de Talnique, departamento de la Libertad. Tesis. San Salvador, El salvador, UES. Consultado el 16 de jun de 2021. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9032/1/T-658%20A677.pdf>
- Arévalo Villalta, T.J; Marín, A.G. 2011. Comparación del rendimiento del cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando machos reservados versus macho genéticamente versus machos genéticamente mejorados (supermachos) criados en sistema intensivo. San miguel, El Salvador. En línea. Consultado el 21 de oct de 2021. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7179/>
- Arteaga Jurado, L.I; Díaz Solís, R.E. 2018. Estudio de la Tilapia Roja (*Oreochromis sp*) y su aplicación en la gastronomía. Tesis. Guayaquil. En línea. Consultado el 18 de ago de 2021. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/35664/1/TESIS%20Gs.%20268%20-%20Tilapia%20roja%20y%20su%20aplicac%20en%20la%20gastronom.pdf>
- Babůrek J; Baratoux L; Baroň I; Čech S; Hernandez W; Hradecký P; Kopačková V; Novák Z; Rapprich V; Šebesta J; Ševčík J; Vorel T; Zemková M. 2005. Estudio Geológico de los peligros de naturales, área de Metapán, El Salvador. Consultado el 22 de sep de 2021. Disponible en: http://sintet.net/images/bliblioteca_digital/Estudio%20geol%C3%B3gico%20de%20los%20peligros%20naturales%20%C3%A1rea%20de%20Metap%C3%A1n%20EI%20Salvador.pdf
- Baca Ibáñez, S.Y; Ríos Paico, P.E; Rojas Naccha, J.C. 2015. Importancia del magnesio en la dieta humana. En línea. Consultado en Diciembre de 2021. Disponible en [https://www.google.com/search?q=funcioenes+del+mangesio+pdf&rlz=1C1AVFC_enSV852SV864&sxsrf=AOaemvL00JIZSOIjPrXgbsPjlsYbws5Zqw%](https://www.google.com/search?q=funcioenes+del+mangesio+pdf&rlz=1C1AVFC_enSV852SV864&sxsrf=AOaemvL00JIZSOIjPrXgbsPjlsYbws5Zqw%20)
- Beveridge, M.C.M.1986. Piscicultura en jaulas y corrales. Modelos para calcular la capacidad de carga y las repercusiones en el ambiente. FAO Doc. Tec. Pesca, (255): 100p. En línea. Consultado el 12 de dic de 2021. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ad021s/ad021s00.htm>

- Calderón Orellana, M.Y.2018. Análisis del proceso productivo de la tilapia (*Oreochromis sp.*) en la estación experimental Monterrico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA), USAC. Tesis, Guatemala. En línea. Consultado el 17 de dic de 2021. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9957/1/T-03497.pdf>
- Carbajal Bernal, M.L; Machado Bazalar, R.M; Salvador San Martin, S.A; Huerta Pajuelo, L. 2014. Determinacion de Humedad. Universidad Nacional Agraria de Molina. En línea. Consultado el 28 de Sep de 2021. <https://pdfcookie.com/documents/pdfcookie-o2np7qk007v4>
- Castro M.I; Maafs A.G; Pérez F. 2012. Evaluación de diez especies de pescado para su inclusión como parte de la dieta renal, por su contenido de proteína, fósforo y ácidos grasos. En línea. Consultado el 13 de octubre de 2021. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S000406222012000200005&script=sci_abstract
- CENDEPESCA (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura). 2008. Manual sobre reproducción y cultivo de Tilapia. El Salvador. En línea. Consultado el 18 de dic de 2021. Disponible en: <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/mag/documents/119824/download>
- Chávez, F; Martínez, E. 2012. Informe de estudios sobre humedales en Metapán. Convenio para la investigación aplicada en ciencias de ingeniería entre UCA y Holcim. En línea. Consultado el 27 de oct de 2021. Disponible en: https://www.holcim.com.sv/sites/elsalvador/files/documents/Informe_de_estudios_sobre_humedales_en_Metapan__17_Ago_12_.pdf
- Condemarin Montes. J; Valdivia Huamán, D; Vásquez Quilcat, T; Velarde Vallejos, C; Zabaleta Fierro, Gian. 2014. Determinacion de humedad de pescado. Universidad Nacional Federico Villarreal. Consultado el 28 de sep de 2021. Disponible en: https://www.academia.edu/6810890/Determinaci%C3%B3n_de_humedad_de_pescado_1_P_%C3%A1_g_i_n_a_2_P_%C3%A1_g_i_n_a
- Contreras Escobar, N.E; Santos Mayorga, O.A. 2012. Determinación del análisis bromatológico proximal y fitoquímico preliminar de los extractos acuosos y etanólicos de inflorescencia de *Calathea allouia* (Aubl.) Lindl. (CHUFLE), frutos de *Bromelia karatas* (piñuela) y flor de *Cucurbita pepo* L. (flor de ayote). Tesis Lic. Química y Farmacia. El Salvador, San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. En línea. Consultado el 16 de junio de 2021. Disponible en:
- Cruz Marcelo, M; Sánchez Jiménez, M; Sánchez Aguirre, O. 2013. Fibra cruda. Consultado el 10 de diciembre de 2021. Disponible en: <https://es.slideshare.net/RosaAimeMoralesManuel/fibra-cruda>
- Díaz Mejía, J.P; Santana Grande, J.A. 2009. Cuantificación de hierro, zinc, calcio y vitamina “A” en leche de soya en polvo, de tres marcas comercializadas en los alrededores del Centro Urbano “José Simeón Cañas”. Tesis. San Salvador, El salvador, UES. Consultado el 7 de nov de 2021. Disponible en:

<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2584/1/16100882.pdf>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1998. El pescado fresco: Su calidad y cambios de su calidad. Dinamarca. En línea. Consultado el 18 de sep de 2021. Disponible en:
<http://www.fao.org/3/V7180S/v7180s00.htm#Contents>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. El papel de la acuicultura en la mejora de la seguridad alimentaria y la nutrición. En línea. Consultado el 17 de oct de 2021. Disponible en:
<https://www.fao.org/3/y8871s/y8871s.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2016. Plan Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca y la Acuicultura de El Salvador 2015-2030. En línea. Consultado el 16 de sep de 2021. Disponible en:
<https://www.transparencia.gob.sv/institutions/43/documents/147410/download>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2005. National Aquaculture Sector Overview. Visión general del sector acuícola nacional- El Salvador. Departamento de pesca y Acuicultura de la FAO. En línea. Roma. Consultado el 12 de sep de 2020. Disponible en:
http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_elsalvador/es
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Estado Mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos del desarrollo sostenible. Roma. En línea. Consultado el 12 de sep de 2021. Disponible en:
<http://www.fao.org/3/I9540es/i9540es.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. Estado Mundial de la pesca y la acuicultura. La sostenibilidad en acción. Roma. En línea. Consultado el 12 de sep de 2021. Disponible en:
<http://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>
- FUNDES (Fundación para el Desarrollo Económico y Social).s.f. Programa de desarrollo económico con enfoque territorial en la zona sur occidente de El Salvador: Acuicultura y Turismo. En línea. Consultado el 16 de dic de 2021. Disponible en:
<https://www.transparencia.gob.sv/institutions/mag/documents/185726/download>
- Galdámez, J.W; Sáenz Osorio, R.E. 2017. Evaluación de dos niveles de probióticos (*Bacillus subtilis*) en alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en fase juvenil. Tesis. San Salvador, El salvador, UES. 3 p. En línea. Consultado el 16 de dic de 2021. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14876/1/13101648.pdf>
- Gonzales Torres, L; Téllez Valencia, A; Sampedro, J.G; Nájera, H. 2007. Proteínas en la nutrición. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca. México. En línea. Consultado el 16 de jun de 2021. Disponible en:
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2007/spn072g.pdf>

