

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**DESCONTAMINACIÓN DE PETRÓLEO CRUDO  
EN AGUA CRUDA UTILIZANDO HARINA DE  
PLUMAS**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**FRESIA DE JESUS LOZANO VASQUEZ**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**PUCALLPA – PERÚ**

**2016**

## DEDICATORIA

A Dios porque me ha guiado en el transcurso de mi vida, me ha dado la sabiduría y la fortaleza para afrontar cualquier adversidad sin desfallecer en el intento.

A mi familia. En especial a mi madre y a mi hermana por sus apoyos incondicionales, amor, consejos y ayuda en los momentos difíciles de mi vida.

A mi mejor amigo que ha estado ahí en cada momento brindándome su apoyo incondicional, sus consejos y motivándome siempre para seguir adelante con los objetivos que me propongo.

Para aquellas personas que se interesan en el cuidado de nuestros recursos naturales y por ende al cuidado y protección de nuestro planeta.

## AGRADECIMIENTOS

- A Dios porque me permite estar aquí y ha guiado mi camino.
- A mi madre quien ha sido mi fortaleza y el respaldo, quien me ha enseñado que con esfuerzo constancia y trabajo uno es capaz de conseguir las metas que se propone.
- A la universidad Alas Peruana Filial – Pucallpa por abrirme las puertas de sus aulas, por su atención y amabilidad para mi desarrollo como alumna.
- A nuestros docentes, por guiarnos durante el proceso de aprendizaje, por la sabiduría que nos transmiten durante nuestro desarrollo como profesionales.
- En especial, al ingeniero Ronald Marlon Lozano Reátegui, por su compromiso con la educación, que gracias a sus conocimientos me ha guiado en el desarrollo de este trabajo.
- Gracias a aquellas personas que de una u otra forma, han sido claves en mi proceso como alumno de la facultad de Ingeniería Ambiental.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TABLA DE CONTENIDOS	iv
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO</b>	<b>13</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	13
1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. DELIMITACIONES	15
1.2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL	17
1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS	17
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. VARIABLES	18
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.7.1. VIABILIDAD TÉCNICA	19
1.7.2. VIABILIDAD OPERATIVA	19
1.7.3. VIABILIDAD ECONÓMICA	20
1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.8.1. JUSTIFICACIÓN	20
1.8.2. IMPORTANCIA	21
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>22</b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.2. MARCO HISTÓRICO	27
2.3. MARCO CONCEPTUAL	28
2.3.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS PLUMAS DE POLLO	28

2.3.2. ESTRUCTURA DE LAS PLUMAS	28
2.3.3. OTROS USOS DE LAS PLUMAS DE POLLO	29
2.3.4. USOS Y APLICACIONES DE LA QUERATINA	29
2.3.5. HIDROCARBUROS	30
2.3.6. EFECTOS DE LOS HIDROCARBUROS EN LA SALUD HUMANA	31
2.3.7. IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN AMBIENTES ACUÁTICOS	32
2.3.8. TÉCNICAS DE LIMPIEZA DE HIDROCARBUROS	32
2.3.9. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	34
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	<b>37</b>
3.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	37
3.2. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.2.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.3. COBERTURA DE ESTUDIO	39
3.3.1. UNIVERSO	39
3.3.2. MUESTRA	39
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	40
3.4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	40
3.4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	40
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	<b>41</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLUMAS	41
4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PETRÓLEO	42
4.3. ELABORACIÓN DE LA HARINA DE PLUMAS	43
4.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA CRUDA	44
4.5. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA CONTAMINADA	45
4.6. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA DESCONTAMINADA	46

4.7. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA COMPROBAR LA ACTIVIDAD ADSORBENTE DE LA HARINA DE PLUMAS OBTENIDA A 150°C	47
4.7.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS DE LOS VALORES DE RETENCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO DE LA HARINA DE PLUMAS OBTENIDOS a 150°C EN LABORATORIO	49
4.8. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA COMPROBAR LA ACTIVIDAD ADSORBENTE DE LA HARINA DE PLUMAS OBTENIDA A 170°C	51
4.8.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS DE LOS VALORES DE RETENCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO DE LA HARINA DE PLUMAS OBTENIDOS a 170°C EN LABORATORIO	52
4.8.2. PRUEBA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA HONESTA (DSH) DE TUKEY	54
4.9. CARACTERÍSTICAS DE LA HARINA DE PLUMAS	56
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN</b>	57
5.1. ELABORACIÓN DE HARINAS DE PLUMAS	57
5.2. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS DE LOS VALORES DE RETENCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO DE LA HARINA DE PLUMAS OBTENIDOS a 150 Y 170°C EN LABORATORIO	58
5.3. PRUEBA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA HONESTA (DSH) DE TUKEY	59
5.4. CARACTERÍSTICAS DE LA HARINA DE PLUMAS	61
<b>CONCLUSIONES</b>	63
<b>RECOMENDACIONES</b>	64
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	65
ANEXOS	72
MATRIZ DE CORRELACIÓN	104

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	Pág.
Figura 1: Diagrama de flujo experimental para la elaboración de harina de plumas de pollo	77
Figura 2: Diagrama de flujo experimental para la realización de las pruebas de retención de hidrocarburos de la harina de plumas	80

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 01: Operalización de las variables de estudio	19
Cuadro 02: Características fisicoquímicas de las plumas utilizadas como materia prima para elaborar la harina	42
Cuadro 03: Características fisicoquímicas del petróleo a ser usada como contaminante	
Cuadro 04: Análisis fisicoquímico de la muestra de agua cruda	43
Cuadro 05: Análisis fisicoquímico de la muestra contaminada	44
Cuadro 06: Análisis fisicoquímico de la muestra descontaminada	46
Cuadro 07: Resultados de la capacidad de retención de petróleo crudo por parte de la harina de plumas obtenida a 150°C	48
Cuadro 08: ANOVA de los resultados obtenidos de la retención de petróleo crudo de la harina de plumas obtenida a 150°C en laboratorio	50
Cuadro 09: Resultados de la capacidad de retención de petróleo crudo por parte de la harina de plumas obtenida a 170°C	51
Cuadro 10: ANOVA de los resultados obtenidos de la retención de petróleo crudo de la harina de plumas obtenida a 170°C en laboratorio	53
Cuadro 11: Prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey	54
Cuadro 12: Resultados de la Prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey	54
Cuadro 13: Características mostradas por la harina obtenida de las plumas de pollo	55

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se planteó como objetivo general, determinar el grado de descontaminación del petróleo crudo en aguas utilizando harina de plumas, considerando como universo el agua recolectada de la laguna Yarinacocha, así mismo utilizar los residuos de plumas de pollo, el cual es uno de los principales desperdicios que se genera de la actividad avícola en la localidad, para elaborar harina con alto contenido de queratina; la cual se enmarca dentro de una investigación aplicada y a un nivel explicativo. Fue empleado el método experimental, así como el diseño pre experimental; las plumas que fueron desechadas y recolectadas de las empresas criadoras de estas aves de la localidad (Halley), tomando como muestra 5 000 gramos de plumas secas, de las cuales se obtuvo 3 400 gramos de harina, por lo cual el rendimiento que presentó el proceso fue de 78.844%. El diseño estadístico comprendió un DCA con arreglo factorial 3x3 con una sola réplica. Los resultados de los análisis fisicoquímicos, indicaron que la harina de plumas, posee 5,14% de queratina como proteína principal; 7,38% de humedad; 5,2852% de cenizas; densidad aparente de 0,0936 g/mL; flamabilidad NO y flotabilidad SI. La metodología comprendió el secado solar de las plumas limpias y desinfectadas previamente durante dos (02) días, mientras que la harina de plumas fue obtenida mediante un proceso, que consistió en someter a las plumas a una deshidratación en estufa a temperaturas de 150°C y 170°C, que luego fueron molidas y tamizadas en tamaños de partícula de 250 µm, 850 µm y 1,40 mm. La harina que presentó las mejores características correspondió a la fórmula de media 1: Temperatura de deshidratación de 170°C, tamaño de partícula de 250 µm. El poder de retención de petróleo crudo por parte de la harina de plumas, fue determinada mediante la metodología planteada por Salinas (2010), que se basó en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (2005) por lo cual se utilizó 2 gramos de harina, 200 mL de agua destilada, 2 gramos de petróleo crudo, tiempo y velocidad de agitación de 10 minutos y 800 RPM y extracción del petróleo crudo de la harina de plumas mediante el método Soxhlet, producto del cual se determinó una retención del 78,844%.

Palabras claves: *Carbón Activado, Adsorción, Petróleo Crudo, Derrame de petróleo, Queratina.*

## ABSTRACT

In the present research work was raised as a general goal, make waste chicken feathers, which is one of the main waste generated from the poultry industry in the town, to produce flour high keratin; which is part of an applied level and an explanatory research. It was used the experimental method and the pre experimental design; considering as universe 50 kilograms of feathers that were discarded and collected brooder companies of these birds in the locality (Halley), taking as example 5,000 grams of dry feathers, of which 3 400 grams of flour was obtained, thus performance that presented the process was 68%. The statistical design included a 3x3 factorial arrangement DCA with a single reply. The results of physicochemical analysis indicated that feather meal, owns 5.14% as the main protein keratin; 7.38% moisture; 5.2852% ash; 0.0936 bulk density g / mL; not flammability and yes buoyancy. The methodology included solar drying of clean feathers and previously disinfected for two (02) days, while feather meal was obtained through a process of thermal hydrolysis, which consisted of subjecting the feathers to dehydration in an oven at temperatures 150 °C and 170 °C, which were then ground and sieved into particle sizes of 250 µm, 850 µm 1,40 mm. Flour presented the best characteristics corresponded to the average formula 1: dehydration temperature 170 °C, particle size 250 µm of. The holding power of crude oil by feather meal, was determined by the methodology proposed by Salinas (2010), which was based on the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (2005) by which 2 grams of flour, 200 ml of distilled water, 2 grams of crude oil, time and stirring speed of 10 minutes and 800 RPM and extraction of crude feather meal oil was used by Soxhlet as a result of which a deduction of 78.844% was determined.

Keywords: Activated Carbon, Adsorption, Crude Oil, Oil Spill, Keratin.

## INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de los residuos generados por las empresas avícolas, hoy en día se constituyen en una necesidad urgente, puesto que los niveles de contaminación que experimentamos como sociedad, están incrementándose a ritmo muy acelerado, que trae como consecuencia, la proliferación de focos infecciosos y condiciones adecuadas para generar problemas a la salud de las personas.

Por ello, en el presente trabajo, se presenta un proceso tecnológico basado en un tratamiento térmico, para convertir las plumas de los pollos parrilleros, en una harina que luego de muchas pruebas de laboratorio, se pudo comprobar su efecto positivo para disminuir los restos de petróleo crudo en muestras de agua, que lo convierte en un producto promisorio para minimizar los problemas de contaminación por los derrames del combustible, que en nuestra región siempre se produce, debido a que la región Ucayali se encuentra inmersa dentro del mapa nacional de explotación de hidrocarburos.

La harina de plumas, es un producto que se viene utilizando en la actualidad, como insumo para mejorar la composición nutricional de las raciones de animales de granja, bajo estrictos y exigentes procesos de elaboración. Se aprovecha así la queratina que es el componente proteico principal que posee, la cual la hace apropiada también para ejercer actividad adsorbente para el petróleo, propiedad que ha sido investigado y que se constituye en el tema principal de la presente investigación.

El informe de la presente investigación está organizado en tres partes: En la parte inicial, que corresponde a la caratula, dedicatoria, agradecimiento, tabla de contenido, resumen, abstract e introducción. En la segunda parte el contenido temático: compartido

en cinco capítulos. El capítulo I: Planteamiento metodológico, en el que se visualiza y define el problema, los objetivos, así mismo la justificación, los alcances, las limitaciones y la relevancia de la investigación. El capítulo II: Marco teórico, en el que se considera todos los fundamentos y bases teóricas. El capítulo III: Metodología, en el que se indican todos los aspectos relacionados con la metodología de la investigación que se ha desarrollado. El capítulo IV: Resultados, en el que se visualiza lo observado dentro del estudio. El capítulo V: Discusión, en el que se compara los resultados obtenidos con la de otros autores. En la parte final: Que corresponde a las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, anexos, glosario de términos y matriz de correlación.

## **CAPITULO I: PLANTAMIENTO METODOLÓGICO**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La preocupación por la contaminación de las aguas de los ríos abastecen con el líquido elemento a la población pucallpina, se ha visto manifiesta desde años atrás, así por ejemplo en el estudio sobre calidad de las aguas en la ciudad de Pucallpa, realizado en el año 1995 por el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP, se presentaron dentro de los resultados, que la laguna de Yarinacocha se encontraba contaminada por nitratos, hidrocarburos, plomo y por coliformes totales (Gómez, 1995).

Del mismo modo, la contaminación de las aguas con hidrocarburo es citada por la Municipalidad provincial de Coronel Portillo, en el documento, estudio: “Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Pucallpa”, elaborado en el año 2004, se manifiesta que las empresas Maple Gas y Maquía se dedicaban a la actividad de hidrocarburos cuyos productos residuales son vertidos a la Quebrada Yumantay y río Ucayali respectivamente. Asimismo, las embarcaciones acoderadas en el Puerto realizan sus operaciones de mantenimiento sin ningún control, afectando la calidad del agua y de aquellas provenientes de las embarcaciones de carga de combustibles.

Según el periódico El Comercio, en agosto el 2014, indicaba que el consumo de pollo se había incrementado a 42 kilogramos por persona, y si consideramos que cada pollo tiene un promedio de 2 kilogramos, estaríamos bordeando los 21 pollos que cada poblador consume, y al multiplicarlo por los 374 033 habitantes que se proyectó al 30 de junio del 2014 para tan solo la provincia de Coronel Portillo (INEI,

2014), entonces se estaría sacrificando alrededor de 7'854 693 pollos al año, cuyas plumas en promedio pesan 150 gramos que representan el 6,5% de su peso (Osejos 2009, citado por Salazar 2013), se estaría obteniendo 1'178 203,95 kg de plumas (1 178 toneladas/año), que en los centros de beneficio de aves, se convierten en un material de desechos que cuando se van por las tuberías de desagüe ocasionan obstrucciones por su sedimentación, su descomposición origina reacciones químicas que producen sustancias sulfurosas caracterizadas por malos olores, contribuyendo así al problema de la contaminación por residuos sólidos en la ciudad, por lo cual la presente investigación estará orientada a analizar como alternativa de aprovechamiento, la conversión de las plumas de pollo en harina, para su empleo como adsorbente de hidrocarburos que están contaminando las aguas que se utilizan para consumo directo y otras actividades.

En ése sentido, como objetivo, fue necesario que en una primera etapa, la preparación de la harina la misma que fue sometida a pruebas de adsorción de hidrocarburos, y cuyo funcionamiento fue evaluado experimentalmente, por lo cual se realizó una reducción de tamaño de las plumas, seguida de un proceso de deshidratado, una molienda y tamizado, que permitió obtener harinas de diferente granulometría.

Por otro lado, los problemas ambientales de la región Ucayali, tienen como uno de gran magnitud, la contaminación de las aguas, provenientes de los usos domésticos de la gran cantidad de pobladores que conforman las familias, y de las industrias cuyas actividades, generan muchos contaminantes que van a parar a las aguas de nuestros ríos y lagos, con lo cual se agudiza la problemática y se maximiza sus efectos negativos en la naturaleza y la salud de los pobladores, pues al no existir sistemas de tratamientos efectivos, la problemática se va incrementando día a día.

La presencia de compuestos contaminantes en las aguas supone una grave problemática desde el punto de vista medioambiental, no sólo por sus efectos tóxicos en la naturaleza sino también por sus efectos negativos en la salud de las personas.

Es por ello, que existe la urgencia de proyectos de investigación que se orienten a aprovechar las pluma de pollo, ya que pueden constituirse en alternativas de

obtener subproductos como adsorbentes para ser usados en la eliminación de hidrocarburos contaminantes de las aguas, y cuya actividad de transformación de dicho residuo, podría generar mayores ganancias adicionales a la actividad pecuaria de crianza de pollos de engorde (parrilleros) que desarrollan los criadores de la región y que se orienta solo a la producción de carne.

## **1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. DELIMITACIONES**

#### **A. Delimitación Espacial**

La etapa experimental del presente proyecto, fue desarrollado en las instalaciones del Laboratorio de Química General de la Universidad Nacional de Ucayali y la etapa de campo consistió en la recolección de las plumas, se realizó en los ambientes de la empresa agropecuaria “Halley” que se encuentra ubicada en el centro de la ciudad de Pucallpa.

#### **B. Delimitación Temporal**

El presente proyecto se ejecutó entre el período de los meses de Enero a Junio del 2016.

#### **C. Delimitación Social**

El proyecto, planteó el aprovechamiento de un residuo procedente de una actividad agropecuaria importante como es la crianza de pollos para engorde (parrilleros), cuyas plumas por una mala gestión, causan muchos problemas ambientales, que sin embargo transformados en un subproducto útil, traerá muchos beneficios para los criadores cuyos ingresos económicos dependen de esta actividad, y que podrían elevarse con el aprovechamiento de las plumas.

#### **D. Delimitación Conceptual**

En el proyecto se desarrolló los siguientes conceptos:

- Composición química de las plumas de pollo.
- Estructura de las plumas.
- Otros usos de las plumas de pollo

- Usos y aplicaciones de la queratina.
- Hidrocarburos
- Efectos de los hidrocarburos en la salud humana.
- Impactos ambientales de los derrames de hidrocarburos en ambientes acuáticos.
- Técnicas de limpieza de hidrocarburos.

#### **d.1. Tecnología de Información**

La información utilizada y a utilizar para el desarrollo de la presente tesis, correspondió a trabajos similares, desarrollados por otros autores, tales como la que proviene de la tesis Producción de harina de plumas de pollo y su utilización como un absorbente de hidrocarburos en agua dulce (Salinas, 2010), se muestra la metodología para el aprovechamiento de estos materiales como adsorbentes para la eliminación de hidrocarburos como contaminantes del agua dulce.

#### **d.2. Gestión del proceso escogido**

La harina de plumas se obtuvo sometiendo las plumas a altas temperaturas, para hidrolizar sus componentes mediante la deshidratación que tuvo como objetivo aumentar la disponibilidad de sus proteínas. La tecnología disponible para llevar a cabo la transformación de las plumas en harinas fue técnicamente viable. Una vez obtenida la harina, se realizó muchas pruebas para ajustar los diferentes niveles del adsorbente elaborado en muestras de aguas contaminadas con petróleo crudo, cuyos resultados se muestran en el ítem correspondiente.

### **1.2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Los volúmenes cada vez más crecientes de aguas contaminadas que se evacúan, ya sea procedente de usos domésticos o industriales y que van a parar a las aguas de los ríos y lagunas de nuestra región con alta carga de combustibles y lubricantes, motiva la preocupación por explorar nuevas fuentes de adsorbentes que puedan ser utilizados para minimizar la concentración de dichos contaminantes en las aguas de estudio.

Los sistemas intensivos de producción avícola pueden crear enormes problemas de polución, debido a las grandes cantidades de sustancias contaminantes (nitrógeno, fósforo y azufre) que se producen (Costa y Urgel 2000, Smith et al. 2001, citado por García et al., 2010). Asimismo, en el documento titulado Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo. Desechos del matadero, (Williams, 2015), de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, y difundido también por la FAO, señala que uno de los principales residuos sólidos de la industria avícola son las plumas, ya que constituyen entre el siete y el 10 por ciento aproximadamente del peso vivo de las aves (<http://www.elsitioavicola.com/poultrynews/29748/nuevo-uso-para-las-plumas-de-las-aves-produccion-de-queratina/#sthash.940Uq4eJ.dpuf>). Es por ello que en la actualidad, es un reto buscar métodos alternativos para la utilización de estos residuos.

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1.PROBLEMA PRINCIPAL**

¿De qué manera se descontamina el petróleo crudo en aguas utilizando harina de plumas?

#### **1.3.2.PROBLEMAS SECUNDARIOS**

- ¿Cómo implementar el proceso tecnológico para la obtención de harina de plumas?
- ¿Cuál es la efectividad de la harina de plumas en la descontaminación de petróleo crudo en las aguas?
- ¿Cuánto de petróleo crudo retiene la harina de plumas de pollo?

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1.OBJETIVO GENERAL**

Determinar el grado de descontaminación de petróleo crudo en aguas utilizando harina de plumas.

### **1.4.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Implementar el proceso tecnológico para la obtención de harina de pluma.
- Evaluar la efectividad de la harina de plumas en la descontaminación de petróleo crudo en las aguas.
- Determinar el porcentaje de retención de petróleo crudo de la harina de plumas de pollo.

## **1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

H<sub>0</sub>: El uso de la harina de plumas no es efectivo en descontaminación del petróleo crudo en las aguas.

H<sub>1</sub>: El uso de la harina de plumas es efectivo en descontaminación del petróleo crudo en las aguas.

