



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



ESCUELA DE POSGRADO



**MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA**  
**MENCION: PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES**

TESIS:

**“Tratamiento químico de los efluentes gaseosos (Sulfuro de Hidrógeno y Trimetilamina) de las plantas pesqueras y la reducción de su impacto ambiental en la ciudad de Pisco 2017”**

**PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Control de la contaminación ambiental y procesos industriales sostenibles.

PRESENTADO POR:

**TIJERO ACOSTA, BAYRON FERNANDO**

**ICA – PERÚ**  
**2022**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis seres queridos en agradecimiento a su gran amor y a ese incondicional apoyo que siempre me dan esperando tan solo mi felicidad.

## INDICE

	Pág.
<b>Carátula</b>	
<b>Línea de investigación</b> .....	<b>i</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>ii</b>
<b>Índice</b> .....	<b>iii</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>vi</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>vii</b>
<b>Título</b> .....	<b>viii</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>ix</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
<b>1.1. Antecedentes de la Investigación</b>	<b>01</b>
1.1.1. Antecedentes Internacionales	01
1.1.2. Antecedentes Nacionales	05
1.1.3. Antecedentes Locales	09
<b>1.2. Bases Teóricas</b>	<b>12</b>
1.2.1. La Anchoveta	12
1.2.2. Generalidades	13
1.2.3. Clasificación Taxonómica	13
1.2.4. Características Biológicas	14
1.2.5. Estructura y Composición Química	14
1.2.6 Deterioro del Pescado	17
1.2.6.1. Deterioro Microbiológico	18
1.2.6.2. Autólisis	19
1.2.7. Proceso de Producción de la Harina de Pescado	20
1.2.8. Componentes Químicos de los Efluentes Gaseosos de las Plantas de Harina de Pescado	23

1.2.8.1. Generalidades	23
1.2.8.2. Sulfuro de Hidrógeno	25
1.2.8.3. Trimetilamina	27
<b>1.3. Marco Conceptual</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b>	
<b>2.1. Situación Problemática</b>	<b>30</b>
<b>2.2. Formulación del Problema</b>	<b>31</b>
2.2.1. Problema General	31
2.2.2. Problemas Específicos	31
<b>2.3. Justificación e Importancia de la Investigación</b>	<b>32</b>
2.3.1. Justificación	32
2.3.2. Importancia	33
<b>2.4. Objetivos de la investigación</b>	<b>34</b>
2.4.1. Objetivo General	34
2.4.2. Objetivos Específicos	34
<b>2.5. Hipótesis de la investigación</b>	<b>35</b>
2.5.1. Hipótesis General	35
2.5.2. Hipótesis Específicas	35
<b>2.6. Variables de la Investigación</b>	<b>36</b>
2.6.1. Identificación de Variables	36
2.6.2. Operacionalización de las variables	36
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MOTODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación</b>	
3.1.1. Tipo de Investigación	37
3.1.2. Nivel de la Investigación	37
3.1.3. Diseño de la Investigación	37

<b>3.2.</b>	<b>Población y Muestra</b>	<b>37</b>
3.2.1.	Población	37
3.2.2.	Muestra	38
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN</b>		
<b>4.1.</b>	<b>Generalidades</b>	<b>39</b>
<b>4.2.</b>	<b>Técnicas de Recolección de Datos</b>	<b>40</b>
<b>4.3.</b>	<b>Instrumentos de Recolección de Datos</b>	<b>40</b>
<b>4.4.</b>	<b>Técnicas de procesamiento, Análisis e Interpretación de Resultados</b>	<b>40</b>
<b>4.5.</b>	<b>Toma de Muestras</b>	<b>40</b>
<b>4.6.</b>	<b>Conservación de muestras previa al análisis</b>	<b>41</b>
<b>4.7.</b>	<b>Ensayos realizados.</b>	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO V</b>		
<b>CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS</b>		
<b>5.1.</b>	<b>Contrastación de la Hipótesis General</b>	<b>43</b>
<b>5.2.</b>	<b>Contrastación de Hipótesis Específicas</b>	<b>45</b>
<b>CAPITULO VI</b>		
<b>PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>		
<b>6.1.</b>	<b>Presentación e Interpretación de Resultados</b>	<b>54</b>
6.1.1.	De las muestras de aire antes del tratamiento Químico	54
6.1.2.	De las muestras de aire después del tratamiento Químico	62
6.1.3.	Resultados de los ensayos con los reactivos	70
<b>6.2.</b>	<b>Discusión de Resultados</b>	<b>72</b>
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>74</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>76</b>
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>		<b>77</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>81</b>

## Resumen

La presente tesis es un estudio teórico experimental en la que se investiga la posibilidad de neutralizar los malos olores de los humos y vapores del proceso de secado de la harina de pescado. Experimentalmente se han tratado muestras de aire tomadas en una planta harinera, las mismas que se han tratado con hipoclorito de calcio y con hidróxido de calcio de manera sucesiva para neutralizar la Trimetilamina (TMA) y el Sulfuro de Hidrógeno ( $H_2S$ ), dos de los responsables del mal olor; la presencia de estos compuestos genera un riesgo ambiental relacionado con el efecto invernadero y generación de daños a la salud. Los resultados indican una reducción considerable de ambos contaminantes de  $14,05 \mu g/m^3$  hasta  $0,55 \mu g/m^3$  para el caso del Sulfuro de Hidrógeno y  $46,09 \mu g/m^3$  hasta  $1,86 \mu g/m^3$  para el caso de Trimetilamina.

PALABRAS CLAVES: Trimetilamina, Sulfuro de Hidrógeno, Tratamiento Químico.



## **Abstract**

This thesis is an experimental theoretical study in which the possibility of neutralizing the bad odors of the fumes and vapors of the fishmeal drying process is investigated. Air samples taken in a flour plant have been experimentally treated, the same ones that have been treated with calcium hypochlorite and with calcium hydroxide successively to neutralize Trimethylamine (TMA) and Hydrogen Sulfide (H<sub>2</sub>S), two of the responsible for the bad smell; the presence of these compounds generates an environmental risk related to the greenhouse effect and the generation of health damage. The results indicate a considerable reduction of both pollutants from 14.05 µg/m<sup>3</sup> to 0.55 µg/m<sup>3</sup> for the case of Hydrogen Sulfide and 46.09 µg/m<sup>3</sup> to 1.86 µg/m<sup>3</sup> for the case of Trimethylamine.

**KEY WORDS:** Trimethylamine, Hydrogen Sulphide, Chemical Treatment.

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA**  
**MENCIÓN: PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES**

TESIS:

**“Tratamiento químico de los efluentes gaseosos (H<sub>2</sub>S y TMA) de las plantas pesqueras y la reducción de su impacto ambiental en la ciudad de Pisco - 2017”**

AUTOR:

**TIJERO ACOSTA, Bayron Fernando**

ASESOR:

**Dr. CANO LEGUA, Fernando Eduardo**

## Introducción

La industria pesquera, tanto en el Perú como a nivel mundial se caracteriza por generar grandes volúmenes de desechos sólidos, líquidos y gaseosos causando un enorme impacto ambiental que depende fundamentalmente de la naturaleza física, composición química, volumen eliminado y temperatura a la que, estos desechos, son vertidos al ambiente. Por esta razón, es necesario evaluar la carga contaminante de los efluentes eliminados de la industria de harina de pescado, cuya composición varía en gran medida con la materia prima utilizada y sus condiciones de almacenamiento, así como con las condiciones higiénico sanitarias y operativas de la planta de procesamiento, con la finalidad de estudiar las posibles opciones para reducirla y en lo posible recuperar la mayor cantidad de sólidos, disminuyendo pérdidas económicas, además de cumplir con la legislación ambiental vigente en el Perú.

Los vapores y gases eliminados de las fábricas de harina de pescado tienen olores muy desagradables que se deben a la presencia de ciertas sustancias que suelen encontrarse en pequeñas concentraciones pero de efecto acumulativo, por lo que resultan peligrosas para la salud, y, además molestas o no aceptables al olfato humano. Por esta razón estos gases deben ser tratados antes de ser descargados a la atmósfera con el objeto de reducir al mínimo o eliminar las molestias que causa en la población y al medio ambiente circundante a las plantas harineras.

Durante el almacenamiento de la materia prima se producen una serie de compuestos causantes del mal olor, productos de descomposición de la materia orgánica por acción enzimática y bacteriana, como aminos volátiles, diaminas, trimetilamina, amoníaco, sulfuro de hidrógeno y sustancias volátiles de mal olor (FAO, 1986; González, 1996, Femández Tito, 2001).

Por esta razón, es fundamental mantener la materia prima fresca, en lo posible a menos de 4°C y procesarla dentro de las 24 h para reducir la formación de olores en esta etapa,

así como mantener buenas condiciones de higiene en las pozas de almacenamiento (Torry Research Station, 1977; FAO, 1986).

Los efluentes gaseosos generados durante el proceso de elaboración de la harina, provienen principalmente de los secadores, mientras que los restantes, de menor volumen, provienen del cocedor, prensa, tornillos transportadores y otros equipos. Generalmente, todos los gases y vapores se recogen en un conducto común para ser tratados en forma conjunta (Burgess y colab., 1978; Torry Research Station, 1977; FAO 1986; El Golfo, 2002).

Estos efluentes gaseosos de las fábricas de harina de pescado pueden ser tratados mediante los siguientes métodos:

- Lavado y absorción en: agua, agua clorada, agua con hipoclorito de sodio, agua ozonizada o soda cáustica
- Adsorción en: carbón activado o silica gel.
- Precipitación electrostática o filtrado en seco
- Combustión por incineración directa (700-800°C)
- Combustión catalítica (300-400°C)

Generalmente los gases y vapores que se generan durante el proceso son conducidos a una torre de lavado donde entran en contacto, por circulación en contracorriente, con un líquido en el cual son solubles o químicamente reactivos. El lavado con agua, es el sistema más utilizado, permite arrastrar sustancias solubles en ella eliminando considerablemente el olor. Sin embargo este método no soluciona completamente el problema y sólo tiene una eficiencia del 70% ya que los gases no condensables poseen un olor residual, lo cual exige que sean posteriormente tratados por otro método de desodorización. Además el sistema traslada sustancias olorosas del aire al agua efluente, la cual puede resultar inaceptable si el suministro de agua es abundante.

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma.

Cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo “**Determinar la relación entre el tratamiento químico de los efluentes gaseosos (Sulfuro de Hidrógeno y Trimetilamina) de las plantas pesqueras y la contaminación del aire de la ciudad de Pisco – 2017**”, con la finalidad de evaluar si el tratamiento químico planteado reduce los contaminantes odoríferos como son el sulfuro de hidrogeno y la trimetilamina, los cuales por su naturaleza, pueden generar problemas de salud en la población, especialmente en las vías respiratorias de las personas que viven cerca de la zona donde se ubican estas fábricas pesqueras, además de ser olores molestos y aceptables al olfato humano.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes de la investigación

#### 1.1.1. Antecedentes Internacionales

**Muñiz, A. (2015)** presentó su tesis titulada *Contaminación atmosférica por efecto de la Industria de la Harina y aceite de pescado en el litoral español* a la Universidad Complutense de Madrid, España, estudio cuyo objetivo fue establecer las causas químicas del mal olor dejado por la industria pesquera en la atmósfera, en ella el autor llega a las siguientes conclusiones:

Las emisiones gaseosas que se generan en esta actividad industrial son el resultado del proceso de combustión interna utilizados para generar energía y en los diversos equipos utilizados en la operación de secado y otros. Los combustibles utilizados contienen cierto porcentaje de azufre, que luego de su combustión producen Anhídrido Sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ), Monóxido de Carbono (CO), trimetilaminas, entre otros. Un secador directo de una planta que produce 10 TM/h de harina, consume 141 galones de petróleo residual N°6 por hora eliminando 41.351 m<sup>3</sup>/h de gases y vapores (FAO, 1986).

El problema es el mal olor cuya fuente principal es el secador, especialmente en los de tipo directo donde ocurren procesos de oxidación y pirolisis generándose compuestos de azufre, especialmente sulfuro de hidrógeno y mercaptanos.

**Muñoz, M. (2016)** presentó su tesis titulada *Viabilidad de un proceso para eliminación conjunta de H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub> contenido en efluentes gaseosos*, a la Universidad de Cádiz, España, en la que se ha ensayado la separación de H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub> a través de un proceso biológico para la cantidad y concentraciones de este tipo de residuos, son tecnologías respetuosas con el medio ambiente.

Específicamente se han usado dos biofiltros de deslizamiento envasados con espuma de poliuretano. Como microorganismos se han seleccionado dos cepas, una azufre oxidante (*Thiobacillus thioparus* ATCC 23654) que utiliza como sustrato el ácido sulfhídrico oxidándolo a azufre elemental y/o sulfato, y otra bacteria amonio oxidantes (*Nitrosomonas europaea* ATCC 19718) que oxida el amoníaco a nitrito.

En el estudio se concluye que la capacidad de eliminación máxima alcanzada fue de 43,9 gS m<sup>-3</sup>h<sup>-1</sup> para una carga de alimentación de 55,0 gS m<sup>-3</sup>h<sup>-1</sup> (79,8%) y la capacidad máxima crítica fue de 14,9 gS m<sup>-3</sup>h<sup>-1</sup> (eliminación mayor del 99,8%), para un tiempo de residencia de 150 segundos.

El estudio de eliminación conjunta logró porcentajes de eliminación del 100% y del 99% para un efluente con concentraciones de hasta 238 ppmv de NH<sub>3</sub> y 129 ppmv de H<sub>2</sub>S, con tiempo de residencia del gas de 60 segundos.

**Altaner, R. (2016)** presentó su tesis titulada *Descripción y Análisis Comparativo de los Sistemas de Tratamiento de RIL en la Industria de*

*Alimentos en Valdivia*, a la Universidad Austral de Chile, el objetivo de la tesis fue conocer los sistemas de tratamiento de residuos industriales líquidos (RIL) de la industria elaboradora de alimentos que emplea como materia prima pescado de diferente tipo en la provincia de Valdivia, se realizó un catastro de estos sistemas.

Para ello se efectuaron visitas en terreno a siete industrias. La información fue obtenida durante visitas realizadas los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2008. En cada visita se realizó levantamiento de información, a través de un instrumento de evaluación o ficha técnica, con preguntas referentes al proceso y al sistema de tratamiento de residuos líquidos. De las siete plantas visitadas, se obtuvieron datos sobre las tecnologías utilizadas y efluentes generados.

Las conclusiones del estudio fueron: Se estableció que cinco de las industrias utilizan tratamiento primario; de las cuales todas utilizan sistema físico – químico (coagulantes, floculantes, equipos de flotación); sin embargo, no todas usan tratamiento secundario, sólo dos implementaron un sistema biológico (lombrifiltro). El tratamiento terciario (desinfección) era utilizado por una sola planta que envía sus efluentes a cuerpos de agua. En relación a las deficiencias detectadas se puede señalar que la mayoría tiene que ver con problemas menores de diseño, lo que se podría mejorar de forma significativa con algunas medidas de manejo y cambios en el diseño de las plantas.

**Silva, D. (2016)** presentó su tesis titulada *Tratamiento de los efluentes gaseosos de la industria de la harina de pescado*, a la Universidad Católica



Argentina, cuyo objetivo fue plantear algunas alternativas tecnológicas para reducir el mal olor de los efluentes pesqueros en los centros de producción. En este trabajo la autora llegó a las siguientes conclusiones: Los gases y vapores efluentes durante el proceso de elaboración de la harina, provienen principalmente de los secadores, mientras que los restantes, de menor volumen, provienen del cocedor, prensa, tomillos transportadores y otros equipos. Generalmente, todos los gases y vapores se recogen en un conducto común para ser tratados en forma conjunta.

Los efluentes gaseosos de las fábricas de harina de pescado pueden ser tratados básicamente por los siguientes métodos: Lavado y absorción en: agua, agua clorada, agua con hipoclorito de sodio, agua ozonizada o soda cáustica; Adsorción en: carbón activado o sílica gel; Precipitación electrostática o filtrado en seco; Combustión por incineración directa (700-800°C); Combustión catalítica (300-400°C) (Lupín, 1980; De Nevers, 1998; Kiely, 1999). Comúnmente los gases y vapores contenidos en una corriente de aire son conducidos a una torre de lavado donde entran en contacto, por circulación en contracorriente, con un líquido en el cual son solubles o químicamente reactivos. El lavado con agua, es el sistema más utilizado, permite arrastrar sustancias solubles en la misma eliminando considerablemente el olor. Sin embargo este método no soluciona completamente el problema y sólo tiene una eficiencia del 70% ya que los gases no condensables poseen un olor residual, lo cual exige que sean posteriormente tratados por otro método de desodorización. Además el sistema traslada sustancias olorosas del aire al agua efluente, la cual puede resultar inaceptable si el suministro de agua no es abundante. También, suele realizarse una absorción con agua clorada y soluciones de

hipoclorito de sodio, así como adsorción con carbón activado e incineración directa, todas éstas con una eficiencia del 80%. La combustión catalítica, donde se emplea como catalizador aleaciones de platino con óxidos metálicos que permiten disminuir la temperatura de oxidación y ahorra combustible, resulta el método más efectivo (100% eficiencia) y suele realizarse para oxidar por completo las moléculas orgánicas responsables de los malos olores proveniente de los gases lavados no condensables.

**Ortega L, Rodríguez S, Fernández L, Bárcenas D. (2017)** presentaron su trabajo de investigación titulado *Principales métodos para la desulfuración del gas emitido por las plantas pesqueras productoras de harina y aceite de pescado*, a la Universidad de la Habana, cuyo objetivo principal fue establecer una tecnología que permita eliminar compuestos de azufre de los efluentes gaseosos, ya que estos son los responsables del mal olor producido por el procesamiento del pescado. Los autores llegaron a las siguientes conclusiones: El tratamiento de efluentes pesqueros usando tegumentos a partir de materiales vítreos de desecho pueden transformarse en la tecnología más adecuada para países en vías de perfeccionamiento, acrecentando su impacto social positivo y reduciendo los impactos negativos económicos y medioambientales.

#### 1.1.2. Antecedentes Nacionales

**Gallarreta, M. (2017)** presentó su tesis titulada *Concentración de sulfuro de hidrogeno y Partículas en suspensión en el aire, en los días de pesca en tres distritos de la Provincia del Santa (Coishco, Chimbote y Nuevo Chimbote) en el 2017*. A la universidad Nacional del Santa - Chimbote; investigación en la que llegó a las siguientes conclusiones: El Sulfuro de

Hidrógeno ( $H_2S$ ) cuya concentración en los días de pesca tuvo un valor mínimo de  $2.99 \mu g/m^3$  y un valor máximo de  $7.84 \mu g/m^3$ , se encuentran por debajo de los valores establecidos en los Estándar de Calidad Ambiental (MINAM, 2017) que señala  $150 \mu g/m^3$  como valor máximo permisible durante 24 horas.

- Con respecto a las partículas en suspensión menores de 10 micras ( $PM_{10}$ ), de todas las 4 estaciones, se observa un valor mínimo de  $5.7 \mu g/m^3$  y un valor máximo de  $47.3 \mu g/m^3$ , así mismo de todas las 4 estaciones, se observa un promedio mínimo de  $17.1 \mu g/m^3$  y un promedio máximo de  $37.7 \mu g/m^3$ , los cuales se encuentran por debajo de los valores establecidos en los Estándar de Calidad Ambiental (MINAM, 2017) que señala  $100 \mu g/m^3$  como valor máximo permisible durante 24 horas.