- Guerrero P.M; Ramos, A. 2004. Manejo del cultivo de tilapia. Fondo Nacional de Desarrollo pesquero- FONDEPES. En línea. Consultado el 21 de oct de 2021. Disponible en: http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual_tilapia.pdf
- Hernández Melgar, M.A; Martínez Hernández, E.G. 2016. Determinación del análisis bromatológico proximal y calidad culinaria de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo cultivado en la zona occidental de El Salvador. Tesis. San Salvador, El salvador, UES. 50 p. en línea. Consultado el 4 de jul de 2021. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/9996/1/16103662.pdf>
- Hidalgo Bonilla, AR. 2017. Oportunidades y Desafíos de la acuicultura en El Salvador: una mirada desde la perspectiva del desarrollo sostenible. Revista AKADEMOS (Órgano de difusión de la red Docencia- investigación). En línea. Consultado el 12 de dic de 2021. Disponible en: <https://www.camjol.info/index.php/akademos/article/view/6326>
- Huss H.H. 1998. El pescado fresco: Su calidad y cambios de su calidad. Dinamarca. En línea. Consultado el 18 de dic de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/V7180S/v7180s00.htm#Contents>
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. 2018. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Guatemala. 3 ed. 366 p. en línea. Consultado el 3 de jul de 2021. Disponible en: https://issuu.com/incap1/docs/tca_incap_3ra_edici_n_segunda_reimpresi_n_2020
- Izquierdo, P.C; Torres G, F; Barboza, Y; Márquez, E.S; Allara, M, C. 2000. Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. Zulia. Venezuela. En línea. Consultado el 12 de jun de 2021. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000200013
- Lorenzo, M; Reyes A; Blanco I; Vasallo, M. 2010. Determinación de Ca, Cu, Fe y Pb por espectrofotometría de absorción atómica en aguardientes de caña. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Vol.44, núm.3 la Habana. Cuba. 3-6 p. en línea. Consultado el 7 de ago de 2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120684001.pdf>
- Madrid Orellana, E.C. 2015. Calidad del agua y estado trófico en el lago de Güija y sus ríos afluentes y efluentes para un programa de monitoreo, en el departamento de Santa Ana, El salvador. Nicaragua, Managua. En línea. Consultado el 27 de may de 2021. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/10958/1/01048.pdf>

- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería); CENDEPESCA (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura). 2015. Política Nacional de Pesca y Acuicultura, 2015-2030. En línea. Consultado el 17 de oct de 2021. Disponible en: https://www.google.com/search?q=Pol%C3%ADtica+Nacional+de+Pesca+y+Acuicultura+2015++2030&rlz=1C1AVFC_enSV852SV864&oq=Pol%C3%ADtica+Nacional+de+Pesca+y+Acuicultura+2015++2030&aqs=chrome..69i57.399j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#
- Mena, Z.E. 2015. Evaluación de la calidad del agua lago de Ilopango año 2015. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador. El Salvador. En línea. Consultado el 21 de ago de 2021. Disponible en: <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/evaluacion-de-la-calidad-del-agua-lago-de-ilopango-ano-2015/>
- Monge, M.Y; Rivera M.H. 2012. Determinación del perfil bacteriológico de *Oreochromis niloticus* (tilapia) fresca y su respectiva agua de estanque proveniente del cantón Atiocoyo, municipio de San Pablo Tacachico, la libertad. Tesis. San Salvador, El Salvador, UES. 26 p. En línea. Consultado el 12 dic de 2021. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2338/>
- Montgomery R; Conway T.W; Spector A.A. 1999. Bioquímica casos y texto. 6 ed. Madrid, España.en línea. Consultado el 20 de enero de 2022. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/492310878/Bioquimica-Casos-y-Texto-Rex-Montgomery-1>
- Navarro Márquez, M.A. 2007. Analisis de alimentos. Manual de prácticas. Sonora, México. En línea. Consultado el 16 de jun de 2021. Disponible en: etpcb.com.ar/DocumentosDconsulta/ALIMENTOS-PROCESOS%20Y%20QUÍMICA/Manual%20de%20prácticos%20en%20alimentos.pdf
- Ortiz Prudencio, S. 2006. Determinación de la composición química proximal y fibra dietaría de 43 variedades criollas de maíz de 7 municipios del sureste del estado de Hidalgo. Tesis. Pachuca. Hidalgo. UAEH. En línea. Consultado el 18 de dic de 2021. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/630/Determinacion%20quimica%20proximal%20y%20fibra%20dietaria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Osorio A; Wills A; Muños A.P. 2013. Caracterización de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Colombia. En línea. Consultado el 11 de octubre de 2021. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remvez/article/view/42127/44066>
- Páez, M.C. 2012. Los micronutrientes. Universidad de Carabobo Venezuela. V. 5-6. Consultado en 3 de dic de 2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3759/375939019003.pdf>

- Perea, A; Gómez, E; Mayorga, Yohanna, C. 2008. Caracterización nutricional de pescados de producción y consumo nacional en Bucaramanga, Colombia. En línea. Consultado el 12 de jul de 2021. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100013
- PESA (Programa especial para la seguridad alimentaria). 2011. Seguridad alimentaria nutricional, conceptos básicos. 3 ed. En línea consultado el 15 de oct de 2021. Disponible en: <https://www.fao.org/3/at772s/at772s.pdf>
- Pineda Magaña, G.J; Rivera Sánchez, E.D. 2016. Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en pupusas a base de *Zea mays* (Maíz), comercializadas dentro y en los alrededores del campus central de la Universidad de El Salvador. Tesis. San Salvador, El salvador, UES. 51-52 p. en línea. Consultado el 18 de dic 2021. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/12932/1/16103692.pdf>
- Ramírez López, G. 2008. Expresión Analítica de los componentes de los Alimentos. Antioquia. En línea. Consultado el 4 de jul de 2021. Disponible en: http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/pluginfile.php/44571/mod_page/content/1/Notas_de_Expresion_analitica_de_los_componentes_de_los_alimentos_2008.pdf
- Ramos K.N. 2018. Determinacion de minerales en pescados continentales ecuatorianos por espectrofotometría de absorción atómica de llama. Quito, Ecuador. En línea. Consultado el 14 de octubre de 2021. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15492>
- RDA (Recommended Dietary Allowances). 1989. Cantidad dietética recomendada. 10 ed. En línea. Consultada el 27 de may de 2021. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234932/pdf/Bookshelf_NBK234932.pdf
- Rodríguez Vizcaíno, N, E, 2017. Analisis proximal de pescados continentales de mayor consumo humano en Ecuador. Quito. En línea. Consultado el 18 de Abril de 2021. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14675/tesis%20an%c3%81lisis%20proximal%20de%20pescados%20continentales%20de%20mayor%20consumo%20humano%20en%20ecuador.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Rodríguez, F.C; Chavarría, S.F. 2017. Composición proximal en algunas especies de pescado y mariscos disponibles en el pacifico costarricense. Uniciencia. Vol. 31, núm. 1, Costa Rica. Consultado el 17 de marzo de 2021. Disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/4759/Resumenes/Resumen_475950939003_1.pdf
- Ruano Andrade, S; Hernandez, R. 2008. Impacto de la pesca y la acuicultura en la seguridad alimentaria y nutricional a nivel familiar y comunitario en Centroamérica. En línea. Consultado el 15 de oct de 2021. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=mpacto+de+la+Pesca+y+Acuicultura+en+la+Seguridad+Alimentaria+y+Nutricional+a+Nivel+Familiar+y+Comunitario+en+Centroam%C3%A9ri&rlz=>

