

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera

“DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE CONGELADO DE PORCIONES  
DE PERICO (*Coryphaena hipurus*) EN FRESCO, EMPLEANDO  
EL MÉTODO DE AIRE FORZADO, EN LA EMPRESA  
PESQUERA FRIO DEL SUR S.A.C. - 2016”

TESIS

Presentada por:

Bach. Maycol Principe Quispe Tarazona

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO PESQUERO**

TACNA - PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA

TESIS

“DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE CONGELADO DE PORCIONES  
DE PERICO (*Coryphaena hipurus*) EN FRESCO, EMPLEANDO EL  
MÉTODO DE AIRE FORZADO, EN LA EMPRESA PESQUERA FRIO  
DEL SUR S.A.C. - 2016”

Sustentado y aprobado el 15 de julio del 2019, cuyo jurado  
calificador está integrado por:

Presidente :

  
.....

**MSc. Magno Santos Robles Tello**

Secretario :

  
.....

**Dr. Lorenzo Walter Ibárcena Fernández**

Vocal :

  
.....

**Dr. Freddy Walter Delgado Cabrera**

Asesor :

  
.....

**MSc. Luis Antonio Espinoza Ramos**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis se lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, Bernardino Quispe Pérez y Clemencia Tarazona Bautista, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. Es un orgullo y privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mi jefe y amigo Ing. Andrés Minga Guerrero, por ser un segundo padre y darme su apoyo incondicional en todos los años que me permitió estar a su lado.

A mis hermanas (os), Carmen, Viviana, Isabel, Roció, Jenny, Estefanía, Josué y Tad por estar siempre presentes y por el apoyo moral e incondicional, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que la tesis se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Esta tesis es una gran bendición en todo sentido y no cesan mis ganas de decir que es gracias a DIOS, que esta meta está cumplida.

Doy gracias al Señor Aníbal Urteaga Fiol y su empresa CMAR S.A.C. por acogerme durante muchos años y permitirme desarrollarme como profesional.

En especial agradezco a mi jefe y amigo Ing. Andrés Minga Guerrero, por darme su apoyo incondicional en todos los años que me permitió estar a su lado.

De igual forma al Ing. Carlos Ancajima por compartir su experiencia.

También es grato agradecer al Señor Raúl Pio Morco y su empresa FRIO DEL SUR S.A.C. por brindarme su apoyo absoluto.

De igual forma al MSc. Luis Espinoza Ramos y Dr. Fredy Delgado Cabrera por compartir sus conocimientos sin limitación.

Gracias a mis Padres, Hermanos, Familiares, Amigos y Tad que han compartido conmigo este hermoso camino para lograr unas de mis metas trazadas.

## CONTENIDO GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 1.1</b>	
Planteamiento del problema	2
1.2 Planteamiento del problema y justificación	3
1.2.1 Importancia del problema y Justificación de la investigación	3
1.3 Objetivos e hipótesis	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.3.3 Hipótesis	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b>	
2.1 Antecedentes	6
2.2 Base Teórica	9

2.2.1 Clasificación taxonómica del perico ( <i>Coriphaena hippurus</i> )	10
2.2.2 Descripción de la especie	11
2.2.3 Coloración	12
2.2.4 Distribución geográfica	13
2.2.5 Habitación	14
2.2.6 Alimentación	15
2.2.7 Reproducción	16
2.2.8 Depredadores	19
2.3 Histamina	20
2.3.1 Control en la formación de histamina	21
2.4 Composición física y química del perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	22
2.5 Congelación	24
2.5.1 Congelación lenta	26
2.5.2 Congelación rápida	27
2.6 Túneles de congelamiento	27
2.7 Propiedades físicas de los productos congelados	28
2.7.1 Agua libre	29
2.7.2 Agua ligada	29
2.7.3 Agua de hidratación	30
2.8 Producción de filetes de pescado	30
2.9 Fileteado	32

2.10	Parámetros físicos utilizados en la congelación de alimentos	33
2.10.1	Calor específico	33
2.10.2	Peso específico	33
2.10.3	Coeficiente de conductividad térmica	34
2.10.4	Coeficiente de difusividad térmica	34
2.10.5	Coeficiente de transmisión superficial del calor	35
2.10.6	Tiempo de congelación	35
2.10.7	Método de Planck	37
2.10.8	Método analítico de Nagaoka	42
2.11	Curva de congelación	44
2.11.1	Fase I	45
2.11.2	Fase II	45
2.11.3	Fase III	47
2.12	Velocidad de congelación	47
2.13	Congelador por aire forzado	48
2.13.1	Túnel de congelación	48
2.14	Procesamiento del pescado congelado	49
2.15	Congelación IQF ( <i>Individual quick freezing</i> )	49
2.16	Cambios del alimento en el proceso de congelado	
	Cristalización y formación de hielo	50
2.16.1	Deshidratación	51

2.16.2	Cristalización	52
2.16.3	Crecimiento de cristales	52
2.16.4	Recristalización	53
2.16.5	Tratamiento después del congelamiento	54
2.16.6	Glaseado	55
2.16.7	Aspectos microbiológicos	55

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Lugar de ejecución	56
3.2	Materia prima	57
3.3	Equipos y materiales	57
3.3.1	Para la preparación de la materia prima y congelado	57
3.3.2	Para el análisis químico proximal	58
3.4	Métodos de análisis	60
3.4.1	Materia Prima	60
3.4.1.1	Análisis sensorial	60
3.4.1.2	Análisis químico proximal (Método A.O.A.C, 1990)	60
3.4.2	En el proceso	62
3.4.2.1	Determinación experimental del Tiempo de congelación	62
3.4.3	Producto final	63
3.4.3.1	Análisis físico	63

3.4.3.2 Análisis químico proximal (Método A.O.A.C, 1990)	63
3.4.3.3 Análisis microbiológico	64
3.4.3.4 Determinación del balance de materia y rendimiento	65
3.5 Prueba experimental	65
3.5.1 Experimento	65
3.6 Descripción del proceso experimental	66
3.6.1 Recepción	66
3.6.2 Almacenamiento en frío	67
3.6.3 Fileteado	68
3.6.4 Extraído de la piel	69
3.6.5 Perfilado / Extracción de la línea de sangre	70
3.6.6 Seccionado (Corte)	71
3.6.7 Codificado	71
3.6.8. Lavado	73
3.6.9 Interfoliado y Plaqueado	73
3.6.10. Congelado	74
3.6.11 Desbocado	75
3.6.12 Limpieza	76
3.6.13 Empaque / Etiquetado	76
3.6.14 Almacenamiento	78

CAPÍTULO IV  
RESULTADOS

4.1 De la materia prima	80
4.1.1 Características Generales	80
4.1.2 Análisis físico	82
4.1.3 Análisis químico proximal	85
4.2 Del producto final	86
4.2.1 Características generales	86
4.2.2 Evaluación microbiológica	90
4.2.3 Control del exudado Libre	92
4.2.4 Determinación del tiempo de congelación	93
4.2.4.1 Determinación experimental del tiempo de congelación	93
4.2.4.2 Determinación mediante fórmulas analíticas del tiempo de congelación	97
4.2.5 Balance de materia y rendimiento	100

CAPÍTULO V  
DISCUSIÓN

CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS	116

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición física del perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	22
Tabla 2. Características de densidad del perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	23
Tabla 3. Características de rendimiento del perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	23
Tabla 4. Análisis proximal del perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	23
Tabla 5. Desembarque de recursos marítimos para congelado según especie, 2010 – 2017 (t)	24
Tabla 6. Valores $u^2$ utilizables para determinar tiempo de refrigeración ( $T_K$ ) mediante la ecuación de Plank clasificar $hx/k \cong hl/k$	40
Tabla 7. Morfología del perico <sup>83</sup>	
Tabla 8. Rendimiento del perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	84
Tabla 9. Composición química promedio del perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	85

Tabla 10. Dimensiones de porciones de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> ) de 2 a 4 onzas	87
Tabla 11. Dimensiones de porciones de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> ) de 4 a 6 onzas	87
Tabla 12. Dimensiones de porciones de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> ) de 6 a 8 onzas	88
Tabla 13. Dimensiones de porciones de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> ) de 8 a 10 onzas	88
Tabla 14. Análisis proximal de porciones de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> ) congelado de 8 a 10 onzas	90
Tabla 15. Análisis microbiológico de trozos congelado de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	91
Tabla 16. Control de exudado de congelado de porciones de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> ).	92
Tabla 17. Tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación de porciones de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> ), congelado en IQF; Realizado experimentalmente	95
Tabla 18. Tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido mediante fórmulas analíticas	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	10
Figura 2. Distribución geográfica del Perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	14
Figura 3. Porcentaje de machos y hembras de perico (2007)	17
Figura 4. Ovarios de perico en diferentes fases de madurez sexual, según la escala de JOHANSEN	17
Figura 5. Valores de $\ln c$ , o respectivamente, de $\ln C_1$ , $\ln C_2$ , $\ln C_3$ , para láminas cilindros y esferas	39
Figura 6. Fases de congelación	46
Figura 7. Ubicación de la termocupla	66
Figura 8. Recepción de la materia prima	67
Figura 9. Fileteado	68
Figura 10. Extracción de la piel	69
Figura 11. Perfilado	70
Figura 12. Seccionado (corte)	71
Figura 13. Codificado	72
Figura 14. Interfoliado/plaqueado	74

Figura 15. Uso del termorregistrador	75
Figura 16. Uso del termorregistrador	77
Figura 17. Diagrama de flujo experimental del proceso de congelado de trozos de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	79
Figura 18. Mediciones morfométricas del perico	82
Figura 19. Peso del perico	84
Figura 20. Medición del largo y ancho de la porción de perico calibre de 6 a 8 onzas	89
Figura 21. Medición del espesor de la porción de perico calibre de 6 a 8 onzas	89
Figura 22. Peso de porciones calibre de 6 a 8 onzas	93
Figura 23. Curva de congelado de porciones de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	94
Figura 24. Carta del termorregistrador del congelado de porciones de perico	95
Figura 25. Diagrama de flujo final del proceso de congelado de porciones de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> ),	99
Figura 26. Rendimiento de congelado de trozos de perico ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	101

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue: Determinar el tiempo de congelado de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*) en fresco, empleando el método de aire forzado, realizado en la empresa pesquera Frio del Sur S.A.C. El análisis proximal de la materia prima fue de; humedad 76,90 %, proteína 21,20 %, grasa 0,45 %, cenizas 1,25 % y carbohidratos 0,20 %, mientras que el análisis proximal del congelado de porciones de perico, fueron: humedad 71,50 %, proteína 25,84 %, grasa 0,85 %, cenizas 1,40 % y carbohidratos 0,41 %. Las porciones que se utilizaron en el proceso de congelado fueron de 8 a 10 onzas, por ser de mayor peso y espesor; El tiempo total de congelación por el método de aire forzado a -35 °C, al llegar a -18 °C en el centro de la porción experimentalmente fue de 130,00 minutos, sin embargo el tiempo total de congelación, mediante las fórmulas analíticas de Planck y Nagaoka et. al, fueron de 131,40 minutos y 138,00 minutos respectivamente. Por otro lado el rendimiento de porciones de perico en relación a la materia prima fresca fue de 37,00 % y congelado 35,30 %.