## **1.6. VARIABLES**

El sistema de variables, así como la forma de medir los efectos de la independiente sobre la dependiente, se muestra en el siguiente cuadro que muestra la operacionalización de las variables.

**Cuadro N°01**  
**Operacionalización de las variables de estudio.**

<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍNDICES</b>
Independiente: Harina de plumas de pollo	Temperatura de deshidratación de las plumas	150°C 170°C
	Tamaño de partícula de la harina de plumas	250 μm 850 μm 1,40 mm
	Tiempo de remoción	10 min 20 min
Dependiente: Descontaminación de petróleo crudo en aguas	Retención de petróleo crudo por la harina de plumas	Porcentaje (%)
	Conductividad	μ S / cm
	Sólidos disueltos total	mg / L
	Turbiedad	UNT
	PH	Valor de pH
	Temperatura	°C

## 1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.7.1. VIABILIDAD TÉCNICA

El proyecto tuvo viabilidad técnica, pues el Laboratorio de Química General de la Universidad Nacional de Ucayali, cuenta con los equipos necesarios con los cuales se llevó a cabo la parte experimental tanto de obtención de la harina y las pruebas de retención del petróleo crudo, tal como la estufa, horno mufla, molino manual, juego de tamices y equipo Soxhlet.

### 1.7.2. VIABILIDAD OPERATIVA

Se puso en práctica, los conocimientos adquiridos a través de las clases teóricas recibidas en las aulas del campus universitario de la Universidad Alas Peruanas, que sumados a la dirección del asesor, hizo posible llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

### **1.7.3.VIABILIDAD ECONÓMICA**

El costo total para ejecutar la presente tesis, fueron asumidos en su totalidad por la tesista.

## **1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.8.1.JUSTIFICACIÓN**

La contaminación con hidrocarburos, tiene preocupados a los pobladores de la ciudad de Pucallpa, puesto que cuando acuden a los lugares turísticos como la Laguna de Yarinacocha, Puerto de Pucallpa, Parque Natural, etc., siempre están observando la presencia de restos de combustibles y lubricantes en las aguas de estos espejos y corrientes de agua, por la actividad del transporte fluvial o por las actividades domésticas e industriales de las personas que desarrollan labores empresariales en la ciudad y su entorno, restos que afectan la calidad del recurso hídrico y amenazan la salud de las personas que entran en contacto con estas aguas.

Del mismo modo, aprovechar los residuos de la actividad avícola como son las plumas de pollos parrilleros, para fabricar una harina que actúe como adsorbente que posea características deseables y eficientes para retener o remover los restos de hidrocarburos, se convierte en una excelente alternativa para disminuir el impacto ambiental, mediante el aprovechamiento de dichos residuos.

Por lo descrito líneas arriba, el presente trabajo se justifica y podría promover a futuro, estudios para aprovechar subproductos de las industrias de la región, con una marcada influencia en la capacidad de retención de contaminantes oleaginosos, como son los hidrocarburos, presentes en las aguas de los ríos, lagunas o de los efluentes domésticos, hospitalarios e industriales, convirtiéndose así en una excelente oportunidad de promocionar mejoras económicas, de calidad de vida de las personas y mantener la salud de los ambientes naturales, cuyo impacto es un problema en el entorno que vivimos, contribuyendo de este modo a generar conocimientos sobre el uso de las plumas de pollos a través de su

transformación en una harina, que pueda ser aprovechada para retener hidrocarburos de las aguas.

### **1.8.2.IMPORTANCIA**

Investigaciones sobre métodos innovadores para disminuir el impacto de los hidrocarburos en las aguas, utilizando subproductos como lo son la harina de plumas de pollo, es algo novedoso en nuestro país, región y localidad, y es un tema que tomará importancia, dada la intensa búsqueda de alternativas emergentes en la solución de problemas medioambientales, además de otros campos; la queratina, proteína que se encuentra en las plumas de las aves, por sus características de poseer afinidad por los hidrocarburos, y al tener su origen en un desecho que se descompone en los basurales y áreas urbanas y por la factibilidad de utilizar una tecnología sencilla para convertirla en harina, son ventajas que otorgan a este subproducto de la industria avícola y que motivan la presente investigación y sustentan su importancia.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

A nivel internacional, destacan los trabajos sobre el tema de la investigación planteada, tales como:

Echevarría G. (2013), en México, desarrolló la tesis Remoción de hidrocarburos por medio de proteínas en medio acuoso, donde presenta la evaluación de proteínas naturales obtenidas de plumas de pollo, pato y pavo también llamado guajolote en México, para ser utilizadas como sorbente de hidrocarburo. Las Proteínas tienen un comportamiento hidrófobo y consisten en una red compleja de fibras de queratina con una gran cantidad de espacios intersticiales. Esta estructura posee una alta área superficial que promueve las tasas de absorción. La metodología experimental consistió en una adaptación de varias pruebas descritas por la norma ASTM F 726-99: Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents en su apartado Oil Adsorption Short Test. Estas pruebas se llevaron a cabo en un sistema experimental más pequeño y mostraron la capacidad de absorción ideal del sorbente y el rendimiento del material sorbente en condiciones estáticas y dinámicas. Los experimentos se llevaron a cabo con tres tipos diferentes de proteínas. La capacidad de absorción de hidrocarburo de las proteínas obtenidas de pato fue superior comparándolos con algunos adsorbentes orgánicos naturales. Los resultados mostraron que se obtuvo la mejor capacidad de absorción de hidrocarburo con una media 36.726 g de hidrocarburo/g de sorbente. El tiempo de absorción óptimo para las proteínas fue de 30 minutos. Este tiempo óptimo permite que las operaciones de respuesta sean lo

relativamente suficientemente rápido para evitar la propagación de la mancha de petróleo y proteger las zonas sensibles de la contaminación por hidrocarburos. Las pruebas de rendimiento mostraron resultados favorables para las proteínas pues estas presentan mayor afinidad por los hidrocarburos y no para el agua, la flotabilidad del complejo sorbente-hidrocarburo también se demostró para las condiciones estáticas y dinámicas. Además de su buen rendimiento, la abundancia, disponibilidad y bajo costo de este subproducto de la industria avícola hace que sea un excelente material sorbente. Otra ventaja de la utilización de proteínas obtenidas de las plumas de aves es su biodegradabilidad que permite ser un absorbente respetuoso del medio ambiente y eliminar los costos adicionales de almacenamiento o desecho de los materiales absorbentes sintéticos.

Salazar E. (2012), en México, trabajó en la tesis Remoción de hidrocarburos mediante biopolímeros naturales: efecto del tamaño de partícula, presenta la evaluación de un biopolímero natural (plumas de pollo) como sorbente de hidrocarburos. Las plumas de pollo tienen un comportamiento hidrofóbico y están compuestas por una red de fibras de queratina que forman una gran cantidad de espacios intersticiales. Existen reportes de que las plumas de pollo poseen una alta área específica favoreciendo tanto la velocidad de absorción de hidrocarburo como los procesos de adsorción. El desarrollo experimental consistió en realizar diferentes pruebas descritas por la norma ASTM F-276: "Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents". Estas pruebas fueron escaladas para un sistema experimental más reducido y mostraron la capacidad de retención ideal del sorbente y el desempeño de éste en condiciones estáticas y dinámicas. Los experimentos se llevaron a cabo con tres diferentes hidrocarburos: petróleo crudo (hidrocarburo medio), diésel y gasolina (hidrocarburos livianos). Las capacidades de retención de hidrocarburos de las plumas de pollo fueron mayores que las de varios sorbentes orgánicos naturales que han sido estudiados con este fin. Los resultados obtenidos mostraron que la mejor capacidad de retención se obtuvo para el petróleo con 20.5 g/g sorbente, seguido por el diésel con 9.6 g/g sorbente y finalmente la gasolina con 6.2 g/g sorbente. La disminución en el tamaño del biopolímero de plumas completas a plumas cortadas en segmentos de 1 cm aumentó considerablemente las capacidades de retención a 34.6 g/g sorbente para el petróleo crudo, 12.6 g/g sorbente para el diésel y 10.7 g/g sorbente para la gasolina. El tiempo óptimo de retención del hidrocarburo fue de 2 min, lo que

permite que al usar este sorbente las operaciones de respuesta sean lo suficientemente rápidas para evitar la expansión de la mancha de hidrocarburo y la contaminación de zonas vulnerables. Las pruebas de desempeño mostraron resultados favorables para el biopolímero ya que las plumas tuvieron mayor afinidad por el hidrocarburo en comparación con las mostradas para el agua. La capacidad de flotación del complejo sorbente-hidrocarburo también quedó demostrada tanto en condiciones estáticas como dinámicas. Además de su buen desempeño, la abundancia, disponibilidad y bajo costo de este subproducto de la industria avícola lo hacen un excelente material sorbente. Otra de las ventajas del uso de las plumas de pollo es su biodegradabilidad, lo que las hace un sorbente ambientalmente amigable y por otro lado, elimina los costos adicionales de almacenamiento o disposición final que tienen los materiales sorbentes sintéticos.

El uso de las plumas de pollo, para otros fines, se muestra en el trabajo desarrollado por Sudalaiyandi (2012), en Nueva Zelanda, *Characterizing the cleaning process of chicken feathers*, donde se indica que recientemente, ha habido un aumento en la investigación del potencial del uso de fibras naturales para los refuerzos en materiales compuestos. Una fibra como natural que tiene un inmenso potencial para su uso en materiales compuestos poliméricos es la fibra de plumas de pollo. Cada año, más de 4,8 millones de toneladas de plumas de pollo se generan a nivel mundial. Actualmente, las plumas se hidrolizan para los alimentos de animales y fertilizante. Plumas de pollo son baratas, abundantes y fáciles de conseguir. Estas plumas podrían ser utilizados como refuerzos en materiales de compuestos poliméricos. Pero, las plumas obtenidas de plantas de procesamiento de carne se recubren con la sangre, la grasa despojos, aceite de acicalamiento, los desechos y el agua de procesamiento de aves de corral. Esto hace que las plumas sean pegajosas, odoríferas y no aptas para su uso como refuerzo. La extracción de lípidos de las plumas por lixiviación produce fibras que no tienen grasa y mejora la unión fibra-matriz de los materiales compuestos. El objetivo de este estudio fue caracterizar el proceso de limpieza de fibras de plumas de pollo. Además, se puso a prueba, el efecto de limpieza de peróxido de hidrógeno en las propiedades mecánicas de la fibra de pluma. Las plumas primas fueron descontaminadas con hipoclorito de sodio y estas muestras se utilizaron para los experimentos de limpieza. La limpieza se llevó a cabo usando 0,15% y 0,25% de  $H_2O_2$ . Fueron variadas etapas de limpieza y tiempo. La relación muestra: disolvente fue 10 g/500 mL de disolvente. Se encontró que 10 minutos de

lixiviación para 3 etapas era eficiente en la extracción de impurezas solubles a partir de las plumas.

Salinas P. (2010), en Ecuador, trabajo la tesis de grado, Producción de harina de plumas de pollo y su utilización como un adsorbente de hidrocarburos, en agua dulce, presenta una alternativa para resolver el problema de contaminación de agua con hidrocarburos, a partir del uso de un adsorbente natural como las plumas de pollo, las mismas que deben tener un tratamiento previo que consiste en lavado, pasteurización, secado, molienda y tamizado para obtener harina de plumas de pollo para ser utilizadas como adsorbente. A esta materia prima se le realizó un análisis químico (proteína cruda, cenizas y humedad) y un análisis físico (densidad aparente, flotabilidad y flamabilidad). El proceso se inició contaminando un volumen de agua, para lo cual se realizaron pruebas para conocer la concentración mínima de hidrocarburo mediano que contamine dicho volumen de agua, posteriormente se dosificó diferentes cantidades de la harina de plumas de pollo para determinar la mejor capacidad de adsorción y el mejor tiempo de contacto de la harina de plumas de pollo con el crudo; esto se realizó manejando tres variables: el tipo de harina de plumas de pollo (sin tamizar, gruesa y fina), la cinética del agua (reposo y movimiento) y el tiempo de contacto (5 y 15 min). Finalmente se midieron después del proceso de biorremediación los siguientes parámetros de calidad del agua: oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, plomo, y arsénico para determinar la eficiencia del adsorbente utilizando los métodos estandarizados APHA. Se determinó que la densidad de la harina de plumas de pollo para los tres tipos de granulometría es muy similar (0.103 g/mL), además flota sobre el agua e hidrocarburo mediano y no es inflamable. Como resultado se obtiene que se puede trabajar con los tres tipos de harina (sin tamizar, gruesa y fina) utilizando 11 g por cada 25 mL de crudo que contamina 5.75 L de agua con una cinética en reposo en un tiempo de 15 minutos con una capacidad de sorción de 2.60 g hidrocarburo/g de harina de plumas de pollo. Después de la biorremediación se obtuvieron los siguientes parámetros de calidad del agua: DBO 5.69 mg/L, DQO es de 17.11 mg/L, O.D es de 5.06 mg/L y plomo, 0.20 mg/L, cumpliendo con los límites permisibles del Reglamento Ambiental de operaciones Hidrocarburífera 1215 RAOH.

Cervantes E. (2009), en Reino Unido, realizó la investigación Effect of keratinous waste addition on improvement of crude oil hydrocarbon removal by a

hydrocarbon-degrading and keratinolytic mixed culture, donde el objetivo fue evaluar el efecto de la adición de residuos de queratina en la eliminación de aceite de hidrocarburo, a través de un cultivo mixto de bacterias que degradan el petróleo, con la capacidad de secretar queratinasas. El cultivo mixto se cultivó en medios con aceite o aceite complementado con plumas de pollo como los residuos de queratina. Residuos de hidrocarburos de petróleo se determinaron como hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y fracciones de aceite y luego fueron cuantificados por GC-FID y GC-MS. Los resultados mostraron que, en presencia de los residuos de queratina, la eliminación de los hidrocarburos petroleros era de 57 400 mg l-1, mientras que el tratamiento sin residuos presenta una eliminación de hidrocarburos de petróleo de 35 600 mg l-1. La fracción alifática fue la que más se eliminó en ambos tratamientos. Además, los perfiles cromatográficos indican que la fracción alifática mostró un patrón diferente de degradación; en presencia de desechos queratínicos, los compuestos de C18 a C28 se eliminan preferiblemente por encima de los C10 a C17. La adición de los residuos de queratina no sólo mejoró la extracción de los hidrocarburos de petróleo sino que, cambió el patrón de eliminación de los residuos de hidrocarburos.

A nivel nacional, tenemos trabajos similares, pero utilizando otros desechos como adsorbentes de petróleo crudo, así:

Cárdenas E. y Arévalo A. (2014) Perú, en Iquitos, plantearon el proyecto Absorbente a base de tusa de maíz como método complementario de limpieza de hidrocarburos en la región Loreto, manifiestan que en la región Loreto se producen constantes derrames de petróleo. Por tal razón el Estado ha declarado en emergencia las cuatro cuencas de los ríos Corrientes, Pastaza, Tigre y Marañón. Además que es un evidente problema ambiental, lo es también social ya que los derrames y la actividad petrolera afectan a las comunidades indígenas que viven de los peces, animales del monte y lo que el bosque les ofrece. El objetivo de la investigación es dar a conocer este problema y a la vez proponer una solución a través de absorbentes de tusa de maíz para limpiar las aguas contaminadas con petróleo. La tusa es un desecho agroindustrial que se genera en abundancia en la Región Loreto. Al darle uso reducimos la cantidad de desechos y a la vez se generan ganancias adicionales a los agricultores.

Herrera K. (2014) Perú, en Arequipa, trabajó con un proyecto educativo La nutripluma, el cual tuvo por objetivo demostrar la eficacia de la utilización del agua con queratina obtenida del proceso de hidrólisis (para la obtención de la harina de plumas) para la limpieza de aguas con relave de minas, a través del procedimiento de la bioadsorción, logrando de esta manera reutilizar el agua de relave de minas para riegos de cultivos y a la vez la recuperación de minerales por las empresas. Se demuestra un reciclaje al 100 % de las plumas de pollo.

## **2.2. MARCO HISTÓRICO**

La mayor parte de la contaminación por hidrocarburos en cuerpos de agua proviene de fuentes terrestres como: aguas residuales industriales (aguas oleosas con alto contenido de hidrocarburos), a través de la atmósfera, derrames de petróleo y fluviales urbanos que de forma sistemática se incorporan al medio por el arrastre de hidrocarburos a través de los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial de las ciudades. El daño que ocasiona depende del tipo de petróleo y su procedencia. Los productos livianos como la gasolina y el diesel, son más tóxicos que los crudos ya que se evaporan a gran velocidad, y los crudos pueden permanecer por mucho tiempo en la zona donde haya ocurrido el derrame.

Los métodos tradicionales desarrollados para el tratamiento de efluentes han sido estudiados a fondo, definiéndose de forma muy clara las deficiencias que los mismos presentan. Entre las principales desventajas de estos procedimientos se encuentran las bajas eficiencias que se alcanzan, los altos costos de operación, insumos y requerimientos, obligando al hombre a encontrar nuevas soluciones. (Teas, 2002; Brito, 2006; Aloma, 2011; Ortiz, 2006; Martínez 2008, citados por Martínez *et al.*, 2013).

Investigaciones recientes han demostrado que algunos materiales pueden ser empleados como sorbentes de hidrocarburos. Tal es el caso de fibras de palma, coco, caña de azúcar, buchón de agua, tallos de flores, cabellos humanos, plumas de pollos, entre otros. (Knight, 2000; Ortiz, 2006, Salazar 2012, citados por Martínez *et al.*, 2013).

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1.COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS PLUMAS DE POLLO

Las plumas a la salida de planta de faena de pollos, tienen un 30% de materia seca y según análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía (González, 2007, citado por Sierra, 2011). El contenido de Proteína Cruda de las plumas varía entre 81 y 90% según los diferentes autores consultados: de 81 a 90% (de Blas *et al.*, 2003, citados por Sierra, 2011), 87% (Coello *et al.*, 2003, citados por Sierra, 2011). Según Coello *et al.*, (2003), citados por Sierra (2011) un 88% de la fracción proteica corresponde a  $\alpha$ -queratina. Las  $\alpha$ -queratinas son especialmente ricas en aminoácidos con grupos hidrofóbicos como fenilalanina, isoleucina, valina, metionina y alanina y particularmente ricas en cistina llegando a un 18% en el caso de las  $\alpha$ -queratinas más duras como las del caparazón de las tortugas (Lehninger *et al.*, 1995, citados por Sierra, 2011).

### 2.3.2. ESTRUCTURA DE LAS PLUMAS

Las plumas son unas de las estructuras constituidas por queratina más complejas de los vertebrados. Ellas presentan numerosas funciones de vital importancia para la vida y desarrollo de las aves como la habilidad de volar y la regulación de la temperatura. Su estructura es ramificada (Ramos *et al.*, 2002, citado por Carabalí, 2013). Estas constituyen cerca del 10% del total del peso de un pollo y son el principal subproducto de la industria avícola. Su composición es aproximadamente 91% proteína, 1% lípidos y 8% agua (Kock, 2006, citado por Carabalí, 2013), el porcentaje de proteína corresponde a la  $\beta$ -queratina (Fraser, 1996, citado por Carabalí, 2013). Comúnmente se descartan como desperdicio convirtiéndose en un problema ambiental por su difícil disposición y el desconocimiento de procesos de manufactura para procesarlas (Grazziotin *et al.*, 2007, citado por Carabalí, 2013).

La queratina es la proteína de los tejidos epidérmicos y esqueléticos de algunos seres vivos. Es insoluble en los solventes que disuelven normalmente proteínas como alcoholes y cetonas, contiene un alto contenido de cistina con una concentración aproximada del 3% (Bielorai *et al.*, 1982, citado por Carabalí, 2013), la cual es un dímero de cisteínas que se enlazan por un puente disulfuro o enlace reticulado. Las plumas contienen alrededor de 7% de cisteína en la queratina (Barone *et al.*, 2005, citado por Carabalí, 2013). Este aminoácido le confiere cristalinidad, resistencia y cohesión.

### **2.3.3. OTROS USOS DE LAS PLUMAS DE POLLO**

Uno de los descubrimientos más revolucionarios en el campo de la industria textil fue el empleo de las plumas de gallina. Hasta fines del año 1945, millones de kilogramos de ellas eran arrojados a la basura, o se las empleaba como fertilizante de las tierras pobres; en la actualidad se utilizan para fabricar un tejido suave, más resistente que los de lana.

Las plumas tratadas pueden ser suministradas a las manufactureras de chaquetas, bolsas de dormir, colchas, almohadas, colchones, gracias a sus características de retención de calor y peso ligero. También se utilizan para la elaboración de cuadros con diversos contenidos.

Mediante procesos adecuados, las plumas también han sido utilizadas desde hace mucho tiempo, gracias a su alto contenido de proteína como un suplemento proteico en forma de harina, de agradable sabor y altamente digestible para los rumiantes.