- Saavedra Martínez, M.A. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua. En línea. Consultado el 18 de dic de 2021. Disponible en:
<https://www.crc.uri.edu/download/manejo-del-cultivo-de-tilapia-cidea.pdf>
- Sánchez, N; Mendieta, B. 2000. Determinación del valor nutritivo de los alimentos. Managua. Nicaragua. En línea. Consultado el 4 de jul de 2021. Disponible en:
<https://core.ac.uk/download/pdf/35166784.pdf>
- Shimadzu Corporation. s.f. Foodstuffs Analysis Methods, Japan Foodstuffs Manufacturing Society, Foodstuffs Analysis Methods Editorial Commission Publication (Korin Co.). s.p.
- Tacon, A.G. 1989. Nutrición y Alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. Brasilia, Brasil. En línea. Consultado el 3 de oct de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ab492s/ab492s00.htm#toc>
- Urbano, T. 2020. Cultivo de tilapia. En línea. Consultado el 21 de oct de 2021. Disponible en: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-tilapia/>.
- Velásquez Paccha, M.J. 2012. Evaluación del valor nutricional de la tilapia roja (*Oreochromis spp*) en filetes procesados por liofilización. Ecuador. En línea. Consultado el 17 de nov de 2021. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2602/1/56t00379.pdf>
- Zea Morales, J.P; Zea Pizarro, W.J. Vacaro Macías, V.I; Avalos Moreno, E. 2017. Los aminoácidos en el cuerpo humano. Revista científica mundo de la investigación y el conocimiento. Vol. 1, núm.5 Guayaquil. En línea. Consultado el 16 de junio de 2021. Disponible en:

8. ANEXOS

Cuadro A- 1. Resultado del porcentaje de humedad en tilapias del lago de Güija

Id Interno	%HP	%HT	%Humedad	% Materia Seca
LG01-1	83.86	2.02	85.89	14.11
LG01-2	83.86	1.47	85.33	14.67
LG02-1	78.10	2.17	80.28	19.72
LG02-2	78.10	1.66	79.76	20.24
LG03-1	76.09	3.49	79.58	20.42
LG03-2	76.09	3.30	79.39	20.61
PROMEDIO			81.70	18.30

Cuadro A- 2. Resultado del porcentaje de humedad en tilapias del lago de Ilopango

Id Interno	%HP	%HT	%Humedad	% Materia Seca
LI01-1	77.56	2.55	80.10	19.90
LI01-2	77.56	2.22	79.78	20.22
LI02-1	77.18	1.78	78.95	21.05
LI02-2	77.18	3.11	80.28	19.72
LI03-1	78.59	1.53	80.12	19.88
LI03-2	78.59	2.29	80.88	19.12
PROMEDIO			80.02	19.98

Cuadro A- 3. Resultado del porcentaje de humedad en tilapias del lago Suchitlán

Id Interno	%HP	%HT	%Humedad	% Materia Seca
LS01-1	77.81	1.17	78.98	21.02
LS01-2	77.81	2.45	80.26	19.74
LS02-1	81.04	2.21	83.25	16.75
LS02-2	81.04	2.31	83.35	16.65
LS03-1	77.62	2.11	79.73	20.27
LS03-2	77.62	2.42	80.04	19.96
PROMEDIO			80.93	19.07

Cuadro A- 4. Resultado del contenido de proteína cruda en tilapias del lago de Güija

Id Interno	Peso de Mx (g)	HCl gastado (mL)	Nitrógeno (%)	Proteína Cruda (%)	Proteína Cruda BH (g)
LG01-1	0.149	13.02	15.43	96.42	13.61
LG01-2	0.216	19.82	16.20	101.24	14.85
LG02-1	0.123	10.23	14.68	91.77	18.10
LG02-2	0.124	11.11	15.82	98.86	20.01
LG03-1	0.141	13.00	16.28	101.73	20.77
LG03-2	0.129	11.52	15.77	98.53	20.31
PROMEDIO			15.69	98.09	17.94

Cuadro A- 5. Resultado del contenido de proteína cruda en tilapias del lago de Ilopango

Id Interno	Peso de Mx (g)	HCl gastado (mL)	Nitrógeno (%)	Proteína Cruda (%)	Proteína Cruda BH (g)
LI01-1	0.111	9.85	15.67	97.91	19.48
LI01-2	0.115	10.05	15.43	96.43	19.50
LI02-1	0.124	10.41	14.82	92.63	19.50
LI02-2	0.120	10.51	15.46	96.64	19.06
LI03-1	0.132	11.70	15.65	97.80	19.44
LI03-2	0.118	10.67	15.96	99.77	19.07
PROMEDIO			15.50	96.86	19.34

Cuadro A- 6. Resultado del contenido de proteína cruda en tilapias del lago Suchitlán

Id Interno	Peso de Mx (g)	HCl gastado (mL)	Nitrógeno (%)	Proteína Cruda (%)	Proteína Cruda BH (g)
LS01-1	0.118	10.31	15.42	96.41	20.26
LS01-2	0.115	10.11	15.52	97.00	19.15
LS02-1	0.127	11.74	16.32	102.00	17.08
LS02-2	0.125	11.55	16.31	101.95	16.97
LS03-1	0.126	11.66	16.34	102.11	20.70
LS03-2	0.129	11.50	15.74	98.36	19.63
PROMEDIO			15.94	99.64	18.97

Cuadro A- 7. Aporte dietético recomendado (RDA) para hombres y mujeres mayores de 25 años de edad, Requerimiento mínimo estimado (EAR) para personas sanas mayores de 18 años de edad.

NUTRIENTES	UNIDAD	RDA H >25a	RDA M >25a	EMR >18a
Proteína cruda	g	63	50	-
Extracto etéreo	g	17	12	-
Fibra cruda	g	-	-	-
Carbohidratos	g	-	-	-
Potasio	mg	-	-	2000
Fósforo	mg	800	800	-
Sodio	mg	-	-	500
Calcio	mg	800	800	-
Magnesio	mg	350	280	-
Hierro	mg	10	15	-
Zinc	mg	15	12	-

Cuadro A- 8. Resultado del contenido de extracto etéreo en tilapias del lago de Güija

Id Interno	Peso Balón vacío (g)	Peso de Mx (g)	Peso Balón + EE	Extracto etéreo (g)	Extracto etéreo BS (%)	Extracto etéreo BH (g)
LG01-1	137.931	2.017	138.031	0.10	4.96	0.70
LG01-2	126.664	2.082	126.846	0.18	8.74	1.28
LG02-1	159.734	2.073	159.872	0.14	6.66	1.31
LG02-2	111.680	2.086	111.843	0.16	7.81	1.58
LG03-1	91.350	2.067	91.506	0.16	7.55	1.54
LG03-2	110.364	2.168	110.573	0.21	9.64	1.99
PROMEDIO				0.16	7.56	1.40

Cuadro A- 9. Resultado del contenido de extracto etéreo en tilapias del lago de Ilopango

Id Interno	Peso Balón vacío (g)	Peso de Mx (g)	Peso Balón + EE	Extracto etéreo (g)	Extracto etéreo BS (%)	Extracto etéreo BH (g)
LI01-1	125.57	2.058	125.758	0.19	9.14	1.82
LI01-2	111.671	2.051	111.816	0.14	7.07	1.43
LI02-1	103.411	2.107	103.687	0.28	13.10	2.76
LI02-2	98.337	2.074	98.509	0.17	8.29	1.64
LI03-1	137.920	2.123	138.082	0.16	7.63	1.52
LI03-2	118.715	2.149	118.886	0.17	7.96	1.52
PROMEDIO				0.19	8.86	1.77

Cuadro A- 10. Resultado del contenido de extracto etéreo en tilapias del lago Suchitlán