**Palabras clave:** Perico *Coryphaena hippurus*, congelación, rendimiento.

## ABSTRACT

The objective of this work was to: Determine the freezing time of portions of parrot (*Coryphaena hippurus*) in fresh, using the forced air method, carried out in the fishing company Frio del Sur S.A.C. The proximal analysis of the raw material was of; humidity 76,90 %, protein 21,20 %, fat 0,45 %, ashes 1,25 % and carbohydrates 0,20 %, while the proximal analysis of the frozen portion of parrot, were: humidity 71,50 %, protein 25,84 %, fat 0,85 %, ash 1,40 % and carbohydrates 0,41 %. The portions that were used in the freezing process were from 8 to 10 ounces, for being of greater weight and thickness; The total freezing time by the forced air method at -35 °C, reaching -18 °C in the center of the experimental portion was 130.00 minutes, however the total freezing time, using the analytical formulas from Planck and Nagaoka et. at, they were of 131,40 minutes and 138,00 minutes respectively. On the other hand, the performance of portions of parrot in relation to fresh raw material was 37,00 % and frozen 35,30 %.

**Keywords:** Parakeet *Coryphaena hippurus*, freezing, yield.

## INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la población mundial plantea el incremento de la demanda de productos alimenticios en igual proporción al incremento demográfico, a partir de la segunda mitad del siglo XX, se da el fenómeno poblacional no controlado que origina una constante demanda de productos alimenticios para poder paliar el hambre de la nueva generación que ingresa al círculo alimenticio mundial.

Los productos hidrobiológicos como el pescado rico en proteínas, están siendo muy recomendados como alternativa saludable para reemplazar las grasas saturadas en las dietas comerciales y de consumo masivo, por su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados.

El Codex Alimentarius (1998), define el término “pescado congelado”, como el pescado que ha sido objeto de congelación suficiente para reducir la temperatura de todo el producto a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  o a una temperatura más baja a fin de conservar la calidad inherente del pescado y que ha sido mantenido a dicha temperatura durante el transporte, almacenamiento y distribución, hasta el momento de su consumo.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

La pesquería de perico (*Coryphaena hippurus*) en el Perú tiene una gran importancia a nivel económico y social; ya que es fuente de trabajo para miles de pescadores artesanales, quienes dependen de esta actividad para subsistir. Es así que queriendo llevar otra alternativa que podrían propiciar el desarrollo del sector pesquero artesanal y el despegue de su crecimiento económico, surge la inquietud de resolver un problema, mediante estudios que permitan la conservación mediante la congelación de un producto con fines de exportación, por cuanto las plantas de congelado no cuentan con un estudio científico, realizando este tipo de procedimiento en forma empírica.

## **1.2 Planteamiento del problema y justificación**

### **1.2.1 Importancia del problema y Justificación de la investigación**

El presente estudio surge a consecuencia de que en el mercado local e internacional los productos hidrobiológicos tienen gran aceptación debido a su sabor peculiar y a su alto valor nutritivo, por lo que es exportado congelado en diversas presentaciones, como filetes con piel, filetes sin piel, trozos, lomos a granel o sellados al vacío, etc.

Ante esta situación surge la necesidad de conocer formas de conservación que permitan la preservación y presentación de los recursos hidrobiológicos en los mercados nacionales e internacionales

La extracción de perico (*Coryphaena hippurus*) en el año 2016, para congelado fue; 22 234 t; mientras para el año 2017 se dio un incremento en la producción, procesando 23 426 t, (PRODUCE, 2018).

Por esta razón, se ha escogido al Perico (*Coryphaena hippurus*) para el presente estudio de investigación por ser un recurso que entre los meses de diciembre a marzo existe en abundancia y, tiene mucha aceptación entre los consumidores.

El proceso de congelado retarda el deterioro del producto, de manera que cuando se descongela a penas se pueda distinguir del fresco.

Teniendo en cuenta esas ventajas, el proceso de congelado surge como la manera más viable para el presente estudio, ya que en comparación con un producto en conserva, los costos de producción de estos últimos son más altos que el congelado.

EL perico (*Coryphaena hippurus*) es un recurso de extracción constante y abundante en el litoral peruano en la estación de verano y de alto valor alimenticio; este producto se podría exportar generando divisas e ingresos económicos a la población de la zona.

### **1.3 Objetivos e hipótesis**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Realizar un estudio sobre el tiempo de congelado de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*) en fresco, empleando el método de aire forzado, en la Empresa pesquera Frio del Sur S.A.C. - 2016”

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Hallar el análisis proximal de la materia prima y producto final

- Establecer el tiempo total de congelamiento método práctico
- Evaluar microbiológicamente al producto final.
- Determinar el balance de materia del producto

### **1.3.3 Hipótesis**

Si se optimiza el tiempo de congelado de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*) en fresco, empleando el método de aire forzado, en la Empresa pesquera Frio del Sur S.A.C. se obtendrá un producto de buena calidad y bajo costo para la exportación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

#### 2.1 Antecedentes

En nuestro medio no existe estudios referidos al procesamiento tecnológico de congelado de Perico, pero existen trabajos relacionados con el proceso y la materia prima:

Ccallo (2009), presento la tesis titulada “CONGELACIÓN Y REFRIGERACIÓN DE FILETES DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) ENVASADO AL VACÍO” donde los resultados obtenidos fue el siguiente:

La temperatura de inicio de congelación en filetes de trucha envasado al vacío, es  $-1,1^{\circ}\text{C}$ , lo cual se logra alcanzar en 0,5 horas a  $-18^{\circ}\text{C}$ , congelándose los filetes en un tiempo de 2,6 horas (9 360 segundos).

Mayta, (2012), presento la tesis titulada “Congelado del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa, en bloque y tipo exportación”

Obtenido los resultados concluyó en lo siguiente:

1. El análisis sensorial de pejerrey (*Odontesthes regia regia*), con el que se trabajó obtuvo un puntaje de 18 puntos con un calificativo de bueno.
2. La composición química de la materia prima fue: humedad 76,30 %; proteína: 19,90 %; grasa: 2,30 %; sales minerales: 1,27 %; carbohidratos: 0,23 %. Del producto final: humedad 72,20 %; proteína: 23,30 %; Grasa: 2,60 %, Ceniza: 1,47 %; carbohidratos: 0,43 %
3. El flujo de congelamiento es: materia prima pejerrey (*Odontesthes regia regia*)- Lavado I (agua potable 0,5 ppm de cloro)- Corte mariposa (manual, cuchillo acero inoxidable- Lavado II (agua potable 3,5 ppm de cloro residual)- Plaqueado – Congelado (-30 °C, cámara por aire forzado, tiempo 140 min.)- Glaseado (temperatura 2 °C x 5 segundos)- Empacado (característico del producto) – Almacenamiento (-20 °C, cámara de almacenamiento).

4. Según el experimento 1, la variable  $A_3 = \frac{1}{2}$  del bloque, es la que se considera como el tiempo total de congelación del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa tipo B.Q.F en forma práctica, ya que es el punto donde se enfría más lentamente y cuyo tiempo fue de 140,0 minutos a la temperatura de -18 °C en el centro del producto.
5. El tiempo total de congelación del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa, mediante las fórmulas analíticas de Planck y Nagaoka: fueron de 139,20 minutos y 136,25 minutos respectivamente.
6. En el análisis microbiológico se encontró  $1 \times 10^2$  ufc/g Recuento total de bacterias aerobias mesófilas viables en el pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa congelado, probablemente ocurrió en el procesamiento del congelado, pero encontrándose en los límites permisibles por la NTS 071-MINSA/DIGESA.
7. El rendimiento del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa, fue de 53,00 % y congelado, fue de 49,80 %, en relación a la materia prima.

Noel (2008), presento la tesis titulada **“Estudio tecnológico del procesamiento del congelado del abalón (*Concholepas concholepas*) mediante el método IQF”** Obtenido los resultados concluyó en lo siguiente:

Los tiempos totales de congelación calculados mediante ecuaciones analíticas de Plank y Nagaoka et al, fueron de 140 y 147 minutos respectivamente, mientras que el tiempo total de congelación obtenido experimentalmente fue de 145 minutos.

## **2.2 Base Teórica**

El dorado, lampuga, dorado-delfín, perico o, en inglés, *mahi-mahi* (palabras de origen hawaiano), es la especie (*Coryphaena hippurus*), un pez marino de la familia corifaénidos o peces-delfín, distribuido cosmopolita por todos los océanos del mundo, en aguas tanto tropicales como subtropicales, tiene una forma alargada, como se muestra en la Figura 1, mucha gente tiene miedo de este pescado porque tiene parásitos en el estómago. Es preferible consumirlo frito, al vapor o en cualquier método de cocción, menos crudo. Ya que al llevarlo a cocción eliminamos a los parásitos y corremos menos riesgo.



**Figura 1. Perico (*Coryphaena hippurus*)**

**Fuente: IMARPE, (2008).**

### **2.2.1 Clasificación taxonómica del perico (*Coriphaena hippurus*)**

Clasificación taxonómica del perico (*Coriphaena hippurus*) es:

Reino : Animal  
Phylum : Chordata  
Subphylum: Vertebrata  
Clase : Osteichthyes  
Subclase : Actinopterygii  
Orden : Perciformes  
Suborden : Percoide  
Familia : Coryphaenidae  
Género : ***Coryphaena***  
Especie : ***Coryphaena hippurus***

Nombre común: **perico, mahi mahi, dorado**, (IMARPE, 2008).