Por otra parte se sabe que investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México, estudian las estructuras de las plumas y sintetizan la queratina para elaborar diferentes productos plásticos (Hernández, 2011).

#### **2.3.4.USOS Y APLICACIONES DE LA QUERATINA**

En el trabajo “Procedimiento para la obtención de microfibras de queratina a partir de residuos ganaderos”, patentizado por José Luis Florido Rodríguez, describe la obtención de productos de queratina (soluble y microfibras insolubles) a partir de residuos ganaderos, tales como: plumas, pelo, piel, pezuñas o cuernos. El procedimiento consta de una sucesión de etapas de triturado, hidrólisis y oxidación, con Sulfuro de sodio y Peróxido de Hidrogeno, comunes para la obtención de ambos productos de queratina. La queratina soluble se obtiene aplicando las técnicas, ultrafiltración, lavado y secado (mediante atomización o liofilización). Esta se aplica en la industria cosmética o de alimentos (humana o animal). Las microfibras de queratina insolubles, por su resistencia y elasticidad se utilizan en la industria textil, de polímeros, del papel y de biomateriales. (Florido, 2010, citado por Salazar, 2013).

Del mismo modo Martínez (2008), destacó que con el “Estudio de la síntesis y caracterización de nuevos materiales obtenidos de queratina de pluma de pollo”, una línea de investigación derivada de su proyecto de tesis doctoral, busca aprovechar este desecho avícola para desarrollar polímeros (sustancia compuesta por la unión de miles de moléculas) biodegradables cuya desintegración es más rápida que los sintéticos y aprovechar sus características químicas para fabricar filtros de queratina para remover metales pesados o contaminantes orgánicos en aguas residuales.

#### **2.3.5.HIDROCARBUROS**

Los hidrocarburos son una familia de compuestos orgánicos que contiene carbono e hidrógeno. Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados únicamente por carbono e hidrógeno. Consisten en un armazón de carbono al que se unen átomos de hidrógeno. Forman el esqueleto de la materia orgánica. También están divididos en abiertas y ramificadas. Los hidrocarburos se clasifican en dos grupos principales, de cadenas abiertas y cíclicas. En los compuestos de cadena abierta que contienen más de un átomo de carbono, los átomos de carbono están unidos entre sí formando una cadena lineal que puede tener una o más ramificaciones. En los

compuestos cíclicos, los átomos de carbono forman uno o más anillos cerrados. Los dos grupos principales se subdividen según su comportamiento químico en saturados e insaturados (Boiser, 2003, citado por Acevedo, 2012).

#### **A. Petróleo**

El petróleo ("aceite de roca") es una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos insolubles en agua. También es conocido como petróleo crudo o simplemente crudo. Es de origen fósil, fruto de la transformación de materia orgánica procedente de zooplancton y algas que, depositados en grandes cantidades en fondos anóxicos de mares o zonas lacustre del pasado geológico fueron posteriormente enterrados bajo pesadas capas de sedimentos. La transformación química (craqueo natural) debida al calor y a la presión durante la diagénesis produce, en sucesivas etapas, desde betún a hidrocarburos cada vez más ligeros (líquidos y gaseosos). Estos productos ascienden hacia la superficie, por su menor densidad, gracias a la porosidad de las rocas sedimentarias. Cuando se dan las circunstancias geológicas que impiden dicho ascenso (trampas petrolíferas como rocas impermeables, estructuras anticlinales, márgenes de diápiros salinos, etc.) se forman entonces los yacimientos petrolíferos (Alfredo y Del Valle Rojas, 2010).

#### **2.3.6.EFECTOS DE LOS HIDROCARBUROS EN LA SALUD HUMANA**

Algunos de los compuestos de los TPH (Hidrocarburos Totales del Petróleo) pueden perjudicar al sistema nervioso. Un compuesto puede producir dolores de cabeza y mareo en altos niveles en el aire. Otro de los compuestos puede causar una afección a los nervios llamada "neuropatía periférica," que consiste en adormecimiento de los pies y las piernas. Otros compuestos de los TPH pueden producir efectos a la sangre, al sistema inmunitario, los pulmones, la piel y los ojos. Algunos de los experimentos realizados con animales, han demostrado efectos en los pulmones, el sistema nervioso central, el hígado y los riñones a causa de la exposición a compuestos de los TPH. También se ha demostrado que ciertos

compuestos de los TPH pueden afectar la reproducción y el feto en animales (ATSDR, 1995, citado por Acevedo, 2012).

### **2.3.7.IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN AMBIENTES ACUÁTICOS**

Muchos de los compuestos químicos del hidrocarburo generan efectos letales y tóxicos para la vida marina, y algunos de ellos se bioacumulan en organismos marinos en las cadenas alimenticias, convirtiéndose ya en un riesgo para la salud humana. Entre las especies que más sufren el impacto, las aves costeras, aquellas que flotan o buscan alimento en el medio marino, como es el caso de pingüinos, cormoranes, gaviotas, petreles, etc., que son los comúnmente encontrados en las playas. Las focas asimismo tienen un alto riesgo de impacto, ya que ante el contacto, pierden la capacidad de regular su temperatura corporal (Adrián, 2012),

### **2.3.8.TÉCNICAS DE LIMPIEZA DE HIDROCARBUROS**

La necesidad de eliminar (o reducir al mínimo) el contenido de hidrocarburos provenientes de la actividad humana ha llevado al desarrollo de diversas estrategias. No existe, en la mayoría de los casos, un único procedimiento a aplicar, y la elección de la estrategia a seguir depende del sistema afectado (derrame en ecosistemas acuáticos o terrestres), y las características físicas y químicas de los contaminantes, como así también de su viabilidad económica y del tiempo estimado para su desarrollo (Reddy y Chinthamreddy, 1999, citado por Laura 2011).

En la actualidad, los tratamientos físicos y/o químicos solo se aplican en ciertos casos y como primera acción de emergencia a fin de remover grandes masas de contaminantes, a causa de su elevado costo y la perturbación adicional que generan sobre la zona bajo tratamiento. Algunos de estos métodos destruyen el suelo y otros alteran sus características de manera irreversible. Para citar alguna de las técnicas, se encuentran:

**A. Desorción térmica**

Los procesos de desorción térmica consisten en calentar (90 a 540 °C) el suelo contaminado con contaminantes orgánicos, con el fin de vaporizarlos y por consiguiente separarlos del suelo. El calor acelera la liberación y el transporte de contaminantes a través del suelo, para posteriormente ser dirigidos hasta un sistema de tratamiento de gases con el uso de un gas acarreador o un sistema de vacío (Reddy y Chinthamreddy, 1999, citado por Laura 2011).

**B. Lavado**

Que consiste en la remoción de contaminantes del suelo tratándolo con surfactantes químicos biodegradables y agua. Esta estrategia no es en general aplicable en suelos con más del 30% de arcilla o limo (Reddy y Chinthamreddy, 1999, citado por Laura 2011).

**C. Oxidación química**

Que es un método in situ el cual consiste en la oxidación de los contaminantes orgánicos utilizando oxidantes fuertes, como por ejemplo permanganato de potasio (Reddy y Chinthamreddy, 1999, citado por Laura 2011).

**D. Extracción orgánica**

En fase sólida que es un método aplicable ex situ para el tratamiento de suelos contaminados con sustancias orgánicas, como HAPs, PCBs y otros compuestos poco solubles en agua (Reddy y Chinthamreddy, 1999, citado por Laura 2011).

**E. Incineración**

Que consiste en la quema a elevadas temperaturas del material contaminado (Reddy y Chinthamreddy, 1999, citado por Laura 2011).

**F. Extracción con co-solventes**

Que es una tecnología in situ que permite la remediación de suelos y aguas subterráneas contaminadas mediante la inyección de agua y un co-solvente, comúnmente un alcohol (etanol, metanol o isopropanol), en

el área contaminada (Reddy y Chinthamreddy, 1999, citado por Laura 2011).

### **G. Biorremediación**

La biorremediación podría definirse como una biodegradación asistida y controlada que provee una solución definitiva, diferenciándose de otras tecnologías que solo proveen una solución temporal mediante el aislamiento y contención del contaminante (Crawford, 2002, citado por Laura, 2011). Esta tecnología utiliza microorganismos, componentes celulares o enzimas libres, con el fin de lograr la mineralización o bien una transformación parcial del contaminante en sustancias menos tóxicas o inocuas para el medio ambiente y la salud humana (Röling y col., 2001, citado por Laura, 2011). Se basan en el aprovechamiento de las capacidades metabólicas de los microorganismos para degradar los hidrocarburos.

### **H. Biopilas**

La limpieza de suelos impactados con hidrocarburos, mediante biopilas constituye uno de los métodos de biodegradación ex – situ más eficaces para la descontaminación de este tipo de suelos. El fundamento del biotratamiento es relativamente sencillo. Consiste en potenciar la biodegradación de los hidrocarburos, que de forma natural se produce en el suelo, como consecuencia de la existencia de microorganismos autóctonos (bacterias, hongos, levaduras, etc.) degradadores. Por lo tanto, para que el sistema tenga éxito hay que asegurar que los suelos de forma natural presentan un adecuado volumen de población bacteriana y que las condiciones ambientales dentro de la biopila son las adecuadas (humedad, temperatura, pH, contenido en nutrientes, toxicidad, etc.), Geotecnia2000 (s/f).

## **2.3.9 DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS**

**Adsorción:** La adsorción es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material.

**Agua contaminada:** se entiende por aguas contaminadas aquellas que no cumplen con las condiciones de vertido, de acuerdo con la legislación vigente al respecto. En general se consideran como susceptibles de estar contaminadas las aguas que estén en contacto con los productos, las de limpieza de recipientes, cisternas y otras semejantes, así como las aguas de lluvia y de protección contra incendios que, en su recorrido hacia el drenaje, puedan ponerse en contacto con elementos contaminantes.

**Contaminación:** es la introducción de sustancias en un medio que provocan que este sea inseguro o no apto para su uso. El medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo. El contaminante puede ser una sustancia química, energía (como sonido, calor, luz o radiactividad). Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio, y por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana considerándose una forma de impacto ambiental.

**Contaminante:** un compuesto que a concentración suficientemente alta causa daños en la vida de los organismos.

**Derrame de petróleo:** Cuando hay una fuga de petróleo en un cuerpo de agua, como el mar, lago o río, se denomina un derrame de petróleo.

**Diésel:** Está constituido por una mezcla de hidrocarburos de petróleo con número de átomos de carbono entre  $C_9$  y  $C_{26}$ . Los principales componentes son hidrocarburos olefínicos, saturados y aromáticos provenientes de la destilación del petróleo. Puede contener hidrocarburos policíclicos aromáticos, que según estudios experimentales, son cancerígenos reconocidos para los animales. Contiene aditivos para mejorar las prestaciones del combustible.

**Diseño factorial:** es el estudio simultáneo de los efectos de varios factores que puede haber en una respuesta.

**Factores:** cualquier influencia que afecta las variables de respuesta (excluyendo a los tratamientos) estos son controlados casi completamente por el experimentador.

**Fibras naturales:** Las fibras naturales son sustancias muy alargadas producidas por plantas y animales, que se pueden hilar para obtener hebras, hilos o cordelería.

**Método Soxhlet:** La extracción o método Soxhlet consiste en el lavado sucesivo de una mezcla sólida con un determinado solvente (etanol) que va “lavando o extrayendo” de la mezcla, los componentes más solubles en él. Mediante el lavado sucesivo de una mezcla, se puede extraer de ella componentes cuya solubilidad en el solvente extractante es muy baja, debido al efecto acumulado de las múltiples extracciones.

**Plumas:** es una estructura epidérmica, lo que quiere decir que se deriva de la piel. El antecesor inmediato de las plumas son las escamas de los reptiles, pues crecen de la misma manera y están formadas de la misma sustancia, la queratina, que es la proteína que forma las uñas, el pelo y las escamas en otros grupos de vertebrados.

**Queratina:** Es un tipo de proteína que contribuye al endurecimiento de la capa superficial de la piel y del pelo, las plumas, las pezuñas, los cuernos y otros derivados. Cuenta con una elevada cantidad de azufre y una estructura que se califica como secundaria, ya que esta bioproteína toma una forma de espiral al plegarse sobre sí misma.

**Secado:** Operación de transferencia de masa de contacto gaseoso, donde la humedad contenida en el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa, con base a la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Para el cumplimiento de los objetivos del presente estudio, se realizará una investigación de tipo aplicada, que según Sánchez y Reyes (2010) también se llama constructiva o utilitaria, la cual se caracteriza por la aplicación de conocimientos teóricos (características adsorbentes de la harina de plumas) a determinada situación concreta (contaminación de las aguas con petróleo) y las consecuencias prácticas que de ella se deriven (descontaminación de las aguas).

##### **3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Para el presente estudio se consideró un nivel explicativo, al respecto Hernández et al., (2010), indican que los estudios explicativos “están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales, su interés se centra en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o porque dos o más variables están relacionadas”. En concordancia con el nivel considerado, la investigación estuvo orientada a comparar la actividad de retención de petróleo crudo de la harina de plumas antes y después de la aplicación en las muestras de aguas contaminadas y se observó los cambios en el nivel de petróleo que disminuyó por acción de la harina de plumas.

## 3.2. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.2.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Corresponde al método experimental, el cual involucra la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles efectos. Se refiere a la manipulación deliberada de una o más variables independientes para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador (Babbie, 1979, citado por Behar, 2008). En este método el investigador interviene sobre el objeto de estudio modificando a este directa o indirectamente para crear las condiciones necesarias que permitan revelar sus características fundamentales y sus relaciones esenciales (Behar, 2008).

En los estudios experimentales la producción de los fenómenos es manipulable directamente por el investigador (D'Ary, Jacobs y Razavieh, 1982). Se conoce por experimento aquella situación en la que el investigador introduce un estímulo o variable independiente que modifica alguno de los componentes de una situación y luego observa que reacción se provoca. La variable independiente está bajo un estricto control del investigador.

### 3.2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se trata de un diseño pre experimental "Antes – Después" (de un grupo). Su diagrama es el siguiente:

**DIAGRAMA N°01:**

**Diseño de la investigación.**

	<b>Antes</b>	<b>Intervención</b>	<b>Después</b>
	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>
<b>M</b> = muestra de agua con petróleo	Observación 1 = Contaminación de muestra de agua con petróleo crudo	Mediante harina de plumas	Observación 2 = disminución del petróleo crudo en las muestras de agua

Según Trochim (2005), el diseño de la investigación “es el pegamento que mantiene el proyecto de investigación cohesionado. Un diseño es utilizado para estructurar la investigación, para mostrar cómo todas las partes principales del proyecto de investigación funcionan en conjunto con el objetivo de responder a las preguntas centrales de la investigación”.

Se presenta esta investigación mediante la manipulación de una variable no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de explicar de qué modo y por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular, es decir la razón por la cual, disminuye la presencia de petróleo crudo, cuando agregamos la harina de plumas a la emulsión.

### **3.3. COBERTURA DE ESTUDIO**

#### **3.3.1. UNIVERSO**

El universo estuvo conformado por el agua procedente del río Ucayali, las mismas que fueron recolectadas en una cantidad de cuatro litros.

#### **3.3.2. MUESTRA**

La muestra estará conformada por todo el universo que es el agua procedente del río Ucayali, las que se recolectaron en un volumen de Cuatro litros.

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

#### **3.4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

##### **A. Observación**

La recolección de información para el proyecto del entorno, se hizo utilizando la técnica de observación de campo, la cual nos permitió reconocer de manera clara el problema de los residuos de la industria avícola, referida a los desechos como las plumas, cuya solución planteada fue su procesamiento para la obtención de una harina con capacidad de retención de hidrocarburos. Por su parte, para el trabajo de laboratorio, se usó la observación experimental, que permitió

elaborar datos en condiciones relativamente controladas, particularmente de la manipulación de las variables independientes.

### **B. Fichaje**

Se usó la técnica de análisis documental, con la cual se recolectó los datos de las fuentes secundarias. Libros, boletines, revistas, folletos, y periódicos se utilizaron como fuentes para recolectar datos sobre las variables de interés. Por ello, la información de este tipo, procedió de fuentes externas como artículos localizados en bases de datos (DIALNET, ECURED, SCIENCE DIRECT, UNIVERSIA, Scielo, entre otras), y tesis publicadas en diferentes bibliotecas virtuales del país o el exterior, relacionada con el tema de investigación que hizo posible un conocimiento sobre el comportamiento las variables dependientes, al manipular de modo controlado las variables independientes.

### **3.4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

“Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información” (**Arias, 1999**), y del mismo modo **Hernández et al., (2003)**, “un instrumentos de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos y variables que el investigador tienen en mente”. La técnica de observación de campo, nos condujo a utilizar el instrumento para recolectar la información de guía de observación o de campo; por su parte el análisis documental y la observación experimental nos llevaron a hacer uso de las hojas o fichas de registro de datos.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLUMAS

Consistió en efectuar la caracterización fisicoquímica de las plumas de pollo, las cuales se muestran a continuación en el siguiente cuadro.

#### CUADRO N° 02:

**Características fisicoquímicas de las plumas utilizadas como materia prima para elaborar la harina.**

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALORES
Cenizas	%	36,9797
Humedad	%	3,88

#### 4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL PETRÓLEO CRUDO.

Después de realizado el análisis fisicoquímico del petróleo crudo en el laboratorio se determinó los siguientes parámetros:

##### CUADRO N° 03:

##### Características fisicoquímicas del petróleo crudo a ser usada como contaminante.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Conductividad	us / cm	0.0
SDT	Mg/L	0.0
pH	Unidad pH	5.96
Turbiedad	UNT	0.0
Temperatura	°c	24
Color		Rojo pardo – Negro
Olor		Aromático

#### 4.3. ELABORACIÓN DE HARINA DE PLUMAS

La harina de plumas fue obtenida mediante un proceso que se describe en el diagrama de flujo del anexo 2, que comprendió la recolección de las plumas de pollos parrilleros, en la empresa avícola Halley, previo a una coordinación con los encargados; selección/Clasificación, donde se separaron las plumas que mostraron deterioro o que se encontraron manchadas de sangre. Del mismo modo, se clasificaron teniendo en cuenta el tamaño y color de las mismas; pesado, que tuvo por objeto, determinar la masa de plumas que fueron usadas en los experimentos, con las cuales se determinó el rendimiento del proceso de elaboración de harina; lavado/desinfectado, a fin de separar las materias grasas o restos de sangre, presentes en las plumas, éstas fueron sometidas a un lavado con detergente industrial, utilizando agua caliente (45°C), y como desinfectante, se usó peróxido de hidrógeno o agua oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en una concentración del 0,15%, con el cual se evitó la presencia de microorganismos que pudieron deteriorar la materia prima; secado al sol, que se hizo a fin de disminuir la humedad de las plumas, se sometieron a una desecación natural, para lo cual se extendieron las plumas sobre planchas de calamina y se expusieron al sol por un período de dos (02) días; deshidratación en estufa, que se hizo, una vez que las

plumas mostraron cierto grado de desecación, y fueron depositadas sobre bandejas de acero inoxidable, introducidas en el interior de una estufa, a fin de ser deshidratadas a temperaturas de 150 y 170°C, por un tiempo de 24 horas, hasta que se observó el cambio de coloración del blanco al pardo; enfriado, el cual se hizo de las plumas deshidratadas, introduciéndolas en una campana desecadora, para que no adquieran humedad mientras se enfrían, la cual se logró a temperatura ambiente; molido, para reducir el tamaño de las plumas deshidratadas, estas se sometieron a una operación de molido utilizando para ello un molino manual; tamizado, que tuvo la finalidad de uniformizar el tamaño de las partículas de la harina, utilizando para ello cribas de 250  $\mu\text{m}$ , 850  $\mu\text{m}$  y 1,40 mm; envasado/sellado, en envases de plástico tipo Ziploc, e inmediatamente fueron selladas manualmente, con la finalidad de evitar la ganancia de humedad y su contaminación posterior; almacenado, donde los envases Ziploc conteniendo las muestras de harina, fueron llevadas a almacenar en un lugar fresco y sin la incidencia directa de los rayos solares ni la presencia de polvo y humedad.

#### 4.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA CRUDA

Se realizó el análisis físicoquímico del agua cruda de río, la cual tiene como resultados los siguientes parámetros.

**CUADRO N°04:**

#### **Análisis físicoquímico del agua cruda**

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	(*)ECA-AGUA (D.S N°002-2008-MINAM)							(**) LMP (D.S N°037-2008-PCM)
			Categoría 1: Poblacional y recreacional.					Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.	Categoría 4: Conservación del medio acuático.	
			Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.			Aguas superficiales destinadas para recreación.		Parámetros para riego de vegetales de Tallo alto y tallo bajo.	Ríos	
			A1	A2	A3	B1	B2		Selva	
CONDUCTIVIDAD	$\mu\text{S} / \text{cm}$	193	1500	1600	*	*	*	<2000	--	--
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	135	1000	1000	1500	*	*	--	500	--
TURBIEDAD	UNT	116.22	5	100	*	100	*	--	--	--
pH	Valor de pH	6.9	6.5 - 8.5	5.5 - 9.0	5.5 - 9.0	6 - 9 (2.5)	*	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6-Set
TEMPERATURA	°C	27.6	-	-	-	-	-	--	--	Incremento de T < 3°C

(\*) ECA-AGUA según D.S N°002-2008-MINAM. Categoría 01: Poblacional y recreacional.

