



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA QUÍMICA

**OBTENCIÓN DE HARINA DE HUESO MEDIANTE
REUTILIZACIÓN DE DESECHOS DEL PESCADO COMO
FUENTE DE FÓSFORO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

QUÍMICA

AUTORA: JESSICA DAYANA LLIGUILEMA LEMACHE

DIRECTOR: DR. JORGE EFREN SILVA YUMI, PhD.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Jessica Dayana Lliguilema Lemache

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jessica Dayana Lliguilema Lemache, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 21 de diciembre del 2023



Jessica Dayana Lliguilema Lemache
160068534-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE HARINA DE HUESO MEDIANTE REUTILIZACIÓN DE DESECHOS DEL PESCADO COMO FUENTE DE FÓSFORO**, realizado por la señorita: **JESSICA DAYANA LLIGUILEMA LEMACHE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Luis Santiago Carrera Almendariz PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-21
Dr. Jorge Efrén Silva Yumi DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-21
Ing. Adriana Isabel Rodríguez Basantes ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-21

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular lo dedico a todos aquellos que formaron parte de mi formación académica, a mis docentes que me brindaron su conocimiento a lo largo de mi carrera y han sabido guiarme por el camino de la ciencia. Aquellos que formaron parte desde el inicio y hasta el final. En especial y con mucho amor es dedicado principalmente a Jordan Palacios, quien ha compartido su tiempo para dialogar sobre muchos temas de nuestras carreras lo cual nos ha ayudado a ambos a crecer en conocimiento, mi esfuerzo tanto en mis estudios y en mi trabajo de integración curricular es dedicado a él ya que es alguien a quien considero la persona más importante en mi vida.

Jessica

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su apoyo constante durante mi preparación académica para formarme como una profesional. Ya que Pablo y Lidia me han apoyado en cada paso que he dado, de igual forma son los que han solventado en mi educación y me han dado más que la oportunidad de estudiar la oportunidad de crecer en conocimiento en el mundo de la ciencia y convertirme en Química. Sobre todo, agradezco a la persona que estuvo todos los días sin dudar conmigo, aquel que me guío en esta larga trayectoria, quien fue un gran amigo y un gran compañero, agradezco mucho a Jordan Palacios, por darme ánimos para continuar en mis estudios, por darme su tiempo y corregirme en mis errores. Ya que ha sido un pilar fundamental en mi vida como mi pareja y como mi compañero ya que ambos hoy en día nos hemos convertido en profesionales con gran visión en la ciencia.

Jessica

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. Antecedentes de la investigación.....	5
1.2. Bases teóricas.....	6
1.2.1. <i>Harina de hueso</i>.....	6
1.2.1.1. <i>Preparación de harina de hueso</i>.....	6
1.2.2. <i>Importancia de la harina de hueso</i>.....	7
1.2.3. <i>Análisis proximal</i>.....	7
1.2.3.1. <i>Humedad</i>.....	8
1.2.3.2. <i>Cenizas</i>.....	8
1.2.4. <i>Espectroscopía UV- visible</i>.....	8
1.2.4.1. <i>Digestión ácida</i>.....	8
1.2.4.2. <i>Técnica de Espectroscopía UV- visible</i>.....	8
1.3. Bases conceptuales.....	9
1.3.1. <i>Harina de hueso de pescado</i>.....	9
1.3.2. <i>Proceso de obtención de harina de hueso</i>.....	10
1.3.2.1. <i>Secado</i>.....	10
1.3.2.2. <i>Trituración</i>.....	10
1.3.2.3. <i>Calcinación</i>.....	10
1.3.3. <i>Fósforo</i>.....	10
1.3.3.1. <i>Concentración de fósforo en la harina de hueso</i>.....	11
1.4. Base legal.....	11
1.4.1. <i>Ley de gestión ambiental, codificación</i>.....	11
1.4.2. <i>Ley de prevención y control de la contaminación ambiental</i>.....	11
1.4.3. <i>Contaminación y problemas ambientales en los mercados de Riobamba</i>.....	12
1.4.4. <i>Reutilización de desechos sólidos orgánicos provenientes del pescado</i>.....	12
1.4.5. <i>Desecho sólido orgánico decretado a analizar</i>.....	13

1.4.5.1.	<i>Atún blanco (Thunnus alalunga)</i>	13
----------	---	----

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	15
2.1.	Estudio Técnico de la Investigación	15
2.1.1.	<i>Tipo de investigación</i>	15
2.1.2.	<i>Población de estudio</i>	15
2.1.3.	<i>Localización del estudio</i>	15
2.1.4.	<i>Tamaño de muestra</i>	15
2.1.5.	<i>Método de muestro</i>	16
2.1.6.	<i>Técnicas de recolección de datos</i>	16
2.2.	Parte Experimental	16
2.2.1.	<i>Preparación de la materia prima</i>	16
2.2.2.	<i>Preparación de muestras</i>	17
2.2.2.1.	<i>Humedad</i>	17
2.2.2.2.	<i>Cenizas</i>	18
2.2.3.	<i>Proceso de determinación de fósforo</i>	19
2.2.4.	<i>Preparación de la solución de cenizas</i>	19
2.2.5.	<i>Procedimiento para la elaboración de la curva de calibración</i>	21
2.2.5.1.	<i>Preparación de soluciones</i>	21
2.2.5.2.	<i>Determinación</i>	22
2.2.5.3.	<i>Preparación de la curva patrón</i>	22
2.2.5.4.	<i>Contenido de fósforo</i>	22

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	24
3.1.	Datos obtenidos de pesaje de las muestras	24
3.2.	Análisis proximal de la harina de hueso obtenida	25
3.3.	Elaboración de la curva de calibración	26
3.4.	Determinación del contenido de fósforo	27
3.5.	Contenido de fósforo en la harina de hueso y escama	29
3.6.	Análisis estadístico inferencial de los datos obtenidos	30
3.7.	Comparación con otras investigaciones	31

CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES	35
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Composición de harina de hueso obtenida por el proceso de deshidratación.....	7
Tabla 1-2: Macronutrientes de <i>Thunnus alalunga</i>	14
Tabla 1-3: Micronutrientes de <i>Thunnus alalunga</i>	14
Tabla 3-1: Peso de las muestras antes y después del proceso de secado	24
Tabla 3-2: Peso de las muestras antes y después del proceso de calcinación	24
Tabla 3-3: Análisis proximal de la harina de hueso obtenida	25
Tabla 3-4: Análisis proximal de la harina de escama obtenida.....	25
Tabla 3-5: Datos de absorbancia.....	26
Tabla 3-6: Datos de absorbancia y concentración replica 1.....	27
Tabla 3-7: Datos de concentración de P y P ₂ O ₅ de muestra de escamas.....	27
Tabla 3-8: Datos de concentración de P y P ₂ O ₅ de muestra de hueso.....	28
Tabla 3-9: Datos de absorbancia y concentración replica 2.....	28
Tabla 3-10: Datos de concentración de P y P ₂ O ₅ de muestra de escamas.....	28
Tabla 3-11: Datos de concentración de P y P ₂ O ₅ de muestra de hueso.....	28
Tabla 3-12: Datos de absorbancia y concentración replica 3.....	29
Tabla 3-13: Datos de concentración de P y P ₂ O ₅ de muestra de escamas.....	29
Tabla 3-14: Datos de concentración de P y P ₂ O ₅ de muestra de hueso.....	29
Tabla 3-15: Contenido de fósforo (P) en las muestras de harina.....	30
Tabla 3-16: Contenido de pentóxido de fósforo (P ₂ O ₅) en las muestras de harina	30
Tabla 3-17: Estadística inferencial.....	30
Tabla 3-18: Comparación del análisis proximal en diferentes harinas de hueso.....	31
Tabla 3-19: Comparación del análisis proximal en diferentes harinas de escama	33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Principio del funcionamiento del espectrofotómetro UV-vis	9
Ilustración 2-1: Preparación de cenizas de hueso y escamas.....	20
Ilustración 2-2: Calentamiento muestras con HCl.....	20
Ilustración 3-1: Soluciones estándares	26
Ilustración 3-2: Curva de calibración de la concentración de fósforo.....	27

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** OBTENCIÓN DE HARINA DE HUESO Y ESCAMA A PARTIR DE
THUNNUS ALALUNGA
- ANEXO B:** DETERMINACIÓN DE FÓSFORO (P205)
- ANEXO C:** DIAGRAMA DE FLUJO SOBRE LA OBTENCIÓN DE HARINA DE
HUESO Y ESCAMA
- ANEXO D:** PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE FÓSFORO A PARTIR DE LAS
CENIZAS DE HUESO Y ESCAMA
- ANEXO E:** DETERMINACIÓN DE FÓSFORO POR ESPECTROSCOPIA UV – VIS

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue determinar el contenido de fósforo presente en la harina de hueso proveniente de los desechos del pescado como escamas y hueso con el fin de evaluar si es viable su aplicación como una fuente de fósforo para posteriores investigaciones en la elaboración de productos a base de este elemento. La investigación se enfocó en dar una reutilización a los desechos sólidos orgánicos presentes en el mercado Mayorista de la ciudad de Riobamba, debido a que los desechos de pescado no cuentan con un plan de manejo adecuado para su deposición. Por lo tanto, se realizó un tratamiento de los desechos provenientes del pescado mediante procesos químicos, como análisis proximal, determinación de fósforo por espectrofotometría UV-visible. Como resultado se obtuvo que el porcentaje de fósforo en los huesos es del 2,447% y en escamas del 2,333% los cuales según la norma UNIT son cercanos al valor máximo del 3%, dichos valores al expresarlos en P_2O_5 corresponde al 55,987% para la muestra de harina de hueso y 53,403% para la muestra de harina de escamas. Esta investigación concluye que la harina obtenida a partir de desechos de pescado es una fuente viable de fósforo. Esta fuente de fosfatos puede dar lugar a la formulación de productos a base de fósforo dentro del área de la química, entre ellos una aplicación viable puede ser su uso como materia prima dado el alto contenido de P_2O_5 , el cual se utiliza en fertilizantes.

Palabras clave: <HARINA DE HUESO>, <ATÚN BLANCO (*Thunnus alalunga*)>, <FÓSFORO >, <PENTÓXIDO DE FÓSFORO>, <ESPECTROSCOPIA UV-VISIBLE>

1997-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

This research aimed to determine the phosphorus content present in bone meal from fish waste, such as scales and bone, to evaluate whether it is viable as a source of phosphorus for further research in producing products based on this element. The study focused on reusing the organic solid waste present in the wholesale market of Riobamba since fish waste does not have an adequate management plan for its disposal. Therefore, the fish waste used chemical processes such as proximal analysis and phosphorus determination by UV-visible spectrophotometry. As a result, the percentage of phosphorus in the bones was 2.447% and 2.333% in the scales, which, according to the UNIT standard, are close to the maximum value of 3%. When expressed in P_2O_5 , these values correspond to 55.987% for the bone meal sample and 53.403% for the scale meal sample. This research concludes that the meal obtained from fish waste is a viable source of phosphorus. This phosphate source can lead to the formulation of phosphorus-based products within the area of chemistry; among them, a possible application can be its use as a raw material given the high P_2O_5 used in fertilizers.

Keywords: <BONE MEAL>, <ALBACORE TUNA (Thunnus Alalunga)>, <PHOSPHORUS>, <PHOSPHORUS PENTOXIDE>, <UV-VISIBLE SPECTROSCOPY>.



Lic. Edison Renato Ruiz López

C.I. 060395704-4

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la importancia del sector pesquero y acuícola ha ido en incremento a nivel mundial debido a los beneficios alimenticios y económicos que estos sectores representan, pues según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en el 2020, la actividad pesquera y acuícola llegó a un nuevo récord histórico, alcanzado una producción total de 214 millones de toneladas de especies acuáticas, de las cuales 178 millones toneladas representaban animales acuáticos. Las especies que son capturadas principalmente son atunes, camarones, langosta y moluscos. Ecuador es uno de los principales exportadores de atún hacia países de la Unión Europea (FAO, 2022, p.4).

En el territorio ecuatoriano se desarrollan diversas actividades dentro de la industria pesquera que inician desde el momento de su captura hasta el momento de su procesamiento y posterior comercialización. Estas actividades dejan una cantidad significativa de residuos que abarcan los huesos, cabezas, escamas y vísceras, los cuales producen un gran nivel de contaminación ambiental, debido a la gran velocidad de la degradación bacteriana y enzimática que sufren a temperatura ambiental este tipo de especies (Ramírez et al., 2020, p.1).