### **2.2.2 Descripción de la especie**

El perico tiene cuerpo esbelto y alargado, su altura máxima menos del 25 % de la longitud estándar en los adultos. Cuerpo esbelto y perfil de la cabeza levemente convexo en ejemplares jóvenes (hasta 30 cm); en machos de mayor talla (de 30 cm a 2 m), el perfil de la cabeza llega a ser vertical por el desarrollo de una cresta ósea; área dentada de la lengua pequeña y ovalada; bandas de dientes presentes en las mandíbulas y en el vómer y los palatinos (paladar). Tiene la aleta dorsal con una base larga que se origina a nivel de la “nuca” (encima de los ojos) y termina sobre el pedúnculo caudal; y es sostenida por 55 a 66 radios. La aleta anal cóncava también tiene base larga y se origina al nivel medio del cuerpo a la altura del ano y termina sobre el pedúnculo caudal, a su vez es sostenida por 25 a 31 radios. La aleta caudal, es una de las principales características distintivas de esta especie por ser fuertemente ahorquillada. Las aletas pectorales, miden más de la mitad de la longitud de la cabeza. Las aletas ventrales son relativamente grandes y torácicas, están sostenidas por una espina y 5 radios; estas aletas pueden guardarse en una ranura en su base. Las aletas pectorales son relativamente cortas, Sus escamas son cicloides, (IMARPE, 2008).

Morfológicamente se diferencia a través de la talla de 30 cm, por el desarrollo de una cresta ósea en la cabeza del macho de forma vertical cabeza convexa en la hembra, (IMARPE, 2008).

Pez pelágico oceánico muy típico en aguas cálidas, en el Mediterráneo se capturan básicamente los ejemplares juveniles de esta especie. Alcanza una madurez sexual en 4 a 5 meses (3 para peces cautivos). Frezas en el mar abierto y probablemente aproximado a la costa cuando la temperatura del agua se incrementa, (IMARPE, 2008)

### **2.2.3 Coloración**

En vida, dorso verde - azulado brillante, cambiando a grisáceo verdoso después de la muerte, flancos con reflejos dorados; una hilera de manchas negras paralelas a la dorsal, y una, dos o más hileras en y debajo de la línea lateral; aletas dorsal y anal negras, esta última con un borde blanco; aletas pectorales claras, aleta caudal plateada con reflejos dorados. En los juveniles, los extremos de la caudal son blancos y las aletas pélvicas, negras. Talla máxima 2 m; común 1 m, (IMARPE, 2008).

#### **2.2.4 Distribución geográfica**

Es una especie con amplios desplazamientos. Se encuentra en las aguas tropicales y subtropicales en los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. Su rango latitudinal es 35°00' N a 35°00' S. En el Pacífico Oriental se distribuye desde San Diego – California (Estados Unidos) hasta Antofagasta (Chile), habitando el pelagial oceánico. Con frecuencia se le encuentra alrededor de las islas oceánicas, ocasionalmente penetra a zonas estuarinas, (IMARPE, 2008).

En el Perú se presenta normalmente a lo largo de toda la costa asociada a la penetración de lenguas de agua subtropical superficiales. Vive en aguas de temperatura de 21 a 30 °C, pudiendo ser aguas oceánicas o costeras. Su pesca es más intensa durante la primavera y verano y disminuye en otoño e invierno. Sus desplazamientos están asociados a movimientos de las aguas cálidas que constituyen su hábitat, (Solano y Tresierra, 2008).

Con respecto a la distribución de las larvas, juveniles y desoves de adultos; las larvas de ambas especies ocurren en las regiones

tropicales de todos los océanos, en zonas templadas es claro observar juveniles en la época de inicios del verano, (Oro, 2011).

Esto concuerda de igual forma con la zona de Costa Rica, en donde puede observarse después de los primeros tres meses de lluvia una mayor abundancia de juveniles, principalmente a objetos flotantes, ver figura 2, (Oro, 2011).



**Figura 2. Distribución geográfica del Perico (*Coryphaena hippurus*)**  
Fuente: FAO, (2015).

### **2.2.5 Hábitat**

El perico, es una especie pelágica oceánica pero también se aproxima a la costa y es frecuente alrededor de islas. En estado juvenil

ocasionalmente se presentan en las bahías. Viven formando cardúmenes pequeños contruidos por 10 a 30 individuos. Según los estudios su edad máxima se sitúa entre 2 a 5 años. Es un pez que recorre grandes distancias, depredador en busca de bancos. Se reproducen durante junio y setiembre en donde se acerca a aguas costeras. Habita en aguas cálidas, tropicales o subtropicales siendo su mejor época de pesca en los meses calurosos, (Oro, 2011).

Pez pelágico que suele vivir en alta mar y que se acerca a la costa en cuanto sube la temperatura del agua. Los ejemplares jóvenes acostumbran juntarse en cardúmenes más o menos numerosos que van reduciéndose hasta pasar a una vida solitaria en edad adulta. Es muy conocida por los pescadores por su afición para los objetos flotantes debajo de los cuales es fácil localizar en la temporada adecuada. Crecen muy rápido y se supone que pocas veces llegan alcanzar los 5 años de vida tiene un ciclo reproductivo muy intenso, (IMARPE, 2008).

#### **2.2.6 Alimentación**

La literatura científica indica que el perico es una especie de mares tropicales y subtropicales que se alimenta de todas las formas de peces, zooplancton, crustáceos y también de cefalópodos. El dorado o perico es

una especie que compite con otras especies pelágicas depredadoras y es considerado una especie oportunista de alto nivel trófico, (IMARPE, 2008).

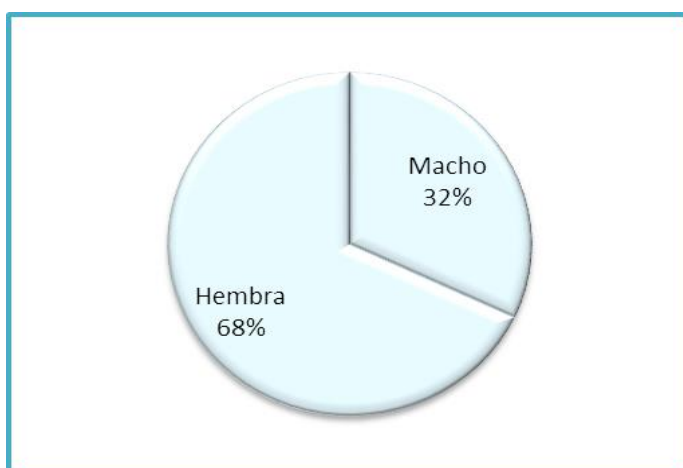
El dorado ha sido catalogado como un depredador voraz de ambiente pelágico, consumidor principalmente de peces, aunque en diversas regiones consume crustáceos y cefalópodos (Palko et al, 1982; Manooch et al, 1983; Kojima, 1999).

El perico es un depredador innato, consumiendo variadas especies de peces, crustáceos y moluscos siendo sus favoritos el pez volador, la caballa, la munida y la pota respectivamente, sin embargo se ha reportado que del análisis de 500 estómagos de pericos se encontraron 44 especies de peces, 5 de crustáceos y 2 de moluscos, en total 51 especies distintas demostrando así su voracidad, (IMARPE, 2008).

### **2.2.7 Reproducción**

El dimorfismo sexual en el dorado, es notable a partir de longitudes superiores a 35 cm longitud estándar (LS) y en tallas menores, los machos y hembras no son distinguibles externamente, (Shchervachev,

1973). Beardsley (1967) reportó que en los machos de perico comienza a desarrollarse una protuberancia en la cabeza a partir de los 40 cm de longitud a la horquilla (LH). Durante el periodo de estudio los ejemplares que predominaron fueron las hembras con un 68%. La proporción sexual global de *C. hippurus* “perico” se presentó 1:2 favorable para las hembras, podemos observar en la figura 3, (IMARPE, 2008).



**Figura 3. Porcentaje de machos y hembras de perico (2007)**

Fuente: **IMARPE. (2008).**

Desovan en alta mar y probablemente aproximándose a la costa cuando la temperatura del agua aumenta. Su frecuencia del desove es variable; los huevos son pelágicos, se encuentran en temperaturas cercanas a los 25 °C. Presentan una alta tasa de fecundidad. Beardsley

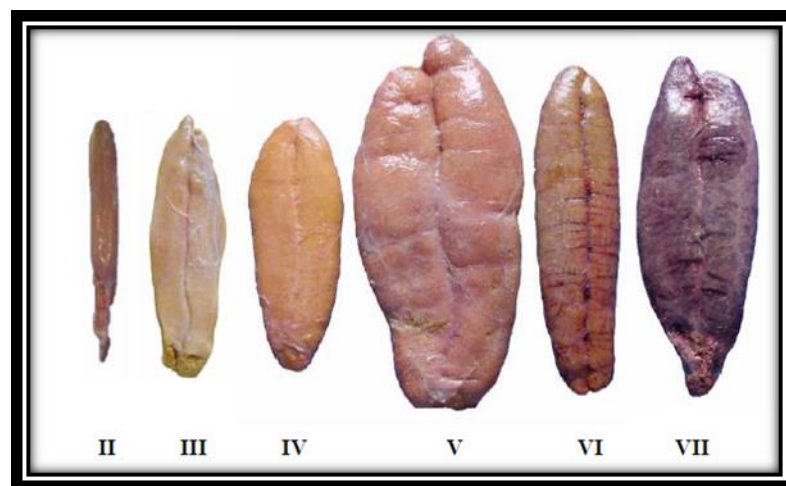
(1967), indicó en estudios realizados en el estrecho de Florida que las hembras de dorado (perico) comúnmente maduran a los 35 cm LH y en 50 cm (LH) el 100 % son maduras, encontrando que los machos maduran a los 42,7 cm de LH. Williams y Newell (1957), reportaron que la madurez, la alcanzan especímenes de 53,5 cm de longitud estándar (LS) en el este de África, (IMARPE, 2008).

El número de huevos que puede desovar una hembra de 3 a 8,5 kg es de 2 655 500 huevos/pez. Sin embargo, una hembra de 8,5 kg alcanzó la producción de huevo de 6 090 000 huevos. Se ha encontrado que la fecundidad se incrementa con el tamaño de la hembra y se estimó que 240 000 a 3 millones al año para un tamaño de 50 a 110 cm de longitud de horquilla, (Oro, 2011).