Id Interno	Peso Balón vacío (g)	Peso de Mx (g)	Peso Balón + EE	Extracto etéreo (g)	Extracto etéreo BS (%)	Extracto etéreo BH (g)
LS01-1	103.416	2.026	103.607	0.19	9.43	1.98
LS01-2	161.032	2.033	161.224	0.19	9.44	1.86
LS02-1	91.356	2.079	91.546	0.19	9.14	1.53
LS02-2	110.37	2.053	110.509	0.14	6.77	1.13
LS03-1	118.719	2.097	118.908	0.19	9.01	1.83
LS03-2	98.342	2.014	98.489	0.15	7.30	1.46
PROMEDIO				0.17	8.52	1.63

Cuadro A- 11. Resultado del contenido de ceniza en tilapias del algo de Güija

Id Interno	Peso crisol vacío (g)	Peso de Mx (g)	Peso crisol + ceniza (g)	Peso de Mx calcinada (g)	Ceniza BS (%)	Ceniza BH (g)
LGO1-1	60.782	3.118	60.924	0.14	4.55	0.64
LG01-2	63.661	3.009	63.800	0.14	4.62	0.68
LG02-1	46.457	3.044	46.595	0.14	4.53	0.89
LG02-2	64.397	3.055	64.539	0.14	4.65	0.94
LG03-1	68.347	3.050	68.507	0.16	5.25	1.07
LG03-2	76.952	3.024	77.099	0.15	4.86	1.00
PROMEDIO				0.14	4.74	0.87

Cuadro A- 12. Resultado del contenido de ceniza en tilapias del algo de Ilopango

Id Interno	Peso crisol vacío (g)	Peso de Mx (g)	Peso crisol + ceniza (g)	Peso de Mx calcinada (g)	Ceniza BS (%)	Ceniza BH (g)
LIO1-1	62.125	3.130	62.284	0.16	5.08	1.01
LI01-2	68.103	3.014	68.239	0.14	4.51	0.91
LI02-1	61.526	3.103	61.665	0.14	4.48	0.94
LI02-2	63.028	3.116	63.167	0.14	4.46	0.88
LI03-1	63.109	3.008	63.259	0.15	4.99	0.99
LI03-2	64.905	3.093	65.051	0.15	4.72	0.90
PROMEDIO				0.14	4.71	0.93

Cuadro A- 13. Resultado del contenido de ceniza en tilapias del algo Suchitlán

Id Interno	Peso crisol vacío (g)	Peso de Mx (g)	Peso crisol + ceniza (g)	Peso de Mx calcinada (g)	Ceniza BS (%)	Ceniza BH (g)
LSO1-1	62.972	3.010	63.12	0.15	4.92	1.03
LS01-2	76.113	3.277	76.269	0.16	4.76	0.94
LS02-1	57.927	3.055	58.074	0.15	4.81	0.81
LS02-2	85.501	3.039	85.646	0.14	4.77	0.79
LS03-1	62.381	3.121	62.535	0.15	4.93	1.00
LS03-2	60.377	3.047	60.527	0.15	4.92	0.98
PROMEDIO				0.15	4.85	0.93

Cuadro A- 14. Resultado del contenido de fibra cruda en tilapias del lago de Güija

Id Interno	Peso de Bolsa Vacía (g)	Peso de Mx (g)	Peso de Bolsa + Mx desp. Digerir (g)	Mx digerida (g)	FC BS (%)	FC BH (g)
LG01-1	0.502	1.011	0.503	0.0	0.0	0.0
LG01-2	0.531	1.034	0.531	0.0	0.0	0.0
LG02-1	0.555	1.049	0.555	0.0	0.0	0.0
LG02-2	0.523	1.034	0.523	0.0	0.0	0.0
LG03-1	0.531	1.016	0.531	0.0	0.0	0.0
LG03-2	0.529	1.048	0.529	0.0	0.0	0.0
PROMEDIO				0.00	0.00	0.00

Cuadro A- 15. Resultado del contenido de fibra cruda en tilapias del lago de Ilopango

Id Interno	Peso de Bolsa Vacía (g)	Peso de Mx (g)	Peso de Bolsa + Mx desp. Digerir (g)	Mx digerida (g)	FC BS (%)	FC BH (g)
LI01-1	0.529	1.050	0.529	0.0	0.0	0.0
LI01-2	0.538	1.032	0.538	0.0	0.0	0.0
LI02-1	0.538	1.025	0.538	0.0	0.0	0.0
LI02-2	0.524	1.019	0.524	0.0	0.0	0.0
LI03-1	0.516	1.075	0.516	0.0	0.0	0.0
LI03-2	0.512	1.040	0.512	0.0	0.0	0.0
PROMEDIO				0.00	0.00	0.00

Cuadro A- 16. Resultado del contenido de fibra cruda en tilapias del lago de Suchitlán

Id Interno	Peso de Bolsa Vacía (g)	Peso de Mx (g)	Peso de Bolsa + Mx desp. Digerir (g)	Mx digerida (g)	FC BS (%)	FC BH (g)
LS01-1	0.537	1.034	0.537	0.00	0.00	0.00
LS01-2	0.543	1.082	0.543	0.00	0.00	0.00
LS02-1	0.550	1.007	0.550	0.00	0.00	0.00
LS02-2	0.520	1.034	0.520	0.00	0.00	0.00
LS03-1	0.531	1.051	0.531	0.00	0.00	0.00
LS03-2	0.530	1.014	0.530	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO				0.00	0.00	0.00

Cuadro A- 17. Resultado del contenido de carbohidratos en tilapias del lago de Güija

ID interno	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Ceniza (g)	Proteína Cruda (g)	Extracto Etéreo (g)	Fibra Cruda (g)	Carbohidratos (g)
LG01-1	85.89	14.11	0.64	13.61	0.70	0.00	0.00
LG01-2	85.33	14.67	0.68	14.85	1.28	0.00	0.00
LG02-1	80.28	19.72	0.89	18.10	1.31	0.00	0.00
LG02-2	79.76	20.24	0.94	20.01	1.58	0.00	0.00
LG03-1	79.58	20.42	1.07	20.77	1.54	0.00	0.00
LG03-2	79.39	20.61	1.00	20.31	1.99	0.00	0.00
PROMEDIO							0.00

Cuadro A- 18. Resultado del contenido de carbohidratos en tilapias del lago de Ilopango

ID interno	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Ceniza (g)	Proteína Cruda (g)	Extracto Etéreo (g)	Fibra Cruda (g)	Carbohidratos (g)
LI01-1	80.10	19.90	1.01	19.48	1.82	0.00	0.00
LI01-2	79.78	20.22	0.91	19.50	1.43	0.00	0.00
LI02-1	78.95	21.05	0.94	19.50	2.76	0.00	0.00
LI02-2	80.28	19.72	0.88	19.06	1.64	0.00	0.00
LI03-1	80.12	19.88	0.99	19.44	1.52	0.00	0.00
LI03-2	80.88	19.12	0.90	19.07	1.52	0.00	0.00
PROMEDIO							0.00

Cuadro A- 19. Resultado del contenido de carbohidratos en tilapias del lago de Suchitlán

ID interno	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Ceniza (g)	Proteína Cruda (g)	Extracto Etéreo (g)	Fibra Cruda (g)	Carbohidratos (g)
LS01-1	78.98	21.02	1.03	20.26	1.98	0.00	0.00
LS01-2	80.26	19.74	0.94	19.15	1.86	0.00	0.00
LS02-1	83.25	16.75	0.81	17.08	1.53	0.00	0.00
LS02-2	83.35	16.65	0.79	16.97	1.13	0.00	0.00
LS03-1	79.73	20.27	1.00	20.70	1.83	0.00	0.00
LS03-2	80.04	19.96	0.98	19.63	1.46	0.00	0.00
PROMEDIO							0.00