- Las concentraciones de Sulfuro de Hidrógeno ( $H_2S$ ) y de las partículas en suspensión menores de 10 micras ( $PM_{10}$ ) encontrados en los días de pesca en los distritos de Coishco, Chimbote y Nuevo Chimbote en el año 2017, no representan un peligro para la salud humana como contaminantes ambientales.

**Quispe, J. (2016)** presentó su tesis titulada *Empleo de tecnología limpia en el proceso de producción de la harina de pescado para reducir la contaminación ambiental* a la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo; investigación en la que llegó a las siguientes conclusiones: El atomizador utilizado para introducir la solución alcalina en el lavador, es capaz de producir las gotitas más finas en la respectiva velocidad muy alta sin sacrificar la uniformidad de spray, lo cual aumenta la eficiencia del sistema.

Teniendo en cuenta la solución absorbente, se optó por trabajar con una solución de  $\text{NaHCO}_3$ , ya que los compuestos sódicos no sólo presentan mayor solubilidad sino también son más reactivos obteniéndose mayores rendimientos; además los productos de las reacciones presentan alta solubilidad lo que facilita su tratamiento posterior. Por otra parte el  $\text{NaHCO}_3$  tiene un bajo costo en el mercado, lo que incrementa las ventajas de su uso.

De acuerdo a los resultados de los análisis realizados al efluente gaseoso proveniente de la planta harinera, los contaminantes presentes se encuentran por debajo de los límites establecidos por la legislación vigente en el Perú. De estos resultados puede concluirse que las condiciones operativas y de carga del horno juntamente con el tren de lavado construido han cumplido con los objetivos fijados.

**Alva, E. (2015)** presentó su tesis titulada *control de contaminación del aire producido por el proceso de secado de la harina de pescado tipo estándar*, a la Universidad Nacional de Ingeniería, estudio cuyo objetivo fue eliminar el mal olor de los efluentes de la producción de harina de pescado tipo estándar. En ella el autor llegó a las siguientes conclusiones: Los métodos de control de este problema, son el método de incineración y el de absorción de gases por medio de una torre empacada que emplea agua de mar para bajar la temperatura de los gases del ciclón de secado, los datos además de ser poco comprobados son así mismo escasos, se han tomado de bibliografía, así como de los manuales y conocimientos de ingenieros y técnicos de alta experiencia en el rubro. La dificultad de estos datos tiene su razón en la temperatura de salida que tienen los gases de

secado, son pocos los esfuerzos que se hacen por conocerlos, sin embargo, se han logrado rescatar algunos de ellos, y con ello se ha elaborado mediante una adecuación alternativas de solución. Cómo resumen tenemos que de las dos alternativas propuestas, la que se adecua a la realidad actual peruana es la de absorción de gases.

**Ordoñez, H. (2016)** presentó su tesis titulada *Estudio químico de la generación de malos olores en los efluentes gaseosos de la industria del pescado*, a la Universidad Nacional del Callao, estudio cuyo objetivo fue establecer el mecanismo químico de la generación del mal olor en el procesamiento del pescado cuando se produce harina y aceite de pescado. El autor concluye que: El óxido de trimetilamina (TMAO) presente en la generalidad de los peces predominantes en los mares en valores que pueden alcanzar el 5% del tejido muscular. Este compuesto es el que más ayuda al olor de pescado descompuesto.

**Guerra, H. (2015)** presentó su tesis titulada *Elaboración de un programa de producción más limpia para la planta pesquera conservera Pacific Natural Foods S.A.C*, a la Universidad Nacional La Molina, cuyo objetivo fue planificar una producción sin malos olores de harina de pescado, en el que llegó a las siguientes conclusiones: se reconocieron parámetros ambientales como el gasto elevados de agua, consumo alto de energía eléctrica, generación de residuos líquidos, emisión de gases de combustión, producción de residuos sólidos orgánicos. A partir de los datos obtenidos, se planteó once (11) opciones de PML, empleo de medidores de agua, reusó del agua de enfriamiento, cambio de grifos y cañerías, instalación de un economizador de energía, mejorar las canaletas de

recepción y conducción de los efluentes cámara de calentamiento en el recipiente de acogida de los efluentes, una centrifuga de aceite de pescado, utilizar gas licuado de petróleo (GLP) o gas natural (GN) en el caldero y reciclamiento en la fuente de residuos sólidos orgánicos.

**Coronado, N. (2018)** presento su tesis titulada *“Análisis temporal de parámetros físico-químicos de calidad de efluentes en establecimientos industriales pesqueros - bahía del Callao (periodo 2012-2016)*, a la Universidad Nacional del Callao, cuyo objetivo fue establecer los parámetros fisicoquímicos de la calidad de los efluentes pesqueros. En este estudio el autor llegó a las siguientes conclusiones: en general, los parámetros de los efluentes presentan una tendencia a mejorar la calidad de los efluentes, por tanto cumple los Límites máximos permisibles sectoriales como consecuencia de la implementación de los Planes de Manejo Ambiental (instalación de sistemas de tratamiento físico-químico de efluentes y mejoras en los procesos) exigidos mediante el D.S. N° 010-2008-PRODUCE.

### 1.1.3. Antecedentes Locales

**PICKLING, S. (2017)** presento su tesis titulada *Beneficios que ofrece el sistema dual energético implementado en una planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco*, a la Universidad Nacional del Callao, cuyo objetivo fue cuantificar y dar a conocer los beneficios que ofrece el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco a través de indicadores. En ella el autor llega a las siguientes conclusiones: La evaluación de los beneficios se realizó en el 2017 y se determinó que el indicador "IE" (aumento de

eficiencia térmica) en calderas está entre 1.11 a 1.93% y en el secador es 0.63 %. El "IA1" (reducción de CO) en calderas están entre 29.23 a 67.67 %, en el secador es 44.91 %, el "IA1" (la reducción de CO<sub>2</sub>) en las calderas están entre 18 a 27.28 %, en el secador es 25.87 %. .El "1A2" (reducción de Ton CO<sub>2</sub> por Ton de harina) en las 7 calderas es de 28.56 % y en el secador es 25.64 %. El "1C" (reducción de costo de combustible por Ton de harina) en las calderas es 55.05 % y en el secador es 55.59 %. La inversión del proyecto fue de 2585,808.91 USD, el VAN es 2421,056.59 USO, TIR de 56.88%, el PAYBACK de 1.09 meses. Existen oportunidades de mejora por mantenimiento e implementación de tecnología avanzada.

**ARROYO, J. (2013)** presento su tesis titulada *Factores que influyen sobre la contaminación atmosférica por material particulado respirable en la ciudad de Ica*, a la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, cuyo objetivo fue identificar los factores que originan los altos niveles de contaminación por MP<sub>10</sub> en la ciudad de Ica a fin de disminuir las concentraciones máximas observadas en esa zona de la ciudad y contribuir al mejoramiento de la gestión de su calidad del aire y del de la ciudad de Ica. En ella el autor llega a las siguientes conclusiones: El análisis de las concentraciones de MP<sub>10</sub> muestra que a pesar de las disminuciones constatadas en todas las estaciones de la red de monitoreo de Ica (cercanas a 50%), producto de las medidas del plan de prevención y descontaminación para la Región Ica, establecido el año 1999, se continua superando la normas primaria para material particulado para la protección de la salud de las personas. Las concentraciones de MP<sub>10</sub> en todas las estaciones de la red tienen un marcado ciclo anual, tanto de la fracción fina (menor a 2,5 µm) como de fracción gruesa (entre 2,5 y 10 µm), con un fuerte aumento de los niveles

entre abril y agosto. Durante estos meses, producto de las malas condiciones de ventilación, especialmente durante episodios tipo A, las mayores concentraciones horarias y diarias de MP<sub>10</sub> ocurren en el medio día llegando a niveles considerados peligrosos para la salud de las personas, lo cual conduce a la aplicación de medidas especiales de control y reducción de emisiones en toda la región Ica. Los factores identificados para cercado que generan las concentraciones de MP<sub>10</sub> durante días de episodio son los mismos que para el resto de las estaciones de monitoreo en ICA, es decir factores meteorológicos de escala regional (episodios tipo A y BPF), de escala local (principalmente velocidad y dirección de vientos) y emisiones de material particulado. Sin embargo, el aumento de las concentraciones en períodos de episodio está asociado a cambios en los valores de parámetros específicos de dichos factores.

**CUSI, R. (2006)** presento su tesis titulada *Eliminación del dióxido de carbono del gas natural por depuración húmeda empleando compuestos de sodio*, a la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, cuyo objetivo fue lograr el endulzamiento del gas natural de Camisea, mediante la absorción química de este, empleando una solución de hidróxido de sodio cuya concentración es ligeramente superior a la cantidad estequiométrica necesaria, para lograr la captación de la totalidad o casi la totalidad del dióxido de carbono. En ella el autor llega a las siguientes conclusiones: Al término de nuestra investigación podemos formular las siguientes conclusiones: 1. Mediante el empleo de compuestos de sodio, se puede eliminar el dióxido de carbono presente en el gas natural. 2. De los resultados experimentales se concluye que el hidróxido de sodio es el compuesto más efectivo para realizar este tipo de endulzamiento. 3. Los



parámetros adecuados para la depuración húmeda del gas natural, empleando hidróxido de sodio son los siguientes. - Temperatura del proceso: 30°C - Volumen de la solución: 8 000 ml - Cantidad de NaOH: 3,50 g - Exceso de reactivo: 0,25 g. 4. Según el análisis cromatográfico el contenido de dióxido de carbono presente en la muestra fue la siguiente: - Antes del tratamiento: 0,91% - Después del tratamiento: 0,05%.

**BECERRA R, MINCHOLA M. (2016)** presentaron su tesis titulada *Situación actual de la calidad del aire (H<sub>2</sub>S y MP) como consecuencia de las emisiones gaseosas del sector pesquero industrial de Pisco*, a la Universidad José Faustino Sánchez Carrión, cuyos objetivos fueron determinar la situación actual de la calidad del aire (H<sub>2</sub>S y Material Particulado) como consecuencia de las emisiones gaseosas del sector pesquero industrial de Pisco, Conocer las innovaciones tecnológicas realizadas por el sector pesquero industrial de Pisco, para mitigar la contaminación del aire. En ella el autor llega a las siguientes conclusiones: 1. El sector pesquero ha cumplido con la implementación de la innovación tecnológica para mitigar los impactos de las emisiones gaseosas. 2. Los resultados de calidad del aire para el H<sub>2</sub>S como MP<sub>2.5</sub> en las estaciones establecidas por PRODUCE, se encuentran por debajo del ECA establecido por el D.S. N° 003-2010-MINAM.

## **1.2. Bases Teóricas**

### **1.2.1. La Anchoveta**

Nombre Científico: *Engraulis ringens*, Nombre Común: Anchoveta

Nombre en Inglés: Anchovy, Nombre FAO: Anchoveta peruana

**Figura.1.**

*Anchoqueta peruana (Engraulis ringens).*



### 1.2.2. Generalidades.

“La anchoqueta es una especie pelágica, de talla pequeña, que puede alcanzar hasta los 20 cm de longitud total. Su cuerpo es alargado poco comprimido, cabeza larga, el labio superior se prolonga en un hocico y sus ojos son muy grandes. Su color varía de azul oscuro a verdoso en la parte dorsal y es plateada en el vientre” (Imarpe, 2020).

“Vive en aguas moderadamente frías, con rangos que oscilan entre 16° y 23°C en verano y de 14° a 18°C en invierno. La salinidad puede variar entre 34,5 y 35,1 UPS. Generalmente esta especie vive en cardúmenes en aguas superficiales frías cerca de la costa, pero pueden estar hasta 180 km de distancia de la costa. Se alimenta de plancton y se reproduce principalmente entre julio y septiembre y en menor proporción durante los meses de febrero y marzo” (Imarpe, 2020).

### 1.2.3. Clasificación Taxonómica.

La anchoqueta peruana, materia prima para la harina de pescado, responde a la clasificación taxonómica expresada en la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Clasificación taxonómica de la anchoveta*

<b>TAXONOMÍA</b>	
<b>Reino:</b>	<b><i>Animalia</i></b>
<b>Filo:</b>	<b><i>Chordata</i></b>
<b>Clase:</b>	<b><i>Actinopterygii</i></b>
<b>Orden:</b>	<b><i>Clupeiformes</i></b>
<b>Familia:</b>	<b><i>Engraulidae</i></b>
<b>Género:</b>	<b><i>Engraulis</i></b>
<b>Especie:</b>	<b><i>E. ringens</i> Jenyns, 1842</b>

Fuente: IMARPE.

#### **1.2.4. Características Biológicas.**

Sus caracteres externos distintivos son: cuerpo alargado y fusiforme, cubierto de escamas cicloideas que se desprenden con suma facilidad. La cabeza es grande y el hocico puntiagudo, el cual se proyecta hacia adelante formando sobre la boca una ligera prominencia. Posee una sola aleta dorsal ubicada aproximadamente en la mitad del cuerpo, aletas pectorales cortas, ventrales en posición abdominal, anal de base mayor que la dorsal y forma similar y la aleta caudal bifurcada. Con respecto a la coloración, el dorso de la cabeza y el lomo son oscuros; y los flancos color azul violáceo verdoso, con brillo iridiscente. El resto del cuerpo es plateado y las aletas son transparentes. La talla más frecuente de las capturas comerciales se encuentran dentro del rango de 14 a 20 cm, si bien el máximo observado es de 20 cm (Cousseau y Perrota, 1999) (Figura. 2).

#### **1.2.5. Estructura y Composición Química**

La anchoveta pertenece al grupo de las especies pelágicas grasas, las cuales presentan como características generales un alto contenido de lípidos con una amplia variación estacional, hábitos migratorios y una alta proporción de músculo oscuro, asociado al metabolismo energético

aeróbico. El músculo oscuro posee una alta concentración de mioglobina y de lípidos comparado con el músculo claro y está localizado principalmente en las regiones asociadas a una gran actividad, como lo es la zona cercana a la cola y aletas formando una capa subcutánea en la zona de la línea lateral (Burt y Hardy, 1992).

**Tabla 2.**

*Composición química y nutricional de la anchoveta  
(Engraulis ringens) en 100 gramos de alimento*

<b>Componente</b>	<b>Promedio</b>
Humedad (g)	70,8
Grasa (g)	8,2
Carbohidratos (g)	0,0
Proteínas (g)	19,1
Cenizas (g)	1,20
Calorías (Kcal)	156
Calcio (mg)	77,1
Fósforo (mg)	276
Zinc (mg)	1,76
Hierro (mg)	3,04
Vitamina A (µg)	15,0
Tiamina (mg)	0,01
Riboflavina (mg)	0,21
Niacina (mg)	0,00
Vitamina C (mg)	8,70

Fuente: Tablas peruanas de composición de alimentos 2008

Las variaciones en la composición química de la anchoveta están estrechamente relacionadas con la alimentación, nado migratorio y cambios sexuales relacionados con el desove. La anchoveta que tiene energía almacenada en la forma de lípidos recurrirá a ella.

En el período de alimentación, las proteínas del músculo aumenta hasta una cantidad igual a la a agotada; por ejemplo en correlación al traslado por el desove. A continuación, la cantidad de lípidos aumenta rápidamente. Más tarde del desove la anchoveta recupera su

comportamiento de alimentación y migra hasta encontrar alimento. Como estas especies se alimentan de plancton, experimenta una diferenciación estacional natural dado que la reproducción del plancton pende de la estación.

“La fracción lipídica es el componente que muestra la mayor variación. A menudo, dentro de la especie la variación presenta una curva estacional característica con un mínimo cuando se acerca la época de desove. A pesar de que la fracción proteica es bastante constante en esta especie, se han observado variaciones, como la reducción de proteínas durante largas migraciones por desove” (Ando *et al.*, 1985 b; Ando y Hatano, 1986).

“La concentración de células grasas parece ser más elevada cerca de las miocomatas y en las regiones entre el músculo blanco y el oscuro” (Kießling *et al.*, 1991).

“Los lípidos de los peces difieren de los lípidos de los mamíferos. La principal diferencia radica en que están compuestos por ácidos grasos de cadena larga (14-22 átomos de carbono) con un alto grado de insaturación. Los ácidos grasos de los mamíferos raramente contienen más de dos dobles enlaces por molécula mientras que los depósitos grasos del pez contienen muchos ácidos grasos con cinco o seis dobles enlaces” (Stansby y Hall, 1967).

“Este hecho fue sugerido como método para diferenciar pescado fresco de pescado congelado, asumiendo que los organelos estaban intactos hasta la congelación (Rehbein *et al.*, 1978; Rehbein, 1979; Salfi *et al.*, 1985). Sin embargo, posteriormente se estableció que estos métodos deben ser

empleados con gran precaución, dado que algunas enzimas son liberadas de los organelos incluso durante el almacenamiento del pescado en hielo” (Rehbein, 1992).

“Las propiedades químicas y físicas de las proteínas de colágeno difieren según el tipo de tejido como la piel, vejiga natatoria y los miocomatas del músculo” (Mohr, 1971). “El contenido de hidroxiprolina es en general menor en peces que en mamíferos, aunque se ha observado una variación total del colágeno entre 4.7 y 10 por ciento” (Sato *et al.*, 1989).

**Tabla 3.**

*Aminoácidos esenciales (porcentaje) de varias proteínas*

Aminoácido	Anchoveta
Lisina	8,8
Triptófano	1,0
Histidina	2,0
Fenilalanina	3,9
Leucina	8,4
Isoleucina	6,0
Treonina	4,6
Metionina-cisteína	4,0
Valina	6,0

Fuentes: Braekkan, 1976; Moustard, 1957

“Uno de estos ejemplos es la proteína básica o protamina que tiene la habilidad para prevenir el crecimiento de microorganismos” (Braekkan y Boge, 1964; Kamal *et al.*, 1986). Este parece ser el uso más promisorio para las proteínas básicas en el futuro.

#### 1.2.6 Deterioro del Pescado.

“Los peces, como en todos los seres vivos, inmediatamente a la muerte acontece, una cadena de eventos que conllevan inevitablemente al deterioro y putrefacción de la carne del animal. Dicha condición obliga a

mantener vivos los animales hasta minutos antes del procesamiento y que dicha operación sea lo más rápida posible para presentar al consumidor un producto de buena calidad y fresco para la venta directa o para aplicar alguna técnica de conservación al producto. La carne del pez sufre dos tipos de proceso de destrucción posterior a la muerte, la denominada autodestrucción (autólisis) y la destrucción por microorganismos. El primero es un proceso natural que ocurre por las enzimas generadas en el propio animal, mientras que el segundo depende exclusivamente de la forma de manipuleo (exposición de la carne a microorganismos) a que se ha sometido desde el momento de la cosecha hasta el almacenamiento. Los componentes químicos de la estructura de la carne de pescado como ya hemos mencionado más arriba es agua, hidratos de carbono, grasas, proteínas, minerales y vitaminas, estos componentes posterior a la muerte son atacados por las enzimas y microorganismo que los destruyen (putrefacción) imposibilitando el consumo por el ser humano” (BAIbuena R, 2014).

#### 1.2.6.1 **Deterioro Microbiológico**

“Una de las causas del deterioro de estos productos es la proliferación bacteriana. El músculo del pescado se contamina durante las etapas de eviscerado y fileteado por los microorganismos procedentes de las branquias, los intestinos y la piel. La práctica higiénica deficiente o incorrecta en estas etapas, reduce su tiempo de vida útil. Además, las reacciones metabólicas de algunas bacterias, originan compuestos causantes del mal olor (trimetilamina y compuestos azufrados) y otras sustancias perjudiciales para la salud como es el caso de la histamina, que puede desencadenar en

problemas de alergia” (Garcia Iglesias, Gago Cabezas, & Fernandez Nuevo, 2006).