Takahashi y Mori (1973) examinaron diámetros de ovas de dos hembras, e índices gonadales de 30 machos y 55 hembras de dorado y sugirieron que los primeros desoves de la especie son alrededor de los 20 cm LS, (IMARPE, 2008).

Durante todo el período de nuestro estudio, fue posible observar ejemplares en estadios II (madurante) a VII (desovado). El porcentaje de

cada estadio, varió mostrando los de mayor estado de maduración en altos porcentajes, durante el verano y los estadios II y III en mayo y noviembre. Esto indica que la mayor actividad reproductiva se desarrolló en el verano del 2007, estados de maduración. En la figura 4, donde se presenta el estadio de maduración de las gónadas, (IMARPE, 2008).



**Figura 4. Ovarios de perico en diferentes fases de madurez sexual, según la escala de JOHANSEN**

**Fuente: IMARPE. (2008).**

### **2.2.8 Depredadores**

Los dorados, compiten con otros depredadores pelágicos por los mismos organismos en la cadena alimenticia. Esta competencia no debe ser seria, debido a que el dorado es capaz de alimentarse de gran

cantidad de alimento, y por tanto, puede considerarse como un oportunista entre los depredadores, (Oro, 2011).

En todas las etapas de vida el dorado, es presa de peces oceánicos, incluyendo miembros de su propia especie. Atunes albacora (*thunnus alalunga*), aleta amarilla (*T. albacares*), se les ha encontrado dorados juveniles en un estómago. En el caribe, se reportó un marlín azul (*makaira nigricans*), con un dorado de 12,5 kg también se ha reportado dorados con huecos producto de los picos de Marlín, (Oro, 2011).

En el Oeste del Pacífico se ha encontrado en atunes Aletas Amarilla, Marlin Azul, Marlin Negro y Vela dorados como parte de su dieta. También se conoce que las larvas de dorado, son una fuente significativa de alimento del pez espada (*xiphias gradius*) en el pacífico y en el Océano Índico, (Oro, 2011).

### **2.3 Histamina**

Compuesto que se forma por la descarboxilación de la histidina libre, como resultado de la exposición del pescado a temperaturas que permitan el crecimiento de bacterias mesófilas, (Von Gelderen, 1992).

La intoxicación por histamina presenta síntomas de naturaleza neurológica, gastrointestinal, observándose luego del consumo del alimento: dolor de cabeza, inflamación, enrojecimiento, comezón, náuseas, vómitos, diarreas. La formación de histamina es resultado del mal manipuleo y una mala preservación del pescado; generalmente pescados almacenados en lugares con poca higiene y a temperaturas por encima de las de refrigeración en tiempos prolongados, son susceptibles a formar grandes cantidades de histamina siempre que presenten histidina libre en sus músculos, (Von Gelderen, 1992).

Algunas malas prácticas de captura, generalmente cuando el pescado se le ha permitido luchar sobre la línea por un periodo relativamente prolongado de tiempo, pueden causar un incremento de la temperatura interna, favoreciendo el crecimiento bacteriano, formándose histamina antes de que el pescado este sobre la embarcación, (Ababouch y Lanhsen, 1991).

### **2.3.1 Control en la formación de histamina**

Considerando que el efecto de la temperatura en la formación de histamina es determinante, el rápido enfriamiento del pescado después de

muerto es la principal estrategia para prevenir la formación de histamina. El almacenamiento a bajas temperaturas después de la captura, es la clave para el control en la acumulación de la histamina bacteriana en el pescado, (FDA, 1997).

#### 2.4 Composición física y química del perico (*Coryphaena hippurus*)

El contenido de la parte comestible alcanza un 50,1 %, (IMARPE e ITP, 1996), este rendimiento dependerá de la habilidad del fileteador, esta operación se realiza en forma manual, ver tablas 1; 2; 3 y 4, mientras que en la tabla 5 se encuentra el desembarque del recurso perico para el congelado año 2010 al 2017.

**Tabla 1.**  
**Composición física del perico (*Coryphaena hippurus*).**

COMPONENTE	PROMEDIO (%)
Cabeza	21,3
Vísceras	8,8
Espinas	9,0
Piel	4,1
Aletas	4,4
Filetes	50,1
Pérdidas	2,3

Fuente: Instituto de Mar del Perú e Instituto tecnológico del Perú (1996).

**Tabla 2.**

**Características de densidad del perico (*Coryphaena hippurus*).**

<b>PRODUCTO</b>	<b>DENSIDAD (kg/ m<sup>3</sup>)</b>
Pescado entero	675
Pescado entero con hielo (3:1)	628
Filete bloque sin congelar	1078

Fuente: Instituto de Mar del Perú e Instituto tecnológico del Perú (1996).

**Tabla 3.**

**Características de rendimiento del perico (*Coryphaena hippurus*).**

<b>PRODUCTO</b>	<b>%</b>
Eviscerado	86 - 92
Eviscerado descabezado	63 - 71
Filete con piel	48 - 52

Fuente: Instituto de Mar del Perú e Instituto tecnológico del Perú (1996).

**Tabla 4.**

**Análisis proximal del perico (*Coryphaena hippurus*).**

<b>COMPONENTE</b>	<b>Porcentaje %</b>
Humedad	76,50
Proteína	20,50
Grasa	0,40
Sales minerales	1,20
Calorías (100 g)	133

Fuente: Instituto de Mar del Perú e Instituto tecnológico del Perú (1996).

**Tabla 5.**  
**Desembarque de recursos marítimos para congelado según especie,**  
**2010 – 2017 (t)**

Especie	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017/
<b>Total Pescados</b>	<b>69462</b>	<b>205194</b>	<b>137114</b>	<b>100 942</b>	<b>125 835</b>	<b>88 812</b>	<b>145 034</b>	<b>178 172</b>
Atún	3 120	943	1 140	1 131	5 092	3 890	2 196	2 113
Ayanque	-	-	-	-	-	-	-	0
Barrilete	861	1 220	466	299	494	3 866	4 045	2 419
Caballa	187	16 869	3 271	12 927	19 370	1 570	64 130	63 510
Cabrilla	-	-	-	-	-	2	-	-
Congrio	2	35	69	66	-	-	-	-
Jurel	317	97804	67 194	18 845	23266	818	1 038	996
Lorna	3	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perico</b>	<b>15 970</b>	<b>20828</b>	<b>22047</b>	<b>19 097</b>	<b>27256</b>	<b>30 125</b>	<b>22 234</b>	<b>23 426</b>
Sardina	3	-	2	-	-	-	-	-
Tollo	18	24	73	-	42	-	-	-
Tiburón	608	442	129	414	884	1 805	1 383	657

Fuente: PRODUCE, (2018).

## 2.5 Congelación

Según el código de prácticas de pescado congelado del Codex Alimentarius, el término “pescado congelado” se define como aquel que ha sido objeto de congelación suficiente para reducir la temperatura del producto a  $-18^{\circ}\text{C}$ , o a una temperatura más baja a fin de conservar la calidad del pescado, (ITP,1995).

Desde este punto de vista la tecnología de procesamiento de productos pesqueros congelados está dirigida a encontrar a través de la ciencia de los alimentos y su aplicación, la forma correcta de tratar a los productos pesqueros antes, durante y después del congelamiento, (ITP, 1995).

En cuanto a la congelación específica de especies marinas se puede decir que la buena congelación del pescado depende del poco contenido de grasa de este, es decir que hay mejores resultados en la congelación de una especie magra, sin embargo en los peces grasos es preciso adoptar algunas precauciones encaminadas a proteger el pescado de oxidaciones que son causa de enranciamiento, (ITP, 1999).

La congelación y el almacenamiento en frigorífico en momentos de abundancia permiten vender el pescado de acuerdo con la demanda, para importación y exportación, así como también abastecer por un largo periodo de un año de una especie que sólo esta una temporada, (Ibárcena, 2001).

### 2.5.1 Congelación lenta

Según Valiente (2001), citado por flores (2018), indica que, cuando se congela un alimento, hay tres etapas en el proceso. Primero, la temperatura se reduce hasta el punto de congelación. El agua en el alimento se convierte en hielo (esta fase se llama también la del calor latente). Finalmente, la temperatura se reduce aun más hasta el punto de congelación final (normalmente  $-18^{\circ}\text{C}$ ). La congelación lenta puede dañar los productos alimenticios porque el proceso destruye sus células.

- a) El agua libre que rodea las células del alimento es la primera que cristaliza en los métodos de congelación lenta.
- b) En cuanto se destruye el equilibrio del agua, el agua en el interior de las células del alimento empieza a salir de éstas, destruyendo la pared celular. Cuanto más largo es el tiempo de congelación, mayor es la destrucción de las células
- c) Finalmente, los cristales de hielo se hacen tan grandes que la membrana de la célula se rompe, causando un alto grado de pérdida de agua libre cuando el producto se descongela, (valiente, 2001).

### **2.5.2 Congelación rápida**

Debido a las razones explicadas anteriormente, el proceso de congelación debe transcurrir lo más rápidamente posible para alcanzar una calidad elevada del producto. Utilizando la congelación criogénica rápida, el agua dentro y fuera de las células se congela a la misma velocidad, asegurando que la célula permanece intacta y que el alimento conserva su frescor, sabor y textura, como si no hubiera sido congelado, (Valiente,2001).

- La estructura de las células orgánicas permanece prácticamente inalterada cuando se aplica la tecnología de congelación rápida, (Valiente, 2001).

### **2.6 Túneles de congelamiento**

Son instalaciones de congelamiento más utilizadas, están dotados de medios para el traslado del producto (carros sobre el piso, correderas de rodillos, bandas transportadoras, etc.), que permiten realizar el proceso

de congelamiento ininterrumpidamente en un torrente de aire a baja temperatura (desde -24 hasta -40°C), (Valiente, 2001).

Los túneles de congelamiento implican un consumo elevado de energía por unidad de peso de producto congelado, debido a que la velocidad requerida de congelamiento solo puede ser alcanzada enfriando el aire en el túnel hasta una temperatura aproximada de -35°C, (Valiente, 2001).