Estos residuos contienen importantes nutrientes en su composición los cuales pueden aprovecharse para la síntesis de otros productos. Según Ramadhani et al. (2018, p.1), la harina de hueso que se obtiene de huesos de pescado contiene minerales esenciales como el fósforo, nitrógeno y potasio con un 30,90%, 0,48% y 0,02%, respectivamente.

Para la ejecución del presente trabajo de integración curricular, se realizó la recolección de las muestras de desechos de pescado del mercado mayorista de la ciudad de Riobamba, con el fin de someter las muestras a un análisis proximal de humedad y cenizas con el fin de obtener harina de huesos a partir de estos desechos, como huesos y escamas. Dentro de la metodología, se realizó una comparación del porcentaje de fósforo presente en escamas y huesos, donde se determinó qué tan apto son estos desechos para su reutilización como fuente de fósforo.

El equipo utilizado para la determinación de la concentración de fósforo fue un espectrofotómetro de UV- visible cuya técnica se detalla dentro del presente trabajo de integración curricular, donde se describe el procedimiento para la preparación de las muestras, para que estas sean leídas dentro del equipo utilizado en el Laboratorio de Bromatología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

Planteamiento del problema

Los desechos de pescado como cabezas, viseras, escamas y huesos generan un problema ambiental al ser acumulados sin un debido control de sanidad o tratamiento que permita su reutilización. En el cantón Riobamba, se presenta este problema en los establecimientos dedicados a su comercialización como mercados. Pero a pesar de su impacto negativo, estos desechos pueden ser una fuente importante para la obtención de harina de hueso de pescado, la cual puede contener una cantidad significativa de fósforo y podría ser considerada como una potencial materia prima en la formulación de otros productos a base de fósforo como fertilizantes orgánicos, a la vez que permite reducir la cantidad de residuos y los impactos negativos contra el medio ambiente.

Por lo que, en el presente proyecto de investigación se propone realizar un tratamiento químico a los desechos de los huesos y escamas de pescado del área local para determinar la viabilidad de su reutilización aplicada a la producción de la harina de hueso como fuente de fosforo mediante la caracterización de esta harina.

Enunciado del problema

La industria pesquera y la comercialización de estas especies en mercados genera una gran cantidad de desechos que tienen un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud humana. Sin embargo, estos residuos son una valiosa fuente para la obtención de harina de hueso y escama de pescado la cual puede contener cantidades significativas de fósforo.

Formulación del problema

¿Los desechos de pescado contienen un porcentaje de fósforo apreciable para su reutilización como harina de hueso?

Variable dependiente: Harina de hueso

Variable independiente: Desechos de pescado (huesos y escamas)

Justificación

En Ecuador se desarrollan diversas actividades dentro de la industria pesquera, desde la captura hasta su procesamiento y comercialización de estas especies. Esto deja una cantidad significativa de residuos como huesos, cabezas, escamas y vísceras, los cuales producen un gran nivel de contaminación ambiental, debido a la gran velocidad de la degradación bacteriana y enzimática

que sufren a temperatura ambiental (Ramírez et al., 2020, p.1). Estos residuos contienen importantes nutrientes los cuales pueden aprovecharse para la síntesis de otros productos a base de fósforo. Según Ramadhani et al (2018, p.1), la harina de hueso de pescado contiene minerales esenciales como el fósforo, nitrógeno y potasio con un 30,9%, 0,48% y 0,02%, respectivamente.

El uso de harina de hueso de pescado puede ser una fuente de obtención de fósforo lo que puede ayudar a la reducción de la cantidad de desechos de pescado y a mejorar el control ambiental de dichos desperdicios. A su vez, la harina de hueso de pescado puede ser una potencial materia prima para la posterior formulación de fertilizantes a base de fósforo. Además, la producción de harina de hueso puede beneficiar a la valorización de los desechos de pescado y la comunidad del área local, así como comerciantes y consumidores particularmente del mercado Mayorista de la ciudad de Riobamba, donde diariamente se producen grandes cantidades de desperdicios entre los que se encuentran los residuos de la venta y procesamiento de pescado. Considerando esto, la presente investigación tiene como finalidad obtener harina de hueso de pescado mediante procesos químicos para caracterizar, analizar y comparar su porcentaje de fósforo presente en escamas y huesos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Obtener harina de hueso mediante la reutilización de desechos de pescado para evaluar su aplicación como fuente de fósforo.

Objetivos Específicos

- Analizar la composición química presente en los desechos del pescado para obtener harina a partir del hueso y escamas mediante técnicas del análisis proximal.
- Comparar los porcentajes de fósforo de cada harina obtenida mediante la técnica de espectroscopia UV-visible para conocer la fuente más viable de obtención de fósforo.

HIPÓTESIS

Hipótesis general

Los desechos de pescado contienen un porcentaje de fósforo apreciable para su reutilización como harina de hueso

Hipótesis específicas

- La harina de hueso es una alternativa para la reutilización de desechos del pescado.
- Los huesos y escamas presentan un contenido de fósforo similar.
- El porcentaje de fósforo presente en la harina es asimilable para la formulación de otros productos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

Según, Dolores Silva (2003, p.118), en su estudio monográfico sobre elaboración de harina de hueso de pescado, concluye que la elaboración de la misma es un método óptimo para el aprovechamiento de especies que no pueden ser empleadas para el consumo humano, así como los residuos generados por estas que son provenientes de industrias pesqueras. Por lo que en su estudio plantea un método de obtención de esta harina de hueso en Argentina para el tratamiento de residuos de fábricas de fileteado y conservas.

Según Zharif y Junianto (2021, pp.1727-1729), es posible obtener harina de huesos a partir de los huesos de pescado, el objetivo de este estudio fue revisar el proceso de enharinado de los huesos de pescado. El uso de huesos de pescado en la harina de huesos de pescado puede reducir la cantidad de desechos de pescado y contribuir indirectamente a la ingesta de calcio. Según la revisión bibliográfica de harinas de pescado que han sido procesadas con éxito son huesos de pescado belida con un contenido de calcio de 30,93%, huesos de atún 30%, huesos de tilapia 20,85% y huesos de sabalote de 14,16%. La adición de harina de huesos de pescado sirve para cubrir las necesidades de calcio en el cuerpo humano y prevenir la osteoporosis en la comunidad. Aparte su función de agregar un poco de calcio es hacer crecer un catalizador de hueso y diente que reacciona en la biología y la contracción muscular.

Pool et al. (2000, pp.251-259), en su artículo de revisión sobre harina de hueso adicionada a suelos de la zona cafetalera de los altos de Chiapas, concluye que existió un incremento en la actividad microbiana tras la adicción de la harina de hueso combinada con composta mejorada además se recalca que la adición de fósforo por medio de este fertilizante orgánico presenta diferente eficiencia en cada una de estas condiciones ambientales.

Monares et al. (2012, pp.147-155), en su tesis sobre el Tamaño de partícula y tiempo de aplicación pre-siembra de harina de hueso a partir de pescado (*plecostomus spp.*) en producción de calabacita, pudo concluir mediante la evaluación del tamaño de partícula que este parámetro no influye los porcentajes de germinación, pero el tiempo de germinación induce a un mayor porcentaje de germinación con respecto a los 56 días en pre-siembra y la aplicación de 28 y cero días.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Harina de hueso

Es aquella obtenida mediante el empleo de huesos como materia prima debido a su fuente de calcio (Ca) y fósforo (P); principalmente es usada como fuente de fósforo debido a su bajo costo y fácil adquisición en mercados. Este producto contiene un bajo contenido de flúor (F) lo cual la hace inofensiva, sin embargo, su proceso de fabricación y destinación son importantes a considerar ya que si el proceso no es adecuado está puede transformarse en un medio de enfermedades y peligrosa para su uso para el consumo. La harina de hueso es clasificada según el proceso de fabricación al cual es sometida, lo cual influye en su calidad y contenido de calcio, fósforo, proteínas, grasas y otros componentes (Roa, 1974, p.120).

1.2.1.1. Preparación de harina de hueso

La harina de huesos se puede preparar de diferentes formas, pero la más recomendada es la calcinada para evitar y eliminar la contaminación que pueda contener. Existen muchas técnicas para utilizar el hueso para la alimentación animal o como fertilizante. La harina de huesos se obtiene por cocción a presión con vapor o por calcinación; cualquiera de los dos métodos utilizados proporciona una harina de huesos diferente y utilizable, pero con diferentes contenidos de calcio o fósforo. Las concentraciones de fósforo pueden oscilar entre el 11 y el 14 % y el contenido de calcio varía entre el 24 y el 29 % (Delgado, 2011, p.27).

- **Harina de huesos cruda o calcinada**

En este proceso se realiza una limpieza de los residuos de carne y materiales colágenos presentes en el hueso, para posteriormente ser secados al sol o de manera técnica en el laboratorio a una temperatura de 105°C durante 24 horas. Una vez el material se encuentra seco es sometido a un proceso de trituración y/o molienda, donde se obtiene una harina de baja calidad y no apta para el uso nutricional debido a su contenido microbiano e inadecuada pulverización. La harina obtenida mediante esta técnica es aplicada a su uso en fertilizantes (Roa, 1974, p.120). Esta harina se encuentra en forma de cenizas, este producto final no tiene materia orgánica y solo aporta minerales; su materia seca es del orden del 97% y su contenido en calcio está dentro del 32%. La concentración de fósforo varía entre 15 y 18% (Delgado, 2011, p.28).

- **Harina de huesos deshidratada o al vapor**

Los huesos son sometidos a un lavado constante e intenso en agua, posteriormente a estos se les elimina la mayor cantidad de residuos cárnicos y tendones mediante un lavado con sosa. Una vez finalizada esta etapa, deben ser metidos en autoclave a una presión de 50 – 60 libras por 8 horas. Durante este proceso se realizan varias descargas de la autoclave con el objetivo de eliminar todos los residuos cárnicos. Una vez transcurridas las 8 horas los huesos son esterilizados, saliendo limpios, blancos y blandos. Se realiza un secado al sol con el acompañamiento de una corriente de aire caliente, para ser molidos y tamizados (Roa, 1974, p.121). La tabla 1-1, especifica en porcentajes el contenido de la composición de la harina obtenida:

Tabla 1-1: Composición de harina de hueso obtenida por el proceso de deshidratación

<i>Calcio</i>	31 %
<i>Fósforo</i>	15 – 17 %
<i>Proteínas</i>	7.1 %
<i>Grasa</i>	3.3 %
<i>Humedad</i>	3.5 %

Fuente: Roa, 1974, p.121

1.2.2. Importancia de la harina de hueso

La harina de hueso actúa como una fuente de fósforo de nutrientes como el fósforo y calcio. El fósforo es aplicado como un fertilizante orgánico, debido a que ayuda en el proceso de anabolismo autótrofo denominado como fotosíntesis. En los suelos, el P no se encuentra en grandes cantidades que ayuden a la planta a tener un desarrollo y crecimiento adecuado, por lo tanto, al aplicar a un sembrío la harina de hueso como fertilizante se obtienen resultados favorables en cuanto a la producción. Además, un ejemplo de esto es lo reportado por Pool et al. (2000, p.251), donde se agregaron harina de huesos en la zona cafetalera de los Altos de Chiapas, resultando en un aumento significativo de Fósforo y actividad microbiana en el suelo (Delgado, 2011, p.30).

1.2.3. Análisis proximal

Es la determinación del porcentaje de los componentes principales presentes en un alimento, como humedad, proteína cruda, grasa cruda, cenizas, fibra cruda y carbohidratos totales (González, 2004, p.10).

1.2.3.1. Humedad

Contenido de agua presente en un material. La humedad es un factor importante a considerar debido a la calidad, preservación y la resistencia al deterioro de un alimento. El método consiste en secar la muestra en un horno y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y húmedo (González, 2004, p.10).

1.2.3.2. Cenizas

El contenido de ceniza expresado en porcentaje en un alimento representa su residuo inorgánico existente después de que la porción orgánica y sustancias volátiles han sido oxidadas y evaporadas debido a que fueron sometidas a altas temperaturas (500 – 600 °C). El residuo inorgánico denominado como ceniza está compuesto por óxidos y sales que contienen aniones como fosfatos, cloruros, sulfatos y cationes como sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso (González, 2004, p.12).

1.2.4. Espectroscopía UV- visible

1.2.4.1. Digestión ácida

Método tradicional empleado para la preparación de las muestras previo a las determinaciones instrumentales, su objetivo es la transferencia completa de los analitos en solución para que su posterior análisis por espectroscopía ultravioleta visible. Además, es empleada con el fin de evitar la descomposición o contaminación de la muestra. Su principal función es aislar el metal para el análisis (Correa, 2016, p.36).