“Otros procesos que acortan la duración de los productos de la pesca son las reacciones enzimáticas que provocan el reblandecimiento del músculo y la aparición de olores y sabores extraños. Así mismo, la calidad de los productos se ve afectada por las reacciones de oxidación lipídica que dan lugar a sabores y olores a rancio” (Sivertsvik, Jeksrud , & Rosnes, 2002). De tal modo, el pescado se altera principalmente por tres reacciones que tienen lugar tras el sacrificio: autólisis, oxidación lipídica y actividad microbiana.

#### 1.2.6.2. **Autólisis**

“En general, el músculo de pescado contiene un nivel relativamente bajo de glucógeno, comparado con los mamíferos y por esta razón se genera mucho menos ácido láctico después de la muerte. También el estado nutricional del pez, la cantidad y grado de agotamiento en el momento de la muerte, tienen un efecto marcado en los niveles de glucógeno almacenado y consecuentemente en el pH post mortem final (FAO, 1988).

La disminución post mortem en el pH del músculo de pescado afecta a las propiedades físicas del músculo. A medida que el pH disminuye, se reduce la carga neta de la superficie de las proteínas musculares, causando su desnaturalización parcial y disminuyendo su capacidad de retener el agua. El músculo en estado de rigor mortis pierde su humedad cuando es cocinado y resulta particularmente inadecuado



para un procesado posterior que implique calentamiento, puesto que la desnaturalización por calor incrementa la pérdida de agua, siendo esto un efecto perjudicial en la textura del músculo (FAO, 1988).

#### 1.2.7. **Proceso de Producción de la Harina de Pescado.**

**Recepción y almacenamiento de materia prima:** “El sistema utilizado para la descarga de la materia prima, desde la embarcación hacia la planta, está conformado por un bombeo al vacío con agua, en una relación aproximada de agua/pescado como 1/1, en el cual la materia prima a través de tubería, es vertida en un tamiz estático seguido de un tamiz vibratorio para la separación del agua utilizada en el bombeo, posteriormente es transportada por una rastra metálica hacia la tolva de pescado donde es pesado y distribuido a las pozas de almacenamiento según calidades” (Oneproseso, 2011).

“El almacenamiento de la materia prima es en pozas, en cuya parte inferior se tiene dos gusanos transportadores que llevan la materia prima hacia la rastra de alimentación, también cuenta con drenajes para la sanguaza que es colectada en 1 poza para su tratamiento posterior” (Oneproseso, 2011).

**Cocido:** “esta es la operación que tiene como objetivo realizar la coagulación de las proteínas y la ruptura de las células de grasa, pero la manera que se efectúa y su eficiencia, son de mayor importancia si se quiere evitar problemas en el prensado y en la separación de aceite. Esta operación se realiza a presión atmosférica normal durante 10 o 15 minutos y a una temperatura de 90° o 100° C” (Farro, 1996).

**Desaguado:** “en esta etapa se retira parte del líquido de la masa cocida, la cual ingresa al equipo que tiene forma de cilindro, está contiene una

malla en la pared interna que facilita la evacuación de los licores y lo junta con el licor del cocinador. El objetivo de esta etapa es facilitar el prensado” (Pizardi, 1992).

**Prensado:** “la materia prima cocinada, procedente del desaguado, es llevada hacia la prensa, la misma que es accionada con sistema de transmisión de velocidad variable. En esta etapa, se extrae el líquido y se une con el del desaguado para recibir su tratamiento en las separadoras y centrífugas “(Farro, 1996).

“Luego de la realización de este proceso la torta de prensa contiene aproximadamente entre 45 – 50 % de humedad y un 3 a 4 % de aceite” (Farro, 1996).

**Separado y Centrifugado:** “la operación de separación, permite dividir en dos fases: una sólida con un 63% aproximadamente de humedad y una fase líquida con una concentración en volumen entre el 15 y 20 % de sólidos. El licor de prensa conjuntamente con los líquidos provenientes del desaguado, deben ser tratados en las separadoras, con la finalidad de separar los sólidos contenidos. La fase líquida continúa el proceso hacia las centrífugas (separa aceite y agua de cola) y la fase sólida se incluye al “queque” de prensa en la fase de secado” (Farro, 1996).

**Evaporación de agua de cola:** “en esta etapa se recuperan los sólidos solubles que contiene el agua de cola, esto se logra por medio de evaporadores los cuales funcionan con el suministro de vapor directamente producido en los calderos, en los cuales se concentra el agua con un 7 % de sólidos hasta 30 a 35 % de sólidos, para luego ser agregado a la torta de prensa” (Pizardi, 1992).

**Secado:** “el proceso de secado es una de las etapas de mayor importancia pues determina la calidad de la harina, debido a la degradación térmica de los aminoácidos constituyentes, en especial la lisina, y la pérdida de digestibilidad, lo cual muestra una disminución marcada en función de la severidad del tratamiento térmico. En esta etapa reduce la humedad del “queque” de prensa desde 48 % de humedad menor al 10% “(Farro, 1996).

**Molido:** “en esta etapa se recogen los sólidos tanto gruesos como finos (recuperados en los ciclones) y son enviados hacia un molino de martillos los cuales pulverizan la harina hasta niveles mínimos, lo cual se comprueba al realizar pruebas con tamices N° 12 teniendo una aprobación no menos del 95%” (Farro, 1996) .

**Adición de Antioxidante:** “la adición del antioxidante generalmente se realiza para producir una estabilización de la harina de pescado y retardar la oxidación de la grasa, que esté contenida en ésta, evitando su sobrecalentamiento. La cantidad agregada antes de ser envasada la harina fluctúa entre 500 a 600 ppm lo cual viene a ser de 500 a 600 g por tonelada de harina (Pizardi, 1992).

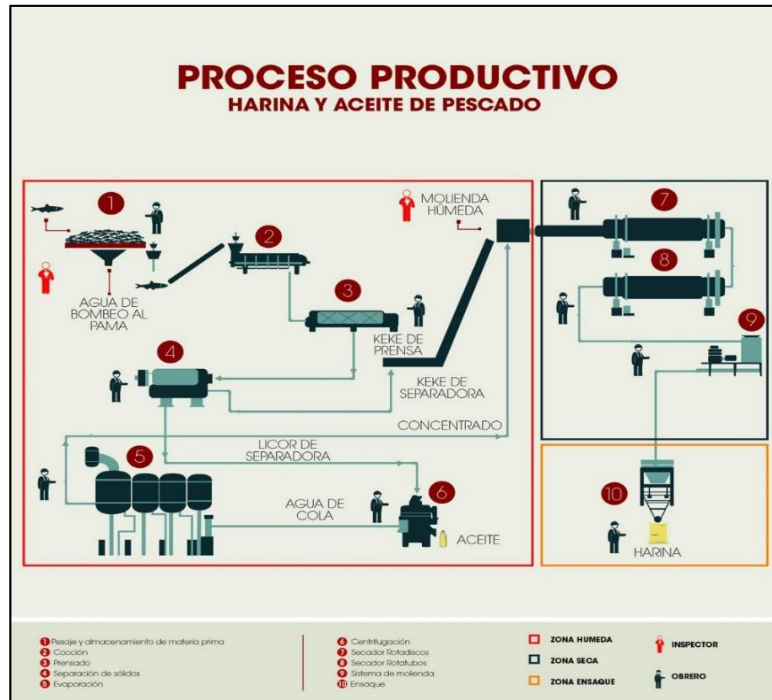
**Pesado y Envasado:** “se realiza en sacos de poliuretano de 50 kg” (INDECOPI, 1986).

**Almacenado:** se efectúa en ambientes techados y limpios formando rumas de acuerdo a las especificaciones contenidas en la NTP. 204.039:1986 “Almacenamiento de Harina de Pescado” (INDECOPI, 1986).

El proceso de fabricación de la harina de pescado, aquí descrito, se muestra en el diagrama de flujo de la figura 3.

Figura 2.

Proceso de fabricación de harina de pescado.



## 1.2.8 Componentes Químicos de los Efluentes Gaseosos de las Plantas de Harina de Pescado

### 1.2.8.1 Generalidades

Si bien es cierto el polvo y el humo, son dos de los contaminantes que se descargan a la atmósfera desde las plantas de harina de pescado, es el olor el componente que más preocupa por sus efectos desagradables en las poblaciones cercanas y en los propios trabajadores de las plantas. Estos malos olores se desprenden en los hornos secadores y son más intensos cuanto más tiempo de almacenamiento tiene la materia prima, la misma que acelera su descomposición, generando compuestos de azufre, de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, Dioxinas y furanos, etc. que son los que se desprenden de la masa del pescado a temperaturas que van desde 40 a 90°C, ocasionando olores muchas veces insoportables y

que pueden afectar la salud de las personas alérgicas o sensibles (FAO, 1986)

“Las emisiones gaseosas que se generan en esta actividad industrial son el resultado del proceso de combustión interna utilizados para generar energía y en los diversos equipos utilizados en la operación de secado y otros. Los combustibles utilizados contienen cierto porcentaje de azufre, que luego de su combustión producen el anhídrido Sulfuroso (SO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), trimetilaminas, etc. Así, por ejemplo, un secador directo de una planta que produce 10 TM/h de harina, consume 141 galones de petróleo residual N° 6 por hora eliminando 41.351 m<sup>3</sup> /h de gases y vapores. El problema es el mal olor cuya fuente principal es el secador, especialmente en los de tipo directo donde ocurren procesos de oxidación y pirolisis (FAO, 1986)

**Tabla 4.**

*Sustratos y compuestos, de olores y sabores desagradables, producidos por las bacterias durante el deterioro del pescado*

<b>Sustrato</b>	<b>Compuestos producidos por bacterias</b>
OTMA	TMA
Cisteína	H <sub>s</sub> S
Metionina	CH <sub>3</sub> SH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S
carbohidratos y lactato	acetato, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
inosina, IMP	Hipoxantina
Aminoácidos (glicina, serina, leucina)	ésteres, cetonas, aldehídos
aminoácidos, urea	NH <sub>3</sub>

Fuentes: FAO 1986.

#### 1.2.8.2 Sulfuro de Hidrógeno.

El Sulfuro de hidrógeno es un hidrácido de fórmula H<sub>2</sub>S. Este gas, es más pesado que el aire, se caracteriza por ser inflamable, incoloro, tóxico,

odorífero: su olor es el de materia orgánica en descomposición, similar al olor de los huevos podridos. (“Ácido sulfhídrico,” 2021).

El Sulfuro de hidrogeno es extremadamente nocivo para la salud, bastan 20-50 partes por millón (ppm) en el aire para causar un malestar agudo que lleva a la sofocación y la muerte por sobreexposición. Debido a su toxicidad, está ubicado directamente abajo del ácido cianhídrico (HCN). Es habitual que obreros del sector portuario sean afectados con resultados fatales cuando se introducen a bodegas que han transportado productos derivados de la pesca. En este caso, la fuente del ácido sulfhídrico son las proteínas sulfuradas que se degradan liberando el sulfuro de hidrógeno Sulfuro de Hidrógeno. Sulfuro de Hidrógeno (EcuRed contributors, 2019).

El H<sub>2</sub>S es emitido a la atmósfera por fuentes naturales en grandes cantidades. El H<sub>2</sub>S se oxida rápidamente a SO<sub>2</sub>. De hecho, de todas la moléculas de SO<sub>2</sub> presentes en el aire en un momento determinado, hasta un 80% fueron inicialmente emitidas bajo forma de H<sub>2</sub>S y luego transformadas en SO<sub>2</sub>. El H<sub>2</sub>S puede ser oxidado por el oxígeno atómico y molecular y por el ozono. El ozono es tanto un componente natural de la estratosfera como un componente de las atmósferas urbanas. La reacción de oxidación del H<sub>2</sub>S considerada como la más importante es la que ocurre entre H<sub>2</sub>S y O<sub>3</sub>:  $H_2S + O_3 = H_2O + SO_2$ . (EcuRed contributors, 2019).

Esta reacción es muy lenta en fase gaseosa, pero puede ser mucho más rápida en la superficie de las partículas presentes en el aire. Se estima que

la vida de 1 ppb de H<sub>2</sub>S expuesto a 0,05 ppm de O<sub>3</sub> en presencia de 15000 partículas/cm<sup>3</sup> es de 2 horas. El ritmo de oxidación del H<sub>2</sub>S en gotitas de niebla o nubes es muy rápida. En general, la vida de una molécula de H<sub>2</sub>S antes de transformarse en SO<sub>2</sub> es del orden de algunas horas. (EcuRed contributors, 2019).

### Toxicidad

La toxicidad del ácido sulfhídrico es parecida a la del cianhídrico. La causa por la cual, a pesar de la presencia más masificada de este compuesto, hay relativamente pocos muertos es el mal olor con que va acompañado. Sin embargo a partir de los 50 ppm tiene un efecto narcotizante sobre las células receptoras del olfato y las personas afectadas ya no perciben el hedor. A partir de los 100 ppm se puede producir la muerte. Como la densidad del ácido sulfhídrico es mayor que la del aire se suele acumular en lugares bajos como pozos, etc. donde puede causar víctimas. A menudo se producen varios afectados, una primera víctima se cae inconsciente y luego son afectados también todos los demás que van en su rescate sin el equipo de protección necesario. El ácido sulfhídrico parece actuar sobre todo sobre los centros metálicos de las enzimas, bloqueándolas e impidiendo de esta manera su funcionamiento. Para un tratamiento se recomienda llevar al afectado lo más rápidamente posible al aire fresco y aplicar oxígeno puro. Además el ión sulfuro se combina con la hemoglobina del mismo modo que el oxígeno precipitando la asfixia del organismo. La exposición a niveles bajos de ácido sulfhídrico puede producir irritación de los ojos, la nariz o la garganta. También puede provocar dificultades respiratorias en personas asmáticas. Exposiciones breves a concentraciones altas de ácido sulfhídrico (mayores de 500 ppm)

puede causar pérdida del conocimiento y posiblemente la muerte. En la mayoría de los casos, las personas que pierden el conocimiento parecen recuperarse sin sufrir otros efectos. Sin embargo, algunas personas parecen sufrir efectos permanentes o a largo plazo tales como dolor de cabeza, poca capacidad para concentrarse, mala memoria y mala función motora. No se han detectado efectos a la salud en personas expuestas al ácido sulfhídrico en las concentraciones que se encuentran típicamente en el ambiente (0.00011-0.00033 ppm). (*EcuRed*, 2019).

#### 1.2.8.3 Trimetilamina

La trimetilamina es un compuesto orgánico que tiene como fórmula  $N(CH_3)_3$ . Se trata de una amina terciaria, inflamable e higroscópica, que en bajas concentraciones presenta un fuerte olor a "pescado", mientras que a altas concentraciones tiene un olor similar al del amoníaco. La trimetilamina es un producto de la descomposición de animales y plantas. Es la principal sustancia responsable del olor desagradable asociado al pescado descompuesto. ("Trimetilamina," 2021).

La trimetilamina (TMA) se origina en pescados debido a la acción de enzimas bacterianas sobre el óxido de trimetilamina (OTMA). El óxido de trimetilamina se encuentra distribuido irregularmente en el músculo y órganos del pescado en cantidades que oscilan entre los 75 y 250 mg de nitrógeno ("Dyer W," 1952). Durante el almacenamiento en hielo, el óxido de trimetilamina (OTMA) se reduce a trimetilamina (TMA) por la acción bacteriana después de la muerte. Otras enzimas no bacterianas que también están presentes en el pescado son capaces de degradar el OTMA para producir dimetilamina (DMA) y formaldehído ("Castell et al," 1973).



### 1.3. Marco Conceptual.

#### **Absorción**

“El término absorción **indica la acción de absorber**. No obstante, se emplea principalmente para referirse a la **retención de una sustancia por las moléculas que posee, bien sea en estado líquido o gaseoso**. La palabra absorción puede ser utilizada en diversas áreas como en física, química, biología o economía, por ello, puede tener diferentes usos y significados (“Absorción,” 2021).

#### **Contaminación**

“Se entiende por contaminación la presencia en el aire, agua o suelo de sustancias o formas de energía no deseables en concentraciones tales que puedan afectar al confort, salud y bienestar de las personas, y al uso y disfrute de lo que ha sido contaminado” (“Encinas M,” 2011).

#### **Contaminación atmosférica.**

Es la presencia en el aire de materias o formas de energía que implican riesgo, daño o molestia grave para las personas y seres de la naturaleza popular, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables y enfermedades. (Enciclopedia Libre Wikipedia).

#### **Daño ambiental**

Pérdida o perjuicio causado al medio ambiente o a cualquiera de sus componentes naturales o culturales (diccionario-de-términos-medioambientales-letra/d).

### **Efluentes**

“Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias” (Coniciet).

### **Impacto Ambiental**

“El **impacto ambiental** (también conocido como impacto antrópico o antropogénico sobre el medio ambiente) es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico” Impacto ambiental. (2021, 1 de julio). *Wikipedia, La enciclopedia libre*.

### **Calidad de Aire**

Técnicamente se puede definir la **calidad** del **aire**, inmisión o valor límite como la concentración de contaminante que llega a un receptor, más o menos alejado de la fuente de emisión. Calidad del aire. (2021, 18 de mayo). *Wikipedia, La enciclopedia libre*.

## **CAPÍTULO II**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **2.1. Situación Problemática**

A nivel mundial la harina de pescado es considerado como un producto de vital importancia para la alimentación animal y humana por su alto contenido proteico, pero sin embargo su producción genera un enorme impacto ambiental negativo, principalmente por los malos olores que se desprenden durante su producción. Estos olores se deben a la presencia, en los gases y vapores, de ciertas sustancias químicas como el sulfuro de hidrógeno, la trimetilamina, mercaptanos, compuestos amoniacales y compuestos orgánicos volátiles, entre otras; algunas de las cuales son altamente peligrosas para la salud humana.

Hasta hace poco se consideraba que el mal olor de la harina de pescado, era tan solo desagradable para el olfato y no dañino para la salud, pero hoy se sabe que sus componentes son incluso extremadamente peligrosos que pueden acumularse en los pulmones y producir cáncer como es el caso de algunos de los compuestos orgánicos volátiles, las dioxinas y furanos, entre otros.

Teniendo en cuenta esto y desde la perspectiva ambiental, la industrialización del pescado para la obtención de harina tiene un gran impacto sobre el medio ambiente, incluyendo animales y personas. La industria es una actividad que crea dinero, siendo fuente de empleo y contribuyendo al desarrollo del país aprovechando un recurso que se

encuentra relativamente en abundancia en el ecosistema marino peruano, como es el caso de la anchoveta.

Se sabe que la atmosfera alrededor de las plantas de harina de pescado, presentan un olor desagradable, generando malestar en la gente de los centros poblados circundantes. Lo preocupante es que todas las sustancias que generan mal olor en los humos de las plantas harineras, tienen una capacidad acumulativa en la atmósfera y algunas de ellas se metabolizan en el organismo humano y pueden producir diversas enfermedades, incluso cancerígenas en las poblaciones expuestas que constantemente inhalan estos malos olores. De allí la necesidad de realizar investigaciones a fin de encontrar procedimientos que permitan reducir o eliminar estas sustancias en las plantas harineras a fin de reducir su impacto ambiental.

## **2.2. Formulación del Problema**

### **2.2.1. Problema General**

¿Cuál es la relación entre el tratamiento químico de los efluentes gaseosos (Sulfuro de Hidrogeno y Trimetilamina) de las plantas pesqueras y la contaminación del aire de la ciudad de Pisco – 2017?

### **2.2.2. Problemas Específicos**

P.E.1 ¿Cuál es la concentración de hipoclorito de calcio que influye en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco -2017?