En las instalaciones frigoríficas modernas se utiliza el cambio automático y periódico de la dirección del aire para facilitar el enfriamiento uniforme del mismo y la nivelación de las pérdidas de humedad del producto, ubicado en distintos lugares del recinto o elementos de transporte. Este tipo de túnel puede ser explotado por un periodo más prolongado, sin necesidad de deshielar los evaporadores para eliminar la escarcha, (Valiente, 2001).

## **2.7 Propiedades físicas de los productos congelados**

El agua contenida en los alimentos se divide en agua libre, agua unida a la estructura tisular de manera mediata, y agua ligada por hidratación.

### **2.7.1 Agua libre**

Presente entre las células, es un disolvente de las sustancias orgánicas contenidas en el producto y de los compuestos minerales. Participa de manera inmediata en la totalidad de transformaciones biofísicas – químicas que cursan en el producto.

Es peculiar del agua libre que salga del producto con mucha facilidad bajo la acción de factores externos, entre otros, en procesos de sublimación, durante el depósito en congelación o en forma de goteo durante el descongelado, (Ibárcena, 2001).

### **2.7.2 Agua ligada**

Es la mayor cantidad de agua del producto. Se halla unida de manera mediata a la estructura tisular, a través de puentes de hidrógeno y fuerzas electrostáticas. Esta agua no exhibe en comparación con el agua libre ninguna diferencia esencial de comportamiento; así también tiene, entre otras propiedades el carácter de un disolvente y lo mismo que el agua libre participa en las transformaciones, (Ibárcena, 2001).

### **2.7.3 Agua de hidratación**

Es aquella parte del agua contenida en el producto cuyas moléculas bipolares se unen sólidamente, mediante adsorción, con iones y grupo proteicos polares, así como con polisacáridos. El agua de hidratación no está sujeta a ninguna influencia y tampoco participa en la transformación de fases que acontece durante el proceso de congelación, (Ibárcena, 2001).

### **2.8 Producción de filetes de pescado**

Se denomina filete a la porción laminar (larga y angosta) de carne, libre de huesos y espinas, que incluye los músculos dorsales y abdominales de la mitad del cuerpo del pescado. El filete es cortado de la espina dorsal, luego de eliminar las escamas y viseras, y puede ser preparado con o sin piel, (Valiente, 2001).

La producción de filete permite realizar un aprovechamiento más completo y racional del pescado como materia prima, ya que todos los residuos resultantes de la elaboración de este producto (cabezas, piel y huesos son recogidos y utilizados en la obtención de otros, también

valiosos como la harina de pescado y aceite de pescado, etc. El filete tiene las siguientes ventajas importantes sobre otros productos de pescado:

- a) Es un producto semipreparado, muy cómodo para el consumidor; para su preparación culinaria final el consumidor queda exonerado de operaciones trabajosas como corte, lavado, eliminación de viseras, etc. De cumplimiento obligatorio al utilizar el pescado entero.
- b) Tiene forma regular y medidas que proporcionan comodidades en el empaque y traslado.
- c) Tiene un peso estándar, lo que facilita su manejo en la red comercial, (Valiente, 2001).

La elaboración de filetes se efectúa de acuerdo a diversos esquemas tecnológicos, en función de las especies de pescado, las condiciones en las que ingresan la materia prima y las particularidades de los equipos tecnológicos. La elaboración de filetes incluye muchas operaciones tecnológicas comunes, (Valiente, 2001).

El pescado es lavado hasta eliminar completamente la mucosidad y suciedad, procediéndose inmediatamente al eviscerado y corte. El seccionamiento del pescado es la operación más trabajosa, para obtener filetes (dos mitades de carne longitudinales y simétricas) es necesario eliminar del musculo los coágulos de sangre y la película negra abdominal para tener una presentación optima del producto, (Valiente, 2001).

## **2.9 Fileteado**

La obtención de los filetes de pescado, es una de las operaciones fundamentales y la más compleja en la elaboración de filetes congelados, pudiendo ser realizada en forma manual o mecánica, con ayuda de máquinas fileteadoras, (Valiente, 2001)..

El rendimiento de filete a partir de pescado entero depende tanto de las condiciones intrínsecas del mismo (especie, estado físico y nutricional, dimensiones), como de su grado de frescura y la eficacia de la operación de fileteado, (Valiente, 2001).

## **2.10 Parámetros físicos utilizados en la congelación de alimentos**

### **2.10.1 Calor específico**

El calor específico  $C$  (kJ/kg °C) puede calcularse a partir de la siguiente ecuación, (I.I.F, 1990).

$$C = 2,094 X_f + 1,256 X_g + 4,187 H$$

Donde:

2,094: Const. De la grasa líquida

1,256: Const. De los sólidos.

4,187: Const. De la humedad.

$X_f$  : Porcentaje de grasa.

$X_g$  : Porcentaje de sólidos totales.

$H$  : Porcentaje de humedad.

### **2.10.2 Peso específico**

El peso específico  $C$  (Kg/l), en especies hidrobiológicas variables 15 °C tienen un valor de 1,072 kg/l, (Meyer, 1984).

### 2.10.3 Coeficiente de conductividad térmica

Según Lees (1969), el coeficiente de conductividad térmica, K (Kcal/hm °C) se determina, conociendo el porcentaje de materia grasa (Xf) con la ecuación siguiente:

$$K = 0,7400 - 0,0117 (Xf)$$

Donde:

K = Conductividad térmica

Xf = porcentaje de materia grasa

### 2.10.4 Coeficiente de difusividad térmica

El coeficiente de difusividad térmica, "a" (m<sup>2</sup>/h); viene a ser el índice de conducción de temperatura de un cuerpo y es hallado mediante la ecuación planteada por Planck (1977), (Lees, 1969).

$$a = K/Yc$$

### 2.10.5 Coeficiente de transmisión superficial del calor

Según Planck (1977), se calcula con la siguiente ecuación:

$$hL/k_1 = N_{NU} = 0,664 (N_{RE})^{1/2} (N_{PR})^{1/3}$$

Donde:  $N_{NU}$  = Número de Nusselt =  $hL/K_1$

$N_{RE}$  = Número de Reynolds =  $VL\sigma_a/\mu$

$N_{PR}$  = Número de Prandt1 =  $HCa/Ka$

$h$  = Coeficiente de transmisión superficial de calor

$L$  = Longitud de la lámina a congelar.

$V$  = Velocidad del aire.

$\sigma_a$  = Densidad del aire.

$\mu$  = Viscosidad del aire.

$k_1$  = Conductividad térmica del aire

### 2.10.6 Tiempo de congelación

El tiempo de congelación de una determinada sustancia se puede definir como el tiempo necesario para que el centro térmico

(punto que se enfría más lentamente) pase por la zona de máxima formación de cristales de hielo.

Existen factores que influyen en el tiempo de congelación que son necesarios para los cálculos y comprensión del proceso.

- Tamaño del producto, en la medida que el espesor o diámetro aumenta, el tiempo requerido para reducir el contenido de calor también se incrementa.
- Temperatura del medio congelante.
- Coeficiente de transferencia de calor por convección, la magnitud del coeficiente de transferencia de calor por convección, horas, tiene significativa importancia sobre el tiempo de congelación.
- Otros factores; el contenido de humedad, densidad y el porcentaje de agua no congelable en el producto, (Ibárcena, 2001).

### 2.10.7 Método de Planck

Planck (1977), afirma que el tiempo de congelación es el tiempo transcurrido a partir de la temperatura Inicial de la congelación, hasta una temperatura óptima de congelación para cada producto, que es ajeno del tiempo ha sido enfriado ya hasta el punto de congelación y que todo el calor de congelación se elimina en las proximidades de dicho punto. Además se asume que los productos que se van a congelar tiene formas geométricas como láminas, cilindros o esferas.

Para el cálculo del tiempo total de congelación se emplean las siguientes fórmulas planteadas por Planck:

#### a. Tiempo de refrigeración

$$T_k = \frac{X^2}{a} \cdot \frac{\ln(\theta_a / \theta) + \ln C}{U^2}$$

Siendo:

X = Espesor del producto

T<sub>k</sub> = Tiempo de refrigeración

$a$  = Difusividad térmica expresada en función al peso específico.

$C$  = Calor específico del producto

$U$  = Magnitud resultante de la condición de transporte térmico en la superficie.

$\theta_a, \theta$  = Diferencias de temperaturas

$$\theta_a = t_a - t_o$$

$t_a$  : Temperatura inicial del producto ( $^{\circ}\text{C}$ ).

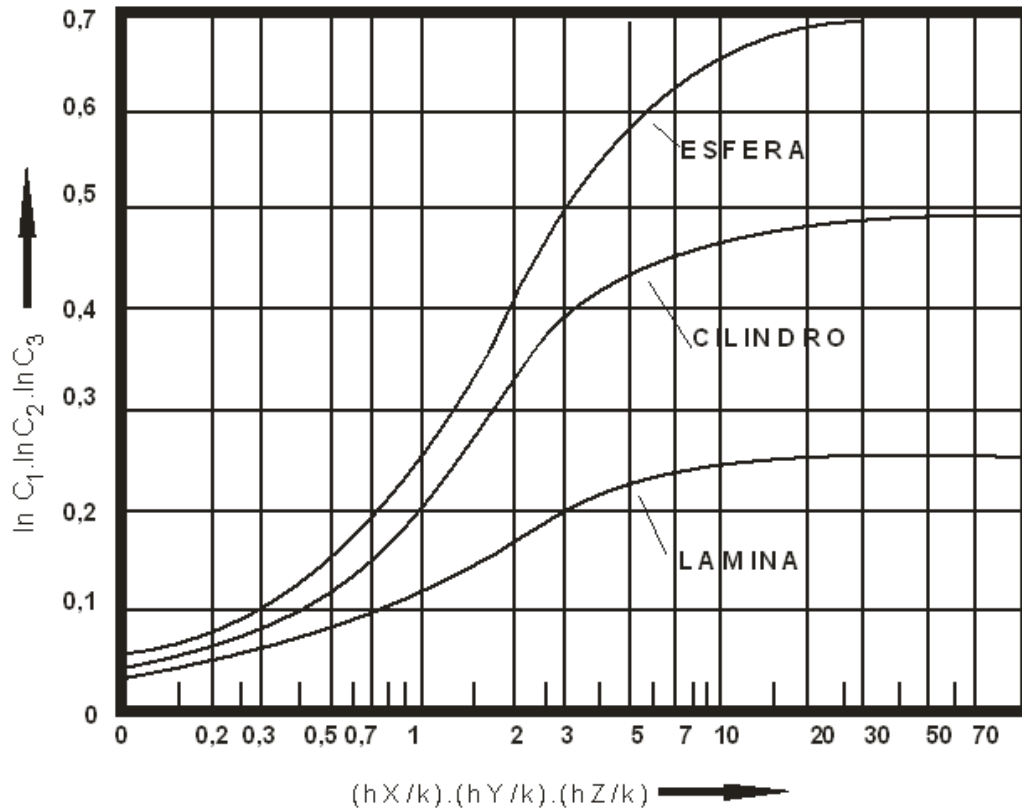
$t_o$  : Temperatura del medio de congelación ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$$\theta = t_g - t_o$$