Cuadro A- 20. Resumen de resultados del análisis bromatológico proximal en tilapias (*Oreochromis spp*) de tres lagos de El Salvador

ANALISIS BROMATOLOGICO PROXIMAL							
Muestra	Metodología						
	Gravimétrico		micro-Kjedahl	Soxhlet	Gravimétrico	AnKom	Diferencia
ID interno	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Proteína Cruda (g)	Extracto Etéreo (g)	Ceniza (g)	Fibra Cruda (g)	Carbohidratos (g)
LG01-1	85.89	14.11	13.61	0.70	0.64	0.00	0.00
LG01-2	85.33	14.67	14.85	1.28	0.68	0.00	0.00
LG02-1	80.28	19.72	18.10	1.31	0.89	0.00	0.00
LG02-2	79.76	20.24	20.01	1.58	0.94	0.00	0.00
LG03-1	79.58	20.42	20.77	1.54	1.07	0.00	0.00
LG03-2	79.39	20.61	20.31	1.99	1.00	0.00	0.00
PROMEDIO	81.70	18.30	17.94	1.40	0.87	0.00	0.00
LI01-1	80.10	19.90	19.48	1.82	1.01	0.00	0.00
LI01-2	79.78	20.22	19.50	1.43	0.91	0.00	0.00
LI02-1	78.95	21.05	19.50	2.76	0.94	0.00	0.00
LI02-2	80.28	19.72	19.06	1.64	0.88	0.00	0.00
LI03-1	80.12	19.88	19.44	1.52	0.99	0.00	0.00
LI03-2	80.88	19.12	19.07	1.52	0.90	0.00	0.00
PROMEDIO	80.02	19.98	19.34	1.78	0.93	0.00	0.00
LS01-1	78.98	21.02	20.26	1.98	1.03	0.00	0.00
LS01-2	80.26	19.74	19.15	1.86	0.94	0.00	0.00
LS02-1	83.25	16.75	17.08	1.53	0.81	0.00	0.00
LS02-2	83.35	16.65	16.97	1.13	0.79	0.00	0.00
LS03-1	79.73	20.27	20.70	1.83	1.00	0.00	0.00
LS03-2	80.04	19.96	19.63	1.46	0.98	0.00	0.00
PROMEDIO	80.93	19.07	18.97	1.63	0.93	0.00	0.00

Cuadro A- 21. Resultado del contenido de potasio en tilapias del lago de Güija

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	K BS	K BH (mg/100g)
LG01-1	1/100	3.118	3.9995	12827.13	1282.71	181.05
LG01-2	1/100	3.009	4.6398	15419.74	1541.97	226.18
LG02-1	1/100	3.044	3.5370	11619.58	1161.96	229.19
LG02-2	1/100	3.055	4.1151	13470.05	1347.00	272.65
LG03-1	1/100	3.05	5.1400	16852.46	1685.25	344.09
LG03-2	1/100	3.024	3.9061	12917.00	1291.70	266.28
PROMEDIO					1385.10	253.24

Cuadro A- 22. Resultado del contenido de potasio en tilapias del lago de Ilopango

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	K BS	K BH (mg/100g)
LI01-1	1/100	3.13	4.2151	13466.77	1346.68	267.94
LI01-2	1/100	3.014	4.0662	13491.04	1349.10	272.80
LI02-1	1/100	3.103	4.1128	13254.27	1325.43	278.99
LI02-2	1/100	3.116	3.7482	12028.88	1202.89	237.19
LI03-1	1/100	3.008	4.5108	14996.01	1499.60	298.09
LI03-2	1/100	3.093	4.1217	13325.90	1332.59	254.74
PROMEDIO					1342.71	268.29

Cuadro A- 23. Resultado del contenido de potasio en tilapias del lago Suchitlán

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	K BS	K BH (mg/100g)
LS01-1	1/100	3.010	3.5148	11677.08	1167.71	245.45
LS01-2	1/100	3.277	3.9483	12048.52	1204.85	237.84
LS02-1	1/100	3.055	4.5153	14780.03	1478.00	247.56
LS02-2	1/100	3.039	4.0684	13387.30	1338.73	222.89
LS03-1	1/100	3.121	4.6876	15019.55	1501.95	304.47
LS03-2	1/100	3.047	4.5130	14811.29	1481.13	295.66
PROMEDIO					1362.06	258.98

Cuadro A- 24. Resultado del contenido de fósforo en tilapias del algo de Güija

ID Interno	Factor de dilución	Peso Muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	P BS	P BH (mg/100g)
LG01-1	1/25	3.118	9.7883	7848.22	784.82	110.78
LG01-2	1/25	3.014	8.7143	7228.19	722.82	106.03
LG02-1	1/25	3.044	9.6834	7952.86	795.29	156.87
LG02-2	1/25	3.055	9.0851	7434.62	743.46	150.49
LG03-1	1/25	3.050	10.622	8706.56	870.66	177.77
LG03-2	1/25	3.024	10.113	8360.62	836.06	172.35
PROMEDIO					792.18	145.71

Cuadro A- 25. Resultado del contenido de fósforo en tilapias del algo de Ilopango

ID Interno	Factor de dilución	Peso Muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	P BS	P BH (mg/100g)
LI01-1	1/25	3.019	8.9367	7400.38	740.04	147.24
LI01-2	1/25	3.021	8.7961	7279.13	727.91	147.19
LI02-1	1/25	3.103	8.7501	7049.71	704.97	148.39
LI02-2	1/25	3.116	8.5301	6843.79	684.38	134.95
LI03-1	1/25	3.008	9.0441	7516.71	751.67	149.42
LI03-2	1/25	3.093	9.4891	7669.82	766.98	146.62
PROMEDIO					729.33	145.63

Cuadro A- 26. Resultado del contenido de fósforo en tilapias del algo Suchitlán

ID Interno	Factor de dilución	Peso Muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	P BS	P BH (mg/100g)
LS01-1	1/25	3.010	9.6783	8038.46	803.85	168.97
LS01-2	1/25	3.277	10.491	8003.51	800.35	157.99
LS02-1	1/25	3.055	9.9315	8127.25	812.73	136.13
LS02-2	1/25	3.039	10.059	8274.93	827.49	137.77
LS03-1	1/25	3.121	10.095	8086.35	808.64	163.92
LS03-2	1/25	3.047	9.3484	7670.17	767.02	153.11
PROMEDIO					803.34	152.98

Cuadro A- 27. Resultado del contenido de sodio en tilapias del lago de Güija

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Na BS	Na BH (mg/100g)
LG01-1	1/100	3.118	0.5072	1626.68	162.67	22.96
LG01-2	1/100	3.009	0.6469	2149.88	214.99	31.54
LG02-1	1/100	3.044	0.5685	1867.61	186.76	36.84
LG02-2	1/100	3.055	0.6469	2117.51	211.75	42.86
LG03-1	1/100	3.050	0.7552	2476.07	247.61	50.56
LG03-2	1/100	3.024	0.5822	1925.26	192.53	39.69
PROMEDIO					202.72	37.41

Cuadro A- 28. Resultado del contenido de sodio en tilapias del lago de Ilopango

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Na BS	Na BH (mg/100g)
LI01-1	1/100	3.130	1.0748	3433.87	343.39	68.32
LI01-2	1/100	3.014	1.0482	3477.77	347.78	70.32
LI02-1	1/100	3.103	0.6613	2131.16	213.12	44.86
LI02-2	1/100	3.116	0.5109	1639.60	163.96	32.33
LI03-1	1/100	3.008	1.3327	4430.52	443.05	88.07
LI03-2	1/100	3.093	0.9802	3169.09	316.91	60.58
PROMEDIO					304.70	60.75