P.E.2 ¿Cuál es la concentración de hidróxido de calcio que incide en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco - 2017?

P.E.3 ¿Cómo el tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras influye en la concentración de Sulfuro de Hidrogeno del aire de la ciudad de Pisco -2017?

P.E.4 ¿Cómo el tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras influye en la concentración de trimetilamina del aire de la ciudad de Pisco -2017?

## **2.3. Justificación e Importancia de la Investigación**

### **2.3.1. Justificación**

En los lugares donde se ubican las industrias de harina de pescado la contaminación del agua y del aire es un problema, especialmente en Paracas (Ica), Chimbote (Ancash), Paita (Piura) y otros puertos.

En la producción de harina de pescado se utilizan técnicas de secado, los vapores con alta concentración de compuestos orgánicos de olor intenso, son vertidos al aire, causando contaminación olorosa en las zonas urbanas.

Actualmente en la industria harinera se viene usando tecnologías para la mitigación de sus emisiones gaseosas. Los métodos utilizados alcanzan una eficiencia del 70% ya que los gases no condensables poseen un olor residual, lo cual exige que puedan ser tratados por otro método de desodorizarían. Por esta razón, es necesario evaluar la carga contaminante de los efluentes gaseosos eliminados de la harina de pescado y poder proponer un método que pueda tener una mejor eficiencia.

La empresa pesquera se beneficiaría ya que la aplicación del método propuesto en sus torres lavadoras o scrubbers podría reducir significativamente la contaminación olorosa que esta industria libera de sus procesos productivos, causando que esta industria pesquera tenga una mejor gestión ambiental y mejor imagen para los clientes, además de ser muy beneficioso para el medio ambiente. Así también la reducción de estos contaminantes generaría que el nivel de exposición de la población circundante sea mucho menor, previniendo de esta manera posibles enfermedades.

### **2.3.2. Importancia**

Actualmente se han creado diversos equipos que permiten una producción más limpia de harina de pescado, que son necesarios implementar en las plantas harineras que hay en la bahía de Paracas - Pisco. Estas nuevas tecnologías permiten disminuir la contaminación ambiental, mejoran la calidad de la harina de pescado y aumentan en un mínimo porcentaje la cantidad de producto obtenido, por lo que se ve justificado el presente estudio.

La producción de harina de pescado presenta serios problemas de contaminación de agua y del aire, y afecta a valores estéticos que pueden ser importantes, especialmente en la cercanía de las agrupaciones urbanas al ensuciar playas y dar origen a malos olores.

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de

morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cáncer de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma.

Cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo.

Por las razones mencionadas, es que tiene una importancia vital realizar un estudio minucioso sobre este grave problema ambiental, plantear soluciones y que estas no queden relegadas en extensos informes y sean de una vez por todas aplicadas para evitar la deuda ecológica que tarde o temprano pagaremos y será al "contado". La naturaleza no da "plazos", ni facilidades.

## **2.4. Objetivos de la Investigación**

### **2.4.1. Objetivo General.**

Determinar la relación entre el tratamiento químico de los efluentes gaseosos (Sulfuro de Hidrógeno y Trimetilamina) de las plantas pesqueras y la contaminación del aire de la ciudad de Pisco – 2017

### **2.4.2. Objetivos Específicos.**

O.E.1. Determinar la concentración de hipoclorito de calcio que influye en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco – 2017.

O.E.2. Determinar la concentración de hidróxido de calcio que incide en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco – 2017.

O.E.3. Verificar como el tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras influye en la concentración de Sulfuro de Hidrogeno del aire de la ciudad de Pisco -2017

O.E.4. Verificar como el tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras incide en la concentración de trimetilamina del aire de la ciudad de Pisco -2017.

## **2.5. Hipótesis de Investigación**

### **2.5.1. Hipótesis General**

Existe relación entre tratamiento químico de los efluentes gaseosos (Sulfuro de Hidrógeno y Trimetilamina) de las plantas pesqueras y la contaminación del aire de la ciudad de Pisco – 2017.

### **2.5.2. Hipótesis Específicos**

H.E.1. La concentración de hipoclorito de calcio influye significativamente en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco -2017.

H.E.2. La concentración de hidróxido de calcio incide significativamente en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco -2017.

H.E.3. El tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras influye significativamente en la concentración de Sulfuro de Hidrogeno del aire de la ciudad de Pisco – 2017.

H.E.4. El tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras incide significativamente en la concentración de trimetilamina del aire de la ciudad de Pisco – 2017.



## 2.6. Variables de la Investigación

### 2.6.1. Identificación de Variables

#### Variable independiente.

Tratamiento químico de los efluentes gaseosos (Sulfuro de Hidrógeno y Trimetilamina) de las plantas pesqueras.

#### Variable dependiente.

Contaminación del aire.

### 2.6.2. Operacionalización de las variables

**TABLA 7.**

*OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>V. Independiente.</b>  Tratamiento químico de los efluentes gaseosos (Sulfuro de Hidrógeno y Trimetilamina) de las plantas pesqueras.	Es el empleo de reactivos químicos tendientes a neutralizar los efluentes gaseosos (Sulfuro de Hidrógeno y Trimetilamina) que producen el mal olor.	Realizar tratamiento químico con reactivos químicos para neutralizar los efluentes gaseosos (sulfuro de hidrógeno y trimetilamina).	Tratamiento químico del efluente gaseoso Trimetilamina (TMA).  Tratamiento químico del efluente gaseoso Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de hipoclorito de calcio.</li> <li>• Concentración de hidróxido de calcio.</li> <li>• Concentración residual de los contaminantes Sulfuro de Hidrógeno y Trimetilamina.</li> </ul>
<b>V. Dependiente:</b>  Contaminación del aire	Es la presencia en el aire de materias o formas de energía que implican riesgo, daño o molestia grave para las personas y seres de la naturaleza popular, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables y enfermedades.	Para evaluar la contaminación del aire se procede a realizar un monitoreo de la calidad del aire, lo que permitirá determinar la concentración de los contaminantes odoríferos en estudio.	Monitoreo de la calidad de aire para determinación la concentración de Sulfuro de Hidrógeno, antes y después del tratamiento químico.  Monitoreo de calidad de aire para determinación la concentración de Trimetilamina, antes y después del tratamiento químico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de Sulfuro de Hidrogeno en el aire (ug/m3).</li> <li>• Concentración de Trimetilamina en el aire, (ug/m3).</li> </ul>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación**

##### **3.1.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación es de tipo aplicada, consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular (Meyer, 2004).

##### **3.1.2. Nivel de la Investigación**

Por su nivel la presente investigación es descriptiva. Tipo de investigación que describe de modo sistemático las características de una población, situación o área de interés.

Su objetivo es llegar a conocer las situaciones a través de la descripción exacta de los procesos.

##### **3.1.3. Diseño de la Investigación**

La presente investigación responde a un diseño experimental puro ya que los datos a recolectar se obtendrán directamente de las pruebas experimentales hechas en el laboratorio.

#### **3.2. Población y Muestra**

##### **3.2.1. Población**

Está constituida por las emisiones gaseosas que se descargan a la atmosfera desde las plantas de harina de pescado que existen en la ciudad de Pisco.

### **3.2.2. Muestra**

La muestra está conformada por las emisiones gaseosas descargadas a la atmosfera por la planta de harina de pescado Tasa Sur localizada en la ciudad de Pisco (Distrito de Paracas, Provincia de Pisco, departamento de ICA).

## CAPÍTULO IV

### TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

#### 4.1. Generalidades

La finalidad de esta investigación es la determinación de un método que permita mediante la aplicación de reactivos químicos, la disminución de los malos olores que se generan durante el procesamiento del pescado para producir harina. Estos reactivos serán aplicados en las soluciones, en los equipos existentes en las plantas de harina de pescado como los scrubbers y las torres lavadoras. Para ello es preciso previamente hacer el análisis respectivo de las emisiones gaseosas que se descargan en la planta y del aire de la zona circundante a las plantas de harina de pescado.

La emisión de olores, gases y partículas de plantas de harina de pescado con secador por llama directa o calentamiento indirecto con vapor puede ser tratada eficientemente por medio de lavado y posterior quemado de la corriente de incondensables y compuestos odoríficos en la caldera. La desodorización química plantea la necesidad de neutralizar los gases emitidos, y las torres de lavado no brindan resultados adecuados. En las plantas de harina integral, el vapor extraído del secadero es empleado para el calentamiento del evaporador, por lo que el tratamiento se limita a los incondensables y vapores excedentes (Marcelo A, 2010).

Los componentes responsables del mal olor que despiden las plantas de harina de pescado, son principalmente la trimetilamina y el sulfuro de hidrógeno, por lo que en el presente estudio las muestras tomadas antes y después del tratamiento del aire son para captar dichos compuestos.

#### **4.2. Técnicas de Recolección de Datos**

Las técnicas a emplearse serán: los métodos analíticos para determinar las concentraciones de las emisiones odoríferas que se descargan junto con los gases y vapores resultantes del proceso de producción de la harina y aceite de pescado.

En la sección de ANEXOS se describen los métodos analíticos empleados para determinar las concentraciones de los parámetros evaluados.

#### **4.3. Instrumentos de Recolección de Datos**

Los instrumentos serán, los análisis de laboratorio, las corridas experimentales para verificar las concentraciones de los gases odoríferos, durante los monitoreos ambientales.

#### **4.4. Técnicas de Procesamiento, Análisis e Interpretación de Resultados**

Se procesaron los datos de medidas de tendencia central: Media, Mediana, Moda, desviación estándar. Los resultados obtenidos fueron procesados en el programa estadístico SPSS. Asimismo los estadísticos utilizados son los siguientes: prueba t student para muestras independientes, prueba t student para una muestra y la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

#### **4.5. Toma de muestras**

Las tomas de muestras del compuesto Sulfuro de Hidrógeno ( $H_2S$ ) se realizó empleando un tren de muestreo, que consiste en un sistema dinámico compuesto por una bomba de presión – succión, un controlador de flujo y una solución captadora a razón de flujo de 1,2 L/min, en un periodo de muestreo de 1 hora.

Las muestras tomadas del compuesto Trimetilamina (TMA), para los respectivos análisis se hicieron con un captador de bajo volumen, conectada a un cartucho con un adsorbente (carbón activado). El cartucho de relleno también es llamado trampa. Los tubos de absorción de carbón son usados comúnmente para captar muchos componentes orgánicos gaseosos. Diversos investigadores han encontrado eficacia de captación del 95% por este método para hidrocarburos alifáticos independientemente del caudal de muestreo. Los gránulos de carbón son empaquetados en tubos de vidrio de una longitud de 5-10 cm. El tubo es tapado en un extremo por un tapón de lana de vidrio, siendo recomendable ajustar los tapones de manera que tengan una presión de 46-53 mbar, evitando así las pérdidas de contaminante cuando se muestrea a un caudal de 2 L/min por un tiempo de 24 horas.

#### **4.6. Conservación de muestras previa al análisis.**

El almacenamiento de muestras se realiza en las condiciones adecuadas. Por ejemplo: nevera para muestras de precipitación, cámara de acondicionado para filtros de partículas que van a ser determinadas posteriormente por gravimetría. Aquellas muestras que no requieran condiciones especiales de almacenamiento, se colocan en zonas aisladas de posible contaminación y/o alteración hasta el momento de su análisis, siendo esta última, la manera en que se han conservado las muestras tomadas para los análisis reportados en la presente tesis.

#### **4.7. Ensayos realizados.**

Los instrumentos empleados para la recolección de datos han sido los métodos de ensayo para la cuantificación de la trimetilamina y el sulfuro de hidrógeno, dos de los componentes de los humos y vapores generados

durante el secado de la harina de pescado, responsables de los malos olores.

## CAPÍTULO V

### CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

#### 5.1. Contrastación de Hipótesis General.

Para determinar significancia se procedió a contrastar las hipótesis propuestas en el paquete estadístico SPSS.

#### Hipótesis General

**H<sub>0</sub>** No Existe relación entre tratamiento químico de los efluentes gaseosos (Sulfuro de Hidrógeno y Trimetilamina) de las plantas pesqueras y la contaminación del aire de la ciudad de Pisco – 2017.

$$H_0 = \mu_x = \mu_y$$

**H<sub>1</sub>** Existe relación entre tratamiento químico de los efluentes gaseosos (Sulfuro de Hidrógeno y Trimetilamina) de las plantas pesqueras y la contaminación del aire de la ciudad de Pisco – 2017.

$$H_1 = \mu_x \neq \mu_y$$

**TABLA 8.**

*Valores obtenidos de los monitoreos ambientales - Concentración de emisiones odoríferas antes y después del tratamiento químico*

PUNTO DE MUESTREO	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO
	Sulfuro de hidrogeno (ug/m3)	Sulfuro de hidrogeno (ug/m3)	Trimetilamina (ug/m3)	Trimetilamina (ug/m3)
DENTRO DE LA PLANTA	13.72	3.16	45.36	5.57
	14.05	3.18	45.59	5.58
	13.85	3.17	45.67	5.59
	13.79	3.16	46.09	5.60
A 100 METROS DE LA PLANTA	10.97	2.03	41.17	4.32
	11.01	2.04	41.19	4.34
	11.02	2.05	41.17	4.34
	11.01	2.04	41.16	4.35
A 250 METROS DE LA PLANTA	9.34	1.24	37.64	3.45
	9.33	1.23	37.56	3.43
	9.37	1.26	37.61	3.45
	9.32	1.23	37.59	3.44
A 500 METROS DE LA PLANTA	6.41	0.55	35.21	1.85
	6.38	0.53	35.23	1.86
	6.42	0.56	35.23	1.89
	6.43	0.57	35.22	1.85



### Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk:

#### Pruebas de normalidad

momento		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sulfuro de Hidrogeno	antes	,159	16	,200 <sup>*</sup>	,884	16	,044
	despues	,187	16	,138	,866	16	,023

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

#### Pruebas de normalidad

momento		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Trimetilamina	antes	,212	16	,053	,866	16	,023
	despues	,164	16	,200 <sup>*</sup>	,874	16	,031

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Podemos interpretar que los valores sig. (p-valores) en la prueba Shapiro-Wilk son menores a 0,05 lo que indica que no presentan normalidad, por lo tanto serán no paramétricos los cálculos estadísticos.

### Prueba de Mann-Whitney:

#### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

	Sulfuro de Hidrogeno
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	136,000
Z	-4,826
Sig. asintótica (bilateral)	,000
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	,000 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: momento

b. No corregido para empates.

#### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

	Trimetilamina
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	136,000
Z	-4,826
Sig. asintótica (bilateral)	,000
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	,000 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: momento

b. No corregido para empates.

### Interpretación de la prueba de hipótesis:

Como la probabilidad de la significancia es (0,000) valor menor que 0,05 se cumple la hipótesis alternativa  $H_1$  entonces diremos que el tratamiento químico de los efluentes gaseosos (Sulfuro de Hidrógeno y Trimetilamina) de las plantas pesqueras influye significativamente en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco – 2017. (Si hay diferencias significativas).

### 5.2. Contrastación de Hipótesis Específicas

#### Hipótesis específica N° 01.

**H<sub>0</sub>** La concentración de hidróxido de calcio no incide significativamente en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco -2017.

$$H_0 = \mu_x = \mu_y$$

**H<sub>1</sub>** La concentración de hidróxido de calcio incide significativamente en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco -2017.

$$H_1 = \mu_x \neq \mu_y$$

**TABLA 9.**

*Ensayo con hidróxido de calcio para neutralizar el Sulfuro de Hidrógeno*

Número de ensayo	Concentración Del Ca(OH) <sub>2</sub> , kg/m <sup>3</sup> de sol.	Concentración inicial µg/m <sup>3</sup>	H <sub>2</sub> S RESIDUAL, µg/m <sup>3</sup>
1	30	32,12	5,56
2	40		3,23
3	50		0,87
4	60		0,56

#### Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk:

##### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sulfuro de hidrogeno	,265	4	.	,899	4	,427

a. Corrección de significación de Lilliefors

Podemos interpretar que los valores sig. (p-valores) en la prueba Shapiro-Wilk son mayores a 0,05 lo que indica que presentan normalidad, por lo tanto serán paramétricos los cálculos estadísticos.

### Prueba t para una muestra:

#### Estadísticas de muestra única

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Sulfuro de hidrogeno	4	2,5550	2,33130	1,16565

#### Prueba de muestra única

	Valor de prueba = 32.12					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
VAR00001	-25,364	3	,000	-29,56500	-33,2746	-25,8554

### Interpretación de la prueba de hipótesis:

Como la probabilidad de la significancia es (0,000) valor menor que 0,05 se cumple la hipótesis alternativa  $H_1$  entonces diremos que la concentración de hidróxido de calcio incide significativamente en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco -2017. (Si hay diferencias significativas).

### Hipótesis específica N° 02.

**Ho** La concentración de hipoclorito de calcio no influye significativamente en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco -2017.

$$H_0 = \mu_x = \mu_y$$

**H<sub>1</sub>** La concentración de hipoclorito de calcio influye significativamente en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco -2017.

$$H_1 = \mu_x \neq \mu_y$$

**TABLA 10.**

*Ensayo con hipoclorito de calcio para neutralizar la Trimetilamina*

Número de ensayo	Concentración del $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ , kg/m <sup>3</sup> de sol.	Concentración inicial $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TMA RESIDUAL, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	30	71,34	5,57
2	40		3,28
3	50		2,11
4	60		1,87

### Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk:

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Trimetilamina	,242	4	.	,873	4	,311

a. Corrección de significación de Lilliefors

Podemos interpretar que los valores sig. (p-valores) en la prueba Shapiro-Wilk son mayores a 0,05 lo que indica que presentan normalidad, por lo tanto serán paramétricos los cálculos estadísticos.

### Prueba t para una muestra:

**Estadísticas de muestra única**

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Trimetilamina	4	3,2075	1,69116	,84558

**Prueba de muestra única**

	Valor de prueba = 71.34					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
VAR00001	-80,575	3	,000	-68,13250	-70,8235	-65,4415

### Interpretación de la prueba de hipótesis:

Como la probabilidad de la significancia es (0,000) valor menor que 0,05 se cumple la hipótesis alternativa  $H_1$  entonces diremos que la concentración de hipoclorito de calcio incide significativamente en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco -2017. (Si hay diferencias significativas).

### Hipótesis específica N° 03.

**Ho** El tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras no influye significativamente en la concentración de Sulfuro de Hidrógeno del aire de la ciudad de Pisco – 2017.

$$H_0 = \mu_x = \mu_y$$

**H<sub>1</sub>** El tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras influye significativamente en la concentración de Sulfuro de Hidrógeno del aire de la ciudad de Pisco – 2017.

$$H_1 = \mu_x \neq \mu_y$$

**TABLA 11.**

*Valores obtenidos de los monitoreos ambientales - Concentración de Sulfuro de Hidrógeno antes y después del tratamiento químico.*

PUNTO DE MUESTREO	ANTES DEL TRATAMIENTO $H_2S$ ( $\mu g/m^3$ )	DESPUES DEL TRATAMIENTO $H_2S$ ( $\mu g/m^3$ )
DENTRO DE PLANTA	13.72	3.16
	14.05	3.18
	13.85	3.17
	13.79	3.16
A 100 METROS DE LA PLANTA.	10.97	2.03
	11.01	2.04
	11.02	2.05
A 250 METROS DE LA PLANTA.	11.01	2.04
	9.34	1.24
	9.33	1.23
	9.37	1.26
A 500 METROS DE LA PLANTA.	9.32	1.23
	6.41	0.55
	6.38	0.53
	6.42	0.56
	6.43	0.57

Se analizaron los valores en el programa estadístico SPSS para cada uno de los puntos de muestreo, para determinar si presentan normalidad:

**Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk:**

Prueba de normalidad					
Punto de muestreo	Momento		Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.
Dentro de la planta	Sulfuro de Hidrógeno	Antes	0.93	4	0.58
		Después	0.86	4	0.27
A 100 metros de la planta	Sulfuro de Hidrógeno	Antes	0.80	4	0.10
		Después	0.94	4	0.68
A 250 metros de la planta	Sulfuro de Hidrógeno	Antes	0.93	4	0.58
		Después	0.83	4	0.16
A 500 metros de la planta	Sulfuro de Hidrógeno	Antes	0.93	4	0.58
		Después	0.97	4	0.85

Podemos interpretar que los valores sig. (p-valores) en la prueba Shapiro-Wilk son mayores a 0,05 lo que indica que presentan normalidad, por lo tanto serán paramétricos los cálculos estadísticos.