$t_g$  : Temperatura inicial de congelación del producto ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$t_o$  : Temperatura del medio de congelación ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Para desarrollar la ecuación se debe de utilizar la tabla 6 y la figura 5



**Figura 5. Valores de  $\ln c$ , o respectivamente, de  $\ln C_1$ ,  $\ln C_2$ ,  $\ln C_3$ , para láminas cilindros y esferas**

**Fuente: Plank (1977).**

Donde:

$\ln C_1$  : corresponde si la muestra tiene forma Laminar

$\ln C_2$  : corresponde si la muestra es de forma cilíndrica

$\ln C_3$  : corresponde si la muestra es de forma esférica

**Tabla 6.**

**Valores  $u^2$  utilizables para determinar tiempo de refrigeración ( $T_K$ ) mediante la ecuación de Plank clasificar  $hx/k \cong hl/k$ .**

Índices HL/k	U para lámina
0,01	0,0100
0,02	0,0199
0,05	0,0493
0,07	0,0683
0,10	0,0967
0,15	0,142
0,20	0,187
0,30	0,273
0,50	0,462
0,70	0,563
1,00	0,741
1,5	0,977
2,0	1,164
3,0	1,42
5,0	1,73
7,0	1,89
10,0	2,04
15,0	2,17
20,0	2,24
30,0	2,31
50,0	2,36
70,0	2,47

**Fuente: Plank (1977).**

## b. Tiempo de congelación

$$T = \frac{\rho}{\theta} \left( P \frac{d}{h} + R \frac{d^2}{K} \right)$$

$$\rho = H L_f \sigma$$

Donde:

T : Tiempo de congelación (h).

$\theta$  : Diferencia de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Para  $\theta = t_g - t_o$ .

$t_g$  : Temperatura inicial de congelación del producto ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$t_o$  : Temperatura del medio de congelación ( $^{\circ}\text{C}$ ).

P y R : Factores de forma de la Ec. de Planck, en el caso de flujo unidireccional para una lámina son:

$$P = \frac{1}{2} \text{ y } R = \frac{1}{8}.$$

h : coeficiente de transferencia superficial de calor ( $\text{kcal}/\text{hm}^2\text{C}$ ).

d : Espesor de la lámina a congelar (m).

$\rho$  : Calor latente por unidad de volumen ( $\text{kcal}/\text{m}^3$ ).

H : Porcentaje de humedad del producto (%).

$L_f$  : Calor latente de fusión ( $\text{kcal}/\text{kg}$ ).

$\sigma$  : Densidad del producto ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

### c. Tiempo total de congelación

$$T_{\theta} = T_k + t$$

Donde:

$T_{\theta}$  = Tiempo total de congelación, (Planck, 1977).

$T_k$  = Tiempo de refrigeración.

$t$  = Tiempo de congelación.

#### 2.10.8 Método analítico de Nagaoka et al

Nagaoka et al (1955 y 1958), citado por Planck (1977), dice que propusieron correcciones basadas en resultados experimentales, a fin de reducir las inexactitudes de la Ecuación básica de Plank siendo la expresión resultante:

$$T_{\theta} = \bar{H}(C_w(t_a - t_g) + L_f + C_i(t_g + t_{\theta}))(1 + 0,00445(t_a - t_g)) \frac{\rho}{\theta} \left( \rho \frac{d^2}{h} + R \frac{d^8}{k_i} \right)$$

Donde:

$C_w$  y  $C_i$ : Calores específicos del agua y del hielo.

$K_i$  : Conductividad térmica del hielo.

$t_a$  : Temperatura inicial del producto

$t_\theta$  : Temperatura final del producto

$t_g$  : Temperatura inicial de congelación del producto

P y R : Factores de forma de la ecuación de Planck, para una lámina de flujo unidireccional:  $P=1/2$  y  $R= 1/8$ .

$\rho$  : Calor latente por unidad de volumen.

d : Espesor de la lámina a congelar.

H : Porcentaje de humedad del producto

Si los alimentos están empaquetados, es preciso añadir las resistencias de los materiales de embalaje y la de los espacios ocupados por aire, que siempre existen pero que son difíciles de evaluar (Planck, 1977).

Si  $k_1, k_2, \dots, k_n$ , Son los índices de conductividad térmica y  $e_1$  y  $e_2, \dots, e_n$ , los espesores de cada una de las capas de envoltura del alimento, se tiene:

$$\sum_{e=1}^{e=n} \frac{e_e}{k_e} = \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \dots + \frac{e_n}{k_n}$$

Y:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h} + \sum_{e=1}^{e=n} \frac{e_e}{k_e}$$

Donde:

$\sum_{c=1}^{c=n} e_e / k_e$  : Resistencia Térmica de los empaques.

H : Coeficiente de transferencia de calor.

U : Coeficiente de transferencia de calor modificado.

1/U : Resistencia total a la transmisión de calor.

Por lo que en todas las ecuaciones, para el cálculo del tiempo total de congelación deberá reemplazarse "U" por "h", cuando se utilicen materiales de empaque, (Ibárcena, 2001).

## 2.11 Curva de congelación

Los alimentos están constituidos por un número elevado de solutos disueltos en agua. En la figura 6, se muestra, la "curva de congelación de alimentos" se muestran tres fases de una curva típica de congelación de alimentos (Ibárcena, 2001).

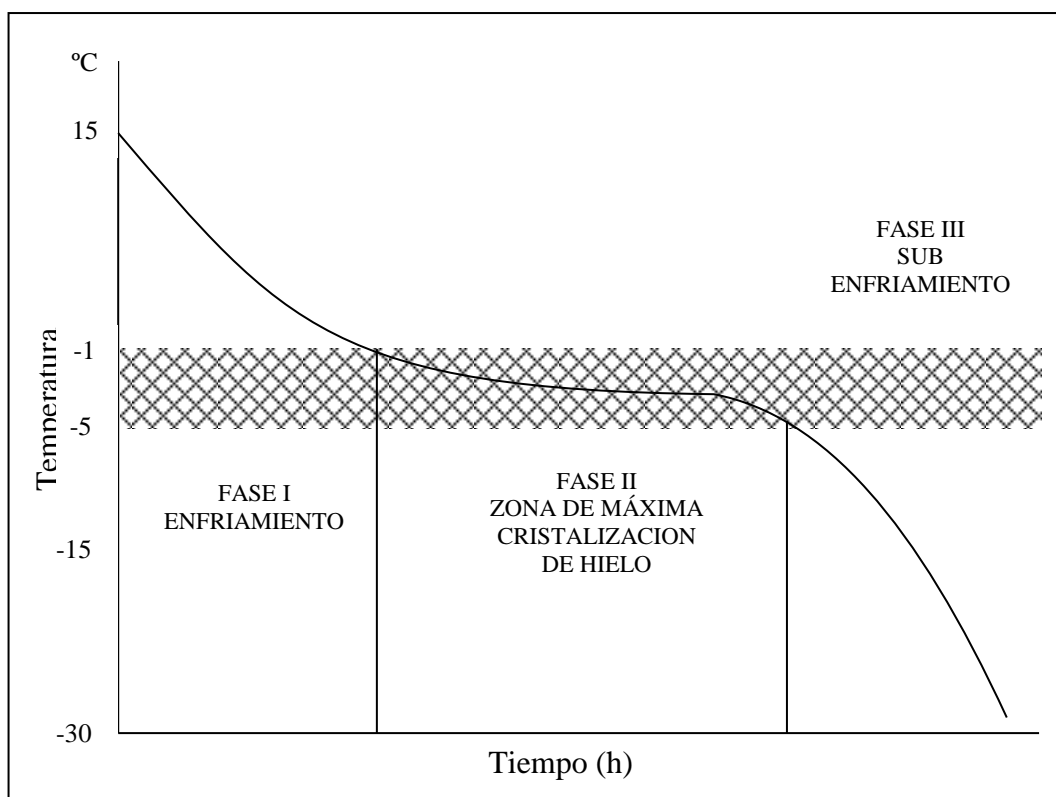
### **2.11.1 Fase I**

También llamado "zona de enfriamiento", la temperatura del pescado disminuye desde el momento que ingresa al congelador hasta las proximidades de su punto de congelación. En esta fase sólo se elimina el calor sensible y hay una mayor variación de temperatura (Ibárcena, 2001).

Los microorganismos y enzimas están totalmente activas. Esta fase es muy importante para la buena calidad del producto. Por eso debe hacerse en muy corto tiempo el enfriamiento hasta temperaturas cercanas al punto de congelación.

### **2.11.2 Fase II**

Esta fase está delimitada por el rango de temperatura que va de - 1 a - 5 °C, conocida como "zona de máxima formación de los cristales de hielo" (Ibárcena, 2001).



**Figura 6. Fases de congelación**

**Fuente: Cox (1987).**

El agua libre de constitución del pescado, empieza a congelarse a una temperatura de  $-1^{\circ}\text{C}$  ó  $-2^{\circ}\text{C}$ . En esta fase a los  $-5^{\circ}\text{C}$ , se produce una máxima formación de los cristales de hielo, por lo que se le denomina como “punto de congelación final”. La forma de esta zona varia de acuerdo al porcentaje del contenido del agua del pescado. El 80 % del agua de pescado se convierte en hielo (Ibárcena, 2001).

### 2.11.3 Fase III

Es la etapa de subenfriamiento, pues no hay cambios de estado, sólo existe extracción de calor sensible. Esta fase determina la temperatura final de congelación (Ibárcena, 2001).