A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

A2: Aguas que puede ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

B1: Contacto primario.

B2: Contacto secundario.

NT: Unidad Nefelométrica turbiedad.

\*Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine.

- No se considera en los ECA-Agua.- D.S N°002-2008-MINAM.

-- No se considera en los LMP – D.S N°037-2008-PCM.

(\*\*) LMP – D.S N°037-2008-PCM. Establecen límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos.

#### 4.5. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA CRUDA CONTAMINADA CON PETRÓLEO CRUDO.

Se procedió a contaminar la muestra de agua cruda (200ml) con el petróleo crudo (2gr), para luego proceder a realizar el análisis fisicoquímico obteniendo los siguientes resultados.

#### CUADRO N°05:

##### Análisis fisicoquímico de la muestra contaminada.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	(*)ECA-AGUA (D.S N°002-2008-MINAM)						Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.	Categoría 4: Conservación del medio acuático.	(**) LMP (D.S N°037-2008-PCM)
			Categoría 1: Poblacional y recreacional.								
			Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.			Aguas superficiales destinadas para recreación.					
			A1	A2	A3	B1	B2				
CONDUCTIVIDAD	μ S / cm	330	1500	1600	*	*	*	<2000	--	--	
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	196	1000	1000	1500	*	*	--	500	--	
TURBIEDAD	UNT	190	5	100	*	100	*	--	--	--	
pH	Valor de pH	6.8	6.5 - 8.5	5.5 - 9.0	5.5 - 9.0	6 - 9 (2.5)	*	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6-Set	
TEMPERATURA	°C	27.9	-	-	-	-	-	--	--	Incremento de T < 3°C	

(\*) ECA-AGUA según D.S N°002-2008-MINAM. Categoría 01: Poblacional y recreacional.

A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

A2: Aguas que puede ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

B1: Contacto primario.

B2: Contacto secundario.

NT: Unidad Nefelométrica turbiedad.

"Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine.

- No se considera en los ECA-Agua.- D.S N°002-2008-MINAM.

-- No se considera en los LMP – D.S N°037-2008-PCM.

(\*\*) LMP – D.S N°037-2008-PCM. Establecen límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos.

El resultado reporta valores elevados de turbiedad debido a la acumulación excesiva de sólidos en la muestra. Por lo cual no cumple con los Estándares de calidad ambiental para la categoría I, Poblacional y Recreacional - Subcategoría A1, A2 y B1.

#### 4.6. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA CRUDA DESCONTAMINADA EMPLEANDO HARINA DE PLUMAS DE POLLOS DE GRANJA.

Se realizó el análisis físicoquímico al agua descontaminada resultante de la filtración (papel filtro), obteniendo los siguientes resultados:

##### CUADRO N°06:

##### Análisis físicoquímico de la muestra descontaminada.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	(*)ECA-AGUA (D.S N°002-2008-MINAM)							(**) LMP (D.S N°037-2008-PCM)
			Categoría 1: Poblacional y recreacional.					Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.	Categoría 4: Conservación del medio acuático.	
			Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.			Aguas superficiales destinadas para recreación.				
			A1	A2	A3	B1	B2			
CONDUCTIVIDAD	μ S / cm	513	1500	1600	*	*	*	<2000	--	--
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	282	1000	1000	1500	*	*	--	500	--
TURBIEDAD	UNT	100	5	100	*	100	*	--	--	--
pH	Valor de pH	6.9	6.5 - 8.5	5.5 - 9.0	5.5 - 9.0	6 - 9 (2.5)	*	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6-Set
TEMPERATURA	°C	27.6	-	-	-	-	-	--	--	Incremento de T < 3°C

(\*) ECA-AGUA según D.S N°002-2008-MINAM. Categoría 01: Poblacional y recreacional.

A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

A2: Aguas que puede ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

B1: Contacto primario.

B2: Contacto secundario.

NT: Unidad Nefelométrica turbiedad.

\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine.

- No se considera en los ECA-Agua.- D.S N°002-2008-MINAM.

-- No se considera en los LMP – D.S N°037-2008-PCM.

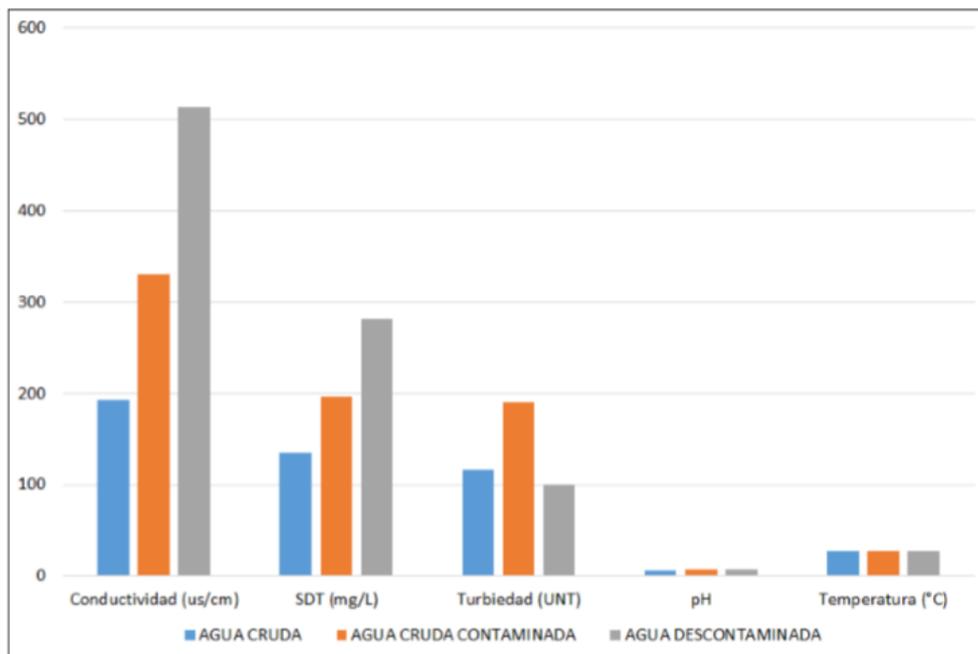
(\*\*) LMP – D.S N°037-2008-PCM. Establecen límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos.

La muestra analizada reporta valores dentro de lo normal para el cumplimiento con los Estándares de calidad ambiental categoría 01: Subcategoría A2, A3, B1 y B2. Sin embargo para la categoría 01, subcategoría A1 no cumple con el parámetro de turbiedad.

La muestra analizada reporta valores dentro de lo normal para el cumplimiento con los Estándares de calidad ambiental Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas animales. Así mismo cumple con los LMP de pH y Temperatura establecidos para efluentes del sector hidrocarburos.

A continuación se muestra el diagrama de comparación de resultados:

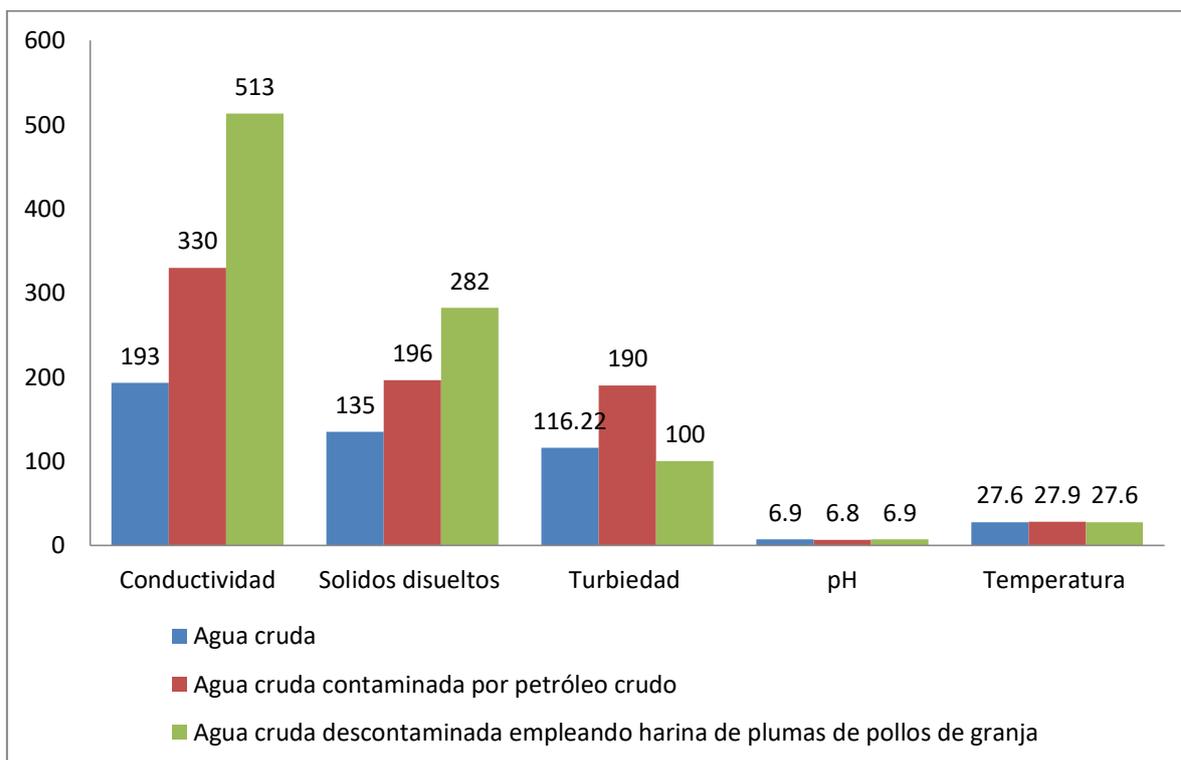
**DIAGRAMA N°02:**  
**Comparación de resultados obtenidos.**



**CUADRO COMPARATIVO DE PROPIEDADES DEL FÍSICA Y QUÍMICAS DEL AGUA CRUDA SIN CONTAMINAR, CONTAMINADA Y POR LA HARINA DE PLUMAS DE POLLOS DE GRANJA**

PARÁMETRO	Agua cruda	Agua cruda contaminada por petróleo crudo	Agua cruda descontaminada empleando harina de plumas de pollos de granja
Conductividad	193 $\mu$ S / cm	330 $\mu$ S / cm	513 $\mu$ S / cm
Sólidos disueltos	135 mg/L	196 mg/L	282 mg/L
Turbiedad	116,22 UNT	190 UNT	100 UNT
pH	6,9	6,8	6,9
Temperatura	27,6 °C	27,9 °C	27,6 °C

**GRAFICO COMPARATIVO DE PROPIEDADES DEL FÍSICA Y QUÍMICAS DEL AGUA CRUDA SIN CONTAMINAR, CONTAMINADA Y POR LA HARINA DE PLUMAS DE POLLOS DE GRANJA**



En el cuadro comparativo se observa que el agua cruda presenta una conductibilidad de 193  $\mu$  S / cm, los sólidos disueltos en un 135 mg/L, la turbiedad en 116,22 UNT, un pH de 6,9 y una temperatura de 27,6 °C. Mientras que en el agua cruda contaminada por el petróleo crudo se observa que el agua cruda presenta una conductibilidad de 330  $\mu$  S / cm, los sólidos disueltos en un 196 mg/L, la turbiedad en 190,22 UNT, un pH de 6,8 y una temperatura de 27,9 °C. Finalmente el agua descontaminada empleando la harina de plumas de pollos de granja se observa que el agua cruda presenta una conductibilidad de 513  $\mu$  S / cm, los sólidos disueltos en un 282 mg/L, la turbiedad en 100UNT, un pH de 6,8 y una temperatura de 27,6 °C

**4.7. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA COMPROBAR LA ACTIVIDAD ADSORBENTE DE LA HARINA DE PLUMAS OBTENIDA A 150°C**

El diseño estadístico comprendió un diseño factorial, donde se tuvo más de una variable independiente, a las que se denomina factores (Bisquerra, 1989) y Hernández (2011) indica, que el diseño factorial es aquel en que todos los niveles

de cada factor se combinan con todos los niveles de los demás factores", en este tipo de diseño se "manipula dos o más variables independientes e incluyen dos o más niveles de presencia en cada una de las variables independientes".

Los ensayos desarrollados en el laboratorio en cuanto al porcentaje de retención del petróleo crudo por parte de la harina de plumas obtenida a 150°C, arrojaron datos en cuanto a la cantidad de gramos de harina usada, tiempos de remoción y tamaño de la partícula, los cuales se muestran en el siguiente cuadro.

#### CUADRO N°07:

#### Resultados de capacidad de retención en % de petróleo crudo por parte de la harina de plumas obtenida a 150 °C

Gramos de harina (A)	Tiempo de remoción (B)					
	10 min			20 min		
	Tamaño de partícula (C)					
	250 µm	850 µm	1,40 mm	250 µm	850 µm	1,40 mm
1 g	61.7650	37.3800	58.1850	67.1450	44.6700	63.1850
2 g	11.7650	49.6000	53.1350	56.8050	44.7250	63.0850
3 g	68.5450	48.3300	66.2550	56.8250	44.8800	76.1850

#### 4.7.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS DE LOS VALORES DE RETENCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO DE LA HARINA DE PLUMAS OBTENIDOS a 150°C EN LABORATORIO

Los resultados del cuadro anterior, se sometieron a un Análisis de Varianza (ANOVA), usando el Diseño Completamente al Azar-DCA con arreglo factorial (3Ax2Bx3C) con una (01) sola réplica, es decir al factor A, correspondió los gramos de harina (1, 2 y 3 gramos), al factor B, le correspondió el tiempo de remoción (10 y 20 min) y al factor C, le correspondió el tamaño de partícula (250 µm, 850 µm y 1,40 mm).

El diseño factorial de tres factores (A, B y C) permite investigar los efectos: A, B, C, AB, AC, BC y ABC donde el nivel de desglose o detalle con el que pueden estudiarse depende del número de niveles utilizando en cada factor.

En resumen, se tienen siete efectos de interés sin considerar desglose, y con ellos se pueden plantear las siete hipótesis nulas y alternativas.

### **Procedimiento de Prueba**

#### i) Hipótesis

El objetivo del análisis fue realizar los contrastes de hipótesis nula aparejada con su correspondiente hipótesis alternativa:

$H_0$ : Todos los gramos de harina de plumas tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo.

$H_a$ : Al menos uno de los gramos de harina tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$H_0$ : Efecto A = 0    y     $H_A$ :  $\neq 0$

$H_0$ : Todas los tiempos de remoción tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_b$ : Al menos uno de las tiempos de remoción tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$H_0$ : Efecto B = 0    y     $H_B$ :  $\neq 0$

$H_0$ : Todos los tamaños de partícula de harina tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_c$ : Al menos uno de los tamaños de partícula de harina tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$H_0$ : Efecto C = 0    y     $H_C$ :  $\neq 0$

$H_0$ : Todas las combinaciones de gramos de harina de plumas x tiempo de remoción tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_{AB}$ : Al menos una de las combinaciones de gramos de harina de plumas x tiempo de remoción tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$H_0$ : Efecto C = 0    y     $H_{AB}$ :  $\neq 0$

$H_0$ : Todas las combinaciones de gramos de harina de plumas x tamaño de partícula tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_{AC}$ : Al menos una de las combinaciones de gramos de harina de plumas x tamaño de partícula tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$H_0$ : Efecto C = 0 y  $H_{AC}$ :  $\neq 0$

$H_0$ : Todas las combinaciones de tiempo de remoción x tamaño de partícula tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_{BC}$ : Al menos una de las combinaciones de tiempo de remoción x tamaño de partícula tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$H_0$ : Efecto C = 0 y  $H_{BC}$ :  $\neq 0$

$H_0$ : Todas las combinaciones de gramos de harina de plumas x tiempo de remoción x tamaño de partícula tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_{ABC}$ : Al menos una de las combinaciones de gramos de harina de plumas x tiempo de remoción x tamaño de partícula tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$H_0$ : Efecto C = 0 y  $H_{ABC}$ :  $\neq 0$

ii) Nivel de significación:  $\alpha = 5\%$

iii) Función de prueba:  $F_{\text{Experiment}} = F$  del ANVA

iv) Valor tabular:  $F_{\text{Tab.}} = \text{Tabla F}$

v) Decisión: Rechazar  $H_0$  si  $F_{\text{Experiment.}} > F_{\text{Tab.}}$ .

El ANOVA para probar estas hipótesis se muestran en el siguiente cuadro.

**CUADRO N°08:**  
**ANOVA de los resultados obtenidos de la retención de petróleo crudo de la harina de plumas obtenida a 150°C en laboratorio.**

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>experim</sub>	F <sub>tab</sub>	Significancia
Gramos de harina (factor A)	2	575.7434	287.8717	1.7927	6.9400	N.S.
Tiempo remoción (factor B)	1	217.3265	217.3265	1.3534	7.7100	N.S.
Tamaño partícula (factor C)	2	1,016.9339	508.4670	3.1664	6.9400	N.S.
Interacción AxB	2	257.8735	128.9367	0.8029	6.9400	N.S.
Interacción AxC	4	809.9412	202.4853	1.2610	6.3900	N.S.
Interacción BxC	2	135.6361	67.8181	0.4223	6.9400	N.S.
Error (Residual)	4	642.3260	160.5815			
TOTAL	17	3,655.7805				

N.S. = No Significativo

$$F. \text{ tab. } (2,4)_{5\%} = 6,94$$

$$F. \text{ tab. } (1,4)_{5\%} = 7,71$$

$$F. \text{ tab. } (4,4)_{5\%} = 6,39$$

Del cuadro ANOVA, determinamos que en el factor A (Gramos de harina), factor B (Tiempo de remoción), factor C (Tamaño de partícula) y sus respectivas interacciones, no existe diferencia significativa, a un nivel del 5% de significancia, por lo cual **no** se realiza la Prueba Tukey.

**4.8. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA COMPROBAR LA ACTIVIDAD ADSORBENTE DE LA HARINA DE PLUMAS OBTENIDA A 170°C**

Los ensayos desarrollados en el laboratorio en cuanto al porcentaje de retención del petróleo crudo por parte de la harina de plumas obtenida a 170°C, arrojaron datos en cuanto a la cantidad de gramos de harina usada, tiempos de remoción y tamaño de la partícula, los cuales se muestran en el siguiente cuadro.

**CUADRO N°07:**  
**Resultados de la capacidad de retención en % de petróleo crudo por parte de la harina de plumas obtenida a 170°C.**

Gramos de harina (A)	Tiempo de remoción (B)					
	10 min			20 min		
	Tamaño de partícula (C)					
	250 μm	850 μm	1,40 mm	250 μm	850 μm	1,40 mm
1 g	60.2810	59.7978	55.8284	65.2647	86.0119	70.2848
2 g	78.8440	62.0050	65.4716	77.1066	62.8740	65.5739
3 g	79.7893	52.5905	33.9916	43.8474	40.8413	43.3111

#### 4.8.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS DE LOS VALORES DE RETENCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO DE LA HARINA DE PLUMAS OBTENIDOS a 170°C EN LABORATORIO

##### Procedimiento de Prueba

##### i) Hipótesis

El objetivo del análisis fue realizar los contrastes de hipótesis nula aparejada con su correspondiente hipótesis alternativa:

$H_0$ : Todos los gramos de harina de plumas tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_a$ : Al menos uno de los gramos de harina tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$$H_0: \text{Efecto A} = 0 \quad \text{y} \quad H_A: \neq 0$$

$H_0$ : Todos los tiempos de remoción tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_b$ : Al menos uno de los tiempos de remoción tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$$H_0: \text{Efecto B} = 0 \quad \text{y} \quad H_B: \neq 0$$

$H_0$ : Todos los tamaños de partícula de harina tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_c$ : Al menos uno de los tamaños de partícula de harina tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$$H_0: \text{Efecto C} = 0 \quad \text{y} \quad H_C: \neq 0$$

$H_0$ : Todas las combinaciones de gramos de harina de plumas x tiempo de remoción tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_{AB}$ : Al menos una de las combinaciones de gramos de harina de plumas x tiempo de remoción tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$$H_0: \text{Efecto } C = 0 \quad \text{y} \quad H_{AB}: \neq 0$$

$H_0$ : Todas las combinaciones de gramos de harina de plumas x tamaño de partícula tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_{AC}$ : Al menos una de las combinaciones de gramos de harina de plumas x tamaño de partícula tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$$H_0: \text{Efecto } C = 0 \quad \text{y} \quad H_{AC}: \neq 0$$

$H_0$ : Todas las combinaciones de tiempo de remoción x tamaño de partícula tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_{BC}$ : Al menos una de las combinaciones de tiempo de remoción x tamaño de partícula tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$$H_0: \text{Efecto } C = 0 \quad \text{y} \quad H_{BC}: \neq 0$$

$H_0$ : Todas las combinaciones de gramos de harina de plumas x tiempo de remoción x tamaño de partícula tienen el mismo efecto en la absorción del petróleo crudo

$H_{ABC}$ : Al menos una de las combinaciones de gramos de harina de plumas x tiempo de remoción x tamaño de partícula tiene efecto diferente en la absorción del petróleo crudo

$$H_0: \text{Efecto } C = 0 \quad \text{y} \quad H_{ABC}: \neq 0$$

ii) Nivel de significación:  $\alpha = 5\%$

iii) Función de prueba:  $F_{\text{Experiment}} = F$  del ANVA

iv) Valor tabular:  $F_{\text{Tab.}} = \text{Tabla } F$

v) Decisión: Rechazar  $H_0$  si  $F_{\text{Experiment.}} > F_{\text{Tab.}}$

El ANOVA para probar estas hipótesis se muestran en el siguiente cuadro.