### Prueba t para muestras independientes:

#### ❖ PUNTO DE MUESTREO: DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA:

Estadísticas de grupo					
momento		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
concentración	1,00	4	13.8525	.14198	.07099
	2,00	4	3.1675	.00957	.00479

Prueba de muestras independientes										
		calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
concentración	Se asumen varianzas iguales	4.643	.075	150.173	6	.000	10.68500	.07115	10.51090	10.85910
	No se asumen varianzas iguales			150.173	3.027	.000	10.68500	.07115	10.45972	10.91028

#### ❖ PUNTO DE MUESTREO: A 100 METROS DE LA PLANTA:

Estadísticas de grupo					
momento		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
concentración	1,00	4	11.0025	.02217	.01109
	2,00	4	2.0400	.00816	.00408

Prueba de muestras independientes										
		calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
concentración	Se asumen varianzas iguales	2.928	.138	758.599	6	.000	8.96250	.01181	8.93359	8.99141
	No se asumen varianzas iguales			758.599	3.799	.000	8.96250	.01181	8.92900	8.99600

#### ❖ PUNTO DE MUESTREO: A 250 METROS DE LA PLANTA:

Estadísticas de grupo					
momento		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
concentración	1,00	4	9.3400	.02160	.01080
	2,00	4	1.2400	.01414	.00707

Prueba de muestras independientes										
		calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
concentración	Se asumen varianzas iguales	.429	.537	627.423	6	.000	8.10000	.01291	8.06841	8.13159
	No se asumen varianzas iguales			627.423	5.172	.000	8.10000	.01291	8.06714	8.13286

#### ❖ PUNTO DE MUESTREO: A 500 METROS DE LA PLANTA:

Estadísticas de grupo					
momento		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
concentración	1,00	4	6.4100	.02160	.01080
	2,00	4	.5525	.01708	.00854

Prueba de muestras independientes										
		calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
concentración	Se asumen varianzas iguales	.100	.763	425.414	6	.000	5.85750	.01377	5.82381	5.89119
	No se asumen varianzas iguales			425.414	5.697	.000	5.85750	.01377	5.82337	5.89163

#### Interpretación de la prueba de hipótesis:

Como la probabilidad de la significancia para todos los puntos de muestreo es (0,000) valor menor que 0,05 se cumple la hipótesis alternativa  $H_1$  entonces diremos que el tratamiento químico influye significativamente en la concentración de Sulfuro de Hidrogeno del aire de la ciudad de Pisco – 2017. (Si hay diferencias significativas).

#### Hipótesis específica N° 04.

**H<sub>0</sub>** El tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras no incide significativamente en la concentración de trimetilamina del aire de la ciudad de Pisco – 2017.

$$H_0 = \mu_x = \mu_y$$

**H<sub>1</sub>** El tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras incide significativamente en la concentración de trimetilamina del aire de la ciudad de Pisco – 2017.

$$H_1 = \mu_x \neq \mu_y$$

**TABLA 12.**

*Valores obtenidos de los monitoreos ambientales - Concentración de Trimetilamina antes y después del tratamiento químico.*

PUNTO DE MUESTREO	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO
	$N(CH_3)_3$ $\mu g/m^3$	$N(CH_3)_3$ $\mu g/m^3$
DENTRO DE PLANTA	45.36	5.57
	45.59	5.58
	45.67	5.59
	46.09	5.60
A 100 METROS DE LA PLANTA.	41.17	4.32
	41.19	4.34
	41.17	4.34
	41.16	4.35
A 250 METROS DE LA PLANTA.	37.64	3.45
	37.56	3.43
	37.61	3.45
	37.59	3.44
A 500 METROS DE LA PLANTA.	35.21	1.85
	35.23	1.86
	35.23	1.89
	35.22	1.85

Se analizaron los valores en el programa estadístico SPSS para cada uno de los puntos de muestreo, para determinar si presentan normalidad:

**Prueba de Shapiro-Wilk:**

Prueba de normalidad					
Punto de muestreo	Momento	Shapiro-Wilk			
		Estadístico	gl	Sig.	
Dentro de la planta	Trimetilamina	Antes	0.95	4	0.73
		Después	0.99	4	0.97
A 100 metros de la planta	Trimetilamina	Antes	0.89	4	0.41
		Después	0.89	4	0.41
A 250 metros de la planta	Trimetilamina	Antes	1.00	4	1.00
		Después	0.86	4	0.27
A 500 metros de la planta	Trimetilamina	Antes	0.86	4	0.27
		Después	0.79	4	0.09

Podemos interpretar que los valores sig. (p-valores) en la prueba Shapiro-Wilk son mayores a 0,05 lo que indica que presentan normalidad, por lo tanto serán paramétricos los cálculos estadísticos.



**Prueba t para muestras independientes:**

**❖ PUNTO DE MUESTREO: DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA:**

Estadísticas de grupo					
momento		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
concentración	1,00	4	45.6775	.30478	.15239
	2,00	4	5.5850	.01291	.00645

Prueba de muestras independientes										
		calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	confianza de la diferencia	
concentración	Se asumen varianzas iguales	4.255	.085	262.855	6	.000	40.09250	.15253	39.71928	40.46572
	No se asumen varianzas iguales			262.855	3.011	.000	40.09250	.15253	39.60807	40.57693

**❖ PUNTO DE MUESTREO: A 100 METROS DE LA PLANTA:**

Estadísticas de grupo					
momento		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
concentración	1,00	4	41.1725	.01258	.00629
	2,00	4	4.3375	.01258	.00629

		calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	confianza de la diferencia	
concentración	Se asumen varianzas iguales	.000	1.000	4139.897	6	.000	36.83500	.00890	36.81323	36.85677
	No se asumen varianzas iguales			4139.897	6.000	.000	36.83500	.00890	36.81323	36.85677

**❖ PUNTO DE MUESTREO: A 250 METROS DE LA PLANTA:**

momento		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
concentración	1,00	4	37.6000	.03367	.01683
	2,00	4	3.4425	.00957	.00479

		calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	confianza de la diferencia	
concentración	Se asumen varianzas iguales	3.868	.097	1951.857	6	.000	34.15750	.01750	34.11468	34.20032
	No se asumen varianzas iguales			1951.857	3.482	.000	34.15750	.01750	34.10593	34.20907

❖ PUNTO DE MUESTREO: A 500 METROS DE LA PLANTA:

Estadísticas de grupo					
momento		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
concentración	1,00	4	35.2225	.00957	.00479
	2,00	4	1.8625	.01893	.00946

Prueba de muestras independientes										
		calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
concentración	Se asumen varianzas iguales	1.271	.303	3145.211	6	.000	33.36000	.01061	33.33405	33.38595
	No se asumen varianzas iguales			3145.211	4.441	.000	33.36000	.01061	33.33167	33.38833

**Interpretación de la prueba de hipótesis:**

Como la probabilidad de la significancia para todos los puntos de muestreo es (0,000) valor menor que 0,05 se cumple la hipótesis alternativa  $H_1$  entonces diremos que el tratamiento químico incide significativamente en la concentración de trimetilamina del aire de la ciudad de Pisco – 2017 (Si hay diferencias significativas).

## CAPÍTULO VI

### PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1. Presentación e Interpretación de Resultados

##### 6.1.1. De las muestras de aire antes del tratamiento químico

**TABLA 13.**

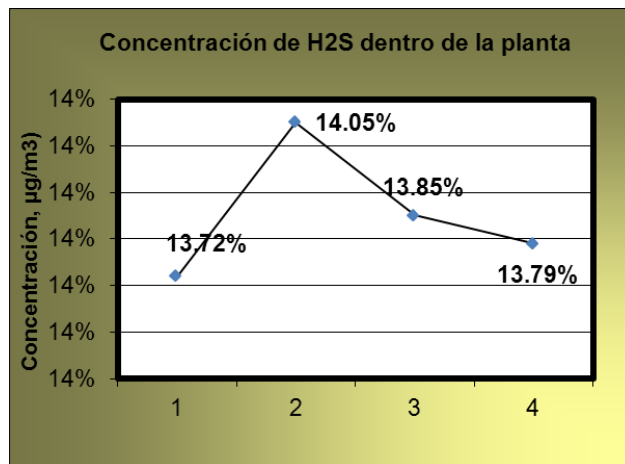
*ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR H<sub>2</sub>S*

*(Muestra tomada dentro de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	µg/m <sup>3</sup>	13,72
02	µg/m <sup>3</sup>	14,05
03	µg/m <sup>3</sup>	13,85
04	µg/m <sup>3</sup>	13,79
PROMEDIO	µg/m <sup>3</sup>	13,85

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 1.**



La tabla 13 y su gráfico 1 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada antes del tratamiento químico con hidróxido de calcio. Como se puede observar la concentración de sulfuro de hidrógeno en el interior de la planta alcanza un promedio de 13,85 µg/m<sup>3</sup>

**TABLA 14.**

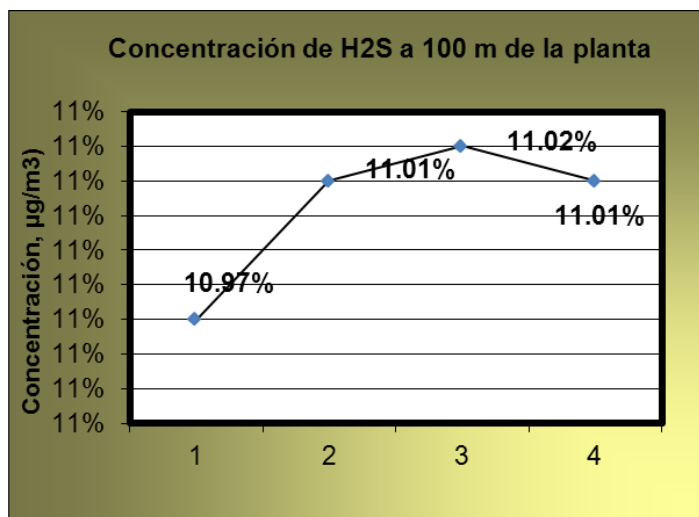
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR H<sub>2</sub>S**

*(Muestra tomada a 100 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	µg/m <sup>3</sup>	10,97
02	µg/m <sup>3</sup>	11,01
03	µg/m <sup>3</sup>	11,02
04	µg/m <sup>3</sup>	11,01
PROMEDIO	µg/m <sup>3</sup>	11,00

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 2.**



La tabla 14 y su gráfico 2 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada antes del tratamiento químico con hidróxido de calcio. Como se puede observar la concentración de sulfuro de hidrógeno a 100 m de la planta alcanza un promedio de 11,00 µg/m<sup>3</sup>.

**TABLA 15.**

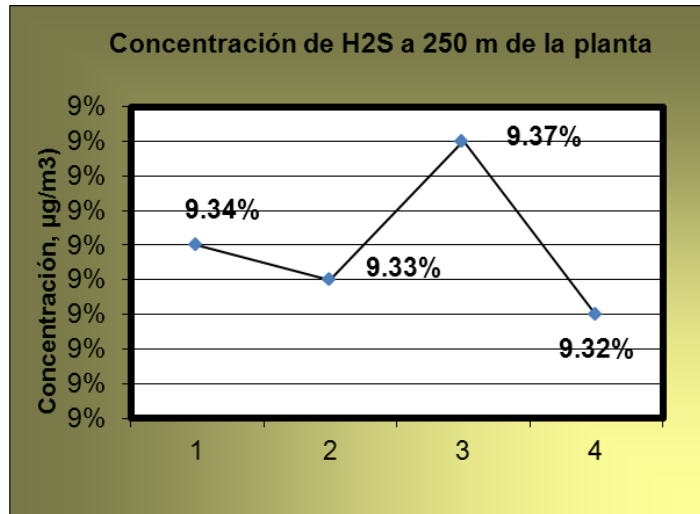
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR H<sub>2</sub>S**

*(Muestra tomada a 250 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	µg/m <sup>3</sup>	9,34
02	µg/m <sup>3</sup>	9,33
03	µg/m <sup>3</sup>	9,37
04	µg/m <sup>3</sup>	9,32
PROMEDIO	µg/m <sup>3</sup>	9.34

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 3.**



La tabla 15 y su gráfico 3 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada antes del tratamiento químico con hidróxido de calcio. Como se puede observar la concentración de sulfuro de hidrógeno a 250 m de la planta alcanza un promedio de 9,34 µg/m<sup>3</sup>.

**TABLA 16.**

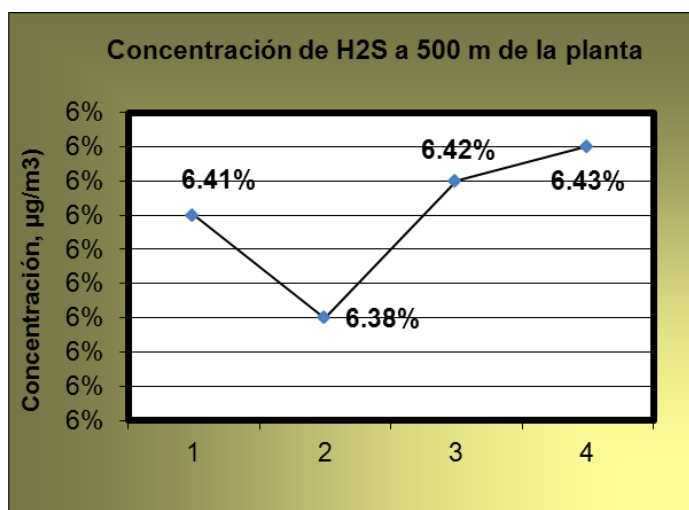
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR H<sub>2</sub>S**

*(Muestra tomada a 500 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	µg/m <sup>3</sup>	6,41
02	µg/m <sup>3</sup>	6,38
03	µg/m <sup>3</sup>	6,42
04	µg/m <sup>3</sup>	6,43
PROMEDIO	µg/m <sup>3</sup>	6.41

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 4.**



La tabla 16 y su gráfico 4 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada antes del tratamiento químico con hidróxido de calcio. Como se puede observar la concentración de sulfuro de hidrógeno a 500 m de la planta alcanza un promedio de 6,41 µg/m<sup>3</sup>.

**TABLA 17.**

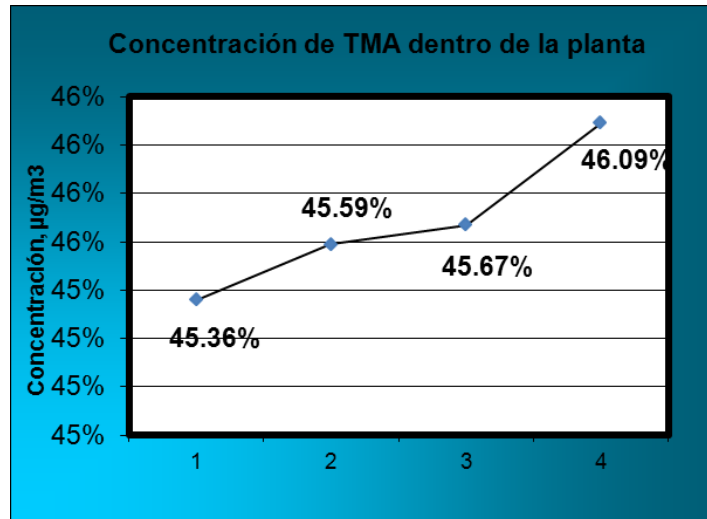
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR TMA**

*(Muestra tomada dentro de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	45,36
02	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	45,59
03	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	45,67
04	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	46,09
PROMEDIO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	45,68

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 5.**



La tabla 17 y su gráfico 5 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada antes del tratamiento químico con hipoclorito de calcio. Como se puede observar la concentración de trimetilamina (TMA) en el interior de la planta alcanza un promedio de  $45,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**TABLA 18.**

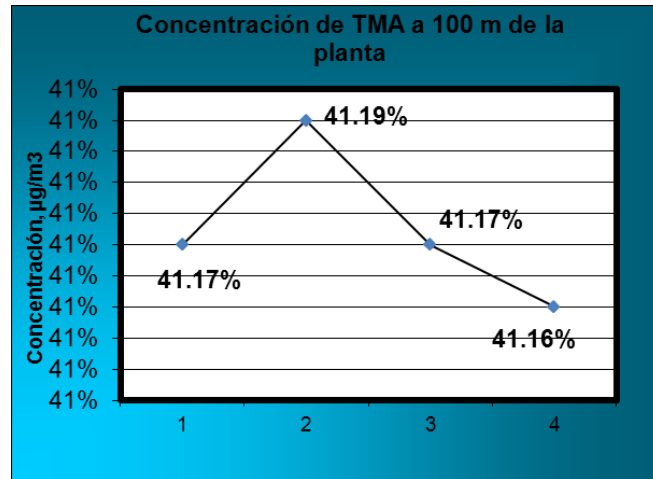
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR TMA**

*(Muestra tomada a 100 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	41,17
02	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	41,19
03	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	41,17
04	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	41,16
PROMEDIO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	41,17

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 6.**



La tabla 18 y su gráfico 6 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada antes del tratamiento químico con hipoclorito de calcio. Como se puede observar la concentración de trimetilamina (TMA) a 100 m de la planta alcanza un promedio de  $41,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**TABLA 19.**

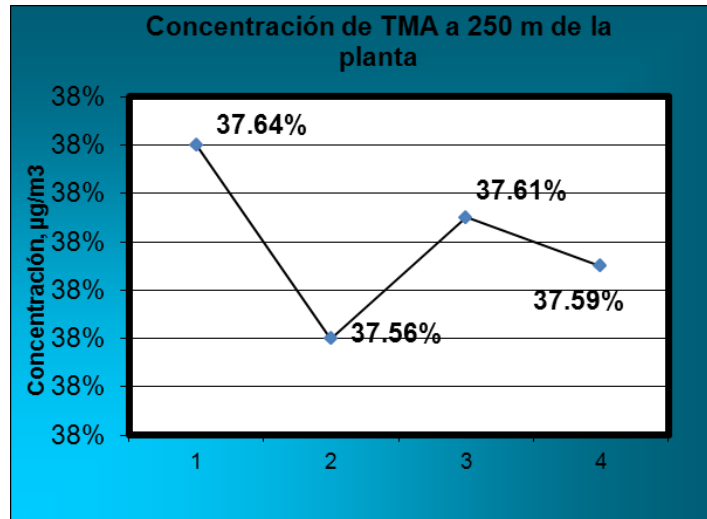
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR TMA**

*(Muestra tomada a 250 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	37,64
02	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	37,56
03	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	37,61
04	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	37,59
PROMEDIO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	37,60

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 7.**



La tabla 19 y su gráfico 7 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada antes del tratamiento químico con hipoclorito de calcio. Como se puede observar la concentración de trimetilamina (TMA) a 250 m de la planta alcanza un promedio de  $37,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**TABLA 20.**