### 2.12 Velocidad de congelación

La calidad de un producto congelado depende de la velocidad a que es congelado, se obtiene mejores resultados cuando los alimentos son sometidos a congelación rápida, (Earle, 1979). En la actualidad los sistemas de congelación se clasifican según la velocidad de avance del frente de hielo, como sigue:

Menos de 0,1 cm/h	Congelación muy lenta
0,1 a 0,5 cm/h	Congelación lenta
0,5 a 5,0 cm/h	Congelación rápida
Más de 5,0 cm/h	Congelación muy rápida, (Herman, 1976).

## **2.13 Congelador por aire forzado**

Es uno de los métodos más utilizados puesto que el pescado que se va a congelar puede estar entero, grande, pequeño o en filete, (Farro, 1996).

Puede congelar 1 a 2,5 veces más rápido que el congelador por aire en reposo. Esta ventaja ha sido motivo de la extensión de la congelación por aire forzado aplicado en pescado entero de mayor tamaño, los cuales requieren de un periodo largo de congelación. (Hernández, 1988).

### **2.13.1 Túnel de congelación**

El túnel es un equipo de congelación muy flexible, que se adapta a productos de todas las dimensiones y formas, empaquetados o no; no obstante conviene utilizar los embalados, porque los que no lo están tienen tendencia a adherirse a las bandejas, provocando pérdidas de masa y tiempo durante en el desmontaje y limpieza de las bandejas. Para obtener productos que no se adhieran, fácilmente manejables y más

rápidamente congelables, se preferirá la congelación rápida individualizada, (IQF), (IIF, 1990).

#### **2.14 Procesamiento del pescado congelado.**

El proceso de congelación es aquel que se ejecuta en un apropiado equipo de tal forma que permita el paso rápido de la zona de máxima cristalización, este proceso debe considerarse concluido cuando la temperatura del producto sea no mayor de 18 °C en el centro térmico.

Concretamente podemos definir al pescado congelado como aquel que ha sido sometido a un proceso de congelación suficiente para reducir la temperatura de todo el producto a un grado que permita conservar la calidad inherente del pescado, (ITP, 2007).

#### **2.15 Congelación IQF (*Individual quick freezing*)**

Congelación IQF (Individual quick freezing). IQF son las siglas que en inglés significa Individual Quick Freezing o congelado rápido de manera individual. Consiste en que se deja el producto a ser congelado por lo general en un túnel de frío y acondicionado uno por uno sin tocarse,

a temperaturas muy bajas y a su salida el producto tiene la apariencia de estar petrificado por el frío.

Este proceso de congelación rápida permite los cristales de hielo que se forman de las células de los tejidos sean de tamaño muy pequeño de esta manera se evitan que las paredes celulares que conforman los tejidos se rompan y se deterioren. Por lo tanto al descongelar el producto no presente derrame de fluidos celulares lo cual garantiza una textura, valor nutritivo y sabor igual al producto fresco. Adicionalmente el uso de esta técnica garantiza que los productos no necesiten ningún tipo de químicos o preservantes para su conservación, (López, 1994).

## **2.16 Cambios del alimento en el proceso de congelado Cristalización y formación de hielo**

Cuando el alimento es enfriado por debajo de 0 °C, el hielo comienza a formarse a la temperatura denominada crioscópica. La temperatura del comienzo de la congelación depende de la concentración de solutos y no del contenido de agua, (Universidad de Concepción, 2004).

La cristalización de hielo ocurre después de una sobrefusión para luego estabilizarse a una temperatura cercana a la crioscópica.

Mientras el hielo permanezca localizado en el exterior de las células no se produce ninguna lesión grave o irreversible.

A medida que el producto se enfría más, por debajo de su punto de congelación inicial, el agua se congela cada vez más, de tal forma que las disoluciones residuales son cada vez más concentradas y producen una salida de agua desde las células, degenerándolas, (Universidad de Concepción, 2004).

### **2.16.1 Deshidratación**

Ocurre de dos maneras: Por evaporación (sublimación) de la superficie del pescado durante la congelación y almacenamiento. Esta alteración por deshidratación puede calificarse como quemaduras por congelación.

Goteo (Drip): Los productos hidrobiológicos como todos los alimentos congelados y guardados en almacenamiento al descongelarse,

parte del líquido orgánico escapa al exterior. Este líquido se denomina drip y se traduce como un daño físico que sufre los alimentos congelados.

Si el pescado se congela en forma rápida, durante el descongelamiento la formación de DRIP es pequeña, (ITP, 2007).

### **2.16.2 Cristalización**

La cristalización comprende la nucleación y crecimiento de los cristales, siendo necesario un control de estas etapas porque la cristalización implica una modificación de las características del sistema y repercute en la calidad del alimento congelado, (Universidad Autónoma de Madrid, 2005).

### **2.16.3 Crecimiento de cristales**

Se forman núcleos (semilla) para facilitar la reorganización del líquido como estarían en estado sólido. Estos núcleos son racimos de moléculas de tamaño para sostener el crecimiento de un cristal. A una temperatura por debajo del punto de fusión en equilibrio hay un volumen de la fase sólida con menor energía libre que las mismas moléculas de la

fase líquida; hay una interfase con el líquido siendo la formación de la misma termodinámicamente desfavorable. Estas dos energías dan la energía libre total de formación de las semillas. Hay una contribución que depende de la masa y otra debida a la superficie. Para un racimo pequeño el componente de energía debido a la superficie es más grande. Para un mismo tamaño de cristal la adición de un racimo que genera más energía de masa hace que el proceso sea espontáneo y al aumentar la masa por molécula a temperaturas menores mientras la superficie no varia el tamaño del núcleo del cristal se reduce al bajar la temperatura. Al considerar agua el tamaño crítico del núcleo puede ser alcanzado espontáneamente a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Nucleación Uniforme u Homogénea).

Si hay un soporte catalítico la nucleación puede realizarse a temperaturas mas altas (hay nucleación heterogenea). Nos interesa la heterogénea (Lonzo, 2003)

#### **2.16.4 Recristalización**

Durante el almacenamiento hay una tendencia de los pequeños cristales a unirse entre ellos formando otros de mayor tamaño. Este se debe a que los pequeños cristales resultan más inestables que los

grandes al poseer más energía en la superficie por unidad de masa, (Universidad Autónoma de Madrid, 2005).

Con temperaturas bajas este proceso cursa inicialmente muy despacio; se trata entonces de la llamada *recristalización* de "iniciativa libre", su velocidad aumenta a medida que se aproxima a la temperatura del punto crioscópico, con temperatura próxima al punto de fusión puede observarse la aparición de un intenso crecimiento de grandes cristales a costa de cristales pequeños, se trata entonces de la recristalización, (Ibárcena, 2001).

#### **2.16.5 Tratamiento después del congelamiento**

Inmediatamente después de la congelación, los productos deben ser manipulados con Buenas Prácticas de Manufactura, así se les somete a un tratamiento que evite el deterioro de la calidad e integridad del producto. De ésta manera la utilización del glaseado, envasado o empacado y un correcto almacenamiento serán las medidas preventivas a aplicar dentro de condiciones de higiene, cuidado y rapidez, (ITP, 1999).

### **2.16.6 Glaseado**

Es un proceso de formación en toda la superficie del producto de una capa delgada de hielo, para evitar la deshidratación y oxidación de las grasas. Esta capa de hielo es formada por la inmersión del pescado congelado en agua fría a una temperatura aproximada de 1 a 2 °C aunque también puede glasearse exponiendo al producto en un sistema tipo ducha.

El peso del glaseado con respecto al peso del producto congelado deberá ser no menor de 2 a 4 % dependiendo de la especie y forma del producto, (ITP, 1999).

### **2.16.7 Aspectos microbiológicos**

En la congelación las bacterias Gram (-) puede morir, pero los microorganismos patógenos son muy resistentes a la congelación como los coliformes fecales, Echerichia coli, Salmonella, etc. por lo tanto se debe vigilar el proceso de preparación de alimentos evitar la contaminación por organismos patógenos, (ITP, 1999).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar de ejecución**

El presente trabajo de investigación, se realizó en la Empresa Frio del Sur S.A. (FRISUR S.A.), que se dedica a la importación y exportación de productos hidrobiológicos congelados para consumo humano, ubicado en la Av. Circunvalación Mz. G Lte. 1 y 2, Parque Industrial; se realizó en el túnel de congelación por aire forzado, y una cámara de almacenamiento de producto terminado.

Así como también, se usó las instalaciones de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna, las cuales se encuentran a continuación:

- ▶ Laboratorio de Tecnología Pesquera de la escuela profesional de Ingeniería Pesquera de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, para la

realización del análisis proximal de la materia prima y el producto final.

- ▶ Laboratorio de microbiología de DIGESA. la Dirección Regional de Salud de Tacna, para los análisis microbiológicos del producto final.

### **3.2 Materia prima**

Para el desarrollo del presente proyecto de tesis, se utilizó como materia prima al recurso perico (*Coryphaena hippurus*) adquirido de los proveedores que entregan a la planta de procesamiento FRISUR S.A.C.

### **3.3 Equipos y materiales**

#### **3.3.1 Para la preparación de la materia prima y congelado**

- Cámara de congelamiento – Túnel 7:  
Refrigerante: R-502  
Temperatura de congelamiento: -35 °C.  
Capacidad de la cámara: 6 toneladas.
- Termorregistrador: Marca: SHIMADEN CO, LTD

Temperatura: Rango -50 a 150 °C

Tensión eléctrica: 220 V, 60 Hz

- Balanza digital de plataforma: Marca: Acuura.  
Capacidad: 50 kg e= 0,1
- Balanza digital de plataforma: Marca: Acuura.  
Capacidad: 5 kg e= 0,1
- Mesa de acero inoxidable:  
Dimensión: 2,5 m x 1,2 m.
- Coche porta bandejas 1,20 m x 0,45 m x 1,90 m.
- Coladores de plástico.
- Tableros de disección de poliuretano.
- Cuchillos de acero inoxidable, mago de goma.
- Bolsas de polietileno de baja densidad 2,50 micras.
- Bandejas de plástico, capacidad de 10 kg
- Bandeja de acero inoxidable 0,75 m x 0,43 m x 0,02 m

### **3.3.2 Para el análisis químico proximal**

- Balanza analítica de precisión: Marca: Sartorius.  
Capacidad: 160 g, e= 0,001, 220 V, 60 Hz

- Balanza digital de plataforma Marca: DIGITAL WEISHING SCALE.  
Capacidad: 10 Kg, e= 5 g
- Estufa Marca: Mermment.  
Temperatura: rango de 0 a 225 ° C. 220 v / 60 Hz
- Mufla Marca: FURNACE.  
Temperatura: 0 a 1400 ° C, 220 V, 60 Hz
- Campana extractora de gases:
- Placas Petri, Marca: Duncan
- Probetas, Marca: Duncan  
Capacidad: 100 ml. y 10 ml
- Balones, Marca: Duncan  
Capacidad: 500 ml y 250 ml
- Pipetas, Marca: Pirex.  
Capacidad: 10ml y 100 ml
- Extractor Soxhlet.
- Crisoles de porcelana.
- Desecador.