**CUADRO N°10:**  
**ANOVA de los resultados obtenidos de la retención de petróleo crudo de la**  
**harina de plumas obtenida a 170°C en laboratorio.**

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>experim</sub>	F <sub>tab</sub>	Significancia
Gramos de harina (factor A)	2	1,369.0962	684.5481	8.6147	6.9400	*
Tiempo remoción (factor B)	1	2.3591	2.3591	0.0297	7.7100	N.S.
Tamaño partícula (factor C)	2	419.7872	209.8936	2.6414	6.9400	N.S.
Interacción AxB	2	590.5189	295.2594	3.7157	6.9400	N.S.
Interacción AxC	4	537.2099	134.3025	1.6901	6.3900	N.S.
Interacción BxC	2	310.0227	155.0113	1.9508	6.9400	N.S.
Error (Residual)	4	317.8494	79.4624			
TOTAL	17	3,546.8434				

N.S. = No Significativo

\* = Significativo

$$F_{\text{tab.}} (2,4)_{5\%} = 6,94$$

$$F_{\text{tab.}} (1,4)_{5\%} = 7,71$$

$$F_{\text{tab.}} (4,4)_{5\%} = 6,39$$

Del cuadro ANOVA, determinamos que en el factor A (Gramos de harina) existe diferencia significativa, es decir que  $F_{\text{Exp.}} > F_{\text{Tab.}}$ , por lo cual rechazamos la  $H_0$  y concluimos que entre los gramos de harina, al menos una de sus medias, es diferente de las otras a un nivel del 5% de significancia; mientras con respecto a los factores B, C y sus interacciones AxB, AxC y BxC, no existen diferencias significativas, a un nivel del 5% de significancia. Al existir tratamientos diferentes, pasamos a realizar la Prueba Tukey, para determinar el tratamiento más significativo en la investigación de retención de petróleo crudo por parte de la harina de plumas.

#### 4.8.2. PRUEBA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA HONESTA (DSH) DE TUKEY

Esta prueba tuvo como finalidad, probar todas las diferencias entre medias de tratamientos de la investigación, exigiendo como única exigencia, que el número de repeticiones fuese constante en todos los tratamientos, como en la presente investigación sólo se tuvo una sola repetición, entonces se cumplió esta condición.

Este método permitió comparar las medias de los tratamientos, de dos a dos, es decir, para evaluar las hipótesis.

**CUADRO N°11:  
Prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey.**

Gramos de harina (A)	Tiempo de remoción (B)					
	10 min			20 min		
	Tamaño de partícula (C)					
	250 $\mu$ m	850 $\mu$ m	1,40 mm	250 $\mu$ m	850 $\mu$ m	1,40 mm
1 g	60.2810	59.7978	55.8284	65.2647	86.0119	70.2848
2 g	78.8440	62.0050	65.4716	77.1066	62.8740	65.5739
3 g	79.7893	52.5905	33.9916	43.8474	40.8413	43.3111
Media	72.9714	58.1311	51.7639	62.0729	63.2424	59.7233
Orden	media1	media2	media3	media4	media5	media6

Parte del procedimiento, es el ordenamiento de las medias de forma decreciente, calculándose a continuación la Diferencia Honestamente Significativa-DHS, cuyo procedimiento se detalla en los anexos, lográndose el valor resultante de 17,2498.

Luego se procedió a obtener la diferencia de las medias de los tratamientos, pasando el resultado, a ser comparado con el valor de la DHS, el cual al ser mayor que dicho valor, resultó significativo. El cuadro con los resultados de las comparaciones se muestra a continuación.

**CUADRO N°12:  
Resultados de la Prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey.**

Tratamientos	media1	media5	media4	media6	media2	media3
media1	-	9.729 n.s.	10.8985 n.s.	13.2481 n.s.	14.8403 n.s.	<b>21.2075 *</b>
media5	-	-	1.1695 n.s.	3.5191 n.s.	5.1113 n.s.	11.4785 n.s.
media4	-	-	-	2.3496 n.s.	3.9418 n.s.	10.309 n.s.
media6	-	-	-	-	1.5922 n.s.	7.9594 n.s.
media2	-	-	-	-	-	6.3672 n.s.
media3	-	-	-	-	-	-

n.s. = No Significativo

\* = Significancia

#### 4.9. CARACTERÍSTICAS DE LA HARINA DE PLUMAS

La harina elaborada con las plumas de pollo, procedente de la avícola Halley presentó las siguientes características:

**CUADRO N°13:  
Características mostradas por la harina obtenida de las plumas de pollo.**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALORES/PRESENCIA</b>
Humedad	%	7,38
Cenizas	%	5,2852
Densidad aparente	g/mL	0,0936
Flotabilidad	-	SI
Flamabilidad	-	NO
Proteína cruda *	%	5,14
Rendimiento	%	68,00

\* = Determinado en el laboratorio Natura Analítica (Certificado de Análisis:2016.05.30)

En el cuadro 09, se puede apreciar las características que mostró la harina de plumas, que indica que posee poca agua, un contenido moderado de cenizas, una baja densidad con respecto al agua lo cual está en relación directa con su característica de poseer flotabilidad, no tiene las características de encenderse con el fuego, muestra un contenido bajo de proteína y muestra un considerable rendimiento.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

### 5.1. ELABORACIÓN DE HARINA DE PLUMAS

En el proceso de elaboración de la harina, la operación que pone disponible la queratina (proteína) presente en la pluma, es el hidrolizado, el cual consiste en el calentamiento de la materia prima, la cual se hizo en la estufa a 150 y 170°C por 24 horas a presión atmosférica, encontrando cierto parecido al reportado por Asanza (2013), que manifiesta que la harina de plumas debe hidrolizarse bajo condiciones de elevada presión (3,2 atmósferas) y temperatura (146°C) durante el periodo de tiempo necesario (alrededor de 30 minutos) para que se produzca la ruptura de los enlaces químicos que dan estructura a la queratina. Por su parte Kanayochukwu (2012), indica que luego de deshidratar las plumas, las carbonizó a 500°C, las molió hasta tamaños de 325 a 625  $\mu\text{m}$ , luego los residuos proteínicos fueron usados para limpiar derrame de crudo de petróleo, diésel, queroseno y gasolina (por separado antes de combinar), mientras que en el presente trabajo, se utilizó 150 y 170°C para hidrolizar la queratina de las plumas y los tamaños de partícula de la harina, fueron de 250 y 850  $\mu\text{m}$  y 1,40 mm, para absorber petróleo crudo, por lo cual existe un cierto parecido.

## **5.2. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS DE LOS VALORES DE RETENCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO DE LA HARINA DE PLUMAS OBTENIDOS a 150 Y 170°C EN LABORATORIO**

El tratamiento estadístico para el análisis de varianza-ANOVA, se efectuó mediante el Diseño Completamente al Azar-DCA con arreglo factorial y con una sola réplica. Al respecto Montgomery, (2005), citado por Correa *et al.*, (2011), manifiesta que una sola réplica de un diseño 2k, en ocasiones es denominado diseño factorial no replicado, en el cual, no se cuenta con ninguna estimación interna del error o error puro, lo cual pasa a llamarse residual (errores o residuos, Reyes, 2009).

Se optó por desarrollar una sola réplica, para reducir el número de análisis al mínimo necesario y por factores legales y económicos, pues para extraer aceites por el método Soxhlet, se utiliza solventes orgánicos como éter, éter de petróleo, cloroformo, hexano, benceno, tolueno, ciclohexano, metanol, etanol (Nuñez, 2008), de los cuales, el metanol y etanol que son alcoholes, no son controlados como los demás (según Decreto Supremo N° 348-2015-EF), y el económico se refiere a que el litro de etanol utilizado costó S/ 100,00 Soles, por tratarse de un etanol casi puro (99,7%) y cada litro alcanzó para tres (03) ensayos, las pruebas totales fueron treinta y seis (36), por lo cual se usó doce (12) litros, de efectuar tan sólo dos (02) réplicas o más, el costo se hubiera incrementado demasiado. Al respecto, Box *et al.*, (2005) así como Medina y Restrepo (2006), citados por Correa *et al.*, (2011) indican que debido a que por lo general los recursos son limitados, el experimentador, puede efectuar únicamente una sola réplica del diseño, a menos que esté dispuesto a omitir algunos de los factores originales. El riesgo que ello implica, es que el modelo puede ajustarse al ruido, es decir, si la respuesta es sumamente variable pueden resultar conclusiones engañosas del experimento. Una forma de asegurarse de que se obtienen estimaciones confiables de los efectos es incrementando las distancias entre los niveles alto y bajo del factor. El uso de la estrategia de una sola réplica es común en los experimentos de exploración cuando hay un número relativamente grande de factores bajo consideración. Una buena práctica en este tipo de experimentos es separar los niveles de los factores de manera agresiva (Montgomery, 2005, citado por Correa *et al.*, 2011), y en cumplimiento de esta recomendación, se trabajó con

valores de temperaturas de hidrolizado, separados por 20°C (150 - 170°C); tiempo de remoción separados por 10 minutos (10 – 20 minutos) y tamaño de partícula separados por 600 y 550 micras (250 µm – 850 µm - 1,40 mm).

### 5.3. PRUEBA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA HONESTA (DSH) DE TUKEY

Observando el cuadro 08 se puede determinar que el tratamiento que resultó más significativo, fue el que presentó la media 1, que correspondió al tratamiento (T<sub>1</sub>) cuyos parámetros fueron: 2 Gramos de harina de plumas, Tiempo de remoción de 10 minutos y Tamaño de partícula de 250 µm; datos que se asemejan a los obtenidos por otros autores como Echevarría (2013), que usando proteínas de pluma de pato, determinó que para 50 g de petróleo, la proteína retuvo 36,726 g, con lo cual se determinó que el porcentaje de retención, fue de 73.452%, en comparación con los datos obtenidos en la presente investigación que fue de 78,844%, resultados que se asemejan porcentualmente.

El contenido de proteína cruda de las plumas varía entre 81 y 90 % según los diferentes autores consultados: de 81 a 90% (de Blas et al., 2003, citados por Sierra, 2011), 87% (Coello et al., 2003, citados por Sierra, 2011), pero las altas temperaturas de 150 y 170°C del deshidratado, genera la obtención de la queratina, por lo cual su disponibilidad en la harina disminuye, y esto se comprobó con el análisis efectuado a la harina, que mostró 5,14% de proteína.

Es preciso indicar que la capacidad de atrapar el petróleo crudo por parte de la queratina, según Wilkins, Moore, & Rodriguez, 1990, citados por Salazar (2013), radica en que presenta propiedades exclusivas como proteína debido a la presencia de enlaces tales como: enlaces amídicos, que unen un aminoácido con otro para formar la cadena principal; puentes salinos, los cuales se forman entre los grupos de ácidos y básicos de las cadenas laterales; enlaces di sulfuro, que es la unión que existe entre los dos átomos de azufre de la molécula de cistina que forman los retículos entre las cadenas polipeptídicas, y esta estructura reticulada de la queratina la hace insoluble en agua o hidrófoba, y la FEDNA (1996), citado por Salinas (2010) señala, que debido a que tiene aminoácidos con grupos hidrofóbicos (fenilalanina, isoleucina, valina y alanina), su solubilidad en agua es muy baja, y puentes de hidrógeno, los cuales se originan por la atracción de átomos con polaridad negativa al hidrógeno con polaridad positiva.

El buen desempeño de la absorción de hidrocarburos de las proteínas puede ser explicado fundamentalmente por dos razones, la primera es que las plumas son de naturaleza hidrofobia al igual que el hidrocarburo esto hace posible su afinidad química entre ellos. La segunda es su elevada área específica del biopolímero debida a los espacios intersticiales formados por una compleja red de fibras de queratina (Roig et. al., 2003, citado por Echevarría, 2013).

De lo anterior se deduce que el petróleo crudo al ser un hidrocarburo, muestra afinidad por la queratina de la harina de plumas, generándose dos fenómenos físicos como la adsorción y la absorción, lo cual es corroborado por Echevarría (2013), que indica que los sorbentes pueden retener hidrocarburos por mecanismos tales como la adsorción y absorción. En la absorción el hidrocarburo es incorporado dentro del cuerpo del material mientras que en la adsorción el hidrocarburo es atraído hacia la superficie del material sorbente. El mecanismo de absorción se lleva a cabo en la matriz del material sorbente entrando por difusión dentro de este. En el caso del petróleo crudo se presentan ambos procesos absorción y adsorción, pero es la adsorción el proceso que más predomina debido a la viscosidad del petróleo.

Se optó por usar como solvente para extraer el petróleo crudo de la harina de plumas, el etanol al 99,7%, para no destruir la estructura de la queratina que retuvo al petróleo, y así incurrir en errores para determinar el porcentaje de hidrocarburo retenido, pues según Bielorai et al., (1982), citado por Carabalí (2013), la queratina es insoluble en los solventes que disuelven normalmente proteínas como alcoholes y cetonas, contiene un alto contenido de cistina con una concentración aproximada del 3%.

#### 5.4. CARACTERÍSTICAS DE LA HARINA DE PLUMAS

Con respecto a la caracterización de la harina de plumas, el valor de 7,38% obtenido en la humedad, difiere del valor de 5,1% indicado por Salinas (2010); en cuanto al valor de las cenizas obtenido de 5,2852%, es relativamente alto en comparación al determinado por Salinas (2010) que fue de 1,3%; para la densidad aparente, el valor de 0,0936 g/mL, se asemeja al valor de 0,1116 g/mL reportado por Salinas (2010), la muestra de harina de plumas SI mostró flotabilidad y NO mostró inflamabilidad, resultados que concuerdan con los reportados por Salinas (2010); por su parte el valor de la proteína cruda obtenida fue de 5,14%, valor relativamente bajo con respecto al mostrado por Salinas (2010) que fue de 74,2%, debido a que se trata de materias primas (plumas) procedentes de animales de diferente camada, edad, alimentación, parámetros diferentes utilizados en el proceso de elaboración de harina de plumas.

Se debe indicar que el bajo porcentaje (5,14%) de proteína obtenido pudieron deberse a los parámetros de tiempo y temperatura empleados para lograr la obtención de la queratina que fueron de 24 horas y 170°C, pues según Tanford (1961), citado por Carabalí (2013), indica que el tiempo influye a la desnaturalización de las proteínas y su fraccionamiento a proteínas más simples por: el rompimiento de los enlaces reticulados (S-S), el rompimiento de las interacciones dipolo-dipolo y las fuerzas de van der Waals entre las cadenas de aminoácidos; estos efectos se pueden atribuir a la presencia de H<sub>2</sub>S (sulfuro de hidrógeno) y la ausencia de estructuras rígidas. Del mismo modo, la temperatura y el tiempo afectan el rendimiento de proteínas, pues Carabalí, observó que a 210 °C, se produjo una drástica reducción en el rendimiento, entre 20 y 30%, para altos valores de tiempo de reacción. Estos parámetros generan una desnaturalización más agresiva de la queratina de las plumas. Adicionalmente, indica Wu (1931), citado por Carabalí (2013), el incremento en la temperatura induce cambios estructurales en la queratina por el aumento de las colisiones moleculares al aumentar la energía cinética de las moléculas, así la fuerza de estos impactos es suficiente para romper enlaces entre grupos funcionales y destruir el arreglo natural de la proteína. No se descarta también a errores experimentales, que pudieron incurrirse al momento de aplicar el método de determinación de proteínas, como calidad de los reactivos, lecturas de los datos y aplicación del procedimiento y/o protocolo.

El trabajo se realizó a nivel de laboratorio por la dificultad de conseguir el petróleo crudo, pues las reglamentaciones de las empresas que lo comercializan y procesan, no permiten que este tipo de combustibles sean transportados de modo libre y tampoco que su venta se haga al público en general, debido a esto se contó con la colaboración de un trabajador de una de las empresas petroleras que nos proporcionó 100 mL petróleo crudo, cantidad suficiente, que permitió la realización de las pruebas tan solo a nivel de laboratorio.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- La harina elaborada a partir de plumas de pollo, presenta un alto efecto descontaminante de aguas con presencia de petróleo crudo.
- El proceso tecnológico más adecuado para obtener la harina de plumas de pollo es el siguiente: recolección de las plumas, selección/Clasificación, lavado/desinfectado, secado al sol, deshidratación en estufa, enfriado, molido, tamizado, envasado/sellado, almacenado.
- La aplicación de harina de plumas de pollo en aguas crudas contaminadas con petróleo ayuda a mejorar la calidad fisicoquímica en referencia al Ph y Turbiedad.
- Mediante el método Soxhlet, se determinó como parámetros óptimos: temperatura y tiempo de deshidratado de la queratina de 170°C y 24 horas, 2 gramos de harina, tamaño de partícula de 250  $\mu\text{m}$ , tiempo de remoción de 10 minutos y 800 RPM para la retención de petróleo crudo por parte de la harina de plumas.
- El porcentaje de retención de petróleo crudo por parte de la harina de plumas, fue de 78,844% equivalente 1.665g por cada 2g de petróleo crudo contaminada en agua.

## RECOMENDACIONES

- Se debe experimentar la capacidad de retención de la harina de plumas en aguas contaminadas con otros hidrocarburos como: aceite, gasolina e inclusive metales pesados o tóxicos, así como extender las pruebas a suelos con los mismos problemas de contaminación.
- Experimentar el efecto descontaminante de hidrocarburos, con harina de plumas procedentes de otras aves: patos y pavos.
- Desarrollar trabajos de investigación con otras materias primas con alta contenido de queratina como pelos, escamas, cuernos y pezuñas de diferentes animales, los cuales se consideran como desechos o residuos que al tirarse al medio ambiente, terminan contaminándolo.
- Establecer la posibilidad de generar un proyecto a nivel de prefactibilidad de elaboración de harina de plumas de pollos para ser usado como descontaminante de hidrocarburos en la región Ucayali.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### LIBROS:

Arias, Fidas. El proyecto de investigación - Guía para su elaboración. 3ra ed. Caracas. Editorial Episteme. Orial Ediciones C.A. Venezuela. 1999. 68pp.

Behar Rivero, Daniel Salomón. Introducción a la Metodología de la Investigación. Editorial Shalom. ISBN 978-959-212-773-9. 2008.

Cervantes-González, E., Rojas-Avelizapa, L.I., Cruz-Camarillo, R. & Rojas-Avelizapa N.G.; Effect of Keratinous Waste Addition on Improvement of Crude Oil Hydrocarbon Removal by a Hydrocarbon-Degrading and Keratinolytic Mixed Culture. International Biodeterioration & Biodegradation. Manchester Metropolitan University, UK. 2009, 63, 1018.

Gómez García, Rosario. Diagnóstico sobre la contaminación ambiental en la amazonia peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Documento Técnico N° 15. Iquitos. Perú. 1995. 25pp.

Hollmeyer, R. Subproductos Avícolas. Industria avícola. Octubre 94: 14-18. 1994.

Municipalidad Provincial de Coronel Portillo. Estudio: "Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Pucallpa". Editado por el Instituto de Consultoría S.A. Pucallpa. Perú. 2004. 102pp.

Hernández, R., Baptista, P. y Fernández, C. Metodología de la Investigación. México. McGraw Hill. 2010.

Sánchez Carlessi, Hugo y Reyes Meza, Carlos. Metodología y diseños en la investigación científica. Aplicados a la Psicología, Educación y Ciencias Sociales. Editorial Mantaro. Lima, Perú. 2010. 174pp.

Reyes Aguilar Primitivo. Separata del curso Diseño de experimentos-Teoría. Se tomó como referencia el texto de Douglas Montgomery, Diseño y análisis de experimentos, 2ª. Edición. 2009.

Trochim, William M. The Research Methods Knowledge Base, 2nd Edition. Internet WWW page, at URL: [ <http://www.socialresearchmethods.net/>] (version current as of 1-16-05).

#### **TESIS:**

Acevedo Berruecos, Diana. Uso de métodos directo e indirecto en la caracterización de un sitio contaminado por hidrocarburos. Tesis para optar por el grado de: Ingeniero Geofísico. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería División en Ciencias de la Tierra. México. 2012. 123pp.