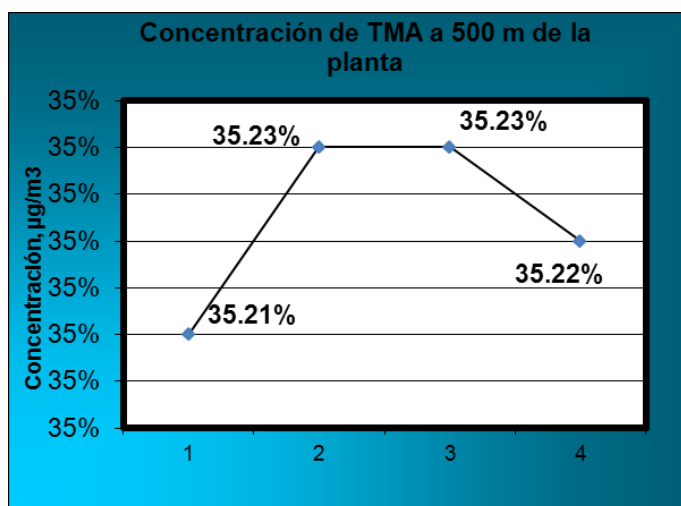
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR TMA**

*(Muestra tomada a 500 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	35,21
02	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	35,23
03	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	35,23
04	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	35,22
PROMEDIO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	35,22

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 8.**



La tabla 20 y su gráfico 8 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada antes del tratamiento químico con hipoclorito de calcio. Como se puede observar la concentración de trimetilamina (TMA) a 500 m de la planta alcanza un promedio de  $35,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 6.1.2. De las muestras de aire después del tratamiento químico

**TABLA 21.**

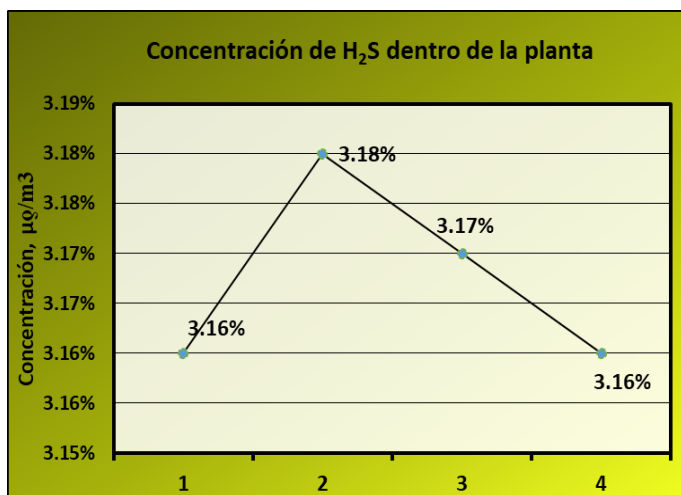
*ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR H<sub>2</sub>S*

*(Muestra tomada dentro de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	µg/m <sup>3</sup>	3,16
02	µg/m <sup>3</sup>	3,18
03	µg/m <sup>3</sup>	3,17
04	µg/m <sup>3</sup>	3,16
PROMEDIO	µg/m <sup>3</sup>	3,17

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 9.**



La tabla 21 y su gráfico 9 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada después del tratamiento químico con hidróxido de calcio. Como se puede observar la concentración del sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) dentro de la planta alcanza un promedio de 3,17 µg/m<sup>3</sup>.

**TABLA 22.**

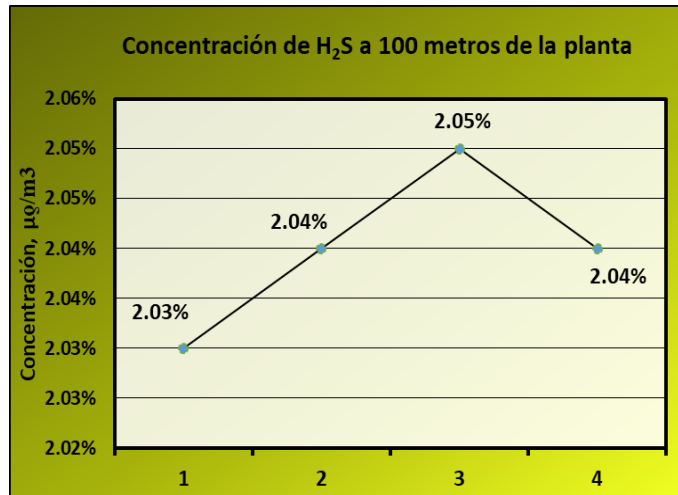
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR H<sub>2</sub>S**

*(Muestra tomada a 100 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	µg/m <sup>3</sup>	2,03
02	µg/m <sup>3</sup>	2,04
03	µg/m <sup>3</sup>	2,05
04	µg/m <sup>3</sup>	2,04
PROMEDIO	µg/m <sup>3</sup>	2,04

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 10.**



La tabla 22 y su gráfico 10 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada después del tratamiento químico con hidróxido de calcio. Como se puede observar la concentración del sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) a 100 m de la planta alcanza un promedio de 2,04 µg/m<sup>3</sup>.

**TABLA 23.**

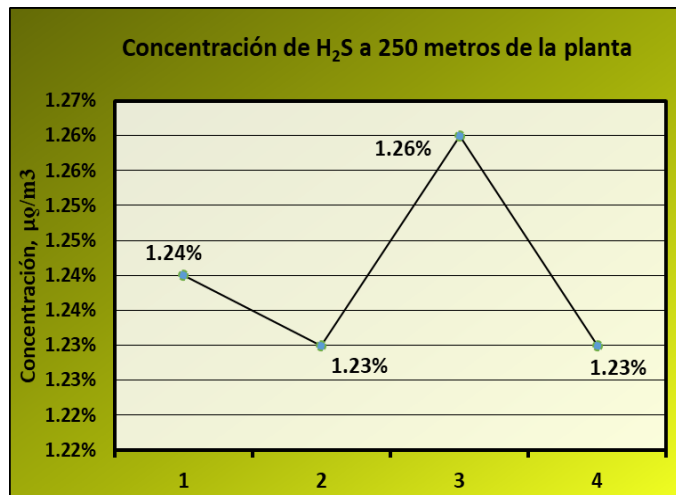
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR H<sub>2</sub>S**

*(Muestra tomada a 250 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	µg/m <sup>3</sup>	1,24
02	µg/m <sup>3</sup>	1,23
03	µg/m <sup>3</sup>	1,26
04	µg/m <sup>3</sup>	1,23
PROMEDIO	µg/m <sup>3</sup>	1,24

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 11.**



La tabla 23 y su gráfico 11 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada después del tratamiento químico con hidróxido de calcio. Como se puede observar la concentración del sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) a 250 m de la planta alcanza un promedio de 1,24 µg/m<sup>3</sup>.

**TABLA 24.**

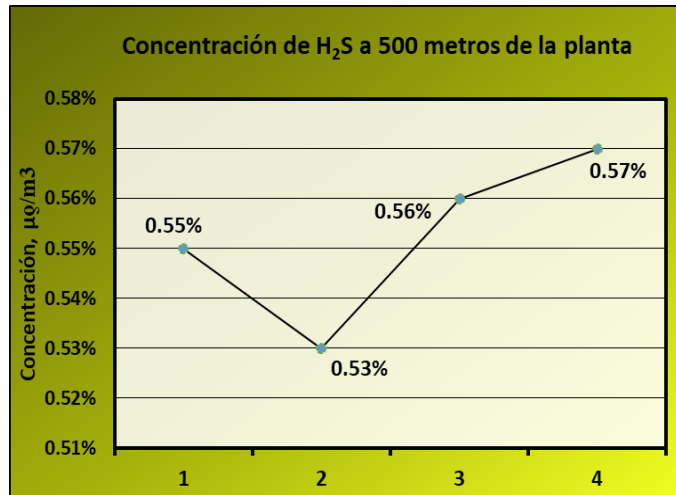
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR H<sub>2</sub>S**

*(Muestra tomada a 500 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	µg/m <sup>3</sup>	0,55
02	µg/m <sup>3</sup>	0,53
03	µg/m <sup>3</sup>	0,56
04	µg/m <sup>3</sup>	0,57
PROMEDIO	µg/m <sup>3</sup>	0,55

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 12.**



La tabla 24 y su gráfico 12 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada después del tratamiento químico con hidróxido de calcio. Como se puede observar la concentración del sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) a 500 m de la planta alcanza un promedio de 0,55 µg/m<sup>3</sup>.

**TABLA 25.**

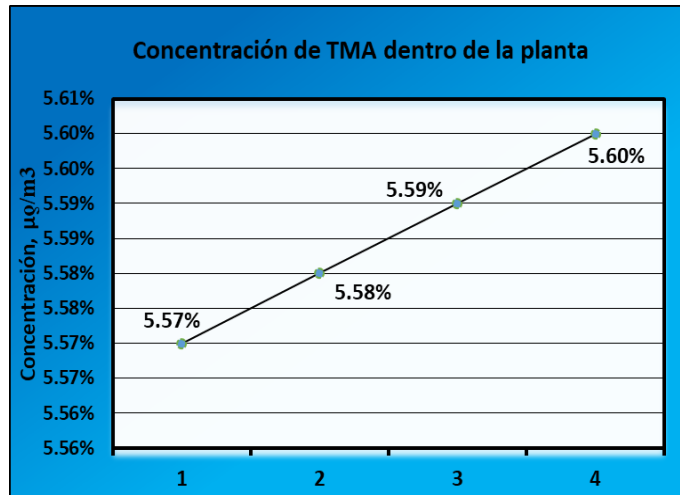
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR TMA**

*(Muestra tomada dentro de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,57
02	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,58
03	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,59
04	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,60
PROMEDIO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,59

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 13.**



La tabla 25 y su gráfico 13 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada después del tratamiento químico con hipoclorito de calcio. Como se puede observar la concentración del trimetilamina (TMA) dentro de la planta alcanza un promedio de  $5,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**TABLA 26.**

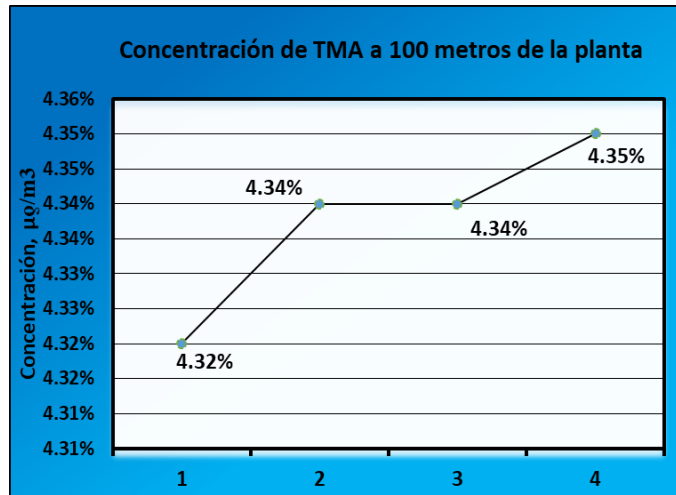
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR TMA**

*(Muestra tomada a 100 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,32
02	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,34
03	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,34
04	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,35
PROMEDIO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,34

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 14.**



La tabla 26 y su gráfico 14 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada después del tratamiento químico con hipoclorito de calcio. Como se puede observar la concentración del trimetilamina (TMA) a 100 m de la planta alcanza un promedio de  $4,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**TABLA 27.**

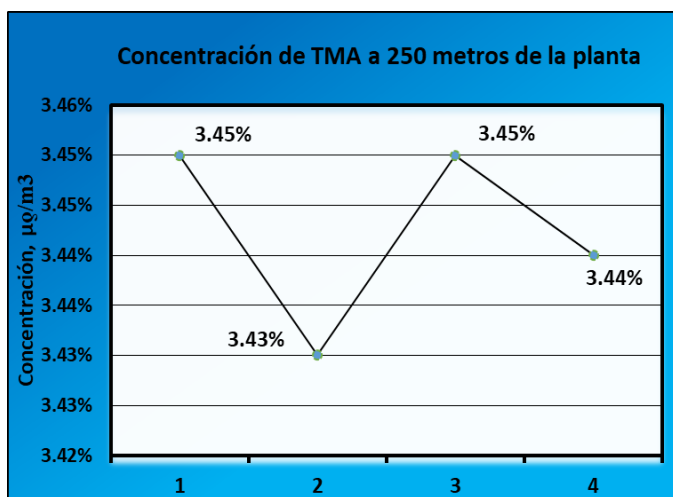
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR TMA**

*(Muestra tomada a 250 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,45
02	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,43
03	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,45
04	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,44
PROMEDIO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,44

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 15.**



La tabla 27 y su gráfico 15 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada después del tratamiento químico con hipoclorito de calcio. Como se puede observar la concentración del trimetilamina (TMA) a 250 m de la planta alcanza un promedio de  $3,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**TABLA 28.**

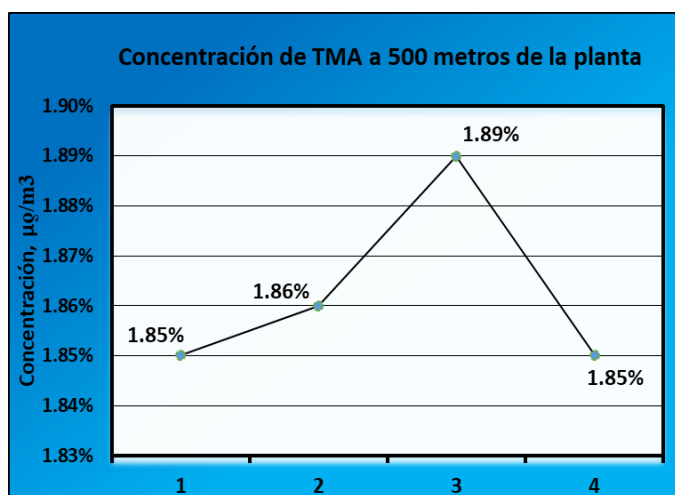
**ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AIRE PARA DETERMINAR TMA**

*(Muestra tomada a 500 m de las instalaciones de la planta)*

Nº DE MUESTRA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
01	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,85
02	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,86
03	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,89
04	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,85
PROMEDIO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,86

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 16.**

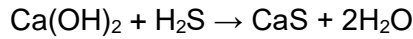


La tabla 28 y su gráfico 16 muestran los resultados del análisis de una muestra de aire contaminado con humos y vapores de una planta productora de harina de pescado, tomada después del tratamiento químico con hipoclorito de calcio. Como se puede observar la concentración del trimetilamina (TMA) a 500 m de la planta alcanza un promedio de  $1,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 6.1.3. Resultados de los ensayos con los reactivos.

**TABLA 29.**

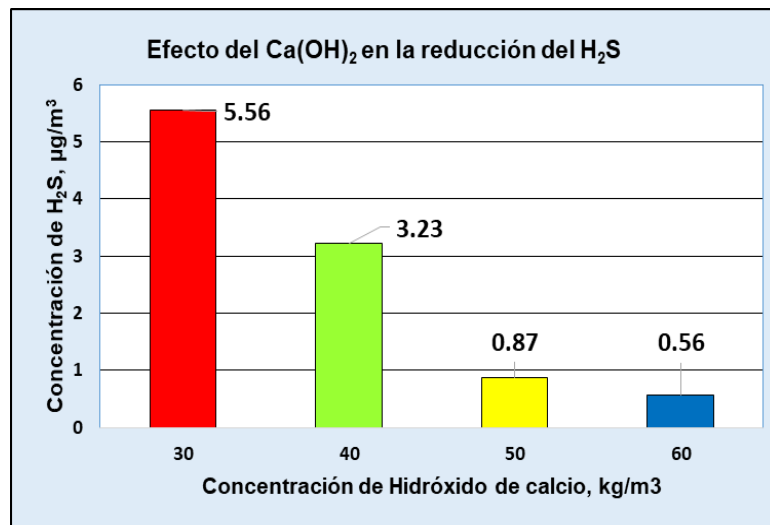
*ENSAYO CON HIDRÓXIDO DE CALCIO PARA NEUTRALIZAR EL SULFURO DE HIDRÓGENO.*



Número De ensayo	Concentración Del Ca(OH) <sub>2</sub> , kg/m <sup>3</sup> de sol.	Concentración inicial H <sub>2</sub> S µg/m <sup>3</sup>	H <sub>2</sub> S RESIDUAL, µg/m <sup>3</sup>
01	30	32,12	5,56
02	40		3,23
03	50		0,87
04	60		0,56
Media	45.00		2.56

Fuente: Datos experimentales.

**GRÁFICO 17.**

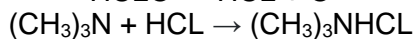
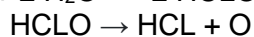


La tabla 29 y su gráfico 17 muestran los resultados de los ensayos hechos con el hidróxido de calcio para neutralizar el sulfuro de hidrógeno uno de los dos principales responsables del mal olor de los humos y vapores que se desprenden del proceso de la harina de pescado. Como se puede observar conforme aumenta la concentración del hidróxido de calcio, disminuye la concentración del sulfuro de hidrógeno en los humos y por ende disminuye el mal olor.

**TABLA 30.**

**ENSAYO CON HIPOCLORITO DE CALCIO PARA NEUTRALIZAR**

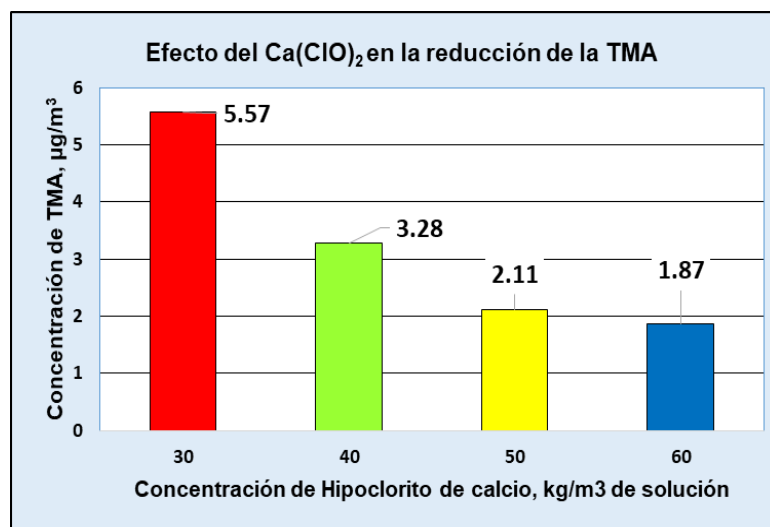
**LA TRIMETILAMINA (TMA)**



Número de ensayo	Concentración del $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ , $\text{kg/m}^3$ de sol.	Concentración inicial TMA $\mu\text{g/m}^3$	TMA RESIDUAL, $\mu\text{g/m}^3$
01	30	71,34	5,57
02	40		3,28
03	50		2,11
04	60		1,87
Media	45.00		3.21

Fuente: Datos experimentales

**GRÁFICO 18.**



La tabla 30 y su gráfico 18 muestran los resultados de los ensayos hechos con el hipoclorito de calcio para neutralizar la trimetilamina otro de los dos principales responsables del mal olor de los humos y vapores que se desprenden del proceso de la harina de pescado. Como se puede observar conforme aumenta la concentración del hipoclorito, disminuye la concentración de la trimetilamina en los humos y por ende disminuye el mal olor.