1.2.4.2. Técnica de Espectroscopía UV- visible

La espectroscopia UV-Visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución. Se basa en el fundamento de que las moléculas absorben radiación electromagnética y, a su vez, la cantidad de luz absorbida depende linealmente de la concentración. Para lo cual se utiliza un espectrofotómetro, donde se selecciona la longitud de onda de la luz que atraviesa una solución y de esta manera medir la cantidad de luz absorbida por esta.

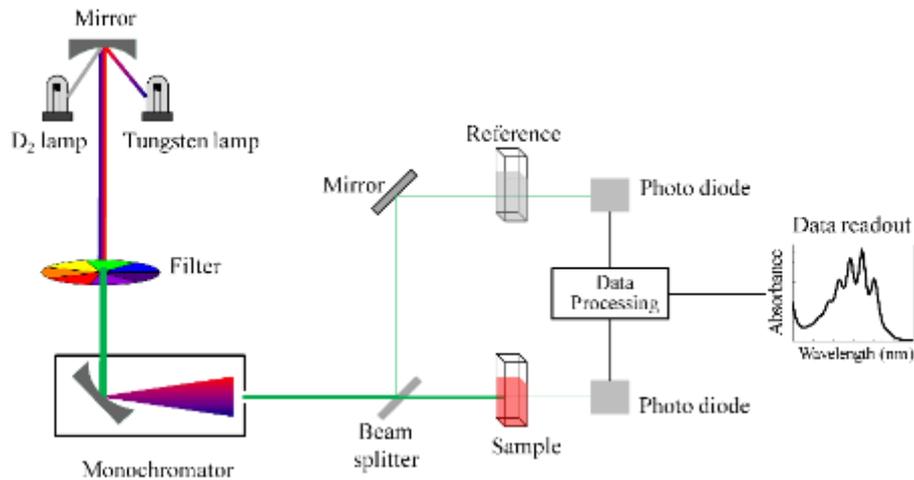


Ilustración 1-1: Principio del funcionamiento del espectrofotómetro UV-vis

Fuente: Sahu et al., 2016, p.542

Es la transición de un electrón del estado fundamental de energía a un estado excitado por la absorción de radiación ultravioleta-visible en la molécula. En el estado basal, los electrones se encuentran en los niveles mínimos de energía, por lo que son más estables, la energía radiante incidente puede excitar selectivamente a los electrones presentes en el analito, esta absorción de energía fotónica lleva a los electrones a un nivel de energía superior (Correa, 2016, p.26). Esta técnica es ampliamente utilizada principalmente para determinar concentraciones de ensayos, estudio de procesos cinéticos y reacciones químicas (Abril Díaz et al., 2005, p.1).

1.3. Bases conceptuales

1.3.1. Harina de hueso de pescado

Es un producto obtenido mediante un proceso de reducción de humedad y grasa del pescado, de aquellas partes de las cuales se desea trabajar, en el caso de la harina de hueso, es posible obtenerla de los huesos, cabeza y escamas del pescado. Para su obtención no se realiza la agregación de sustancias extrañas, debido a que estas pueden influir en su calidad.

1.3.2. Proceso de obtención de harina de hueso

1.3.2.1. Secado

Esta técnica es empleada para eliminar el contenido de agua presente en la materia prima, se elimina el mayor contenido de residuos presentes en los huesos y sustancias volátiles (humedad). Permitiendo obtener un producto sólido y seco. El secado puede ejecutarse al sol o dentro de una estufa a una temperatura de 105°C durante 24 horas (Márquez, 2014, p.10).

1.3.2.2. Trituración

La materia prima es sometida a un proceso de molienda con el fin de reducir el tamaño de partícula de los huesos (Fundiciones del Estanda SA, 2014).

1.3.2.3. Calcinación

Esta técnica es empleada en determinaciones gravimétricas donde el agua y sustancias volátiles son evaporadas. Los componentes orgánicos son incinerados en presencia de oxígeno, dando lugar a una transformación química donde los minerales son transformados a óxidos y fosfatos. La muestra calcinada es trabajada a una temperatura de 500 °C y 550°C (Márquez, 2014, p.14).

1.3.3. Fósforo

El fósforo es un mineral presente en células vivas de origen vegetal y animal, este nutriente no puede ser sustituido cuando existe su carencia (Shen et al., 2011, p.997). Es el principal componente de moléculas energéticas como adenosín difosfato y adenosín trifosfato, que son moléculas involucradas en diferentes vías metabólicas. El P se puede encontrar en una amplia variedad de combinaciones orgánicas, como fosfolípidos, fosfoprotidos y fosfoglicidos. Además de ser constituyente esencial de varias coenzimas y fitinas, que constituyen una reserva de P en granos, tubérculos y rizomas (Arredondo, 2020, p.3).

El fósforo actúa como limitante del crecimiento vegetal, es abundante en los suelos en si forma orgánica. Sin embargo, no todas estas formas son asimiladas por las plantas, estas adsorben a este macroelemento en sus formas minerales, tales como anión fosfato (PO_4^{-3}) u ortofosfato (HPO_4^{-2} y $H_2PO_4^{-1}$), sin embargo, dichas formas presentan una limitación debido a la complicación existente en su disponibilidad en suelos o sustrato (Hawkesford et al., 2012; citando en Arredondo, 2020, p.1).

1.3.3.1. Concentración de fósforo en la harina de hueso

La concentración de fósforo varía entre 15 y 18%. Independientemente de la técnica utilizada para la obtención de la harina de huesos, la cantidad de fósforo dependerá del tipo de hueso utilizado. Si se utilizan huesos planos, como costillas y cabeza solamente, las cantidades de fósforo serán mucho menores que las indicadas. De manera concreta los huesos largos tienen más fósforo que los huesos planos y la adecuada combinación de los mismos en la elaboración de la harina dará la cantidad indicada (Delgado, 2011, p.28).

1.4. Base legal

1.4.1. Ley de gestión ambiental, codificación

TITULO I: AMBITO Y PRINCIPIOS DE LA GESTION AMBIENTAL

Art. 1.- La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

Art. 5.- Se establece el Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental como un mecanismo de coordinación transectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de manejo ambiental y de gestión de recursos naturales. En el sistema participará la sociedad civil de conformidad con esta ley (H. Congreso Nacional & Comisión de legislación y codificación, 2004, p.1).

1.4.2. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental

CAPITULO III: DE LA PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LOS SUELOS

Art. 11.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación, las sustancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

Art. 12.- Los Ministerios de Agricultura y Ganadería y del Ambiente, cada uno en el área de su competencia, limitarán, regularán o prohibirán el empleo de sustancias, tales como plaguicidas, herbicidas, fertilizantes, desfoliadores, detergentes, materiales radioactivos y otros, cuyo uso pueda causar contaminación (H. Congreso Nacional & Comisión de legislación y codificación, 2004, p.3).

1.4.3. Contaminación y problemas ambientales en los mercados de Riobamba

La pesca y comercialización del pescado fresco o por libras genera residuos sólidos de categoría orgánica en los mercados del Ecuador. En la ciudad de Riobamba se evidencia el mal manejo de estos desechos ya que no existe un plan de manejo adecuado y disposición de los residuos sólidos orgánicos provenientes de los mercados del área local. Estos desechos son ubicados en el relleno sanitario de la ciudad, lo cual no es correcto debido a que deben ser tratados de forma correcta para evitar la generación de problemas ambientales (Olalla, 2018, p.1). La mala manipulación de desechos orgánicos puede ser fuente de enfermedades que a largo plazo pueden generar un problema a la población. Los desechos generados por la venta de pescado incluyen, cabezas, huesos y vísceras los cuales en su degradación pueden provocar malos olores, fuente de plagas como ratas y moscas. Además, según Mario Montejo (2009, p.1), la descomposición del pescado puede provocar la liberación de ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno el cual en altas concentraciones puede ser mortal, es decir si excede las 250 partes por millón (ppm). En estado natural se presenta como un gas incoloro e inflamable, con un olor desagradable. Debido a que es más pesado que el aire no existe una correcta ventilación natural o forzada, por lo cual su acumulación sin un correcto control puede presentar riesgos en un futuro (Montejo, 2009, p.1).

1.4.4. Reutilización de desechos sólidos orgánicos provenientes del pescado

Los desechos provenientes de los mercados municipales de la ciudad de Riobamba pueden poseer ciertas características positivas que al ser tratadas químicamente debido a que en su composición química se encuentran minerales que pueden ser materia prima para la elaboración de productos. El fósforo es el principal mineral presente en los desechos de pescado como huesos, cabezas, escamas y vísceras del pescado.

Una alternativa para la reutilización de los desechos del pescado es la elaboración de harina de hueso, mediante el uso de los huesos, cabezas y escamas del pescado. La harina de hueso es un producto que puede ser aplicado para la industria alimentaria y para la industria química en la elaboración de fertilizantes a base de fósforo. La harina de hueso presenta propiedades distintas según el método y técnica aplicado para su elaboración. En el caso de obtener una harina de hueso

cruda su destino es el empleo en fertilizantes. Si se emplean técnicas de deshidratación o vapor, la harina obtenida será de una calidad de mayor por lo cual es utilizada como alimento para animales debido al contenido de calcio y fósforo.

Al realizar un tratamiento sobre desechos sólidos orgánicos, el presente trabajo de investigación se rige a leyes que sustenten la disponibilidad y el potencial sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. A continuación, se presenta la ley de gestión ambiental y aquellos artículos que sustentan la investigación.

1.4.5. Desecho sólido orgánico decretado a analizar

1.4.5.1. Atún blanco (*Thunnus alalunga*)

Es uno de los principales representantes del grupo de los pescados azules. Su cuerpo tiene forma de huso, bastante alto, con dos aletas dorsales separadas solo por un pequeño espacio. La aleta anal tiene de siete a nueve aletas más pequeñas, mientras que las aletas pectorales son muy largas y representan más del 30% de la longitud total del pez, que es una de las principales señas de identidad. El inicio de la cola es muy delgado, con una cresta a cada lado, y el color del dorso es azul oscuro metalizado, con flancos y vientre blanquecinos. Las aletas dorsales son de color amarillo más o menos oscuro. Su tamaño habitual oscila entre los 50 y los 80 cm, aunque en algunos casos puede alcanzar un máximo de 100 cm (CICAA, 2010, pp.81-82).

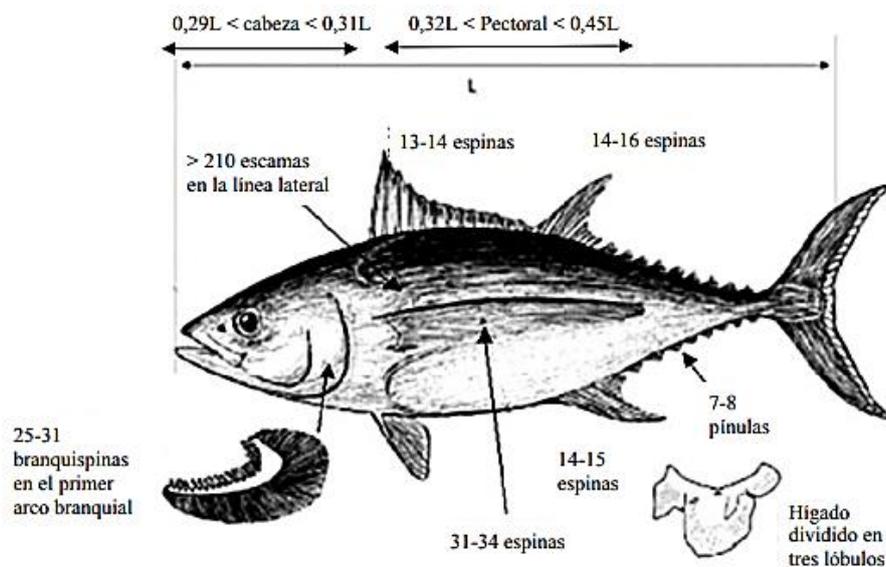


Ilustración 1-2: Síntesis de las características más destacadas de *Thunnus alalunga*.

Fuente: Santiago, 2004; citados en CICAA, 2010, p.82

- **Composición química**

Reyes et al. (2017, pp.6-7) describe que la composición química de *Thunnus alalunga* se basa en grasas, proteínas, carbohidratos fibra, cenizas y contenido de agua como sus principales macronutrientes. En cuanto a los micronutrientes presentes se encuentran calcio, fósforo, hierro, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C. Las tablas 1-2 y 1-3, contienen los valores referenciales para cada macronutriente y micronutriente presente en la composición de *Thunnus alalunga*.