Adrián Marzialetti, Pablo. Monitoreo de derrames de hidrocarburos en cuerpos de agua mediante técnicas de sensado remoto. Tesis presentada para la obtención del grado de Magister en Aplicaciones Espaciales de Alerta y Respuesta Temprana a Emergencias. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Matemática, Astronomía y Física y el Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich. Córdoba. Argentina. 2012. 141pp.

Alfredo Pita, Ramón y Del Valle Rojas Rodríguez, Milinys. Comparación conceptual de los métodos para el control del derrame de crudo en la plataforma Deepwater Horizon en el Golfo de México. Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito parcial para optar al Título de: Ingeniero Químico. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas.

Departamento de Ingeniería Química. Cursos Especiales de Grado. Áreas de Gas. Barcelona. Cuba. 2010. 161pp.

Asanza Reyes, Christian Oswaldo. Alternativa al uso de los residuos que generan las plantas de faenamiento avícola en la parte alta de la provincia de El Oro. Tesis de Maestría en Impactos Ambientales. Universidad de Guayaquil. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Ecuador. 2013. 129pp.

Carabalí Ocoró, Victor David. Producción de proteína para consumo animal mediante hidrólisis de plumas de pollo en agua subcrítica. Estudio de planta piloto. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Químico. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Santiago de Cali. Colombia. 2013. 65pp.

Echavarría Guzmán, Humberto. Remoción de hidrocarburos por medio de proteínas en medio acuoso. Tesis para presentar el Examen demostrativo de la Experiencia Educativa de Experiencia Recepcional del Programa Educativo de Ingeniería Química. Universidad Veracruzana. Facultad De Ciencias Químicas. 2013. Región Poza Rica-Tuxpan. México.

Fan-Chen Jeanie Tseng. Biofibre production from chicken feather. A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Engineering in Materials and Process Engineering. The University of Waikato. Nueva Zelanda. 2011. 117pp.

Hernández Hernández, Elvin Wilson. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión, tensión indirecta y a la flexión de concreto fibroreforzado de matriz cementicia y plumas de ave: pollos. Trabajo de Graduación para Conferírsele el Título de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Guatemala. 2011. 179pp.

Laura Dias, Romina. Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos en clima frío y templado. Ensayo y evaluación de distintas estrategias. Tesis doctoral. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Exactas. Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales-CINDEFI. La Plata. Argentina. 2011. 245pp.

Salazar Cedillo, Marcela Virginia. Determinación del método para la obtención de queratina cosmética a partir de plumas gallináceas. Trabajo de investigación para optar por el grado de Química-Farmacéutica. Universidad Central del Ecuador. Carrera de Química y Farmacia Quito: UCE. 2013. 93 p.

Salazar Hernández, Elizabeth. Remoción de hidrocarburos mediante biopolímeros naturales: Efecto del tamaño de partícula. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultades de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales. San Luis Potosí, México. 2012. 72pp.

Salinas S, Pablo D. Producción de harina de plumas de pollo y su utilización como un adsorbente de hidrocarburos, en agua dulce. Tesis Previa a la obtención de Grado Académico o Título de: Ingeniero en Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército. Departamento de Ciencias de la Vida. Ingeniería en Biotecnología. Sangolquí. Ecuador. 2010. 155pp.

Sierra Hernández, Federico Martín. Efecto de la inclusión de hidrolizados de plumas sobre la performance de cerdos en engorde. TESIS presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de La República. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. 2011. 40pp.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Determination of Fats and Oils in Water by the Method Soxhlet. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 21 ed., New York. USA. 2005.

Sudalaiyandi, Ganesh. Characterizing the cleaning process of chicken feathers. Tesis para optar el grado de Master en Ingeniería. Universidad de Waikato. Nueva Zelanda. 2012. En <http://researchcommons.waikato.ac.nz/handle/10289/7045>. Consultado 12 noviembre 2015.

Varón García, Lina Astrid. Diseño del plan de gestión integral de residuos sólidos en la planta de beneficio de la empresa Campollo S.A. Trabajo presentado para optar el título de Ingeniera Ambiental. Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingeniería y

Administración. Facultad de Ingeniería Ambiental. Bucaramanga. Colombia. 2008. 152pp.

### **ARTÍCULOS CIENTÍFICOS (PAPERS)**

Cárdenas Murrieta, Edinson Manuel y Arévalo Inga, Allan Franco. Absorbente a base de tusa de maíz como método complementario de limpieza de hidrocarburos en la región Loreto. Institución Educativa Industrial 029. 2014. Iquitos. Perú.

Correa Espinal, Alexander Alberto; Varela Medina, Pedro Daniel; Jaramillo Vélez, Sebastian. Mejoramiento del proceso de manufactura de poleas para hornos rotatorios: un enfoque desde el diseño experimental. Scientia et Technica Año XVI, No 48, Agosto de 2011. Universidad Tecnológica de Pereira. 2011. Colombia.

Herrera Condori, Kemerlyn Brenda. La nutripluma. Institución Educativa: San Vicente de Paúl. 2014. Arequipa. Perú.

Kanayochukwu Nduka, John. Combinación de Absorbentes de desechos biológicos y modificación de sus componentes para mejorar la capacidad de Mopping químicamente modificados y no modificados en petróleo crudo y sus fracciones menores. Universidad Nnamdi Azikiwe-AWK. Facultad de Química Ambiental. Departamento de Química Industrial. Unidad de Investigación de Toxicología Pura. Nigeria. 2012.

Martínez Nodal, Pastora de la Concepción; Rodríguez Rico, Iván; Esperanza Pérez, Guillermo y Leiva Mas, Jorge. Caracterización y evaluación del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos. Centro de Estudio de Química Aplicada. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara. Cuba. 2013. 6pp.

Núñez Carlos Eduardo. Extracciones con equipo Soxhlet. [www.cenunez.com.ar](http://www.cenunez.com.ar). Sitio personal de Carlos Eduardo Núñez. Posadas, Misiones. Argentina. 2008.

**ARTÍCULOS DE INTERNET:**

García Yaneisy, Ortiz A. y Lon Wo Esmeralda. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. Instituto de Ciencia Animal. En <http://www.fertilizando.com/articulos/efecto%20residuales%20avicolas%20ambiente.asp>. Cuba. Consultado 14 noviembre 2015.

Geotecnia2000. Remediación de Suelos Contaminados por Hidrocarburos mediante Biopilas Aireadas. Caso Práctico. Madrid. En <http://www.geotecnia2000.com/files/archivos/Ponencia%20-%20Suelos%20Contaminados.pdf>. España. Consultado 25 noviembre. 2015.

Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI. 11 de julio día mundial de la población. Estado de la Población Peruana 2014. En <http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicacionesdigitales/Est/Lib1157/libro.pdf>. Consultado 10 noviembre 2015.

Martínez Hernández, Ana Laura. Investigadora del Tec de Querétaro utiliza plumas de pollo para remover contaminantes del agua. Tecnológico Nacional de México. En <http://www.tecnm.mx/ciencia-y-tecnologia/investigadora-del-tec-de-queretaro-utiliza-plumas-de-pollo-para-remover-contaminantes-del-agua>. Consultado 24 noviembre del 2015.

Martínez Ramírez Lizzete. Nuevo uso para las plumas de las aves: producción de queratina. El Sitio Avícola. México. 2015. En <http://www.elsitioavicola.com/poultrynews/29748/nuevo-uso-para-las-plumas-de-las-aves-produccion-de-queratina/#sthash.940Uq4eJ.dpuf>. Consultado 14 noviembre 2015.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Impacto ambiental de los hidrocarburos y recuperación de los ecosistemas. España. En [http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/impacto\\_ambiental.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/impacto_ambiental.aspx). Consultado 14 noviembre 2015.

Mundo Pecuario. Composición nutricional de la harina de plumas hidrolizada. En [http://mundo-pecuario.com/tema60/nutrientes\\_para\\_monogastricos/plumas\\_harina\\_hidrolozada\\_de-266.html](http://mundo-pecuario.com/tema60/nutrientes_para_monogastricos/plumas_harina_hidrolozada_de-266.html). Consultado 15 noviembre 2015.

Williams Charles Michael. Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo, North Carolina State University, Department of Poultry Science, Raleigh, NC, Estados Unidos de América. 2015. En <http://www.fao.org/docrep/016/al715s/al715s00.pdf>. Consultado 14 noviembre 2015.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1:  
ANÁLISIS EFECTUADOS**

**DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA BRUTA  
(Según el Método Oficial AOAC 2001.11 Edición 18th del año 2000)**

- Se pesarán cantidades aproximadas de 0.5 g de plumas.
- Se introducirán en tubos especiales de digestión, a los cuales se les añadirán 4 g de la mezcla de catalizadores, 10 mL de la mezcla de ácidos y 10 mL de agua oxigenada, agitando suavemente los tubos digestores y dejando reposar unos minutos para evitar excesiva formación de espuma.
- A continuación se colocarán en el bloque digestor a 420 °C, durante 30 minutos.
- Transcurrida la digestión, se sacarán los tubos y se dejarán enfriar durante 10 minutos, se añadirán con precaución 50 mL de agua destilada a cada tubo.
- Posteriormente cada tubo de digestión se introducirán en la unidad de destilación, previamente ajustada y un Erlenmeyer de 250 mL en la unidad de destilación conteniendo 15 mL de la mezcla de ácido bórico + indicador.
- Se recogerán de 100 a 125 mL de destilado.
- Se valorará con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 N hasta el viraje de verde a rojo pálido.
- Se realizará una prueba en blanco bajo el mismo procedimiento pero sin muestra.
- El nitrógeno total contenido se obtendrá mediante la siguiente fórmula, expresándose en porcentaje de materia seca.

$$\% N \text{ total} = \frac{(V_m - V_b) \times f \times N \times 100}{mg} \times 14$$

donde:

$V_m$  = Volumen de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (mL) gastados en la muestra;

$V_b$  = Volumen de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (mL) gastados en el blanco;

$f$  = Factor del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;

$N$  = Normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;

$mg$  = Peso de la muestra (mg)

- Finalmente para la determinación de la proteína bruta se multiplica el contenido en nitrógeno total por el factor de 6.25.

## DETERMINACIÓN DE CENIZAS

(Según el Método Oficial AOAC 942.05. Edición 18 th del año 2000)

- Se pesará el crisol en la balanza analítica hasta la cuarta cifra decimal.
- Se añadirá 2 g de muestra en el crisol con ayuda de una espátula.
- Se colocará en el crisol con su contenido sobre la llama del mechero de bunsen por 10 a 15 minutos.
- Se llevará el crisol con su contenido de muestra en la mufla calentada a 600°C para incinerarla durante dos horas.
- Transcurrido este tiempo se colocará la muestra en un desecador por 20 minutos para enfriarla.
- Se pesará la muestra, y por último se determinará el porcentaje de ceniza utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Ceniza} = \frac{(PCDM - PCV)}{Pm} \times 100$$

donde:

PCDM = Peso del crisol después de la mufla

PCV = Peso del crisol vacío

Pm= Peso de la muestra

**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD****(Según el Método Oficial AOAC 930.15. Edición 18 th del año 2000)**

- Se pesará la caja petri vacía.
- Se pesará 2 g de muestra en una balanza analítica hasta la cuarta cifra decimal.
- Luego se llevará a la estufa a una temperatura de 105°C durante 24 horas.
- Transcurrido este tiempo se colocará la muestra en un desecador por 20 minutos para enfriarla.
- Se pesará la muestra, y por último se determinará el porcentaje de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(P_1 + P_m) - P_2}{P_m} \times 100$$

$P_1$  = Peso de la caja petri vacía

$P_2$  = Peso de la caja petri después de la estufa

$P_m$  = Peso de la muestra.

**PROCOLO DE LA PRUEBA SOXHLET**  
**(Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2005)**

Al finalizar cada experimento de la prueba de retención de hidrocarburos de la harina de plumas, se retirará la cantidad de harina contenido en el recipiente.

- Se colocará el solvente en un balón, en nuestro caso alcohol etílico al 99,7%, que se calentará hasta llegar a su punto de ebullición (60°C).
- A esta temperatura, se evaporará hasta un condensador a reflujo.
- El condensado caerá sobre un recipiente que contiene un cartucho poroso constituido por papel filtro con la muestra de harina de plumas impregnada de petróleo crudo en su interior.
- El ascenso del nivel del solvente cubrirá el cartucho hasta un punto en que se producirá el reflujo y descenderá el solvente con el material extraído al balón.
- Se repetirá este proceso, la cantidad de veces necesaria para que la muestra quede agotada y lo extraído se vaya concentrando en el balón del solvente.

### **DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE** **(Según la NORMA ASTM F – 726)**

- Se tomará una probeta de 25 mL se la pesara vacía, luego se coloca la harina de plumas de pollo en la probeta hasta 25 mL y se anota el peso obtenido en la balanza de los 25 mL.

Finalmente se dividirá el peso obtenido en la balanza (masa), entre el volumen de la probeta (25 mL).

### **DETERMINACIÓN DE LA FLOTABILIDAD** **(Según la NORMA ASTM F – 726)**

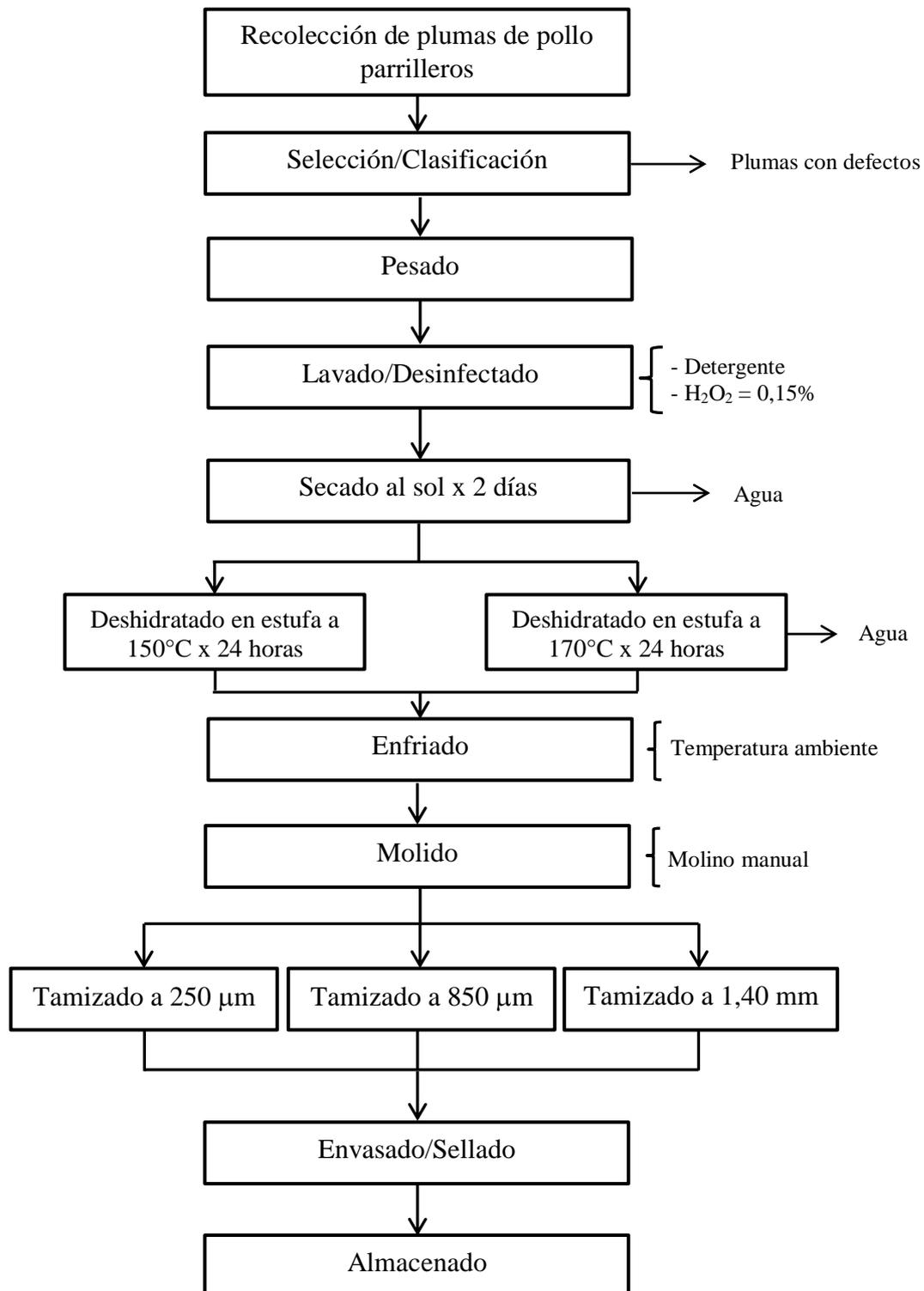
- Se colocará 5,75 litros de agua en un cubo de vidrio, con 11 g de harina de plumas de pollo.
- Observar si flotan o se depositan en el fondo de la piscina los diferentes tamaños de partícula de harina.

### **DETERMINACIÓN DE LA FLAMABILIDAD** **(Según la NORMA ASTM F – 726)**

- Se tomará un crisol y en él se colocarán 11 g, de harina de plumas.
- Se observará si al colocar un fósforo, la harina de plumas de pollo es inflamable.

## ANEXO 2

Figura 1: Diagrama de flujo experimental para la elaboración de harina de plumas de pollo



Fuente: Elaboración propia.

## **A. Descripción de la metodología**

La investigación planteada en el presente proyecto de tesis, obedeció a una metodología cuantitativa que estableció la modificación fisicoquímica de las plumas de pollo a través de un tratamiento térmico, a fin de convertirlo en un adsorbente, que retuvo los residuos de petróleo crudo de las muestras de aguas sometidas a evaluación.

### **a.1. Materiales**

- Material biológico: plumas de pollo
- Agua destilada
- Vasos de precipitación: 100, 200, 500 y 1000 mL
- Probetas: 50, 100, 200 y 250 mL
- Peras decantadoras: 200, 250 y 500 mL
- Soporte universal
- Espátulas: chica, mediana
- Luna de reloj
- Matraces: 100, 200 y 500 mL
- Campana desecadora
- Bolsas Ziploc de ½ y 1 kg

### **a.2. Equipos**

- Estufa
- Baño maría
- Horno mufla
- Termómetro
- Molino manual
- Juego de tamices
- Balanza analítica
- Agitador magnético
- Equipo Soxhlet

### **a.3. Reactivos**

- Agua destilada
- Alcohol etílico de 99,7%

- Petróleo crudo

#### **a.4. Procedimiento para realizar pruebas de retención de hidrocarburos de la harina de plumas**

La descripción del procedimiento seguido para realizar las pruebas de retención de petróleo crudo por la harina de plumas se muestran en la siguiente figura.

##### **a.4.1. Harina de plumas**

Para la realización de las pruebas de retención de petróleo crudo en muestras de agua acondicionadas previamente, se usó la harina elaborada a partir de las plumas de pollos de engorde.