## 6.2. Discusión de resultados

El lavado de los humos y vapores que salen de los hornos de secado directo o indirecto debe de hacerse en dos columnas de burbujeo, en una de las cuales se pondrá el hipoclorito de calcio y en la otra el hidróxido de calcio, de esta manera primeramente se neutraliza la trimetilamina y la acidez residual generada por el hipoclorito disuelto en agua se neutraliza en la torre de lavado con hidróxido de calcio, encargado de neutralizar el sulfuro de hidrógeno. Las pruebas experimentales realizadas han permitido obtener resultados muy por debajo de los límites permisibles propuestos por la **USEPA (United States Environmental Protection Agency: Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos)**, la cual fija como límites:  $7\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas para el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y  $30\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas para la trimetilamina. Con el tratamiento químico propuesto se obtienen como resultados:  $0,55\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas para el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y  $1,86\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas para la trimetilamina. Es decir el método propuesto, supera lo propuesto como límite permisible.

Las muestras se tomaron en diferentes puntos de la planta pesquera Tasa sur. Una muestra se tomó dentro de la planta, en el área de producción, donde la concentración de sulfuro de hidrógeno alcanzó la concentración de  $14,05\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el doble de la cantidad considerada límite máximo permisible  $7\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; así mismo se encontró que la concentración máxima de trimetilamina es de  $46,09\mu\text{g}/\text{m}^3$ , cantidad muy por encima de la establecida.

Las otras muestras se tomaron a 100, 250 y 500 m fuera de la planta, cuyos resultados indican que conforme nos alejamos de la fuente, la

concentración de estas sustancias disminuye sin embargo el olor que producen es percibido por el olfato humano hasta en un umbral de 3 ppb, esta es la razón por la cual el viento puede arrastarlos varios kilómetros.

El tratamiento propuesto disminuye sustancialmente la cantidad de estos contaminantes, lo que permite inferir que dicho procedimiento permitirá reducir la contaminación ambiental de la zona.

## CONCLUSIONES

1. Se ha establecido relación directa entre el tratamiento químico de los efluentes gaseosos ( $H_2S$  y TMA) de la Industria de harina de pescado y la contaminación del aire de la ciudad de Pisco – 2017; ya que los compuestos químicos responsables del mal olor de los humos y vapores generados durante el secado de la harina de pescado, disminuyen desde 14,05 hasta  $0,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el caso del sulfuro de hidrógeno y desde 46,09 hasta  $1,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el caso de la trimetilamina.
2. Se determinó que la concentración del hipoclorito de calcio para neutralizar la trimetilamina (TMA), influye significativamente en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco - 2017; ya que conforme aumenta la concentración de hipoclorito de calcio en la solución absorbente desde 30 hasta  $60 \text{ kg}/\text{m}^3$ , disminuye la concentración de la trimetilamina desde  $5,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$  hasta  $1,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en los humos y por ende disminuye el mal olor.
3. Se determinó que la concentración del hidróxido de calcio para neutralizar el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), incide significativamente en la contaminación del aire de la ciudad de Pisco - 2017; ya que conforme aumenta la concentración de hidróxido de calcio en la solución absorbente desde 30 hasta  $60 \text{ kg}/\text{m}^3$ , disminuye la concentración del sulfuro de hidrógeno desde  $5,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  hasta  $0,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en los humos y por ende disminuye el mal olor.
4. Se verificó que el tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras influye significativamente en la concentración de sulfuro de hidrógeno del aire de la ciudad de Pisco -2017; ya que la concentración del sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) del aire de la ciudad de Pisco disminuye desde 14,05 hasta  $0,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor muy por debajo del límite permisible propuesto

por la USEPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos), la cual fija como límite permisible para el sulfuro de hidrógeno de  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas.

5. Se verificó que el tratamiento químico de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras incide significativamente en la concentración de Trimetilamina del aire de la ciudad de Pisco -2017; ya que la concentración de la Trimetilamina (TMA) del aire de la ciudad de Pisco disminuye desde 46,09 hasta  $1,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor muy por debajo del límite permisible propuesto por la USEPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos), la cual fija como límite permisible para la trimetilamina de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda profundizar el presente estudio abarcando un mayor número de sustancias contaminantes presentes en los humos y vapores, los mismos que en parte también son eliminados por las sustancias químicas empleadas, pero que no han sido tomadas en cuenta en el estudio.
2. Establecer un sistema que permita cuantificar el olor, dependiendo de la lejanía o cercanía de la fuente, a fin de valorar de manera concreta el efecto de las sustancias odoríferas.
3. Se recomienda hacer un estudio similar al presente pero de los efluentes líquidos y sólidos que son eliminados en las plantas pesqueras.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

- Albrecht Ruiz, M. y Salas Maldonado, A. 2001. *El pescado y la histamina (escombrotóxina)*. Infopesca Internacional.
- Anderson, I. S., Lall, S. P., Anderson, D. M. & McNiven, M. A. 1993. *Evaluation of protein quality in fish meals by chemical and biological assays*. Aquaculture.
- Atlas-Stord. 2002. *Condiciones técnicas de funcionamiento de equipos en página web*. Atlas-Stord, empresa danesa diseñadora de tecnología de producción de harina.
- Au Díaz, N. 1996a. *Elaboración de harina de pescado de alta calidad. Curso de operación, producción con calidad*. Concepción, Chile.
- Au Díaz, N. 1996b. *Elaboración de harina de pescado de alta calidad. Manual preparado especialmente para Esmital Ltda*. Concepción, Chile.
- Avdalov, N. (2014). *Manual Básico sobre procesamiento e inocuidad de productos de la acuicultura*. Asunción: FAO.
- New, M.B. 2002. *Fishmeal and oil. Supplies and Markets. In: Presentation to Ground Fish Form. IFFO (International Fishmeal and Fish Oil Organization)*, UK.
- Barlow S.M., Collier, G.S., Juritz, I.M., Burt, J.R., Opstvedt, J. y Miller, E.L. 1984. Chemical and biological assay procedures for lysine in fish meals. 1. *Sci. Food Agric*.
- Barlow, S.M., Pike, I.H. y Nixon, F. 1979. Choline content of fish meals from various origins. IAFMM (International Association of Fish Meal Manufacturers). Technical Bulletin No.7.
- Barlow, S.M. and Windsor, M.L. 1981. Fishery by-products. IAFMM (International Association of Fish Meal Manufacturers). Technical Bulletin No. 9.

- Belitz, H.O. y Grosch W. 2012. Química de los alimentos (3era. Ed.). Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España.
- Bertullo, V. H. 1975. Tecnología de los productos y subproductos del pescado, moluscos y crustáceos. Editorial Hemisferio Sur, S.R.L, Buenos Aires.
- Bertullo, V. H., Santos, B. y Alvarez, C. 1968. B.P.c. (Bio-Proteo-Catenolizado) de pescado para uso animal y harina de pescado. Revista del Instituto de Investigaciones Pesqueras Universidad de la Plata. Facultad de Veterinaria, Montevideo. V01.2No.I.
- Bórquez, R., Espinoza, M. y Ormeño, R. 1994. Effects of storage time and chemical preservatives on the total volatile basic nitrogen content in chilean mackerel (*Trachurus murphy*). Prior to fish meal production. J. Sci. Food Agric.
- Burgess, G.H.O., Cutting, c.L., Lovren, 1.A. y Waterman, 1.1. (1971). *Harina y aceite de pescado. En: El pescado y las industrias derivadas de la pesca. Capítulo 10. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España.*
- Casales, H. R., Yeannes, M. 1.y Zugarramurdi, A. (1991). *Conservas de caballa: composición química proximal y evaluación sensorial.* Alimentaria. Enero-Febrero.
- Cabello A., García A., Figuera B., Higuera Y., Vallenilla O.,et. al. 2013. *Calidad Fisicoquímica de la Harina de Pescado Venezolana.* Venezuela. Universidad de Oriente.
- Civit, E. M., Parín, M. A. y Lupín, H. M. (1982). *Recovery of protein and oil from fishery bloodwater waste.* Water Res.
- Connell, II y Hardy, R. (1987). *Productos y métodos de utilización más recientes. En: Avances en tecnología de los productos pesqueros.* Ed. Acribia, S.A., Zaragoza, España.

- Cruzado Martínez, A., y Valdez Avendaño, B. (2013). *Guía Metodológica para la estimación de emisión de fuentes fijas*. Mexico: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Creeton P. 1997. Efecto de dos diferentes niveles de Histamina presente en harinas de pescado nacionales utilizadas en la alimentación de Broilers. Chile. Universidad Austral de Chile.
- Chile Pesquero. 1998. *Harina y aceite de pescado: Notables avances tecnológicos*. Equipo de redacción de la revista. 107
- Chon, W. 2001. *El mercado de la harina de pescado en China*. Chile pesquero. 120
- Chu, J. (2016). *Pesca industrial: harina y aceite de pescado en el Perú*. Universidad de Piura. Programa de Alta Dirección. Piura, Perú.
- De Nevers, N. (2000). *Ingeniería de control de la contaminación del aire*. McGraw-Hill, México. 1a. Ed.
- Encinas Malagon, M. D. (2011). *Medio Ambiente y Contaminacion, Principios Básicos*. ISBN: 978-84-615-1145-7.119
- FAO. (1986). *Fishery Industries Division. "The production of fish meal and oil"*. FAO, Italia.142.
- Farro, H. (2007). *Industria Pesquera*. Lima.
- Huss, H. (1999). *El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad*. Documentos técnicos. Dinamarca.
- Instituto Nacional de ecología y Cambio Climático. 2013. *Guía Metodológica para la estimación de emisiones de fuentes fijas*. México. Primera Edición.
- Instituto Nacional Tecnológico. 2016. *Manual del protagonista -Nutrición Animal*.

Nicaragua.

Kiely, G., Veza J. 1999. *Ingeniería ambiental, fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. McGraw-Hill, Madrid, España.

Mendiola, S., Achútegui, J. J., Sánchez, F. 1. y San José, 1. 1998. *Potencial contaminante del mar por aguas residuales de las industrias de harinas y aceites de pescado*. Grasas y Aceites. 49

Paya, H. y Smith, M. (1998). *Hacia un sistema de prevención de la contaminación hídrica: aspectos jurídicos y técnicos*. Revista de la Universidad del Salvador Año XVIII, N° 34.

Pizardi, C. (1992). Producción de Harinas Especiales. *Tecnología Moderna en la Elaboración de Harina de Pescado*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.

Sivertsvik, M., Jeksrud, W., & Rosnes, J. (2002). *A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and*. International Journal of Food Science and Technology.

Sernapesca (Servicio Nacional de Pesca). (2018). *Manual de Inocuidad y certificación*. Sernapesca, departamento de Sanidad Pesquera, Chile.

Spinelli M. . Efluentes. *Conicet Mendoza*.

[mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Efluentes.html](http://mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Efluentes.html)

Torry Research Station. (1977.) *Reducing odour in fish meal production*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Torry Research Station. Torry advisory Note No. 72.

Windsor, M. y Barlow, S. (1984). *Introducción a los subproductos de la pesquería*. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España.

Ministerio del Ambiente MINAM. (2012), *Glosario de términos para la gestión ambiental Peruana*.

## **ANEXOS**

## **RESUMEN**

**Razón social:** Tecnológica de Alimentos S.A.

**Actividad:** Elaboración de Harina y Aceite de Pescado

**Ciudad, departamento:** Pisco, ICA

**Fecha de muestreo:** El monitoreo de calidad de aire se desarrolló en el periodo comprendido entre el 21 al 24 de abril de 2017.

### **Normatividad aplicable:**

Que, el numeral 22 del artículo 2 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; Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley; Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. En la tabla 31. Se describe los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire (Sulfuro de Hidrógeno) establecido por la autoridad ambiental MINAM. Tabla 32. Se describen los límites máximos permisibles para olores ofensivos propuestos por la **USEPA (United States Environmental Protection Agency:** Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos).

**Tabla 31***Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire*

Parámetro	Periodo	Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Criterio de evaluación	Método de análisis
Sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ )	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (método automático)

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM

**Tabla 32**

*LMP para olores ofensivos propuestos por la USEPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos).*

Sustancia	Límite Máximo Permissible	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tiempo de exposición
Sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ )	7	24 horas
	30	1 hora
Trimetilamina ( $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$ )	30	24 horas

Fuente: USEPA

**Parámetros evaluados:** Se evaluaron los parámetros relacionados en la Tabla

33. Contaminantes criterios determinados en el estudio de calidad del aire:

**Tabla 33***Contaminantes criterios determinados en el estudio de calidad del aire*

Parámetro	Método de muestreo	Método de análisis
Sulfuro de Hidrógeno	COVENIN 3571: 2000	Espectrofotometría UV-Visible
Trimetilamina	Sorbente solido tubo de carbón activado	Espectrofotometría UV-Visible

**Puntos de muestreo seleccionados:** en la Tabla 34. Ubicación de los Puntos de Monitoreo de Calidad del Aire, se muestra la ubicación georreferenciada para cada



uno de los puntos de monitoreo con los respectivos parámetros que fueron monitoreados.

**Tabla 34**

*Ubicación de los Puntos de Monitoreo de Calidad del Aire*

Punto de Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84		Parámetros
		Latitud	Longitud	
Estación 1	Dentro de la planta	13° 47' 49"	76° 14' 33"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sulfuro de Hidrógeno H<sub>2</sub>S ,</li> <li>• Trimetilamina TMA.</li> </ul>
Estación 2	A 100 metros de la planta	13° 47' 48"	76° 14' 23"	
Estación 3	A 250 metros de la planta	13° 47' 42"	76° 14' 23"	
Estación 4	A 500 metros de la planta	13° 47' 43"	76° 14' 21"	

**Fuente:** Fuente autor.

En la Tabla 35. Resumen de Resultados Calidad del Aire, se presenta un resumen de los resultados obtenidos por estación instalada para la evaluación de la calidad del aire en la zona de estudio, y los límites establecidos por la USEPA (*Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos*) para olores ofensivos, y los ECA (*Estándares de calidad ambiental para aire*), reflejando cumplimiento de la normatividad. Las concentraciones de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) se realizaron de manera puntual durante los días de monitoreo con muestreos de una (1) hora; y mediciones de Trimetilamina (TMA) con muestreos de 24 horas.

**Tabla 35**

*Resumen de Resultados Calidad del Aire*

Parámetro	Punto de Muestreo	Resultado Promedio (µg/m <sup>3</sup> )	USEPA LMP (µg/m <sup>3</sup> )	ECA (µg/m <sup>3</sup> )	Concepto Norma
H <sub>2</sub> S (1 Hora)	ESTACIÓN 1	3.17	7	150	Cumple
	ESTACIÓN 2	2.04	7	150	Cumple
	ESTACIÓN 3	1.24	7	150	Cumple
	ESTACIÓN 4	0.55	7	150	Cumple
TMA (24 Horas)	ESTACIÓN 1	5.59	30	NE	Cumple
	ESTACIÓN 2	4.34	30	NE	Cumple
	ESTACIÓN 3	3.44	30	NE	Cumple
	ESTACIÓN 4	1.86	30	NE	Cumple

### Equipos para monitoreo de Gases

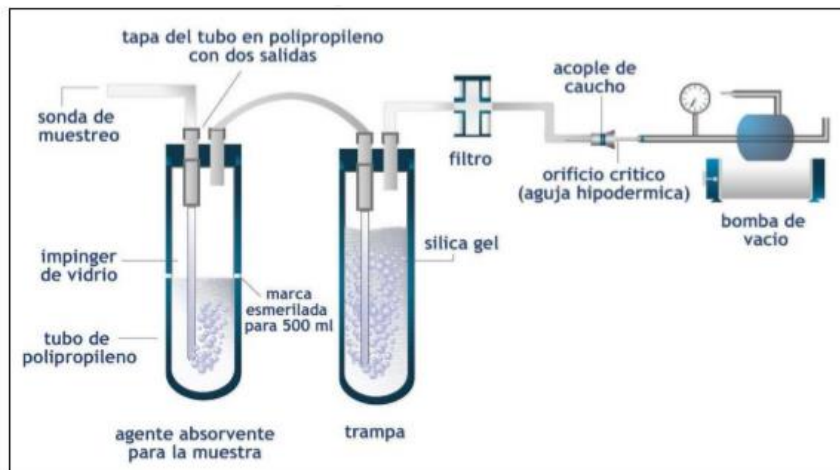
Se utilizaron equipos como: caja muestreadora en el que se instala un tren de muestreo conformado por tubos burbujeadores con soluciones absorbentes para capturar el gas Sulfuro de Hidrógeno ( $H_2S$ ); para el caso del gas trimetilamina se captan las muestras en cartuchos de carbón activado empaquetados.

La succión de muestra es generada por una bomba que proporciona una potencia suficiente para el muestreo. Se ajustó el caudal de muestreo a 1.2 L/min en cada jornada de monitoreo que es de 1 hora para el  $H_2S$ ; asimismo un caudal de 2 +/- 0.02 L/min en cada jornada de monitoreo que es de 24 +/- 1 horas para la TMA.

Las muestras obtenidas por este método son analizadas en laboratorio por medición espectrofométrica y posteriormente se relaciona con el caudal de muestreo. En las siguientes figuras se muestra el funcionamiento de toma de muestras para los gases mencionados.

### Imagen 3

*Funcionamiento del tren de Muestras*



## Imagen 4

### *Sorbente solido tubo de Carbón activado*



### **Métodos de muestreo y análisis:**

#### **Método para analizar Sulfuro de Hidrogeno en calidad de aire**

En el método COVENIN 3571: 2000, para la determinación de sulfuro de hidrogeno ( $H_2S$ ) en calidad de aire, por el método colorimétrico, empleando la Técnica Analítica de espectrofotometría UV-Visible, se trabajó con un volumen estándar de muestra para llegar a las unidades de  $ug/m^3$  de concentración de sulfuro de hidrogeno en aires. Al trabajar sin el volumen estándar solo se llega a las unidades de  $ug/muestra$ .

Al realizar cambios (tiempo, unidades de concentración final, curva) en el método COVENIN 3571: 2000, para la determinación de sulfuro de hidrogeno ( $H_2S$ ) en calidad de aire por el método colorimétrico, se vio la necesidad de validar para que el método sea idóneo y adecuado para el uso previsto. La validación del método COVENIN 3571: 2000 fue un paso fundamental para asegurar que los resultados entregados por dicho método son confiables. Cuando se realizó la validación del

método por parte del laboratorio, lo que se buscó es poder determinar con fundamento estadístico que el método es adecuado para los fines previstos.

En el presente trabajo monográfico, se comprobó que el método validado con las unidades de ug/muestra es veraz. Como también se demostró que el incremento del tiempo de Lectura (máximo 90 min), bajo condiciones controladas de Temperatura (oC) y de Humedad Relativa, no es una variable crítica en la concentración final del analito.

### **Monitoreo:**

El sulfuro de hidrógeno es colectado por el burbujeo del aire, a un caudal constante, a través de 50mL de solución absorbente, constituida por hidróxido sódico-sulfato de cadmio. El sulfuro de hidrogeno es precipitado como sulfuro de cadmio (Comisión Venezolana de Normas Industriales 3571, 2000).

### **Método colorimétrico**

El sulfuro de cadmio colectado es subsecuentemente determinado por medición espectrofotométrica del azul de metileno producido por la reacción del sulfuro con una solución fuertemente ácida de N, N-dimetil fenilendiamina dihidrocloruro y cloruro férrico. Dando máxima absorbancia a una longitud de 665 nm (Comisión Venezolana de Normas Industriales 3571, 2000).

### **Metodología**

#### **Materiales y equipos**

- Balones aforados de 1000; 500; 250; 200; 100 y 50 ml.
- Cilindros graduados de 50 y 100 ml.
- Pipetas volumétricas de 1; 2; 5; 10; 25 y 100 ml.