Cuadro A- 29. Resultado del contenido de sodio en tilapias del lago Suchitlán

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Na BS	Na BH (mg/100g)
LS01-1	1/100	3.010	0.5523	1834.88	183.49	38.57
LS01-2	1/100	3.277	0.6299	1922.18	192.22	37.94
LS02-1	1/100	3.055	0.7152	2341.08	234.11	39.21
LS02-2	1/100	3.039	0.6731	2214.87	221.49	36.88
LS03-1	1/100	3.121	0.7489	2399.55	239.96	48.64
LS03-2	1/100	3.047	0.7651	2510.99	251.10	50.12
PROMEDIO					220.39	41.89

Cuadro A- 30. Resultado del contenido de calcio en tilapias del lago de Güija

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Ca BS	Ca BH (mg/100g)
LG01-1	1/10	3.118	3.0331	972.77	97.28	13.73
LG01-2	1/10	3.009	4.1457	1377.77	137.78	20.21
LG02-1	1/10	3.044	2.4308	798.55	79.86	15.75
LG02-2	1/10	3.055	4.5745	1497.38	149.74	30.31
LG03-1	1/10	3.05	4.3346	1421.18	142.12	29.02
LG03-2	1/10	3.024	4.7225	1561.67	156.17	32.19
PROMEDIO					127.16	23.54

Cuadro A- 31. Resultado del contenido de calcio en tilapias del lago de Ilopango

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Ca BS	Ca BH (mg/100g)
LI01-1	1/10	3.130	5.7279	1830.00	183.00	36.41
LI01-2	1/10	3.014	5.3809	1785.30	178.53	36.10
LI02-1	1/10	3.103	4.1559	1339.32	133.93	28.19
LI02-2	1/10	3.116	2.9922	960.27	96.03	18.93
LI03-1	1/10	3.008	3.9058	1298.47	129.85	25.81
LI03-2	1/10	3.093	4.6867	1515.26	151.53	28.97
PROMEDIO					145.48	29.07

Cuadro A- 32. Resultado del contenido de calcio en tilapias del lago Suchitlán

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Ca BS	Ca BH (mg/100g)
LS01-1	1/10	3.010	4.6357	1540.10	154.01	32.37
LS01-2	1/10	3.277	5.0236	1532.99	153.30	30.26
LS02-1	1/10	3.055	4.0232	1316.92	131.69	22.06
LS02-2	1/10	3.039	3.4108	1122.34	112.23	18.69
LS03-1	1/10	3.121	2.4359	780.49	78.05	15.82
LS03-2	1/10	3.047	6.5242	2141.19	214.12	42.74
PROMEDIO					140.57	26.99

Cuadro A- 33. Resultado del contenido de magnesio en tilapias del lago de Güija

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Mg BS	Mg BH (mg/100g)
LG01-1	1/10	3.118	2.5866	829.57	82.96	11.71
LG01-2	1/10	3.009	2.8189	936.82	93.68	13.74
LG02-1	1/10	3.044	2.3562	774.05	77.40	15.27
LG02-2	1/10	3.055	2.6502	867.50	86.75	17.56
LG03-1	1/10	3.050	3.0035	984.75	98.48	20.11
LG03-2	1/10	3.024	2.5304	836.77	83.68	17.25
PROMEDIO					87.16	15.94

Cuadro A- 34. Resultado del contenido de magnesio en tilapias del lago de Ilopango

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Mg BS	Mg BH (mg/100g)
LI01-1	1/10	3.130	2.7526	879.42	87.94	17.50
LI01-2	1/10	3.014	2.6748	887.46	88.75	17.95
LI02-1	1/10	3.103	2.5402	818.63	81.86	17.23
LI02-2	1/10	3.116	2.4348	781.39	78.14	15.41
LI03-1	1/10	3.008	2.6554	882.78	88.28	17.55
LI03-2	1/10	3.093	2.5498	824.38	82.44	15.76
PROMEDIO					84.57	16.90

Cuadro A- 35. Resultado del contenido de magnesio en tilapias del lago Suchitlán

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Mg BS	Mg BH (mg/100g)
LS01-1	1/10	3.010	2.5310	840.86	84.09	17.67
LS01-2	1/10	3.277	2.7369	835.18	83.52	16.49
LS02-1	1/10	3.055	2.9557	967.50	96.75	16.20
LS02-2	1/10	3.039	2.7656	910.04	91.00	15.15
LS03-1	1/10	3.121	2.8310	907.08	90.71	18.39
LS03-2	1/10	3.047	2.9343	963.01	96.30	19.22
PROMEDIO					90.39	17.19

Cuadro A- 36. Resultado del contenido de hierro en tilapias del lago de Güija

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Fe BS	Fe BH (mg/100g)
LG01-1	D	3.118	0.4805	15.41	1.54	0.22
LG01-2	D	3.014	0.4641	15.40	1.54	0.23
LG02-1	D	3.044	1.4620	48.03	4.80	0.95
LG02-2	D	3.055	0.5380	17.61	1.76	0.36
LG03-1	D	3.050	0.5462	17.91	1.79	0.37
LG03-2	D	3.024	0.9692	32.05	3.21	0.66
PROMEDIO					2.44	0.47

Cuadro A- 37. Resultado del contenido de hierro en tilapias del lago de Ilopango

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Fe BS	Fe BH (mg/100g)
LI01-1	D	3.019	0.6776	22.44	2.24	0.45
LI01-2	D	3.021	0.6941	22.98	2.30	0.46
LI02-1	D	3.103	0.6056	19.52	1.95	0.41
LI02-2	D	3.116	0.5955	19.11	1.91	0.38
LI03-1	D	3.008	0.8337	27.72	2.77	0.55
LI03-2	D	3.093	0.5626	18.19	1.82	0.35
PROMEDIO					2.17	0.43

Cuadro A- 38. Resultado del contenido de hierro en tilapias del lago Suchitlán

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Fe BS	Fe BH (mg/100g)
LS01-1	D	3.010	0.8707	28.93	2.89	0.61
LS01-2	D	3.277	0.7351	22.43	2.24	0.44
LS02-1	D	3.055	0.7269	23.79	2.38	0.40
LS02-2	D	3.039	0.7351	24.19	2.42	0.40
LS03-1	D	3.121	0.5709	18.29	1.83	0.37
LS03-2	D	3.047	0.6694	21.97	2.20	0.44
PROMEDIO					2.33	0.44

Cuadro A- 39. Resultado del contenido de zinc en tilapias del lago de Güija

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Zn BS	Zn BH (mg/100g)
LG01-1	D	3.118	0.1854	5.95	0.59	0.08
LG01-2	D	3.009	0.1990	6.61	0.66	0.10
LG02-1	D	3.044	0.1584	5.20	0.52	0.10
LG02-2	D	3.055	0.1892	6.19	0.62	0.13
LG03-1	D	3.050	0.2387	7.83	0.78	0.16
LG03-2	D	3.024	0.2239	7.40	0.74	0.15
PROMEDIO					0.65	0.12

Cuadro A- 40. Resultado del contenido de zinc en tilapias del lago de Ilopango

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Zn BS	Zn BH (mg/100g)
LI01-1	D	3.130	0.2233	7.13	0.71	0.14
LI01-2	D	3.014	0.2074	6.88	0.69	0.14
LI02-1	D	3.103	0.2224	7.17	0.72	0.15
LI02-2	D	3.116	0.2181	7.00	0.70	0.14
LI03-1	D	3.008	0.2390	7.95	0.79	0.16
LI03-2	D	3.093	0.2148	6.94	0.69	0.13
PROMEDIO					0.72	0.14