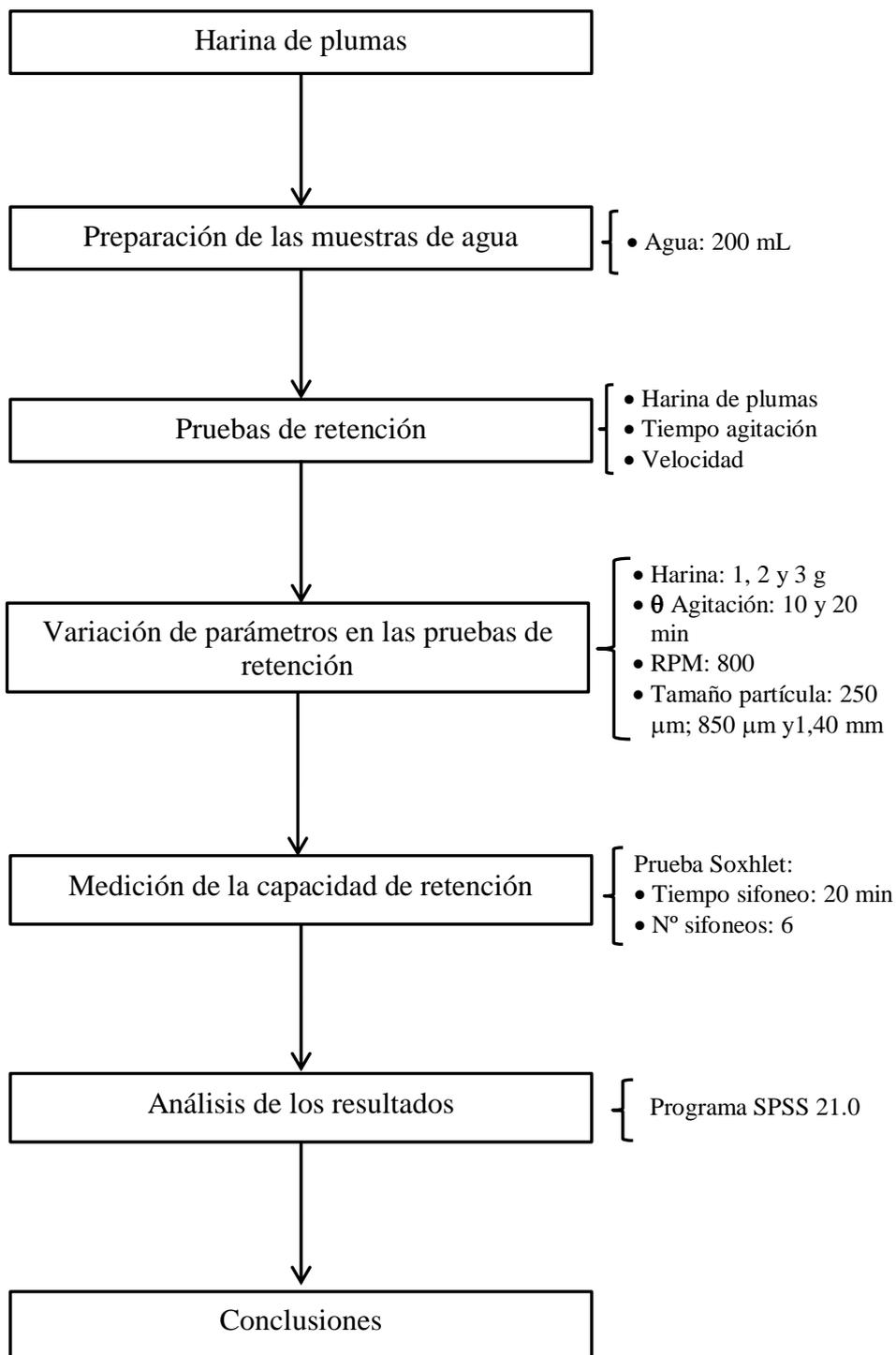
##### **a.4.2. Preparación de las muestras de agua con hidrocarburos**

A fin de tener un mejor control de la capacidad de retención de la harina de plumas, se procedió a preparar muestras de aguas con un contenido de petróleo crudo que previamente fueron medidos en volumen según la norma ASTM F- 726 y el protocolo canadiense "Oil Spill Sorbents: Testing Protocol and Certification Listing Program".

##### **a.4.3. Pruebas de retención**

Las pruebas de retención de la harina de plumas, se hicieron variando el peso y tamaño de la harina, el tiempo de agitación y las RPM.

**Figura 2: Diagrama de flujo experimental para la realización de las pruebas de retención de hidrocarburos de la harina de plumas**



Fuente: Elaboración propia

**a.4.4. Variación de los parámetros de las pruebas de retención**

Se midió para todos los experimentos 200 mL de agua destilada, se agregó dosis de 1, 2 y 3 g de harina de plumas aproximadamente, y el tamaño de partícula utilizado fue de 250  $\mu\text{m}$ ; 850  $\mu\text{m}$  y 1,40 mm, correspondiente para cada experimento, los cuales se realizaron en sistemas discontinuos. Para cada granulometría de harina de plumas se mantuvo tiempos máximos de contacto de 10 y 20 minutos. A fin de homogenizar el proceso de retención del petróleo crudo por la harina de plumas, se procedió a agitar la mezcla a 800 RPM para todos los experimentos. Una vez finalizado el tiempo, se retirará la harina de plumas de la solución.

**a.4.5. Medición de la capacidad de retención**

Una vez retenido el petróleo crudo en la harina de plumas, se separó el agua mediante filtración, usando papel filtro Whatman N° 40. Luego se procedió a realizar el análisis de la capacidad de retención de petróleo crudo de la harina de plumas, mediante la prueba Soxhlet, para lo cual se empleó un tiempo promedio y número de sífoneo de 25 minutos y ocho (08) veces.

**a.4.6. Análisis de los resultados**

Los resultados obtenidos de los experimentos, fueron analizados mediante el programa estadístico SPSS versión 21.0.

**a.4.7. Conclusiones**

Fueron emitidas en función de los objetivos planteados y los resultados obtenidos.

**ANEXO 3:**  
**PRUEBA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA HONESTA (DSH) DE TUKEY**

Harina de plumas obtenida a 170°C

Gramos de harina (A)	Tiempo de remoción (B)					
	10 min			20 min		
	Tamaño de partícula (C)					
	250 μm	850 μm	1,40 mm	250 μm	850 μm	1,40 mm
1 g	60.2810	59.7978	55.8284	65.2647	86.0119	70.2848
2 g	78.8440	62.0050	65.4716	77.1066	62.8740	65.5739
3 g	79.7893	52.5905	33.9916	43.8474	40.8413	43.3111
Media	72.9714	58.1311	51.7639	62.0729	63.2424	59.7233
Orden	media1	media2	media3	media4	media5	media6

**1) Calculamos el DSH**

$$\alpha = 0,05$$

$$K = 6$$

$$G.L. \text{ Error} = 4$$

Según la Tabla:

$$q = 4,74$$

Entonces:

$$DSH = q_{\alpha}(k, f) \sqrt{\frac{CMR}{n}} \quad ; \quad DSH = 4,74 \sqrt{\frac{79,4624}{6}} = 17,2498$$

**2) Ordenamos las medias de mayor a menor:**

$$\text{Media1} = 72,9714$$

$$\text{Media5} = 63,2424$$

$$\text{Media4} = 62,0729$$

$$\text{Media6} = 59,7233$$

$$\text{Media2} = 58,1311$$

$$\text{Media3} = 51,7639$$

**3) Obtenemos la diferencia de medias y encontramos la significancia, comparando el valor de la diferencia con el DSH**

Tratamientos	media1	media5	media4	media6	media2	media3
media1	-	9.729n.s.	10.8985n.s.	13.2481n.s.	14.8403n.s.	21.2075*
media5	-	-	1.1695n.s.	3.5191n.s.	5.1113n.s.	11.4785n.s.
media4	-	-	-	2.3496n.s.	3.9418n.s.	10.309n.s.
media6	-	-	-	-	1.5922n.s.	7.9594n.s.
media2	-	-	-	-	-	6.3672n.s.
media3	-	-	-	-	-	-

## ANEXO 4: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO (Agua Cruda).

SOLICITANTE: FRESIA DE JESUS LOZANO VASQUEZ

CODIGO DE MUESTRA: 001-A

Localidad:	PUCALLPA	Distrito:	CALLERIA
Provincia:	CORONEL PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA CRUDA	Nº de muestras:	01
Lugar:	RIO UCAYALI	Fecha y hora de:	
Dirección:	Jr. Hucavelia #461	Toma de muestra	11/11/16 - 08:30 am
		Recepción	11/11/16 - 09:15 am
		Análisis	11/11/16 - 09:18 am
Muestra tomada por:	Bach. Fresia de Jesus Lozano Vasquez	Emisión Informe	11/11/16 - 03:15 pm

### RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	(*) ECA-AGUA (D.S. N°002-2008-MINAM)						(**) LMP (D.S. N°037-2008-PCM)		
			Categoría 1: Poblacional y recreacional.							Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.	Categoría 4: Conservación del medio acuático.
			Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.			Aguas superficiales destinadas para recreación.				Parámetros para riego de vegetales de Teflo alto y bajo suelo.	Plus
			A1	A2	A3	B1	B2			Salvo	
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	193	1500	1800	-	-	-	<2000	-	-	
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	129	1000	1000	1500	-	-	-	500	-	
TURBIEDAD	UNT	116.22	1	100	-	100	-	-	-	-	
pH	Valor de pH	6.9	6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0	6-9 (2.0)	-	6.5-8.5	6.5-8.5	6-8.5	
TEMPERATURA	°C	27.6	-	-	-	-	-	-	-	Incremento de T < 3°C	

(\*) ECA-AGUA según D.S. N°002-2008-MINAM. Categoría 01: Poblacional y recreacional.

A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

B1: Contacto primario.

B2: Contacto secundario.

NT: Unidad Nefelométrica turbiedad.

\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine.

- No se considera en los ECA-Agua - D.S. N°002-2008-MINAM.

- No se considera en los LMP - D.S. N°037-2008-PCM.

(\*\*) LMP - D.S. N°037-2008-PCM. Establecen límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos.

ENSAYOS	METODOLOGÍA
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico

#### Abreviaturas

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad

ND: No determinado

**RESULTADOS:** La muestra de código de laboratorio N°001 reporta valores elevados de turbiedad debido a la acumulación excesiva de sólidos en la muestra.

**CONCLUSIÓN:** No cumple con los Estándares de calidad ambiental para la categoría I, Poblacional y Recreacional-Subcategoría A1, A2 y B1.

## ANEXO 5: OBSERVACIÓN 01: Agua contaminada con petróleo crudo.

SOLICITANTE: FRESIA DE JESUS LOZANO VASQUEZ

CODIGO DE MUESTRA: 001

Localidad:	PUCALLPA	Distrito:	CALLERIA
Provincia:	CORONEL PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA CRUDA	Nº de muestras:	01
Lugar:	RIO UCAYALI	Fecha y hora de:	
Dirección:	Jr. Hucavelia #461	Toma de muestra	11/11/16 - 08:30 am
		Recepción	11/11/16 - 09:15 am
		Análisis	11/11/16 - 09:18 am
Muestra tomada por:	Bach. Fresia de Jesus Lozano Vasquez	Emisión Informe	11/11/16 - 03:15 pm

### RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	ECA-AGUA (D.S. N°02-2008-MINAM)							(**) LMP (D.S. N°07-2008-PCM)	
			Categoría 1: Poblacional y recreacional						Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales		Categoría 4: Conservación del medio acuático
			Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación			Parámetros para riego de vegetales de Talu alto y talu bajo		Fos
			A1	A2	A3	B1	B2	Selva			
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	330	1500	1500	-	-	-	<2000	-	-	
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	196	1000	1000	1500	-	-	-	500	-	
TURBIEDAD	UNT	190	5	10	-	10	-	-	-	-	
pH	Valor de pH	6.8	6.5 - 8.5	5.5 - 9.0	5.5 - 9.0	6 - 9 (2.5)	-	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5-8	
TEMPERATURA	°C	27.3	-	-	-	-	-	-	-	incremento de T = 3°C	

(\*) ECA-AGUA según D.S. N°002-2008-MINAM. Categoría 01: Poblacional y recreacional.

A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

B1: Contacto primario.

B2: Contacto secundario.

NT: Unidad Nefelométrica turbiedad.

\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine.

- No se considera en los ECA-Agua.- D.S. N°002-2008-MINAM.

-- No se considera en los LMP - D.S. N°037-2008-PCM.

(\*\*) LMP - D.S. N°037-2008-PCM. Establecen límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos.

ENSAYOS	MÉTODOLÓGIA
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico

Abreviaturas

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad

ND: No determinado

RESULTADOS: La muestra de código de laboratorio N°001 reporta valores elevados de turbiedad debido a la acumulación excesiva de sólidos en la muestra.

CONCLUSIÓN: No cumple con los Estándares de calidad ambiental para la categoría I, Poblacional y Recreacional-Subcategoría A1, A2 y B1.

## ANEXO 6:

## Observación 02: Agua descontaminada empleando harina de plumas de pollo de granja

SOLICITANTE: FRESIA DE JESUS LOZANO VASQUEZ

CODIGO DE MUESTRA: 002

Localidad:	PUCALLPA	Distrito:	CALLERIA
Provincia:	CORONEL PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA CRUDA	N° de muestras:	01
Lugar:	RIO UCAYALI	Fecha y hora de:	
Dirección:	Jr. Hucavela #461	Recepción	14/11/16 - 09:45 am
Muestra tomada por:	Bach. Fresia de Jesus Lozano Vasquez	Análisis	14/11/16 - 09:45 am
		Emisión Informe	14/11/16 - 12:55 pm

## RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	ECA-AGUA - D.S. N°002-2008-MINAM								(*) LMP - D.S. N°007-2008-PCM
			Categoría 1: Poblacional y recreacional						Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas animales	Categoría 4: Conservación del medio acuático	
			Agua superficial destinada a la producción de agua potable			Agua superficial destinada para recreación			Parámetros para Riego de vegetales de Tolo Alto y Bajo (ap)	Flujo	
			A1	A2	A3	B1	B2		Flujo		
CONDUCTIVIDAD	µ S/cm	93	100	100	-	-	-	<2000	-	-	
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	202	100	100	100	-	-	-	200	-	
TURBEDAD	UNT	100		100	-	100	-	-	-	-	
pH	Valor de pH	6.3	6.5 - 8.5	5.5 - 9.0	5.5 - 9.0	6 - 9 (2:3)	-	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5-8	
TEMPERATURA	°C	27.5	-	-	-	-	-	-	-	Incremento de 1 - 3°C	

(\*) ECA-AGUA según D.S. N°002-2008-MINAM. Categoría 01: Poblacional y recreacional.

A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

B1: Contacto primario.

B2: Contacto secundario.

NT: Unidad nefelométrica turbiedad.

\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine.

- No se considera en los ECA-Agua - D.S. N°002-2008-MINAM.

- No se considera en los LMP - D.S. N°007-2008-PCM.

(\*) LMP - D.S. N°007-2008-PCM. Establecen límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos.

ENSAYOS	METODOLOGÍA
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico

Abreviaturas

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad

ND: No determinado

**RESULTADOS:** Las muestra de código de laboratorio N°002 reporta valores dentro de lo normal para el cumplimiento con los Estándares de calidad ambiental categoría 01: Subcategoría A2,A3,B1 y B2. Sin embargo para la categoría 01, subcategoría A1 no cumple.

Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas animales.

Así mismo cumple con los LMP de pH y Temperatura establecidos para efluentes del sector hidrocarburos.

No cumple con LMP para la categoría 01: Subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

**CONCLUSIÓN:** La muestra cumple con los Estándares de calidad ambiental para la categoría 1, Poblacional y Recreacional-Subcategoría A2, B1 y B2. Así mismo con los LMP de pH y Temperatura establecidos según D.S. N°007-2008-PCM: LMP para efluentes del sector hidrocarburos.

La muestra no cumple con el valor establecido para Turbiedad, Categoría 01- Subcategoría A1.

Los resultados del presente Informe corresponden sólo a las muestras ensayadas por la bachiller.

**ANEXO 7:  
FICHA DE OBSERVACIÓN DE O1 Y O2: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE  
MUESTRAS.**

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>			
<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>OBSERVACIÓN 01 (Agua contaminada)</b>	<b>OBSERVACIÓN 02 (Agua descontaminada)</b>
Conductividad	us/cm	330	513
Sólidos disueltos totales	mg/L	196	282
Turbiedad	UNT	427	100
pH	Unidad de pH	8.21	7.71
Temperatura	°C	23.9	23.9

**ANEXO 8**  
**Resultados de la retención de petróleo utilizando harina de plumas.**

**DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS EN LABORATORIO**

<b>Petróleo crudo</b>					<b>Harina de plumas obtenida a 150°C</b>				
N°	W balón vacío	W petróleo	mL agua Destilada	Tiempo de remoción (min)	remoción (RPM)	Harina de pluma		W balón + muestra	% de petróleo retenido
						Peso (g)	Tamaño		
1	147.4807	2.0000	200	10	800	1.0025	250 µm	148.7160	61.7650
2	142.7586	2.0000				1.0347	850 µm	143.5062	37.3800
3	157.2291	2.0000				1.0064	1,40 mm	158.3928	58.1850
4	147.4807	2.0000		20		1.0050	250 µm	148.8236	67.1450
5	142.7586	2.0000				1.0063	850 µm	143.6520	44.6700
6	157.2291	2.0000				1.0004	1,40 mm	158.4928	63.1850
7	147.4807	2.0000		10		2.0083	250 µm	147.7160	11.7650
8	142.7586	2.0000				2.0007	850 µm	143.7506	49.6000
9	157.2291	2.0000				2.0001	1,40 mm	158.2918	53.1350
10	147.4807	2.0000		20		2.0051	250 µm	148.6168	56.8050
11	142.7586	2.0000				2.0008	850 µm	143.6531	44.7250
12	157.2291	2.0000				2.0011	1,40 mm	158.4908	63.0850
13	147.4807	2.0000		10		3.0026	250 µm	148.8516	68.5450
14	142.7586	2.0000				3.0051	850 µm	143.7252	48.3300
15	157.2291	2.0000				3.0002	1,40 mm	158.5542	66.2550
16	147.4807	2.0000		20		3.0005	250 µm	148.6172	56.8250
17	142.7586	2.0000				3.0012	850 µm	143.6562	44.8800
18	157.2291	2.0000				3.0009	1,40 mm	158.7528	76.1850

**DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS EN LABORATORIO**

<b>Solvente: Etanol al 99,7%</b>									
<b>Petróleo crudo</b>					<b>Harina de plumas obtenida a 170°C</b>				
N°	W balón vacío	W petróleo	mL agua Destilada	Tiempo de remoción (min)	remoción (RPM)	Harina de pluma		W balón + muestra	% de petróleo retenido
						Peso (g)	Tamaño		
1	140.2307	2.0144	200	10	800	1.0007	250 µm	141.4450	60.2810
2	140.2307	2.1959				1.0107	850 µm	141.5438	59.7978
3	140.2307	2.0280				1.0005	1,40 mm	141.3629	55.8284
4	105.5522	2.4560		20		1.0077	250 µm	107.1551	65.2647
5	140.2307	2.0160				1.0022	850 µm	141.9647	86.0119
6	142.7586	2.0158				1.0010	1,40 mm	144.1754	70.2848
7	147.4807	2.1124		10		2.0070	250 µm	149.1462	78.8440
8	142.7586	2.0908				2.0033	850 µm	144.0550	62.0050
9	157.2291	2.2816				2.0080	1,40 mm	158.7229	65.4716
10	140.2307	2.2085		20		2.0141	250 µm	141.9336	77.1066
11	105.5517	2.2095				2.0068	850 µm	106.9409	62.8740
12	142.7586	2.0743				2.0006	1,40 mm	144.1188	65.5739
13	147.4907	2.0316		10		3.0269	250 µm	149.1117	79.7893
14	142.7586	2.1772				3.0021	850 µm	143.9036	52.5905
15	157.2291	2.0558				3.0051	1,40 mm	157.9279	33.9916
16	140.2307	2.1422		20		3.0019	250 µm	141.1700	43.8474
17	142.7586	2.5746				3.0387	850 µm	143.8101	40.8413
18	142.7586	2.2313				3.0527	1,40 mm	143.7250	43.3111

**ANEXO 9**  
**LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EFLUENTES LÍQUIDOS PARA EL**  
**SUBSECTOR HIDROCARBUROS.**



**DECRETO SUPREMO**  
**Nº 002 - 2008 - MINAM**

**APRUEBAN LOS ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA**  
**EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA**

**CONSIDERANDO:**

Que, en el inciso 22 del artículo 2º de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; señalando en su artículo 67º que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611- Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;



Que, el artículo 1º de la Ley N° 28817- Ley que establece los plazos para la elaboración y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispuso que la Autoridad Ambiental Nacional culminaría la elaboración y revisión de los ECA y LMP en un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la vigencia de dicha Ley;

Que con fecha 16 de junio de 1999 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - ECA para Agua, estando conformado dicho Grupo de Trabajo por 21 instituciones del sector público, privado y académico, actuando la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA como Secretaría Técnica;



Que, mediante Oficio N° 8262-2006/DG/DIGESA de fecha 28 de diciembre de 2006, la Dirección General de Salud Ambiental –DIGESA, en coordinación con el Instituto Nacional de Recursos Naturales -INRENA, en calidad de Secretaría Técnica Colegiada del GESTA AGUA, remitió al CONAM, la propuesta de Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Agua con la finalidad tramitar su aprobación formal;

Que, por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, corresponde aprobarlos mediante Decreto Supremo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1013;

En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

**DECRETA:**



**Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua**

Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.