Tabla 1-2: Macronutrientes de *Thunnus alalunga*

ENERGÍA Y MACRONUTRIENTES							
<i>Nombre</i>	<i>Energía</i>	<i>Agua</i>	<i>Proteína g</i>	<i>Grasa</i>	<i>Carbohidratos</i>	<i>Fibra</i>	<i>Cenizas</i>
	<i>Kcal</i>	<i>g</i>		<i>g</i>	<i>g</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
<i>Valor</i>	138	70,6	23,4	4,2	-	-	1.5

Fuente: Reyes et al., 2017, p.42

Tabla 1-3: Micronutrientes de *Thunnus alalunga*

MICRONUTRIENTES							
<i>Nombre</i>	<i>Calcio</i>	<i>Fósforo</i>	<i>Hierro</i>	<i>Tiamina</i>	<i>Riboflavina</i>	<i>Niacina</i>	<i>Vitamina C</i>
	<i>mg</i>	<i>mg</i>	<i>mg</i>	<i>mg</i>	<i>mg</i>	<i>mg</i>	<i>mg</i>
<i>Valor</i>	28	258,0	0,7	0,01	0,07	12,80	1,60

Fuente: Reyes et al., 2017, p.43

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Estudio Técnico de la Investigación

2.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación según el método de investigación es cuantitativa, según el objetivo de la investigación se clasifica como aplicada, según el nivel de profundidad en el objeto de estudio, es explicativa. La investigación es de tipo experimental ya que las variables independientes fueron manipuladas experimentalmente. Además, según el tipo de inferencia la investigación pertenece al tipo deductivo debido a que se realizó un análisis de las causas y finalmente se midió según el período de tiempo, por lo que la investigación pertenece al tipo transversal.

2.1.2. Población de estudio

La población de estudio son los desechos de pescado, se recolecto aproximadamente 1 kg de precursor, por lo tanto, la recolección de precursor y experimentos son finita. Las pruebas se realizaron en los laboratorios de la ESPOCH con la orientación del tutor de tesis.

2.1.3. Localización del estudio

Esta investigación tuvo lugar en América Latina, en Ecuador, específicamente en la provincia de Chimborazo, en la ciudad de Riobamba, en el laboratorio de química bromatología de la Facultad de Ciencias, perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la cual se encuentra ubicada específicamente en la Panamericana Sur Km 11/2 vía a la costa. Las muestras serán recolectadas del mercado mayorista de la ciudad de Riobamba de la sección pescado y mariscos.

2.1.4. Tamaño de muestra

Para la parte experimental se tomaron 500 g de cada precursor (huesos y escamas). El precursor tuvo ciertas características físicas que representen la mayor homogeneidad de su población. Los 500 g se distribuyeron según los niveles de cada tratamiento en el experimento.

2.1.5. Método de muestro

El método de muestreo que se utilizó en la presente investigación es de tipo no probabilístico, específicamente un muestreo por conveniencia, ya que los precursores (huesos y escamas) para la obtención de harina de hueso son específicas de la especie *Thunnus alalunga* y fueron tomadas de una locación determinada en la ciudad de Riobamba.

2.1.6. Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos que se utilizó para la investigación fue a partir de las lecturas en los equipos utilizados para el análisis de parámetros como concentraciones, temperaturas y pesos; los cuales tendrán su respectivo análisis. Para el registro inicial de datos se utilizan hojas de papel, para luego ser ingresadas a una computadora, específicamente una hoja de Excel.

2.2. Parte Experimental

2.2.1. Preparación de la materia prima

El proceso de obtención de harina de hueso requiere un pretratamiento de las muestras que se detalla a continuación:

- Fase 1: Selección de la materia prima

La materia prima seleccionada son los desechos del pescado como escamas y huesos, estos se recolectaron de las instalaciones de venta de pescados del mercado mayorista de la ciudad de Riobamba. Para su selección se basó en el tipo de pescado que presenta mayor consumo en la ciudad. Se seleccionó a la especie *Thunnus Alalunga* (albacora o atún) como la muestra decretada para analizar.

- Fase 2: Proceso de recolección de materia prima

Debido a la fácil degradación enzimática a la cual se encuentran sometida la materia prima, estas fueron recolectadas, etiquetadas y transportadas en una hielera tipo cooler a una temperatura adecuada para evitar la descomposición de las muestras, así como el proceso de transformación por acción microbiana o variación de pH.

- Fase 3: Limpieza de la materia prima

Un parámetro importante que se debe considerar es que la materia prima no debe contener ningún residuo orgánico o volátil, por lo que se debe eliminar todo contaminante presente, así como sangre, carne, etc., para evitar que existan contaminantes dentro del proceso que puedan afectar en el posterior análisis de las muestras. La limpieza se realizó mediante un lavado con agua a temperatura ambiente.

2.2.2. Preparación de muestras

Para la preparación de las muestras primero se pesó la cantidad exacta para cada réplica que se deseaba realizar, por lo tanto, se estableció que, para las muestras de hueso se trabajara con 390g es decir con 130g por cada réplica y para las muestras de escamas con 300g de la materia prima es decir con 100g por cada réplica.

Para la obtención de la harina a partir de las muestras de hueso y escamas se realizó un análisis proximal de humedad y cenizas. El procedimiento se detalla a continuación.

2.2.2.1. Humedad

- Secado de las muestras

Se realizó el secado de las muestras dentro de la estufa disponible en el laboratorio de Biorremediación de la facultad de Ciencias a una temperatura de 105°C durante 48 horas para los huesos y escamas, donde las muestras fueron colocadas en bandejas de aluminio con 390g de muestras de huesos y 300g de las muestras de escamas.

Una vez finalizado el tiempo de secado, estas son puestas a temperatura ambiente para su enfriamiento siendo cubiertas para evitar protegerlas de la humedad presente en el ambiente.

El porcentaje de humedad se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(B - A) - (C - A)}{(B - A)} \times 100$$

Ecuación 2-1: Porcentaje de humedad

Donde:

A= peso crisol seco, en g

B= peso crisol + muestra húmeda, en g

C= peso crisol + muestra seca, en g

2.2.2.2. Cenizas

- Preparación del material

Para la determinación de cenizas se trabajó con las muestras secas anteriormente. Primero se etiquetó y taró 3 crisoles y 3 cápsulas para luego ser llevados a la estufa a una temperatura de 105°C por una hora y así eliminar su humedad. Los crisoles fueron enfriados en un desecador para luego ser pesados.

- Trituración y pulverización

Las muestras de huesos fueron trituradas dentro de un mortero debido a su fácil fractura, en cuanto a las muestras de escamas éstas no pudieron ser trituradas con facilidad por lo cual se hizo uso de una trituradora eléctrica con el fin de obtener un polvo fino el cual es denominado como harina. Sin embargo, este polvo aún no puede ser analizado para la determinación de fósforo ya que es posible la presencia de material volátil, por lo cual es necesario obtener las cenizas de las muestras de hueso y escamas trituradas y pulverizadas mediante el proceso de calcinación, donde se eliminará cualquier contaminante presente.

- Calcinación

Las muestras trituradas de huesos y escamas fueron colocadas en los crisoles y cápsulas previamente tarados. La calcinación se llevó a cabo dentro del laboratorio de Biorremediación de la Facultad de ciencias, la temperatura de trabajo fue de 550°C durante 8 horas para las muestras de huesos. Con respecto a las muestras de escamas debido a la falta de espacio del equipo, se trabajó en la mufla del Laboratorio de Bromatología de la Facultad de ciencias, a una temperatura de 550°C durante 72 horas.

Transcurrido el tiempo de calcinación, las muestras fueron sacadas y enfriadas para la toma de datos y registrar su valor correspondiente.

El contenido de ceniza se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de ceniza (\%)} = \frac{(A - B)}{(C)} \times 100$$

Ecuación 2-2: Porcentaje de ceniza

Donde:

A= peso crisol con muestra, en g

B= peso crisol + muestra ceniza, en g

C= peso muestra, en g

2.2.3. Proceso de determinación de fósforo

Para llevar a cabo este proceso se utilizó la norma alimentaria venezolana para la determinación de fósforo. El método se basa en medir el color azul producido por un complejo de fósforo y molibdato, que es relativamente estable y proporcional a la cantidad de fósforo presente.

Para la determinación de fósforo se trabajó con las muestras de cenizas obtenidas anteriormente de hueso y escamas. Se utilizó 0,5 g de cada réplica obtenida, con el fin de determinar el porcentaje de fósforo en cada una con un total de tres repeticiones en cuanto a la determinación de fósforo.

2.2.4. Preparación de la solución de cenizas

La preparación de la solución de cenizas de las muestras de hueso y escamas siguió el mismo procedimiento para un total de tres repeticiones para cada muestra.

Primero se humedecieron 0,5 g de las cenizas obtenidas de cada muestra para cada una de las tres réplicas con 5 ml de la solución de HCl (1:1), posteriormente las muestras fueron calentadas con el objetivo de secarlas en una hornilla a temperatura baja.



Ilustración 2-1: Preparación de cenizas de hueso y escamas

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023.

La finalidad de este procedimiento es deshidratar los silicatos presentes y hacerlos insolubles. Las muestras obtenidas de este paso fueron puestas a secar a temperatura ambiente durante 10 minutos aproximadamente. Una vez secas, se repitió el primer paso con la diferencia de tiempo de calentamiento es decir se calentaron a temperatura baja durante 30 minutos, con el objetivo de hidrolizar los pirofosfatos a ortofosfatos para que no interfieran en la determinación de fósforo

Posteriormente se realiza una primera filtración de la solución mediante el empleo de papel filtro en un matraz aforado de 100 ml. Este papel filtro contiene cenizas insolubles, por lo que se colocó en un crisol con el fin de incinerarlo, este proceso fue durante 1 hora en la mufla. Una vez se obtiene las cenizas, se agregó 5 ml de HCl (1:1) y se calentó durante 5 minutos en una hornilla. Transcurrido el lapso de tiempo se deja enfriar para realizar una segunda filtración. La filtración se lleva a cabo con papel filtro con el mismo embudo y matraz aforado utilizado en la primera filtración incluyendo las aguas de lavado del crisol donde se realizó la calcinación de las cenizas. Finalmente se lava el papel filtro y se aforo la solución



Ilustración 2-2: Calentamiento muestras con HCl

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023.

2.2.5. Procedimiento para la elaboración de la curva de calibración

2.2.5.1. Preparación de soluciones

- Solución tampón de ácido acético/ acetato

De acuerdo con la norma venezolana para la solución tampón se disuelve en agua destilada 34 g de acetato de sodio trihidratado con 60 g (57 ml) de ácido acético glacial en un matraz aforado de 100 ml y se aforo la solución con agua destilada.

- Solución de ácido ascórbico al 1%

Se disuelve 1 gramo de ac ascórbico en un poco de agua destilada, se traspasa a un matraz aforado de 100 ml y se termina de aforar con agua destilada.

- Solución ácido sulfúrico 10 N

Se diluyo 278 ml de H_2SO_4 concentrado con agua destilada en un matraz aforado de 1000 ml y se llevó a volumen.

- Solución de molibdato de amonio al 1%

En un matraz aforado de 1000 ml, se agregó 2,45 g (1,33 ml) de H_2SO_4 concentrado con 10 ml de agua destilada, posteriormente se agregó 10 g de molibdato de amonio disueltos en agua y se afora la solución. Debido a la foto degradación que está sujeta la solución esta fue colocada en un frasco ámbar y mantenida en refrigeración.

- Solución patrón de fosfato (1mg/ ml)

Se disolvió 1,097 g de KH_2PO_4 , en un matraz aforado de 250 ml, se agregó 10 ml de la solución de ácido sulfúrico 10 N preparada anteriormente, la cual fue homogenizada cuidadosamente y llevada a volumen para ser conservada en un frasco de reactivo.

- Solución de trabajo ($50\mu\text{/ml}$)

Para la solución de trabajo se diluyó 5 ml de la solución patrón de fosfato preparada anteriormente en un matraz aforado de 100 ml con agua destilada y se llevó a volumen.

2.2.5.2. Determinación

Se transfirió una alícuota de la solución de cenizas obtenidas a partir de la muestra, donde se contenía 0,1 mg y 0,25 mg de fósforo/ml en un matraz de 100 ml. De igual forma se preparó el blanco de reactivos, utilizando agua destilada en vez de la solución de cenizas con el mismo procedimiento anterior.