- Espectrofotómetro capaz de medir absorbancias a 660 nm, con celdas espectrofotométricas de 1 cm y opcionalmente de 1 pulgada.
- Bureta de 25 ml.
- Matraces Erlenmeyer de 100 ml.
- Balanza analítica con apreciación 0,1 mg.

### **Reactivos**

Los reactivos que se utilizan para la determinación de sulfuro de hidrogeno son los siguientes:

- Solución absorbente: 4,3 g de sulfato de cadmio en aproximadamente 400 ml de agua recientemente destilada y desmineralizada, 0,3 g de hidróxido de sodio en aprox. 400 ml de agua recientemente destilada y desmineralizada. Mezclar ambas soluciones, y llevar a 1 litro Conservar en sitio fresco o refrigerado y en la oscuridad por un máximo de 5 días. Agitar bien y tomar alícuotas de 50 ml para cada muestreo.
- Solución madre de amina: Mezclar cuidadosamente 25 ml de ácido sulfúrico al 98% con 15 ml de agua desmineralizada Dejar enfriar y disolver en ella 9.2 g de N, N Dimetilfenilendiamina dihidrocloruro.

NOTA 1: La solución es estable bajo refrigeración durante 2 semanas.

- Solución de trabajo de amina: Preparar inicialmente 60 ml solución de ácido sulfúrico 1: 1 con agua desmineralizada y ácido sulfúrico al 98%, luego añadir a esta solución 1 ml de solución madre de amina. Esta es la solución de uso diario.

NOTA 2: La solución es estable bajo refrigeración durante 48 horas.

- Solución de cloruro férrico: Disolver 2 g de cloruro férrico en 25 ml de agua desmineralizada y trasvasar a un envase que disponga de un gotero.
- Solución de almidón: Disolver 2 g de almidón en 500 ml de agua en ebullición y filtrar antes de enfriar.
- Solución de iodo 0,1 N: Disolver  $12,6910 \pm 0,0001$  g de iodo resublimado, en un balón aforado de 1 litro que contenga de 80 a 100 g de solución de ioduro potásico, agitar hasta solución total, enrasar y valorar con tiosulfato sódico utilizando como indicador solución de almidón.

Observación: Es Preferible que la cantidad de KI se encuentre en exceso para asegurar la dilución de yodo.

- Solución de Yodato de Potasio: Pesar 1.5 g con una exactitud de 0.1 mg (Anotar peso), secado a  $180^{\circ}\text{C}$  por 3 Horas .Disolverlo en 500 mL de agua destilada.
- Solución madre de sulfuro sódico: Lavar superficialmente un cristal de sulfuro sódico nonahidratado ( $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ). que pese en seco aproximadamente 8 g, secar rápida y totalmente con papel de filtro y pesar, que tal peso debe estar en el orden de 7,0 a 7,5 g. Disolver y llevar a 1 litro con agua recientemente destilada y desmineralizada. Esta solución debe ser titulada inmediatamente antes de su uso para la preparación de patrones de calibración. Su concentración aproximada en ion sulfuro es del orden de  $1000 \mu\text{g/ml}$ .

NOTA 3: La solución madre de sulfuro sódico es inestable por lo que debe ser estandarizado por el método de Iodo-tiosulfato.

- Valoración de la solución madre de Sulfuro de Sodio: Tomar una alícuota de 25 ml de la solución iodo 0,1 N y verter en un matraz Erlenmeyer, adicionar 10 ml de la solución de sulfuro de sodio por valorar. Adicionar 5 ml de ácido

clorhídrico (HCl) 1M, agitar y dejar reposar durante 10 min. Titular el exceso de iodo mediante la solución valorada de tiosulfato 0,1 N hasta obtener el color amarillo de iodo disuelto. Agregar 2 ml de solución de almidón y continuar la titulación hasta desaparición de la coloración azul.

Calcular la concentración de sulfuro de hidrógeno calculada a partir de la solución madre de sulfuro de sodio expresada en microgramos por mililitros ( $\mu\text{g/ml}$ ) mediante la siguiente ecuación:

$$C1 = \frac{(N1 \times V1) - (N2 \times V2)}{58.82 \times V3} \times 10^6$$

Dónde:

C1: Concentración de sulfuro de hidrógeno, en microgramos por mililitros. N1: Normalidad de la solución de iodo.

V1: Volumen de alícuota de la solución de iodo utilizada en mililitros.

N2: Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

V2: Volumen de la solución de tiosulfato de sodio gastado durante la titulación del iodo en exceso, en mililitros.

V3: Volumen de alícuota de la solución madre de sulfuro de sodio, en mililitros.

- Preparar la solución de trabajo de Sulfuro de Hidrogeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) para obtener la curva de calibración del equipo de espectrofotometría. Calcular el número de ml de solución madre de  $\text{H}_2\text{S}$  que deben diluirse a 1000 ml con agua para obtener una concentración de 1,0  $\mu\text{g}$  de  $\text{H}_2\text{S/ml}$ .

NOTA 4: El agua a utilizar debe estar recientemente destilada, desmineralizada, hervida y enfriada y tapada.

NOTA 5: Esta solución pierde H<sub>2</sub>S con cierta rapidez, por lo que hay que preparar patrones y calibrar el método con solución nueva al inicio de cada serie de análisis de muestras.

- Solución de tiosulfato sódico 0,1N. Disolver 25 g de tiosulfato de sodio Pentahidratado en aproximadamente 300 ml de agua recientemente destilada y desmineralizada, que se lleva finalmente a 1000 ml. Esta solución se valora con solución patrón de yodato, utilizando como indicador solución de almidón hasta obtener el viraje azul intenso a verde azulado tenue.
- Valoración de tiosulfato sódico 0,1 N: Con una pipeta volumétrica se trasvasa 50mL de solución de yodato de potasio en un matraz de vidrio para el índice de yodo de 500mL; agregar 2g de KI y 10mL de Ácido Clorhídrico 1N y tapar el matraz. Al cabo de 5min. proceder a la titulación con solución de tiosulfato de sodio hasta obtener un líquido color amarilla pálido, agregare 5mL de solución indicadora de almidón y continuar la titulación hasta que desaparezca el color azul. Calcular la normalidad de la solución madre mediante la siguiente formula:

$$N_s = W/V * 2.80$$

Dónde:

N<sub>s</sub>: Normalidad de la solución madre de tiosulfato

D: Volumen de tiosulfato de sodio empleado en mL

W: Peso de yodato de potasio en g.

2.80: x1000 (Factor de conversión de g a mg), multiplicado por 0.1 (fracción de yodato utilizado= y dividido por 35.67 (peso equivalente de yodato potasio)

## **Procedimiento**

### **Análisis de la muestra**



- Desarrollo de color: Para el análisis, agitar la muestra, ajustar a 50 ml si fuese necesario, añadir 1 ml de solución de trabajo de amina y dos gotas de cloruro férrico. Agitar y dejar reposar por 30 min. y leer la absorbancia a la longitud de onda seleccionada
- Medida fotométrica del color: Ajustar el espectrofotómetro a 665 nm y realizar la línea base con agua. Se procede a leer las muestras preparadas obteniéndose valores de absorbancia que guardan una relación lineal con la concentración.

**Figura. 05**

*Muestra con sulfuro de hidrogeno.*



- Curva de calibración: Seleccionar la longitud de onda del espectrofotómetro a 665 nm. Disponer de 5 fioles aforados de 50 ml, colocar 40 ml de solución absorbente y añadir respectivamente, 0; 2; 4; 6 y 8 ml de solución de trabajo de 1  $\mu\text{g}$  de  $\text{H}_2\text{S}/\text{ml}$ . Enrasar con solución absorbente y añadir a cada balón 1,0 ml de solución de trabajo de amina y dos gotas de solución de cloruro férrico. Dejar reposar durante 30 min para desarrollo de color. Ajustar el cero de absorbancia con el patrón de 0  $\mu\text{g}$  de  $\text{H}_2\text{S}/\text{ml}$  y continuar con los patrones de 2; 4; 6 y 8  $\mu\text{g}/\text{muestra}$ . Construir la curva con los resultados o calcular una recta de regresión, de la siguiente forma:

$$\text{Cantidad de ug de H}_2\text{S en 50 ml} = \frac{A - B}{a} \quad (*)$$

Dónde:

(\*) Las unidades reportadas son en ug/muestra

A: Absorbancia de los patrones

b: Punto de corte de la curva de calibración

a: Pendiente de la curva de calibración

### **Método alternativo de muestreo y análisis del sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) en aire.**

#### GENERALIDADES:

La determinación de este gas se realizó empleando un tren de muestreo, que consiste en un sistema dinámico compuesto por una bomba de presión – succión, un controlador de flujo y una solución captadora a razón de flujo de 0,2 L/min, en un periodo de muestreo de 24 horas.

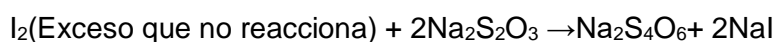
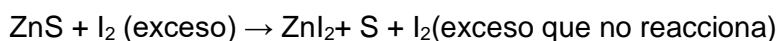
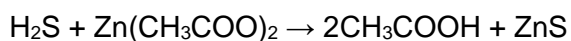
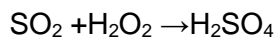
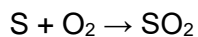
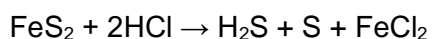
#### OBJETIVO:

Determinar la cantidad de sulfuro de Hidrógeno H<sub>2</sub>S en el aire

#### FUNDAMENTOS:

El sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) del aire muestra se absorbe en soluciones de acetato de Zinc (para altos niveles) o en disolución alcalina de sulfato de cadmio (para menores niveles). El ion sulfuro se determina entonces por adición de yodo en exceso y posterior valoración del exceso con solución de tiosulfato sódico, en presencia de almidón como indicador. El yodo necesario para la neutralización del ion sulfuro absorbido permite conocer el contenido de sulfuro de hidrógeno en el aire, utilizándola estequiometría de las reacciones y la ecuación de los gases perfectos, para llegar al nivel de inmisión en ug/Nm.

#### REACCIONES:



#### MATERIALES:

- Buretas graduadas 10 ó 25 ml
- Pipetas 10 y 25 mL
- Matr az aforado 100, 50 y 25 mL
- Borboteadores de gases
- Crisol de porcelana
- Tubo de silicona
- Espátula
- Bomba de vacío y rotámetro
- Campana de gases
- Mechero bunsen
- Filtro Whatman
- Portafiltro polietileno
- pH-metro, pie y pinzas para valoración
- Estufa y desecador
- Balanza analítica
- Barómetro y termómetro

## REACTIVOS Y DISOLUCIONES:

Solución captadora I: Peróxido de hidrógeno  $\text{H}_2\text{O}_2$ : 3% p/v

Solución captadora II: acetato de zinc:  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ : 0,01N

Solución neutralizadora: Solución yodo:  $\text{I}_2/\text{KI}$ : 0,01N (De KI se pesan 4 veces el peso del yodo calculado).

Solución valorante: Tiosulfato sódico:  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ : 0,01N

Indicador: Solución almidón 1% p/v - 5 mL

## TOMA DE MUESTRA:

Portafiltro whatman de 2,5 cm de diámetro.

Borboteador I tipo dresdhel de 125 mL de capacidad conteniendo 50 mL de solución captadora I.

Borboteador II tipo dresdhel de 125 mL de capacidad conteniendo 50 mL de solución captadora II.

Borboteador III tipo dresdhel de 125 mL de capacidad. Vacío de seguridad.

Rotámetro para medir el caudal del aire.

Bomba de vacío.

Conexiones de silicona.

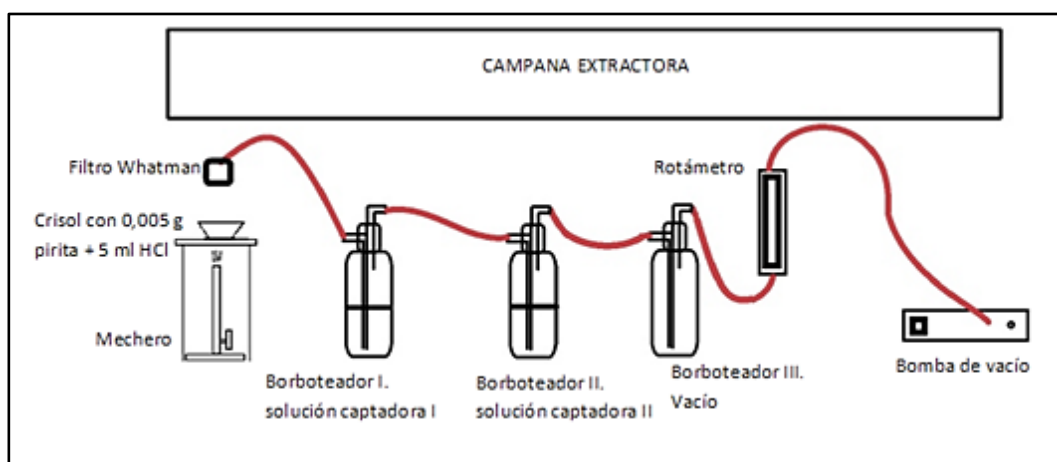


Fig. 6. Muestreador de aire

**PROCEDIMIENTO:**

1. Probar el procedimiento del tren con agua destilada.
2. Captar el aire del punto de muestreo poniendo a funcionar la bomba de succión.
3. Después de 24 horas, retirar la solución absorbente donde se captado el contaminante y se lleva al laboratorio.
4. Valorar el exceso de iodo con la solución valorante. Hacer al menos tres determinaciones de 20 mL de muestra.
5. El indicador se añade cuando esté avanzada la determinación. La muestra se pone de color amarillo oscuro y pasará a un azul intenso. Se continuará con la adición de tiosulfato hasta decoloración. Se toman los volúmenes usados.

**Determinación de trimetilamina (TMA) en aire**

**Reactivos**

- Ácido Tricloroacético,  $\text{CCl}_3\text{COOH}$ , p.a.
- Tolueno,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ , p.a.
- Acido Pícrico  $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$ , p.a. (con 0,5 g  $\text{H}_2\text{O}/\text{g}$ ).
- Carbonato Potasio,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , p.a.
- Formaldehído,  $\text{HCHO}$ , 37% p.a.
- Trimetilamina Clorhidrato.  $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}\cdot\text{HCl}$ , p.a.
- Magnesio Hidróxicarbonato,  $4\text{MgCO}_3\cdot\text{Mg}(\text{OH})_2\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , p.a.
- Sulfato Sodio Anhidro,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , p.a.
- Ácido Clorhídrico,  $\text{HCl}$ , 37%, p.a.
- $\text{NaCl}$ , p.a.

### **Preparación de las soluciones de trabajo**

- Acido pícrico 0,2% p/v: Pesar 400 mg de ácido pícrico, o una equivalente a 0.2 g de ácido pícrico base seca, y disolver en 100 mL de tolueno. Tener la precaución de agregar a la solución sulfato de sodio anhidro, para deshidratar.
- Solución de Acido Pícrico 0,02%: Diluir 10 mL de la solución 0,2% de ácido pícrico, a 100 mL con tolueno.
- Ácido Tricloroacético (TCA) 7,5% p/v: Pesar 75 g de ácido tricloroacético. disolver con agua para análisis y diluir a 1 L.
- Carbonato de Potasio 100% p/v: Disolver 100 g de carbonato de potasio en 100 mL de agua.
- Formaldehído 20% p/p: Agitar 100 mL de formaldehído con 10 g de magnesio hidróxicarbonato hasta que la solución sea casi incolora y filtrar. Diluir 100 mL del filtrado a 200 mL con agua para análisis.
- Solución Patrón de Trimetilamina, 1 mg N-TMA/mL: Disolver 0,682 g de trimetilamina clorhidrato en 50 mL de agua destilada, agregar 1 mL de HCl 1:3 y aforar a 100 mL. Estandarizar la solución en un aparato de destilación Kjeldahl. Tomar una alícuota, alcalinizar con solución de NaOH y destilar, recogiendo el destilado en ácido bórico, finalmente titular el destilado con HCl o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N estandarizado.
- Solución de trabajo de Trimetilamina 0,01 mg N-TMA/mL: Diluir 1 mL de la solución patrón de trimetilamina 1 mg N-TMA/mL a 100mL con agua destilada. Agregar 1 mL de HCl 1:3 antes de aforar.
- Solución de HCl 1:3, Medir 250 mL de HCl y agregarlos sobre 750 mL de agua destilada.

### **Material y equipos**

- Espectrofotómetro UV/VIS
- Balanza de precisión, mínima división 0,001 g.
- Papel filtro Whatman 1 o equivalente.
- Picadora de alimentos
- Tubos de ensayo de 15 mL de vidrio con tapón de rosca y sello de teflón.

### **Procedimiento analítico**

#### 1. Preparación de la muestra

La muestra se desorbe del carbón activado con éter de petróleo a 30 grados centígrados y determinar la densidad del extracto y calcular el volumen de 25 g.

#### 2. Extracción

En el vaso del homogeneizador de 250 mL de capacidad, pesar al miligramo 25 g de muestra y registrar el peso (M). Agregar al frasco 50 mL de TCA 7,5% p/v, agitar y dejar decantar, filtrar a través de papel filtro Whatman 1 o equivalente, recibir el filtrado en un tubo de ensayo con tapa rosca, del filtrado, tomar una alícuota de 4 mL en tubo de ensayo seco con tapa rosca.

#### 3. Curva de calibración

Preparar una curva de calibración, adicionando a tubos con tapa rosca debidamente rotulados, los volúmenes descritos en la siguiente tabla:

mg N-TMA Nominal	Volumen (mL) de solución 0.01 mg N-TMA/mL	Volumen (mL) de agua destilada
Blanco	0	4
0.01	1	3
0.02	2	2
0.03	3	1

#### 4. Lectura de la curva de calibración y muestras.

A partir de este punto llevar en paralelo estándares y muestras.

Agregar sucesivamente tanto a muestra como estándares:

- 1 mL de formaldehído al 20% p/p
- 10 mL de tolueno.
- 2 mL de solución de carbonato de potasio 100% p/v
- Tapar los tubos y agitar vigorosamente aproximadamente 40 veces.
- Tomar con pipeta graduada seca tomar entre 7 y 9 mL de la capa superior orgánica y colocarlos en otro tubo de ensayo de 15 mL con tapa rosca al que previamente se le ha agregado una punta de espátula equivalente a 50 mg de Na<sub>2</sub>S<sub>04</sub> anhidro.
- Tapar los tubos y agitar vigorosamente para secar el tolueno Pipetear con precaución, con pipeta volumétrica seca, 5 mL de solución y colocarlos en otro tubo de ensayo con tapa rosca. Evitar pipetear sulfato de sodio.
- Agregar a cada tubo, con pipeta volumétrica 5 mL de solución de ácido pícrico 0,02% y agitar suavemente.
- Leer la absorbancia de muestras y estándares de calibración a 410 nm contra el blanco. Si la absorbancia leída para la muestra es mayor que la obtenida para el estándar de 0,03 (Abs= 0.6) mg N- TMA es necesario diluir el extracto obtenido y repetir la determinación.
- A continuación se muestra la ecuación de una recta patrón obtenida con las soluciones de trabajo descritas en el protocolo.

Concentración = 20.86 Abs +0.0036 R<sup>2</sup>=0.9998

Expresión de resultados

Construir una curva de calibración en mg de N- TMA (considerar la concentración real de N-TMA obtenida de la estandarización de la solución patrón) vs



Absorbancia. Interpolar la absorbancia encontrada para la muestra y calcular los mg N-TMA por cada 100 g de muestra de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{N - TMA mg/100 g} = \frac{\text{mg(N - TMA)} \times 50 \times 100}{4 \times \cancel{M}}$$

En caso de haber efectuado alguna dilución esta debe ser considerada en el cálculo.