**Artículo 2°.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

**DISPOSICION COMPLEMENTARIA TRANSITORIA**

**UNICA.-** El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de julio del año dos mil ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

**ANEXO I**  
**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA**  
**CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL**

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Acetias y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	us/cm <sup>(1)</sup>	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O. <sub>5</sub>	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 5	≥ 4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT <sup>(1)</sup>	5	100	**	100	**

UNT Unidad Nefelométrica Turbiedad

\*\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

1 de 10

**ANEXO I**  
**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA**  
**CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL**

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>INORGÁNICOS</b>						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Piomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**

\*\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

2 de 10

**ANEXO I  
ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA  
CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL**

PARAMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>ORGANICOS</b>						
<b>I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLÁTILES</b>						
Hydrocarburos totales de petróleo, HTTP	mg/L	0,05	0,2	0,2	**	**
<b>Trihalometanos</b>	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs</b>						
1,1,1-Tricloroetano -- 71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano -- 75-35-4	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Dicloroetano -- 107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno -- 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno -- 62-68-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroetano -- 127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloro de Carbono -- 56-23-5	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroetano -- 79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
<b>BTEX</b>						
Benceno -- 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
Etilbenceno -- 100-41-4	mg/L	0,3	0,3	**	**	**
Tolueno -- 108-88-3	mg/L	0,7	0,7	**	**	**
Xilenos -- 1330-20-7	mg/L	0,5	0,5	**	**	**
<b>Hydrocarburos Aromáticos</b>						
Benz(a)pireno -- 50-32-8	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
<b>Pesticidas</b>						
<b>Organofosforados:</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	**	**	**
Metamidofofos (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paratión	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Organoclorados (COP)*:</b>						
Aldrin -- 309-00-2	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Corano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrin -- 60-57-1	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfen	mg/L	0,000056	0,000056	**	**	**
Endrin -- 72-20-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro -- 76-44-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro endosulfato 1024-57-3	mg/L	0,00003	0,00003	**	**	**
Lindano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Carbamatos:</b>						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Policloruros Bifenilos Totales (PCBs)</b>						
	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
<b>Otros</b>						
Asbesto	Miliones de fibras/L	7	**	**	**	**

\* Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)  
 \*\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine



**ANEXO I  
ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA  
CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL**

PARAMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1 000
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000	1 000	4 000
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0	0	200	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	0	0	Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0	0	0	0
<i>Giardia duodenalis</i>	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

NMP/ 100 mL. Número más probable en 100 mL.  
 \*\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.



**ESTANDÁRES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA  
CATEGORÍA 2 : ACTIVIDADES MARINO COSTERAS**

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1 Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Sub Categoría 2 Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Sub Categoría 3 Otras Actividades (C3)
<b>ORGANOLEPTICOS</b>				
Hidrocarburos de Petróleo		No Visible	No Visible	No Visible
<b>FISICOQUÍMICOS.</b>				
Aceites y grasas	mg/l	1,0	1,0	2,0
DBO <sub>5</sub>	mg/l	**	10,0	10,0
Oxígeno Disuelto	mg/l	>=4	>=3	>=2,5
pH	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	**	50,0	70,0
Sulfuro de Hidrógeno	mg/l	**	0,06	0,08
Temperatura	centios	**delta 3 °C	***delta 3 °C	***delta 3 °C
<b>INORGÁNICOS</b>				
Amoníaco	mg/L	**	0,08	0,21
Arsénico total	mg/l	0,05	0,05	0,05
Cadmio total	mg/l	0,0093	0,0093	0,0093
Cobre total	mg/l	0,0031	0,05	0,05
Cromo VI	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fosfatos (P-PO4)	mg/l	**	0,03 - 0,09	0,1
Mercurio total	mg/l	0,00094	0,0001	0,0001
Níquel total	mg/l	0,0082	0,1	0,1
Nitratos (N-NO3)	mg/l	**	0,07 - 0,28	0,3
Plomo total	mg/l	0,0081	0,0081	0,0081
Silicatos (Si-Si O3)	mg/l	**	0,14 - 0,70	**
Zinc total	mg/l	0,081	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos de petróleo totales (fracción aromática)	mg/l	0,007	0,007	0,01
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ML	* ≤14 (área aprobada)	≤30	1000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ML	* ≤88 (área restringida)		

**NMP/ 100 mL.** Número más probable en 100 mL.

\* **Área Aprobada:** Áreas de dónde se extraen ó cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana ó animal, de organismos patógenos ó cualquier sustancia deletérea ó venenosa y potencialmente peligrosa.

\* **Área Restringida:** Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano luego de ser depurados.

\*\* Se entenderá que para este uso, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente lo determine.

\*\*\* La temperatura corresponde al promedio mensual multianual del área evaluada.

5 de 10



**ANEXO 10:  
ESTÁNDARES DE CALIDAD NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA  
AGUA – D.S N°**

**ANEXO I  
ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA  
CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES**

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARAMÉTR OS	UNIDAD	VALOR
<b>Fisicoquímicos</b>		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	<2.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	10
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
<b>Inorgánicos</b>		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
<b>Orgánicos</b>		
Acidos y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.A.H. (detergentes)	mg/L	1
<b>Plaguicidas</b>		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Dontano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004
Endosulfán	ug/L	0,02
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloropoxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5



**ANEXO I**  
**ESTANDÁRES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA**  
**CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES**  
**PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES.**

PARÁMETROS	Unidad	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
<b>Biológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000	2 000(3)
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000	5 000(3)
Enterococos	NMP/100mL	20	100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	100
Huevos de Helminfos	huevos/litro	<1	<1(1)
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente	Ausente
<b>PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES</b>			
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	
<b>Físicoquímicos</b>			
Conductividad Eléctrica	( $\mu$ S/cm)	<= 5000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<= 15	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	
Fluoruro	mg/L	2	
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	50	
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	1	
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 5	
pH	Unidades de pH	6,5 - 8,4	
Sulfatos	mg/L	500	
Sulfuros	mg/L	0,05	
<b>Inorgánicos</b>			
Aluminio	mg/L	5	
Arsénico	mg/L	0,1	
Berilio	mg/L	0,1	
Boro	mg/L	5	
Cadmio	mg/L	0,01	
Cianuro WAD	mg/L	0,1	
Cobalto	mg/L	1	
Cobre	mg/L	0,5	
Cromo (6+)	mg/L	1	
Hierro	mg/L	1	
Litio	mg/L	2,5	
Magnesio	mg/L	150	
Manganeso	mg/L	0,2	
Mercurio	mg/L	0,001	
Níquel	mg/L	0,2	
Plata	mg/L	0,05	
Plomo	mg/L	0,05	
Selenio	mg/L	0,05	
Zinc	mg/L	24	
<b>Orgánicos</b>			
Aceites y Grasas	mg/L	1	
Fenoles	mg/L	0,001	
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1	

7 de 10



**ANEXO I**  
**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA**  
**CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES**

PARAMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES		
PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
<b>Pesticidas</b>		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,03
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	1
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endosulfán	ug/L	0,02
Endrin	ug/L	0,004
Heptacloro ( N° CAS 76-44-8) y heptacloropóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5
<b>Biológicos</b>		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000
Enterococos	NMP/100mL	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100
Huevos de Helmintos	huevo/litro	<1
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente

**NOTA :**

**NMP/100:** Número más probable en 100 mL

**Vegetales de Tallo alto:** Son plantas cultivables o no, de porte arbustivo o arbóreo y tienen una buena longitud de tallo. las especies leñosas y forestales tienen un sistema radicular pivotante profundo (1 a 20 metros). Ejemplo; Forestales, árboles frutales, etc.

**Vegetales de Tallo bajo:** Son plantas cultivables o no, frecuentemente porte herbáceo, debido a su poca longitud de tallo alcanzan poca altura. Usualmente, las especies herbáceas de porte bajo tienen un sistema radicular difuso o fibroso, poco profundo ( 10 a 50 cm). Ejemplo; Hortalizas y verdura de tallo corto, como ajo, lechuga, fresas, col, repollo, apio y arveja, etc.

**Animales mayores:** Entiéndase como animales mayores a vacunos, ovinos, porcinos, camélidos y equinos, etc.

**Animales menores:** Entiéndase como animales menores a caprinos, cuyes, aves y conejos

**SAAM:** Sustancias activas de azul de metileno



**ANEXO I**  
**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA**  
**CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO**

PARAMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,06
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,8-8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	500
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
<b>INORGÁNICOS</b>						
Aséptico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	-----
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	-----
Clorofila A	mg/L	10	-----	-----	-----	-----
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	-----
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Pétroleo Aromáticos Totales		Ausente			Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28



**ANEXO I**  
**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA**  
**CATEGORÍA 4 CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO**

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>INORGÁNICOS</b>						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		-----	-----
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	-----	-----	-----	-----	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno ( H <sub>2</sub> S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

**NOTA :** Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

**Dureza:** Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C)

**Nitrógeno total:** Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO)

**Amonio:** Como NH<sub>3</sub> no ionizado

**NMP/100 mL:** Número más probable de 100 mL

**Ausente:** No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que pueden formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.

10 de 10



**ANEXO 11:  
RESULTADO DE  
ARCHIVO FOTOGRÁFICO**



**Materia prima: plumas de pollo**



**Tesista en la operación de pesado de las plumas**



**Proceso de deshidratado, a fin de hidrolizar la queratina**



**Plumas deshidratadas, mostrando el color marrón, producto del tratamiento térmico**



**Molido de las plumas deshidratadas**



**Harinas de plumas, luego de la operación de tamizado, mostrando los tres (03) tamaños de partícula utilizados en la investigación**



**Tesista mostrando las harinas de plumas obtenidas**



**Balones y papeles filtros, listos para ser secados en la estufa, a fin de proceder a la prueba de retención del petróleo crudo**



**Pesado de la harina de plumas y del petróleo crudo**



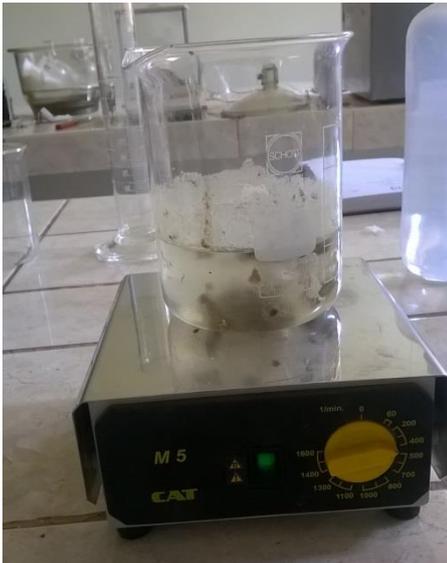
**Control de los pesos de la harina y del petróleo crudo**



**Proceso de remoción de la harina de plumas del petróleo crudo**



**Muestra de agua, con el petróleo adsorbiéndose a la harina de plumas**



**Agitador magnético facilitando la remoción del petróleo crudo por la harina de plumas**



**Equipo Soxhlet**



**Tres (03) equipos Soxhlet trabajando en serie para acelerar la operación de extracción del petróleo crudo de la harina de pluma**



**Medición del volumen de la harina**



**Pesado de la harina, para medir la densidad**



**Prueba de flamabilidad de la harina**



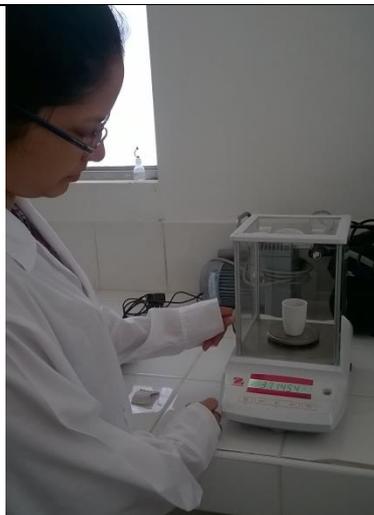
**Tesista, introduciendo las muestras de harina, en la mufla para determinar el porcentaje de cenizas**



**Horno mufla, con las muestras de harina, listas para ser incineradas**

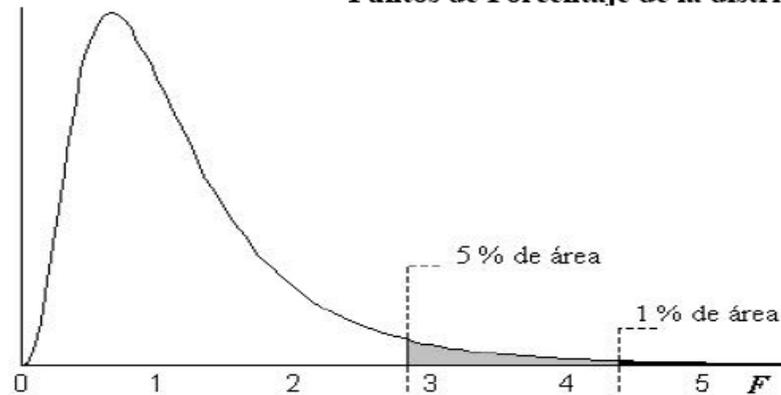


**Determinación del peso de las cenizas**



**Tesista, tomando nota del peso de las cenizas de la harina de plumas**

**Puntos de Porcentaje de la distribución F**



**Ejemplo:**

Para  $n_1 = 9, n_2 = 12$  grados de libertad:

$P[F > 2.80] = 0.05$

$P[F > 4.39] = 0.01$

$n_2$	5 % (normal) y 1 % (negritas) puntos para la distribución de F																				$n_2$					
	n1 grados de libertad (para el mayor cuadrado medio)																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	$\infty$		
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	246	248	249	250	251	252	253	253	254	254	254	254	1
2	4052	4999	5404	5624	5764	5859	5928	5981	6022	6056	6083	6107	6143	6170	6209	6234	6260	6286	6302	6324	6334	6350	6360	6366	2	
3	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.48	19.49	19.49	19.49	19.50	3	
4	98.50	99.00	99.16	99.25	99.30	99.33	99.36	99.38	99.39	99.40	99.41	99.42	99.43	99.44	99.45	99.46	99.47	99.48	99.48	99.48	99.49	99.49	99.50	99.50	4	
5	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.71	8.69	8.66	8.64	8.62	8.59	8.58	8.56	8.55	8.54	8.53	8.53	5	
6	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.34	27.23	27.13	27.05	26.92	26.83	26.69	26.60	26.50	26.41	26.35	26.28	26.24	26.18	26.15	26.13	6	
7	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.87	5.84	5.80	5.77	5.75	5.72	5.70	5.68	5.66	5.65	5.64	5.63	7	
8	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.45	14.37	14.25	14.15	14.02	13.93	13.84	13.75	13.69	13.61	13.58	13.52	13.49	13.46	8	
9	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.64	4.60	4.56	4.53	4.50	4.46	4.44	4.42	4.41	4.39	4.37	4.37	9	
10	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.96	9.89	9.77	9.68	9.55	9.47	9.38	9.29	9.24	9.17	9.13	9.08	9.04	9.02	10	
11	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.96	3.92	3.87	3.84	3.81	3.77	3.75	3.73	3.71	3.69	3.68	3.67	11	
12	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.79	7.72	7.60	7.52	7.40	7.31	7.23	7.14	7.09	7.02	6.99	6.93	6.90	6.88	12	
13	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.53	3.49	3.44	3.41	3.38	3.34	3.32	3.29	3.27	3.25	3.24	3.23	13	
14	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.54	6.47	6.36	6.28	6.16	6.07	5.99	5.91	5.86	5.79	5.75	5.70	5.67	5.65	14	
15	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.24	3.20	3.15	3.12	3.08	3.04	3.02	2.99	2.97	2.95	2.94	2.93	15	
16	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.73	5.67	5.56	5.48	5.36	5.28	5.20	5.12	5.07	5.00	4.96	4.91	4.88	4.86	16	
17	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.03	2.99	2.94	2.90	2.86	2.83	2.80	2.77	2.76	2.73	2.72	2.71	17	
18	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.18	5.11	5.01	4.92	4.81	4.73	4.65	4.57	4.52	4.45	4.41	4.36	4.33	4.31	18	
19	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.86	2.83	2.77	2.74	2.70	2.66	2.64	2.60	2.59	2.56	2.55	2.54	19	
20	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.77	4.71	4.60	4.52	4.41	4.33	4.25	4.17	4.12	4.05	4.01	3.96	3.93	3.91	20	

## DISTRIBUCIÓN DE TUKEY

(Todas las comparaciones por parejas)

 $\alpha = 0.05$ 

f \ K	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	12.71	19.08	23.21	26.22	28.57	30.49	32.10	33.49	34.70	35.77	36.74	37.62	38.42	39.15
2	4.30	5.89	6.93	7.69	8.30	8.80	9.21	9.57	9.89	10.18	10.43	10.66	10.88	11.07
3	3.18	4.18	4.82	5.30	5.69	6.00	6.26	6.49	6.69	6.87	7.04	7.18	7.32	7.44
4	2.78	3.56	4.07	4.45	4.74	4.99	5.20	5.37	5.54	5.68	5.81	5.92	6.02	6.12
5	2.57	3.25	3.69	4.01	4.26	4.48	4.65	4.81	4.94	5.07	5.18	5.28	5.37	5.46
6	2.45	3.07	3.46	3.75	3.98	4.17	4.33	4.47	4.59	4.70	4.80	4.89	4.97	5.05
7	2.36	2.94	3.31	3.58	3.79	3.97	4.12	4.24	4.36	4.45	4.55	4.63	4.71	4.78
8	2.31	2.86	3.20	3.46	3.66	3.82	3.96	4.08	4.19	4.28	4.37	4.45	4.52	4.58
9	2.26	2.79	3.12	3.37	3.55	3.71	3.84	3.95	4.06	4.15	4.23	4.31	4.38	4.44
10	2.23	2.74	3.06	3.29	3.47	3.62	3.75	3.86	3.96	4.04	4.12	4.19	4.26	4.32
11	2.20	2.70	3.01	3.23	3.41	3.56	3.68	3.78	3.88	3.97	4.04	4.11	4.17	4.23
12	2.18	2.67	2.97	3.19	3.36	3.50	3.62	3.73	3.81	3.90	3.97	4.04	4.10	4.16
13	2.16	2.64	2.93	3.15	3.32	3.45	3.57	3.67	3.76	3.84	3.91	3.98	4.04	4.09
14	2.14	2.62	2.91	3.12	3.28	3.42	3.53	3.63	3.71	3.79	3.86	3.92	3.99	4.04
15	2.13	2.60	2.88	3.09	3.25	3.38	3.49	3.59	3.68	3.75	3.82	3.88	3.94	4.00
16	2.12	2.58	2.86	3.06	3.22	3.35	3.46	3.56	3.64	3.72	3.78	3.85	3.90	3.95
17	2.11	2.57	2.84	3.04	3.20	3.32	3.44	3.53	3.61	3.68	3.75	3.81	3.87	3.92
18	2.10	2.55	2.83	3.03	3.17	3.30	3.41	3.51	3.59	3.66	3.73	3.78	3.84	3.89
19	2.09	2.54	2.81	3.01	3.16	3.29	3.39	3.48	3.56	3.63	3.70	3.75	3.81	3.86
20	2.09	2.53	2.80	2.99	3.15	3.27	3.37	3.46	3.54	3.61	3.68	3.73	3.79	3.84
24	2.06	2.50	2.76	2.95	3.09	3.21	3.31	3.40	3.48	3.54	3.61	3.66	3.71	3.76
30	2.04	2.47	2.72	2.90	3.04	3.15	3.25	3.34	3.41	3.48	3.54	3.59	3.64	3.68
40	2.02	2.43	2.68	2.86	2.99	3.10	3.20	3.27	3.34	3.41	3.46	3.52	3.56	3.61
60	2.00	2.40	2.64	2.81	2.94	3.05	3.14	3.22	3.29	3.34	3.40	3.45	3.49	3.54
120	1.98	2.38	2.60	2.77	2.90	3.00	3.06	3.16	3.22	3.28	3.33	3.38	3.42	3.44
$\infty$	1.96	2.34	2.57	2.73	2.85	2.95	3.03	3.10	3.16	3.22	3.27	3.31	3.35	3.39

FUENTE: <http://biplot.usal.es/problemas/libro/Tablas.pdf>

### MATRIZ DE CORRELACIÓN

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema principal</b></p> <p>¿De qué manera se descontamina el petróleo crudo en aguas utilizando harina de plumas?</p> <p><b>Problemas secundarios</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo implementar el proceso tecnológico para la obtención de la harina de plumas?</li> <li>• ¿Cuál es la efectividad de la harina de plumas en la descontaminación del petróleo crudo en las aguas?</li> <li>• ¿Cuánto de petróleo crudo retiene la harina de plumas de pollo?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar el grado de descontaminación del petróleo crudo en aguas utilizando harina de plumas.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar el proceso tecnológico para la obtención de harina de plumas.</li> <li>• Evaluar la efectividad de la harina de plumas en la descontaminación de petróleo crudo en las aguas.</li> <li>• Determinar el porcentaje de retención de petróleo crudo de la harina de plumas de pollo.</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b></p> <p>H<sub>0</sub>: El uso de la harina de plumas no es efectivo en la descontaminación del petróleo crudo en las aguas.</p> <p>H<sub>1</sub>: El uso de la harina de plumas es efectivo en la descontaminación del petróleo crudo en las aguas.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Harina de plumas de pollo:</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Descontaminación de hidrocarburos en aguas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de deshidratación de las plumas: 150 y 170°C</li> <li>• Tamaño de la partícula de la harina de plumas: 250 μm; 850 μm y 1,4 mm</li> <li>• Tiempo de remoción: 10 y 20 minutos</li> <li>• Retención de petróleo crudo por la harina de plumas: %</li> <li>• pH, turbiedad, conductividad, SDT, temperatura</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>En base a los objetivos planteados, la investigación será de tipo aplicado.</p> <p><b>Nivel de Investigación</b></p> <p>La presente investigación es de tipo explicativo.</p> <p><b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Obedece a una investigación experimental.</p>