Posteriormente se agregó agua destilada para llevar a 60 ml de volumen, se agregaron 10 ml de la solución tampón preparada anteriormente, 1 ml de la solución de ácido ascórbico y 10 ml de solución de molibdato de amonio, con una agitación constante para cada adición. Finalmente se llevó a volumen y una vez homogenizada la solución se dejó reposar durante 30 minutos a temperatura ambiente con el objetivo que se desarrolle el color azul.

El blanco de reactivo permite calibrar el espectrofotómetro a 100% de transmitancia, una vez calibrado el equipo se transfiriere la solución coloreada de azul preparada anteriormente. Se determina la transmitancia y absorbancia a una longitud de onda de 620 nm.

2.2.5.3. Preparación de la curva patrón

Se tomaron alícuotas de 1, 2, 3, 4 y 5 ml de la solución de trabajo previamente preparada, y fueron transferidos a matraces de 100 ml. Posteriormente se realiza el mismo procedimiento para la preparación de la solución de cenizas, teniendo en cuenta que estas soluciones presentan 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 y 0,25 mg de fósforo/100 ml.

Con los valores de absorbancia y transmitancia obtenidos para los patrones se construye el gráfico de absorbancia contra miligramos de fósforo.

2.2.5.4. Contenido de fósforo

Para la determinación de fósforo en cada una de las tres réplicas se empleó las siguientes fórmulas:

$$P = \frac{C \times V \times 100}{V_0 \times M}$$

Ecuación 2-1. Determinación de P

$$P_2O_5 = \frac{C \times V \times 100}{V_0 \times M}$$

Ecuación 2-2. Determinación de P_2O_5

Estas fórmulas permiten calcular la concentración de P (Ecuación 2-1) y P_2O_5 (Ecuación 2-2), tanto para las muestras de huesos como para las muestras de escamas.

Donde:

C= mg de fósforo obtenidos mediante la curva de calibración correspondientes a cada muestra

V= 100 ml de la solución de cenizas

V₀= 10 ml de la alícuota de la solución de cenizas

M= 0,5 g de muestra utilizada para la solución

F= 2,29 Factor de conversión/(P_2O_5)

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Datos obtenidos de pesaje de las muestras

En la tabla 3-1, se puede observar los datos del peso de las muestras que se obtuvo antes y después del proceso de secado al que se sometió tanto las muestras de hueso como las de escamas.

Tabla 3-1: Peso de las muestras antes y después del proceso de secado

Réplicas	Muestra de hueso de <i>Thunnus Alalunga</i>	
	<i>Peso inicial (g)</i>	<i>Peso final (g)</i>
1	130	120,55
2	130	122,53
3	130	121,41
Réplicas	Muestra de escamas de <i>Thunnus Alalunga</i>	
	<i>Peso inicial (g)</i>	<i>Peso final (g)</i>
1	100	95,96
2	100	93,55
3	100	94,45

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023.

En la tabla 3-2, se indican los pesos en gramos que se obtuvo de las antes de ser sometidas al proceso de calcinación y después del mismo.

Tabla 3-2: Peso de las muestras antes y después del proceso de calcinación

Replicas	Muestra de hueso de <i>Thunnus Alalunga</i>	
	<i>Peso inicial (g)</i>	<i>Peso final (g)</i>
1	25	12,01
2	25	12,10
3	25	12,07
Replicas	Muestra de escamas de <i>Thunnus Alalunga</i>	
	<i>Peso inicial (g)</i>	<i>Peso final (g)</i>
1	10	4,95
2	10	4,90
3	10	4,97

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023.

3.2. Análisis proximal de la harina de hueso obtenida

Los análisis proximales realizados para la obtención de la harina de hueso y escama fueron análisis de humedad y ceniza. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla, donde se evidencia que estas harinas cumplen con los requisitos permisibles dado la Norma UNIT 533-82.

Tabla 3-3: Análisis proximal de la harina de hueso obtenida

PARÁMETRO	REPETICIONES			RESULTADO $\bar{x} \pm SD$	REFERENCIA
	1	2	3		
<i>Humedad (%)</i>	7,269	5,746	6,607	6,541 \pm 0,764	8%
<i>Cenizas (%)</i>	51,960	51,600	51,720	51,760 \pm 0,183	-

* Los resultados se expresan en términos de la media \pm desviación estándar de tres repeticiones

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

En la tabla 3-3, se muestra el porcentaje de humedad en la harina de hueso el cual es de 6,541% menor al valor establecido por la UNIT 533-82, la cual señala un máximo del 8% de humedad para la harina de huesa obtenida por vía seca. En cuanto al porcentaje de ceniza se obtuvo un porcentaje del 51,760% el cual se encuentra dentro del rango de porcentaje de ceniza en el hueso dado la UNIT 533-82, donde señala un valor máximo del 80%.

Tabla 3-4: Análisis proximal de la harina de escama obtenida

PARÁMETRO	REPETICIONES			RESULTADO $\bar{x} \pm SD$	REFERENCIA
	1	2	3		
<i>Humedad (%)</i>	4,040	6,450	5,550	5,347 \pm 1,218	8%
<i>Cenizas (%)</i>	50,50	51,000	50,300	50,600 \pm 0,361	-

* Los resultados se expresan en términos de la media \pm desviación estándar de tres repeticiones

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

La Tabla 3-4 muestra el porcentaje de humedad en harina de escamas, el cual es 5.347% inferior al valor establecido por UNIT 533-82, que indica un máximo de 8% de humedad para harina de escamas obtenido por el método seco. En cuanto al porcentaje de ceniza se obtuvo un porcentaje de 50,600%, el cual se encuentra dentro del rango de porcentaje de ceniza en la harina dado por el UNIT 533-82, donde indica un valor máximo de 80%.

3.3. Elaboración de la curva de calibración

Para la elaboración de la curva de calibración se preparó los estándares que se pueden observar en la figura 3-1, para lo cual se tomaron alícuotas de 1, 2, 3, 4 y 5 ml de la solución de trabajo



Ilustración 3-1: Soluciones estándares

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023.

Para la elaboración de la curva de calibración se consideraron los datos de la tabla 3-5, donde se muestran los valores de absorbancia medidos en el espectrofotómetro UV-VIS a una longitud de onda de 620 nm.

Tabla 3-5: Datos de absorbancia

Curva de calibración	
<i>x</i>	<i>y</i>
<i>Concentración (mg/100 ml)</i>	<i>Absorbancia</i>
0,05	0,040
0,10	0,054
0,15	0,076
0,20	0,117
0,25	0,171

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023.

Con los datos anteriores, se procede a elaborar la curva de calibración de fósforo en el software Excel como se observa en la figura 3-2. Mediante la curva de calibración se pudo obtener la ecuación explícita de la recta para determinar el contenido en otras muestras con diferente concentración.

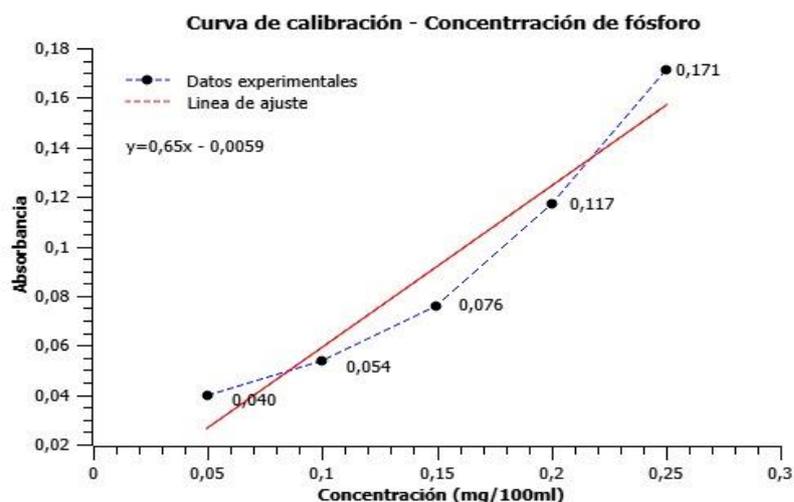


Ilustración 3-2: Curva de calibración de la concentración de fósforo

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023. SciDAVis

3.4. Determinación del contenido de fósforo

A partir de la ecuación $y = 0,65x - 0,0059$, se pudo obtener los datos concentración a partir de la absorbancia medida en el espectrofotómetro, los cuales se muestran en la tabla 3-6, en la cual se evidencia que la concentración de huesos y escamas medidos en mg/100 ml de muestra

Tabla 3-6: Datos de absorbancia y concentración replica 1

Muestra	Absorbancia	Concentración	
Escamas	0,760	1,178	(mg/100 ml)
Hueso	0,799	1,238	(mg/100 ml)

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

En la tabla 3-7, se muestran los datos de contenido de fósforo de la primera replica de las muestras de escamas, expresados en forma de fósforo (P) y pentóxido de fósforo (P_2O_5).

Tabla 3-7: Datos de concentración de P y P_2O_5 de muestra de escamas

Compuesto	Concentración en la muestra de Escamas - R1		
	mg/100 g muestra	%	g/100 g muestra
P	2356,62	2,36	2,36
P_2O_5	53966,49	53,97	53,97

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

Por otro lado, en la tabla 2-8, se exponen las concentraciones tanto de P y P_2O_5 de muestra de hueso de la primera replica, determinadas a través de la curva de calibración.

Tabla 3-8: Datos de concentración de P y P₂O₅ de muestra de hueso

Compuesto	Concentración en la muestra de Hueso - R1		
	mg/100 g muestra	%	g/100 g muestra
P	2476,62	2,48	2,48
P ₂ O ₅	56714,49	56,71	56,71

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

Para la réplica dos, se obtuvo los valores de absorbancia que se muestran en la tabla 3-9, los cuales permitieron obtener los datos de concentración de la muestra de huesos y escamas.

Tabla 3-9: Datos de absorbancia y concentración réplica 2

Muestra	Absorbancia	Concentración	
Escamas	0,745	1,155	(mg/100 ml)
Hueso	0,781	1,211	(mg/100 ml)

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

A partir de los datos anteriores, se pudo determinar la concentración de fósforo y pentóxido de fósforo para la muestra de escamas de la réplica dos como se muestra en la tabla 3-10.

Tabla 3-10: Datos de concentración de P y P₂O₅ de muestra de escamas

Compuesto	Concentración en la muestra de Escamas - R2		
	mg/100 g muestra	%	g/100 g muestra
P	2310,46	2,31	2,31
P ₂ O ₅	52909,57	52,91	52,91

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

Así mismo, para la muestra de huesos de la segunda réplica se puede observar una concentración de fósforo de 2,42 % y de pentóxido de fósforo de 55,45%, como se evidencia en la tabla 3-11.

Tabla 3-11: Datos de concentración de P y P₂O₅ de muestra de hueso

Compuesto	Concentración en la muestra de Hueso - R2		
	mg/100 g muestra	%	g/100 g muestra
P	2421,23	2,42	2,42
P ₂ O ₅	55446,18	55,45	55,45

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

Finalmente, para la tercera replica, se obtuvieron los siguientes datos de concentración y absorbancia que se muestran en la tabla 3-12.

Tabla 3-12: Datos de absorbancia y concentración replica 3

Muestra	Absorbancia	Concentración	
Escamas	0,751	1,164	(mg/100 ml)
Hueso	0,786	1,218	(mg/100 ml)

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

En la tabla 3-13, se muestran el contenido de P y P₂O₅ de la muestra de escamas, correspondientes a la tercera replica.

Tabla 3-13: Datos de concentración de P y P₂O₅ de muestra de escamas

Compuesto	Concentración en la muestra de Escamas - R3		
	mg/100 g muestra	%	g/100 g muestra
P	2328,92	2,33	2,33
P ₂ O ₅	53332,34	53,33	53,33

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

Para la tercera réplica de la muestra de hueso, se obtuvieron un contenido de P de 2,44% y de 55,80% de P₂O₅, como se muestra en la tabla 3-14.

Tabla 3-14: Datos de concentración de P y P₂O₅ de muestra de hueso

Compuesto	Concentración en la muestra de Hueso - R3		
	mg/100 g muestra	%	g/100 g muestra
P	2436,62	2,44	2,44
P ₂ O ₅	55798,49	55,80	55,80

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

3.5. Contenido de fósforo en la harina de hueso y escama

La tabla 3-15, muestra el contenido de fósforo expresado en porcentaje. Donde la muestra A, corresponde a la harina de hueso y la muestra B a la harina de escama. Así mismo se puede observar el porcentaje de P de referencia en este tipo de harina.