Cuadro A- 41. Resultado del contenido de zinc en tilapias del lago Suchitlán

Id Interno	Factor de dilución	Peso muestra (g)	Lectura (ppm)	Resultado (ppm)	Zn BS	Zn BH (mg/100g)
LS01-1	D	3.010	0.1997	6.63	0.66	0.14
LS01-2	D	3.277	0.2271	6.93	0.69	0.14
LS02-1	D	3.055	0.2346	7.68	0.77	0.13
LS02-2	D	3.039	0.2255	7.42	0.74	0.12
LS03-1	D	3.121	0.2249	7.21	0.72	0.15
LS03-2	D	3.047	0.1949	6.40	0.64	0.13
PROMEDIO					0.70	0.13

Cuadro A- 42. Resumen de resultados del análisis de minerales en tilapias (*Oreochromis spp*) de tres lagos de El Salvador

ANALISIS DE MINERALES							
Muestra	Metodología						
	AA-Llama	Colorimétrico	AA-Llama	AA-Llama	AA-Llama	AA-Llama	AA-Llama
ID interno	K (mg)	P (mg)	Na (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)
LG01-1	181.05	110.78	22.96	13.73	11.71	0.22	0.08
LG01-2	226.18	106.03	31.54	20.21	13.74	0.23	0.10
LG02-1	229.19	156.87	36.84	15.75	15.27	0.95	0.10
LG02-2	272.65	150.49	42.86	30.31	17.56	0.36	0.13
LG03-1	344.09	177.77	50.56	29.02	20.11	0.37	0.16
LG03-2	266.28	172.35	39.69	32.19	17.25	0.66	0.15
PROMEDIO	253.24	145.71	37.41	23.54	15.94	0.47	0.12
LI01-1	267.94	147.24	68.32	36.41	17.50	0.45	0.14
LI01-2	272.80	147.19	70.32	36.10	17.95	0.46	0.14
LI02-1	278.99	148.39	44.86	28.19	17.23	0.41	0.15
LI02-2	237.19	134.95	32.33	18.93	15.41	0.38	0.14
LI03-1	298.09	149.42	88.07	25.81	17.55	0.55	0.16
LI03-2	254.74	146.62	60.58	28.97	15.76	0.35	0.13
PROMEDIO	268.29	145.63	60.75	29.07	16.90	0.43	0.14
LS01-1	245.45	168.97	38.57	32.37	17.67	0.61	0.14
LS01-2	237.84	157.99	37.94	30.26	16.49	0.44	0.14
LS02-1	247.56	136.13	39.21	22.06	16.20	0.40	0.13
LS02-2	222.89	137.77	36.88	18.69	15.15	0.40	0.12
LS03-1	304.47	163.92	48.64	15.82	18.39	0.37	0.15
LS03-2	295.66	153.11	50.12	42.74	19.22	0.44	0.13
PROMEDIO	258.98	152.98	41.89	26.99	17.19	0.44	0.13

Figura A- 1. Contenido nutricional en tilapias del lago de Guija / contenido nutricional según el INCAP

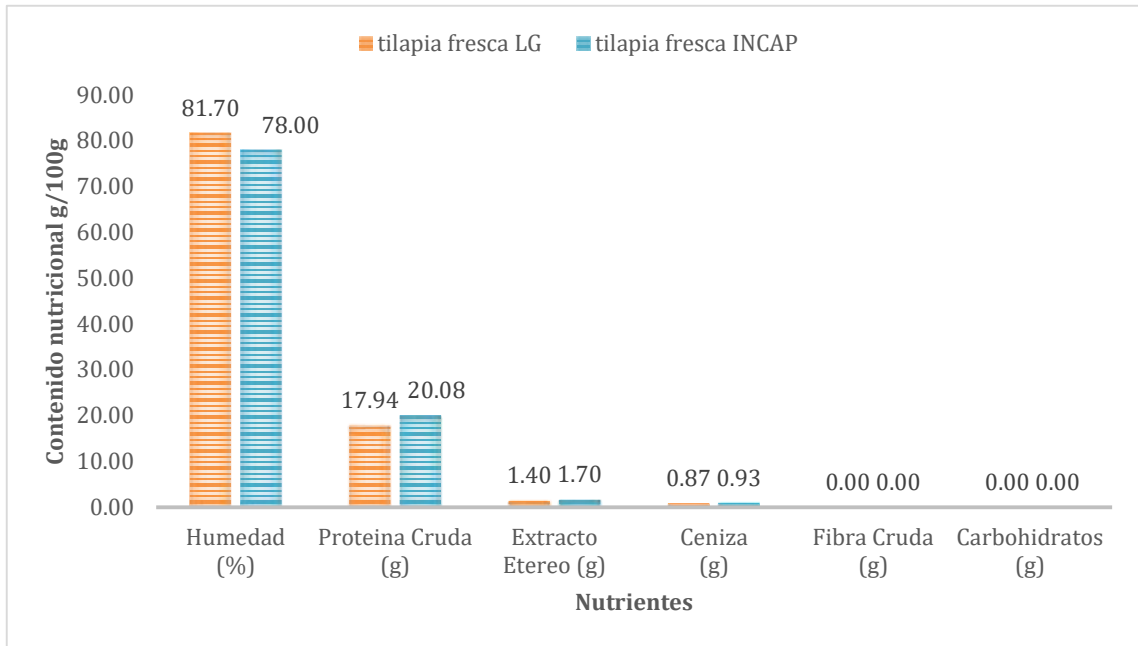


Figura A- 2. Contenido nutricional en tilapias del lago de Ilopango / contenido nutricional según el INCAP

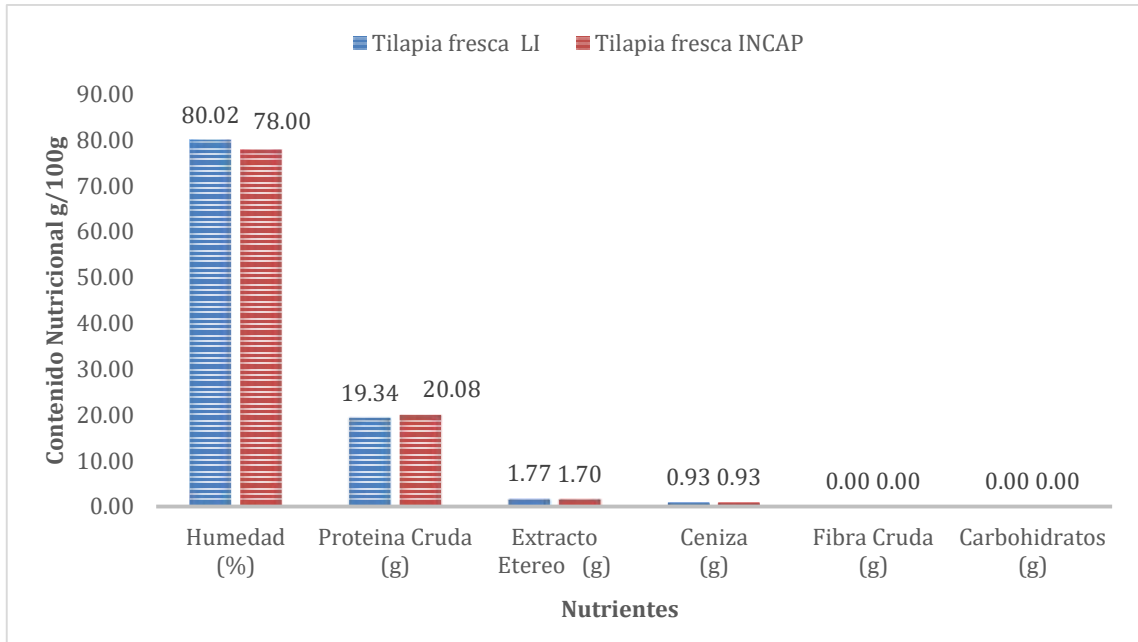


Figura A- 3. Contenido nutricional en tilapias del lago Suchitlán / contenido nutricional según el INCAP