Tabla 3-15. Contenido de fósforo (*P*) en las muestras de harina

MUESTRAS DE HARINA	REPETICIONES			RESULTADO $\bar{x} \pm SD$	REFERENCIA
	1	2	3		
<i>Muestra A (%)</i>	2,48	2,42	2,44	2,447 ± 0,031	3%
<i>Muestra B (%)</i>	2,36	2,31	2,33	2,333 ± 0,025	3%

* Los resultados se expresan en términos de la media ± desviación estándar de tres repeticiones

Fuente: Aguirre, 2016, p.14

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

Tabla 3-16. Contenido de pentóxido de fósforo (P_2O_5) en las muestras de harina

MUESTRAS DE HARINA	REPETICIONES			RESULTADO $\bar{x} \pm SD$	REFERENCIA
	1	2	3		
<i>Muestra A (%)</i>	56,71	55,45	55,80	55,987 ± 0,650	45%
<i>Muestra B (%)</i>	53,97	52,91	53,33	53,403 ± 0,534	45%

* Los resultados se expresan en términos de la media ± desviación estándar de tres repeticiones

Fuente: NORMA UNIT 510:1982

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

La tabla 3-15, muestra los resultados obtenidos del porcentaje de fósforo presente en las muestras analizadas de harina de hueso y escama, donde se determinó un porcentaje de fósforo del 2,447% para la muestra A y 2,333% para la muestra B. En las muestras A y B, se determinó la presencia de fósforo en forma de fosfato expresado como P_2O_5 . En la tabla 3-16, se observa que la muestra de harina de hueso (muestra A) contiene un 55,98% de pentóxido de fósforo, dicho porcentaje es correcto para una harina de hueso obtenida por vía seca, dado que el porcentaje mínimo debe ser del 45 a 46%. Con respecto a la muestra de harina de escama (muestra B) existe un 53,403% de pentóxido de fósforo, el cual es un valor adecuado debido a que es mayor al valor mínimo establecido.

3.6. Análisis estadístico inferencial de los datos obtenidos

Tabla 3-17: Estadística inferencial

PRUEBA/SUPUESTO	Valor calculado	Valor crítico	Regla de decisión	
U de Mann-Whitney	1,964	1,960	$Z_{cal} > Z_{1-\alpha/2}$	Acepta la H_o
Bartlett	0,071	5,991	$X_0^2 < X_c$	Acepta la H_o
Shapiro Wilks	0,934	0,788	$W_c > W_\alpha$	Acepta la H_o
Durbin Watson	2,524	0,61 - 1,40	$d_c > D_v$	Acepta la H_o

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

Dadas las variables, se ha decidido aplicar un estadístico de prueba correspondiente a una prueba no paramétrica. Al realizar la prueba U de Mann-Whitney se obtuvo un valor calculado mayor al tabulado, por lo que se acepta la hipótesis nula. En cuanto a los supuestos, aceptan la hipótesis nula. La prueba de Bartlett da como resultado un valor calculado de 0,071 y un valor crítico de 5,991; suponiendo que los datos tienen una varianza similar. En cuanto al supuesto de normalidad de Shapiro Wilks, se obtiene que el valor calculado 0,934 es mayor que el valor crítico 0,788; por lo que se asume que los datos tienen una distribución normal. En cuanto al supuesto de Durbin Watson, el valor calculado es mayor al crítico ($2,524 > 1,40$); por lo que se asume existe autocorrelación entre los datos.

3.7. Comparación con otras investigaciones

En la presente investigación se determinó que en la harina de hueso de pescado existe un porcentaje de fósforo asimilable para ser considerado como una fuente de pentóxido de fósforo. Las muestras A y B presentan un porcentaje de referencia promedio del 3% de P y 45% para P_2O_5 .

La tabla 3-18, muestra los resultados obtenidos en la investigación con huesos de pescado (*Thunnus Alalunga*) en comparación con otras especies. Se muestran algunos datos como humedad, cenizas, porcentaje de fósforo y pentóxido de fósforo.

Tabla 3–18: Comparación del análisis proximal en diferentes harinas de hueso

Harina de hueso	Humedad %	Cenizas %	P %	P_2O_5 %
Res	21,06	35,36	9,12	-
Res	-	-	-	26,58
Pollo	-	-	-	15,55
Pollo	-	-	-	19,80
Pescado (<i>Plecostomus spp.</i>)	-	34,7	-	46
Pescado (<i>Thunnus Alalunga</i>)	6,541	51,760	2,447	55,987
Harina de carne y hueso	Humedad %	Cenizas %	P %	P_2O_5 %
Ovino	8,01	20,2	4,1	-
Bovino	7,4	23,1	4,3	-
Pescado	7	12,5	2	-

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

En comparación con otras fuentes bibliográficas se ha observa que el contenido de fósforo es mayor en harina proveniente del hueso de res. Según Ramos (2010, pág. 41), en su proyecto da a conocer que la harina de res presenta un porcentaje promedio del $9,12 \pm 0,07$, además un porcentaje de humedad del $21,06 \pm 0,42$ y cenizas del $35,36 \pm 1,06$ los cuales son cifras mayores con respecto a lo obtenido y referenciado para una harina de hueso de pescado.

En la harina de hueso de pollo se encuentra que el porcentaje de fósforo expresado como pentóxido de fósforo es menor en comparación con la harina de pescado, siendo este de 19,80% (Chavarría & Landaverde, 2004, pág. 46), además en su investigación también menciona que el porcentaje de P_2O_5 en la harina de res es de 26,58%. Sembrera (2020, pág. 44) menciona en su investigación que la harina de pollo presenta un 15,55 % de fósforo como pentóxido de fósforo el cual es valor inferior a la harina de hueso de pescado obtenida en el presente trabajo de investigación.

Además de la harina de hueso también existen aquellas a las cuales se les agrega desechos como carne, por lo general este tipo de harinas son usadas como fuente de calcio y fósforo para alimento de animales debido a su alto valor proteico a diferencia de la harina de hueso obtenida en la investigación, debido a que la vía de obtención de estas harinas es distinta. Silva (2010, pág. 20) menciona que la harina de hueso y carne proveniente del ganado ovino presente un porcentaje de humedad del 8,01% y cenizas del 20,2% el cual es un valor menor al obtenido en la harina de hueso de pescado. En cuanto al porcentaje de fósforo (4,1%) este es mayor. Por otro lado, la harina del ganado bovino contiene un porcentaje de fósforo (4,3%) que es mayor al ovino.

En cuanto harinas obtenidas a partir de desechos del pescado, Monares et al. (2012, págs. 147-148) menciona que la harina obtenida de la especie *Plecostomus spp* o pez diablo presenta un porcentaje de P_2O_5 del 46%, el cual es menor a al valor obtenido en la investigación, pero es el más cercano en comparación con otros animales. En cambio, al obtener una harina de hueso y carne de pescado el valor del fósforo es del 2% siendo este un valor menor al obtenido (FEDNA, 2013).

La tabla 3-19, muestra la comparación de harinas de escama de diferentes especies de pescado donde se da a conocer características como humedad, cenizas y el contenido de fósforo en mg/g.

Tabla 3–19: Comparación del análisis proximal en diferentes harinas de escama

Harina de escamas	Humedad %	Cenizas %	P mg/g	P₂O₅ mg/g
<i>Thunnus Alalunga</i>	5,347	50,600	2332,00	53402,80
<i>Tenualosa ilisha</i>	11,81	22,63	860,88	-
<i>Labeo rohita</i>	10,72	19,18	942,28	-
<i>Gibelion catla</i>	13,87	19,37	726,58	-
<i>Anabas testudineus</i>	20,53	36,89	2031,09	-
<i>Cirrhinus reba</i>	15,91	19,07	1128,07	-
<i>Chitala chitala</i>	11,63	33,21	311,70	-
<i>Cirrhinus cirrhosis</i>	11,28	25,86	430,83	-
<i>Labeo calbasu</i>	10,57	24,33	360,79	-
<i>Oreochromis mossambicus</i>	7,87	19,06	259,86	-
<i>Cyprinus carpio</i>	10,66	38,15	501,42	-
<i>Puntius sarana</i>	9,77	22,99	230,40	-
<i>Channa striata</i>	12,75	39,55	527,88	-

Fuente: (Begum et al., 2021, pág. 29)

Realizado por: Lliguilema, Jessica (ESPOCH), 2023

De acuerdo a la tabla 3-19, se conoce que el contenido de humedad presente en la harina obtenida de la especie *Thunnus alalunga* es menor (5,34%) en comparación con otras especies, pero el porcentaje de ceniza es mayor de las demás especies lo que hace que la cantidad de fósforo sea mayor (2332,0 mg/g). Por lo que se puede concluir que la especie analizada es la más adecuada para usarla como fuente de fósforo para la elaboración de productos que la usen como materia prima o complementaria debido a su alto contenido de P₂O₅.

CONCLUSIONES

- La harina de hueso obtenida presento un porcentaje de humedad del 6,541% y la harina de escama un 5,347%, los cuales son valores dentro del rango permisible por la UNIT 533-82 donde se indica que este no debe ser mayor al 8%. En cuanto al análisis de ceniza los resultados obtenidos fueron favorables ya que la ceniza presente en la harina nos dio a conocer un porcentaje estimado de los minerales presentes. El porcentaje de ceniza en la harina de hueso (muestra A) fue del 51,760 y para la harina de escama (muestra B) un valor de 50,600%.
- Al realizar la determinación de fósforo mediante el método de espectroscopía UV – visible, se determinó que existe un porcentaje del 2,447% de P, que expresado a P_2O_5 corresponde a 55,987% para la muestra de harina de hueso, en cambio en la harina de escama se obtuvo un 2,333% que expresado en P_2O_5 corresponde a un 53,403%. Por lo tanto, se concluye que la harina obtenida mediante desechos de pescado como harina y hueso es una fuente de fósforo viable para su reutilización. Esta fuente de fosfatos puede dar lugar a la formulación de productos a base de fósforo dentro del área de la química, entre ellos una aplicación viable puede ser su uso como materia prima dado el alto contenido de P_2O_5 , el cual es utilizado en fertilizantes.
- En el análisis estadístico inferencial se aplicó una prueba no paramétrica, específicamente la prueba U de Mann-Whitney, con el fin de comprobar si existe diferencia en las medianas de las muestras A y B, además de comprobar si se cumplen las hipótesis planteadas. Se determinó que al trabajar al 95% de confianza las muestras de harina de huesos y escamas tienen una mediana similar ya que se obtuvo un valor calculado mayor al valor crítico o tabulado, por lo tanto, se concluye que la mediana de ambas muestras es igual, ya que cada una tiene una probabilidad de 0,5 (50%) de ser mayor o menor que la observación correspondiente en la otra muestra, por lo tanto, se concluye que los desechos de pescado contienen un porcentaje apreciable de fósforo para su reutilización como harina. de hueso, de igual forma se establece que la harina de hueso es una alternativa para la reutilización de los desechos de pescado, además se comprueba que los huesos y escamas presentan un contenido de fósforo similar. Y finalmente, se determina que el porcentaje de fósforo presente en la harina es asimilable para su reutilización como fuente de fósforo.

RECOMENDACIONES

- Dar un tratamiento adecuado e inmediato a las muestras, colocándolas en recipientes herméticos y refrigerados debido a su velocidad de descomposición en condiciones ambientales para garantizar mayor precisión en los resultados obtenidos.
- Seguir el estudio del proceso de extracción de harina de hueso obtenida a partir de residuos de pescado y considerar su potencial aplicación como fertilizante, para conocer su influencia en la fertilidad del suelo y en la calidad de las plantas.
- Analizar el porcentaje de fosforo presente en residuos de otras especies de pescado para conocer como esto puede afectar en la calidad y cantidad de fosforo extraído de los residuos de estas especies.

GLOSARIO

Pentóxido de fósforo: Es el anhídrido del ácido fosfórico. Su nombre se utiliza como terminología para hacer referencia a la forma en la que se encuentra el fósforo y para dar a conocer su concentración cuando hablamos de un fertilizante o fertilizante, el $P_2 O_5$ se encuentra en forma de ortofosfato en estado mineral (Chavarria & Landaverde, 2004, pp.22-48).

Pirofosfato: También denominado como (PPi) es una molécula inorgánica sencilla la cual posee un enlace pirofosfato es decir está constituida por dos grupos metafosfato unidos por un puente de oxígeno (P-O-P), lo cual hace que esta se caracterice por poseer una energía libre ($\Delta G^\circ = -22 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) de hidrólisis elevada. Esta molécula se genera como subproducto en una gran cantidad de reacciones anabólicas (López, 2004, p.13).

Fósforo reactivo/ortofosfato: Molécula conformada por un átomo de fósforo rodeado de cuatro átomos de oxígeno y posee tres cargas negativas (PO_4^{3-}). También es denominado como fosfato o fósforo reactivo debido a que se une con facilidad a elementos o compuestos deficientes de electrones. Esto se debe a que es muy probable que los tres electrones "extra" de los átomos de oxígeno se unan a los protones de la misma manera. El fósforo reactivo es una de las formas más representativas de medir el ortofosfato, puesto que una fracción pequeña de cualquier fosfato en su forma condensada que se encuentre presente tiende a hidrolizarse de forma inevitablemente durante el procedimiento analítico (Garrido, 2023, pp.15-16).

Molibdato de amonio: Reactivo ampliamente utilizado en su forma tetrahidratado para la determinación de fósforo. En la práctica, en cada patrón el ortofosfato reaccionara con el molibdato de amonio dando lugar a la precipitación de fosfatos, donde se reduce a azul de molibdeno (López Peña, 2019, p.32).

BIBLIOGRAFÍA

ABRIL DÍAZ, N., BÁRCENA RUIZ, A., FERNÁNDEZ REYES, E., GALVÁN CEJUDO, A., JORRÍN NOVO, J., PEINADO PEINADO, J., TORIBIO MELÉNDEZ-VALDÉS, F., & TÚNEZ FIÑANA, I. *Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas* [blog]. 2005. [Consulta: 16 de mayo 2023]. Disponible en: <https://www.uco.es/organiza/departamentos/bioquimica-biol-mol/practicasgenerales.htm>

AGUIRRE, V. Exploración de fuentes orgánicas y minerales no convencionales como alternativas para la fertilización de cultivos [En línea] (Trabajo de titulación) (Doctoral). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. 2016. p. 14. [Consulta: 13 de agosto 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2708>

ARREDONDO, J. Establecimiento de simbiosis micorrízico-arbuscular en plantas de tomate tratadas con fertilizante fosfatado microencapsulado con almidón [En línea] (Trabajo de titulación) (Maestría). Centro de investigación en química aplicada, Saltillo. 2020. pp. 1-3. [Consulta: 06 de junio 2023]. Disponible en: <http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/672>

BEGUM, M., AL MAMUN, Z. U., & SATTER MIAH, A. “Nutritional profiling of selected fish’s scales: An approach to determine its prospective use as a biomaterial”. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, [En línea], 2021, vol. 9(3), pág. 29. [Consulta: 11 de agosto de 2023]. ISSN 2394-0506. Disponible en: <http://www.fisheriesjournal.com>

CICAA. *Manual de ICCAT* [En línea]. España: Miguel Yuste, 2010, pp. 81-82. [Consulta: 06 de abril 2023]. Disponible en: <https://www.iccat.int/es/iccatmanual.html>

CORREA, A. Determinación de fósforo en arroz, arveja, garbanzo, haba, lenteja, maní y soya mediante espectroscopía Ultravioleta Visible [En línea] (Trabajo de titulación). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. 2016. pp. 26-36. [Consulta: 16 de mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/10384>

CHAVARRIA, S., & LANDAVERDE, C. (2004). Cuantificación del contenido de fosforo y calcio en harina de huesos de pollo para ser utilizada como abono [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad de El Salvador, El Salvador. 2004. pp. 22-48. [Consulta: 13 de octubre 2023]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5534/1/10127832.pdf>

DELGADO, D. Harina de hueso como fuente de fosforo en plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense*) aplicado en suelo tipo Feozem – calcáreo [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de botánica. Saltillo, Coahuila. 2011. pp. 27-30. [Consulta: 16 de julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6426/T18929%20%20%20VILLA%20DELGADO%2c%20DIANA%20BELEN%20%2061991.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FAO. *Versión resumida de El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022* [En línea]. Roma, 2022, p. 4. [Consulta: 11 de abril 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/cc0463es>

FEDNA. *Harina de pescado* [blog]. Madrid: Danesoft, 2013. [Consulta: 12 de agosto de 2023]. Disponible en: https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-pescado-70913

FUNDICIONES DEL ESTANDA SA. *Trituración* [blog]. 2014. [Consulta: 17 de mayo 2023]. Disponible en: <https://www.estanda.com/es/glosario/trituracion#:~:text=La%20trituraci%C3%B3n%20es%20el%20nombre,%20molienda%20abrasi%C3%B3n%20o%20desgaste>

GARRIDO, A. Validación de un método analítico para la determinación de fósforo total en aguas naturales y residuales por el método del ácido ascórbico [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Córdoba, Córdoba. 2023. pp. 15-16. [Consulta: 13 de octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/7553>

GONZÁLEZ, R. Actualización de la composición proximal del plan de consumo popular en Guatemala [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de CCQQ y Farmacia, Guatemala. 2004. pp. 10-12. [Consulta: 15 de mayo 2023]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2243.pdf

H. CONGRESO NACIONAL, & COMISIÓN DE LEGISLACIÓN Y CODIFICACIÓN. (2004). *Ley de gestión ambiental, codificación 19.*

LÓPEZ PEÑA, M. Determinación de fosfato mediante análisis por inyección de flujo [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. 2019. p. 32. [Consulta: 13 de octubre 2023]. Disponible en: https://oa.upm.es/56704/1/TFG_MARIA_DE_LAS_NIEVES_LOPEZ_PENA.pdf

LÓPEZ, R. Fisiología molecular y bioquímica de pirofosfatasas translocadoras de protones [en línea] (Trabajo de titulación) (Doctoral). Universidad de Sevilla, Sevilla. 2004. p. 13. [Consulta: 13 de octubre 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11441/15667>

MÁRQUEZ, B. Cenizas y grasas [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. 2014. pp. 10-14. [Consulta: 17 de mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e8bd5b97-f205-4b7e-bcd6-b34d7ab4fbe2/content>

MONARES, I., CEJA, L., ESCALERA, C., VÁZQUEZ, G., & OCHOA, S. “Tamaño de partícula y tiempo de aplicación pre-siembra de harina de pescado (*plecostomus* spp.) en producción de calabacita”. *Terra Latinoamericana* [en línea], 2012, México, 30(2), pp. 147–155. [Consulta: 31 de marzo 2023]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57324446006>

MONTEJO, M. 01. G.M. Puerto Montt N° 01 / 2009: *Imparte medidas de seguridad que deben adoptarse en faenas de descarga de peces en pontones-yoma o medios similares y transporte, carga y descarga de mortalidad de peces* [en línea]. Chile, 2009. [Consulta: 29 de abril 2023]. Disponible en: https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20170214/20170214143332/pmo_circular01_2009.pdf

NORMA UNIT 510:1982. *Productos para alimentación animal. Subproductos de la industria cárnica. Harina de carne y hueso.*

OLALLA, Y. Análisis del potencial del aprovechamiento de residuos orgánicos del mercado mayorista de la ciudad de Riobamba en procesos de codigestión anaerobia para la producción de biogás [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. 2018. p. 1. [Consulta: 29 de abril 2023]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/8945>

POOL, L., TRINIDAD, A., ETCHEVERS, J., PÉREZ, J., & MARTÍNEZ, A. “Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de chiapas, México”. *Agrociencia* [en línea], 2000, México, 34(3), pp. 251–259. [Consulta: 31 de marzo 2023]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30234301>

RAMADHANI, S., ISWANTO, B., & PURWANINGRUM, P. “Waste utilization of red snapper (*Lutjanus sp.*) fish bone to improve phosphorus contents in compost”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea], 2018, Indonesia, *106*(1), p. 1. [Consulta: 11 de abril 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/106/1/012091>

RAMÍREZ, J., LOYA, J., ULLOA, J., ROSAS, P., GUTIÉRREZ, R., & SILVA, Y. “Aprovechamiento de desechos de pescado y cáscara de piña para producir ensilado biológico”. *Abanico Veterinario* [en línea], 2020, México, *10*, p. 1. [Consulta: 11 de abril 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.21929/abavet2020.29>

RAMOS, N. Aprovechamiento del desecho de huesos de res para la obtención de harina de hueso en la fábrica Federer [En línea]. (Trabajo de Titulación). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2010. pág. 41. [Consulta: 11 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2379/1/CD-3111.pdf>

REYES, M., GÓMEZ, I., & ESPINOZA, C. *Tablas peruanas de composición de alimentos* [en línea]. Perú, 2017, pp. 6-43. [Consulta: 07 de abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14196/1034/tablas-peruanas-QR.pdf>

ROA, M. *Harina de Huesos* [en línea]. Colombia, 1973, pp. 120-122. [Consulta: 05 de mayo 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/29010>

SAHU, N., THAKUR, R., & BANSOD, B. K. “International conference on recent innovations in science, technology, management and environment”. *Detection of fluoride ion in water: an optical approach and review* [en línea], 2016, New Delhi, pp. 537–548. [Consulta: 16 de mayo 2023]. Disponible en: <http://data.conferenceworld.in/IFUNA/P537-548.pdf>

SEMBRERA, J. Determinación del efecto de la harina de hueso de pollo de los residuos sólidos orgánicos comerciales en el desarrollo de la biomasa del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en la ciudad de Moyobamba, 2018 [En línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad Nacional de San Martín. Moyobamba- Perú. 2020. pág. 44. [Consulta: 12 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3988/1/ING.%20AMBIENTAL%20-%20Jes%3%bas%20David%20Sembrera%20Mondrag%c3%b3n.pdf>

SHEN, J., YUAN, L., ZHANG, J., LI, H., BAI, Z., CHEN, X., ZHANG, W., & ZHANG, F. “Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant”. *Plant Physiology* [en línea], 2011, China, *156*(3), p. 997. [Consulta: 06 de junio 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1104/pp.111.175232>

SILVA, C. (2010). Aceptabilidad y digestibilidad de una dieta que contiene harina de carne y hueso de ovinos como fuente de proteína animal en una fórmula de alimento para perros adultos [En línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad de Chile. Santiago-Chile. 2010. pág. 44. [Consulta: 11 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131008/Aceptabilidad-y-digestibilidad-de-una-dieta-que-contiene-harina-de-carne-y-hueso-de-ovinos-como-fuente-de-prote%C3%ADna-animal-en-una-formula-de-alimento-para-perros-adultos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SILVA, D. Elaboración de harina de pescado [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Católica Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias, Buenos aires. 2003. p. 118. [Consulta: 31 de marzo 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1834/4068>

ZHARIF, N., & JUNIANTO. “Utilization of fish bone for flour sources of calcium”. *Global Scientific Journals* [en línea], 2021, 9(12), pp. 1727–1729. [Consulta: 31 de marzo 2023]. Disponible en: <https://www.globalscientificjournal.com/>



ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DE HARINA DE HUESO Y ESCAMA A PARTIR DE *THUNNUS ALALUNGA*

Fotografía N°1. Muestra de huesos de pescado



Fotografía N°2. Muestra de huesos de pescado posterior al análisis de humedad



Fotografía N°3. Muestras de escamas



Fotografía N°4. Muestras de escamas de pescado posterior al análisis de humedad



Fotografía N°5. Muestras de escamas de pescado posterior al análisis de cenizas



Fotografía N°6. Muestras de huesos de pescado posterior al análisis de cenizas



ANEXO B: DETERMINACIÓN DE FÓSFORO (P_2O_5)

Fotografía N°7. Preparación de sol. de cenizas



Fotografía N°8. Muestras de cenizas humedecidas (digestión ácida)



Fotografía N°9 Muestra de hueso y escama



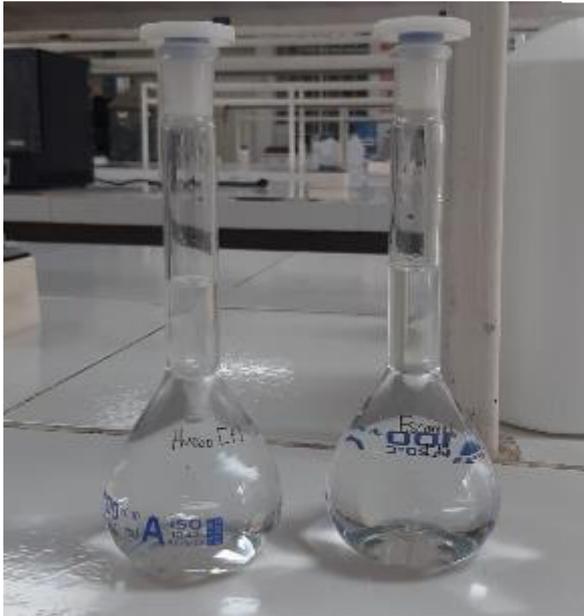
Fotografía N°10. Preparación de reactivos