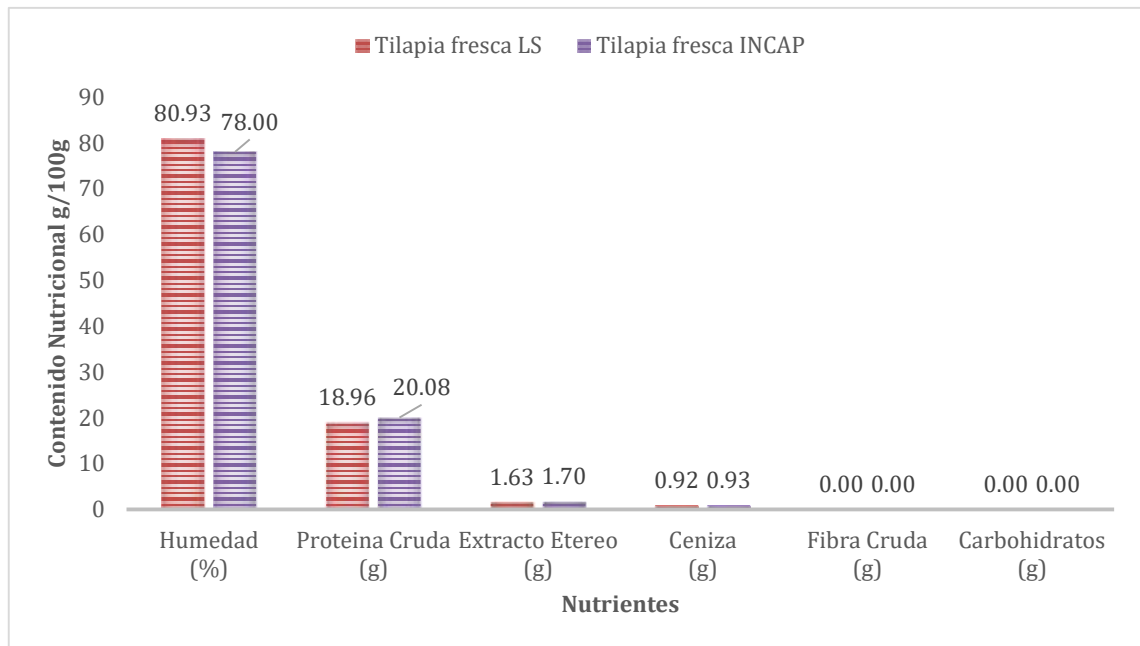


Figura A- 4. Contenido de minerales en tilapias del lago de Güija / contenido de minerales según el INCAP.

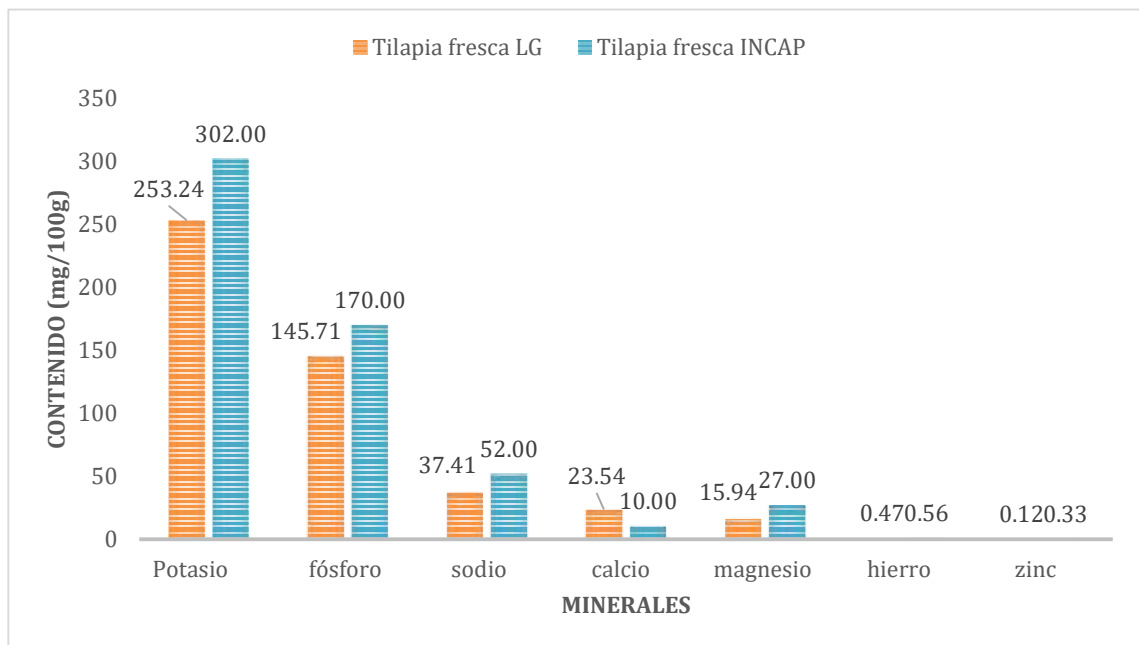


Figura A- 5. Contenido de minerales en tilapias del lago de Ilopango / contenido de minerales según el INCAP

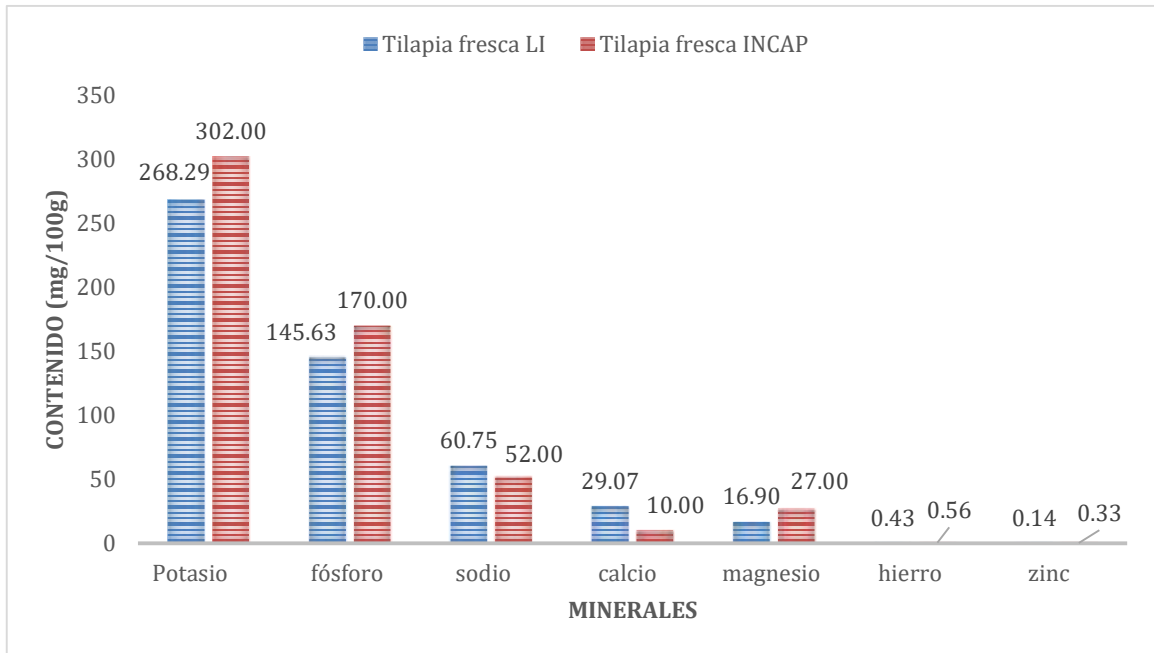


Figura A- 6. Contenido de minerales en tilapias del lago de Suchitlán / contenido de minerales según el NCAP