Fotografía N°11. Filtración de cenizas humedecidas con HCl para analizar



Fotografía N°12. Muestra de hueso y escamas aforadas para analizar



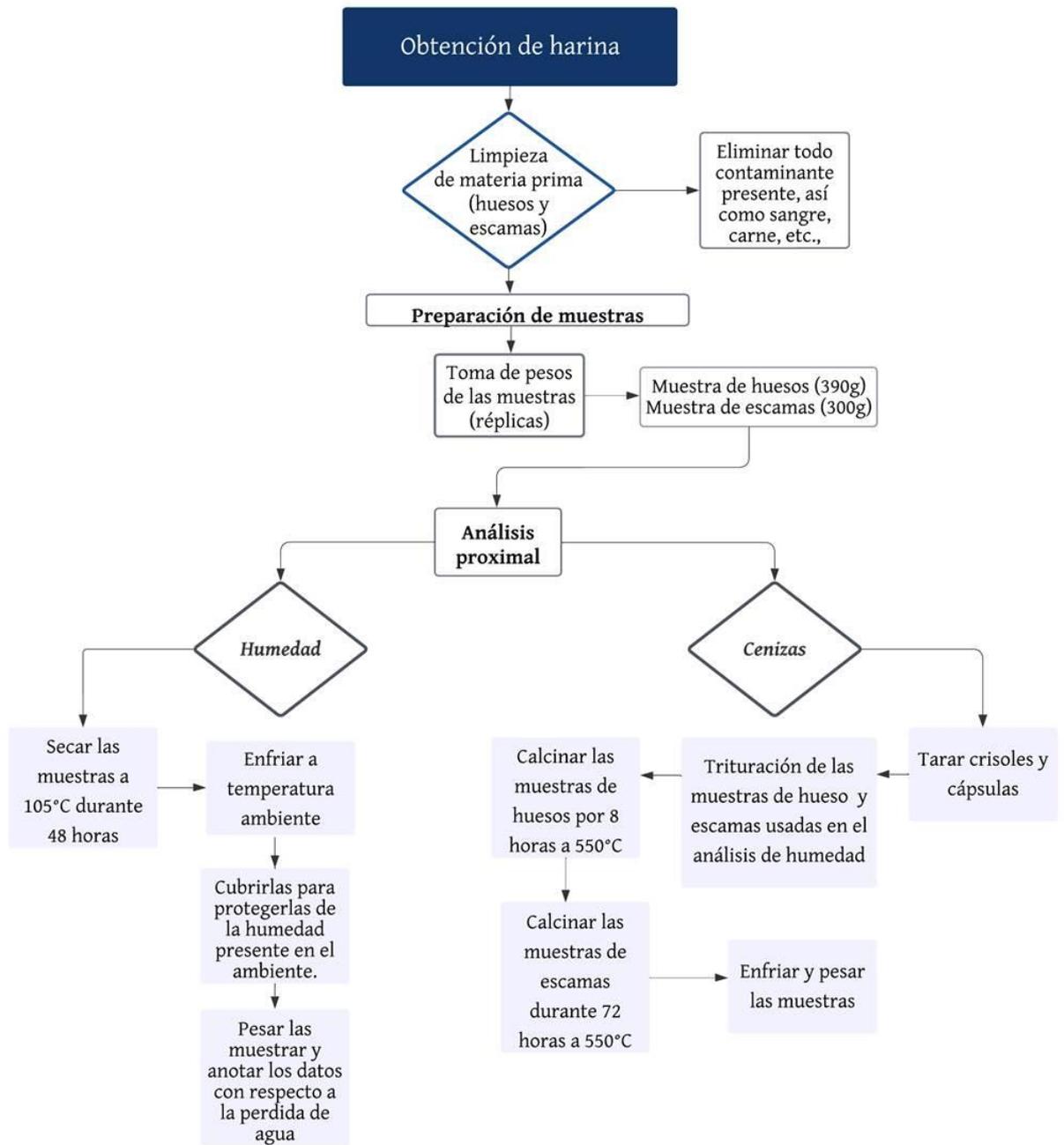
Fotografía N°13. Solución de muestras y blanco



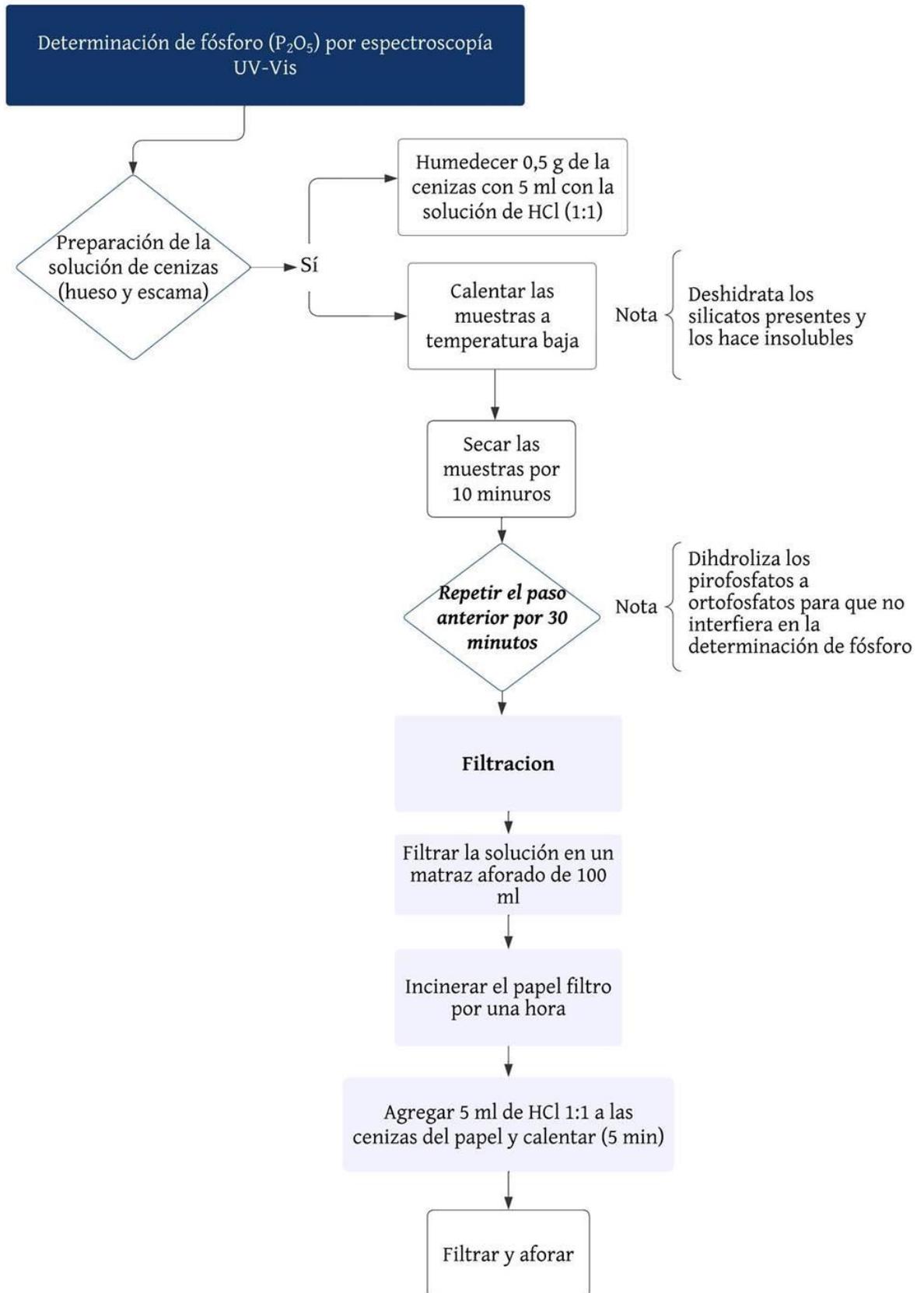
Fotografía N°14. Muestras y estándares



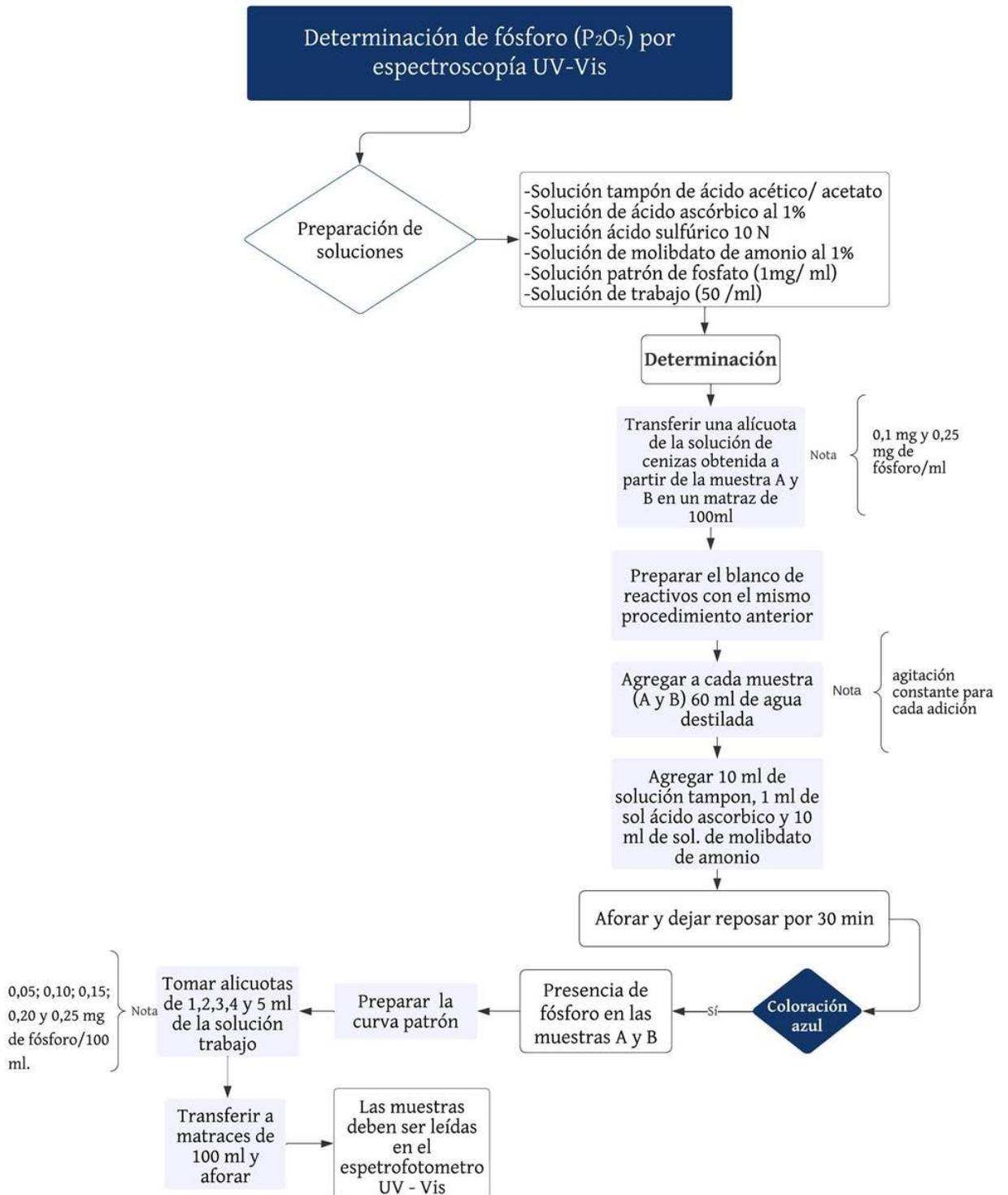
ANEXO C: DIAGRAMA DE FLUJO SOBRE LA OBTENCIÓN DE HARINA DE HUESO Y ESCAMA



ANEXO D: PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE FÓSFORO A PARTIR DE LAS CENIZAS DE HUESO Y ESCAMA



ANEXO E: DETERMINACIÓN DE FÓSFORO POR ESPECTROSCOPIA UV – VIS





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 29 / 01 / 2024

INFORMACIÓN DE LA AUTORA
Nombres – Apellidos: Jessica Dayana Lliguilema Jessica
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Química
Título a optar: Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1997-DBRA-UPT-2023