**Reactivos:**

- Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 0,1N
- Hexano (solvente).
- Ácido bórico al 4 %.
- Catalizador, sulfato de potasio y cobre ( $\text{CuSO}_4 : \text{K}_2\text{SO}_4$ ).
- Hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) al 40 %.
- Rojo de metilo.

**3.4 Métodos de análisis****3.4.1 Materia Prima****3.4.1.1 Análisis sensorial**

Consistió en la evaluación del grado de frescura y calidad de pescado fresco, según los parámetros indicados por el sistema de evaluación para el pescado fresco por Wittfogel (ver anexo 3).

**3.4.1.2 Análisis químico proximal (Método A.O.A.C, 1990)**

Se realizaron por duplicado, teniendo en cuenta los métodos y pautas de la A.O.A.C. (Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists) (1990).

**A. Determinación de la Proteína total (N x 6,25)**

Se realizó por el método Semi-microkjeldhal, al determinar el nitrógeno total, este fue multiplicado por el factor 6,25 (para carnes), de esta forma se obtiene el porcentaje de proteína bruta.

**B. Determinación de la Humedad**

Se realizó por el método de la pérdida de peso. Primero se molió totalmente el filete, para luego sacar una muestra y llevarlo a la estufa a una temperatura de 105 °C por 4 horas, hasta que tenga una temperatura constante.

**C. Determinación de Ceniza**

Se realizó por el método de calcinación de materia orgánica en la mufla a una temperatura de 600 °C por 4 horas, hasta combustión completa de la materia orgánica y obtención de peso constante.

**D. Determinación de Grasa total**

Se realizó por el método de soxhlet, utilizando como solvente para extraer la grasa de la muestra el hexano, el cual será eliminado por evaporación.

## **E. Carbohidratos**

Se determinó por diferencia de peso restando del 100 % los porcentajes de humedad, proteínas, grasas y cenizas.

### **3.4.2 En el proceso**

#### **3.4.2.1 Determinación experimental del Tiempo de congelación**

Cada bandeja contenía 3 capas de porciones IQF (Congelado Rápido Individual) separado por láminas de polietileno.

Para obtener el tiempo de congelación en forma práctica se realizó empleando el termorregistrador el cual la termocupla se colocó en la capa central de la porción y registrar la temperatura en el proceso de congelación.

La temperatura inicial del producto a congelar fue de 4 °C, la temperatura de la cámara fue de -3°C, método de congelación por aire forzado.

Las ecuaciones analíticas que se emplearon para el cálculo del tiempo y velocidad de congelación fueron:

#### **A. Ecuaciones de Plank**

Para obtener el círculo del tiempo total de congelación y cálculo de la velocidad lineal de congelación.

#### **B. Ecuaciones de Nagaoka et al.**

Para el cálculo del tiempo total de congelación, siendo este un método comparativo para encontrar directamente el tiempo total de congelación de porciones de perico.

### **3.4.3 Producto final**

#### **3.4.3.1 Análisis físico**

El análisis físico de las porciones de perico congelado, consistió en la medición del largo, alto y el ancho de las porciones, así como también el peso determinados por calibres.

#### **3.4.3.2 Análisis químico proximal (Método A.O.A.C, 1990)**

Estos análisis fueron los mismos que se le realizaron a la materia prima, teniendo en cuenta los métodos y pautas de la A.O.A.C. (Official

Methods of Analysis of the Association of official Analytical chemists) (1990).

### 3.4.3.3 Análisis microbiológico

Se realizaron las pruebas microbiológicas con la finalidad de verificar el grado de contaminación que probablemente haya sucedido en el proceso de congelación del producto, evaluando de esta manera la eficiencia de todo el proceso.

El Método de ensayo que se utilizó fue según la RM: N° 071 - 2008-SA. Los controles microbiológicos fueron los siguientes:

- Recuento total de bacterias aerobias mesófilas viables  
Método del recuento estándar en placa, con el agar plate count.
- Determinación de coliformes  
Se realizó la prueba presuntiva, con el caldo lactosado bilis verde brillante.
- Determinación de ***Staphylococcus aureus***  
Método de recuento de placa con el agar baird parker.
- Determinación de ***Salmonella*** en 25 g  
Método de recuento en placa con Agar Violeta Cristal Rojo Neutro Bilis.

#### **3.4.3.4 Determinación del balance de materia y rendimiento**

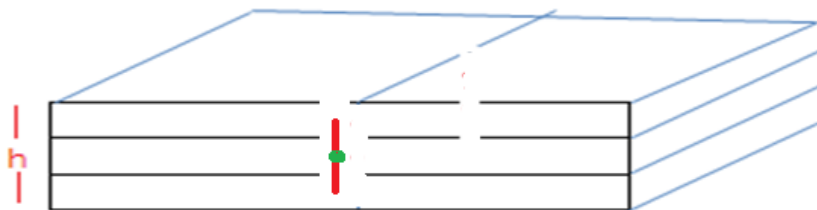
Se realizó el balance de materia desde la materia prima hasta obtener el producto congelado manteniendo presente las pérdidas de peso durante el proceso de congelación de las porciones de perico.

### **3.5 Prueba experimental**

#### **3.5.1 Experimento**

El experimento consistió en determinar el tiempo de congelación en forma práctica y se graficó en papel milimetrado, para luego comparar el tiempo de congelado mediante los métodos de Plank y Nagaoka.

Para el método práctico se utilizó el termorregistrador, el cual la termocupla se colocó en el centro del músculo de la porción de perico (*Coryphaena hippurus*) de la clasificación de 8 a 10 oz, hasta llegar a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el centro de la porción, la temperatura del túnel de congelación por aire forzado fue de  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  según la figura 7.



**Figura 7. Ubicación de la termocupla**

Fuente: Elaboración propia

### **3.6 Descripción del proceso experimental**

#### **3.6.1 Recepción**

El perico (*Coryphaena hyppurus*), se adquirió de la misma planta trasladada del desembarcadero de Morro Sama por proveedores, se pesó en una balanza calibrada certificada por el INACAL, y en cada etapa del proceso, el dato obtenido se utilizó para elaborar el Balance de materia, de igualmanera se realizaron las medidas morfométricas. Del mismo modo se tomó una muestra en una bolsa de polietileno de Alta densidad, se lacró, rotuló y se llevó en una caja de ternoport hermética para la realización del análisis químico proximal al laboratorio de tecnología pesquera de la UNJBG, ver figura 8.



**Figura 8. Recepción de la materia prima**

**Fuente: Elaboración propia.**

### **3.6.2 Almacenamiento en frío**

La materia prima fue almacenada en recipientes de plástico (bandejas cap. 30 kg) en capas interfoliadas de hielo y pescado, con la finalidad de mantener la cadena de frío a  $\leq 4^{\circ} \text{C}$ .

Esta etapa comúnmente es breve, por ende no hay un tiempo de espera prolongado el cual se rotuló el recipiente para conocimiento.

### 3.6.3 Fileteado

Esta operación se realizó manualmente aplicada a la materia prima fresca para obtener el filete. Se utilizó un cuchillo de acero inoxidable con mango de goma. La temperatura debe ser  $\leq 4^{\circ}\text{C}$ . Al realizar la operación esta deberá realizarse en el menor tiempo posible.

Terminando la operación de fileteo aún queda musculo de perico adherido al esqueleto, esta pulpa es extraída con ayuda de cucharas de Acero Inoxidables para su congelación y almacenamiento. Los restos después del proceso de raspado son derivados a la zona de residuos sólidos para luego ser evacuados de la planta, ver figura 9.



**Figura 9. Fileteado**

**Fuente: Elaboración propia.**

### 3.6.4 Extraído de la piel

Como se observa en la figura 10, la extracción de la piel, se realiza en forma manual y directa a los filetes con ayuda de un cuchillo de mango de goma y punta de acero inoxidable acerado, se retira la piel por completo, brindando la facilidad para la siguiente etapa del proceso.

Se debe mantener la cadena de frío, para lo cual la temperatura del producto debe ser  $\leq 4^{\circ}\text{C}$  de temperatura.

Los restos son evacuados a la zona de residuos sólidos.



**Figura 10. Extracción de la piel**

**Fuente: Elaboración propia.**

### 3.6.5 Perfilado / Extracción de la línea de sangre

En esta operación se realiza en forma manual y directa a los filetes sin piel, con ayuda de un cuchillo de mango de goma y punta de acero inoxidable acerado, son perfilados cortándoles los bordes de musculo oscuro, hematomas, exceso de grasa, espinas y retiro por completo de la línea de sangre, mejorando la estética del mismo. Los restos son evacuados a la zona de residuos sólidos.

Se debe mantener la cadena de frío, para lo cual la temperatura del producto debe ser  $\leq 4^{\circ}\text{C}$  de temperatura, ver figura 11



**Figura 11. Perfilado**

**Fuente: Elaboración propia.**

### **3.6.6 Seccionado (Corte)**

En esta operación, se realiza los cortes en forma manual y directa a los lomos (Fletches), con ayuda de un cuchillo de mango de goma y punta de acero inoxidable acerado, el cual son seccionados (corte) en porciones, ver figura 12.



**Figura 12. Seccionado (corte)**

**Fuente: Elaboración propia.**

### **3.6.7 Codificado**

Consiste en codificar las porciones, en unidades estándares en pesos y tamaños convenientes definidos por el cliente, esta operación se realizó usando balanzas electrónicas y digitales, debidamente calibradas las porciones son colocadas en canastillas plásticas (cap. de 5 kg) previamente lavadas y desinfectadas, según calibre.

Se debe mantener la cadena de frío, para lo cual la temperatura del producto debe ser  $\leq 4$  °C.

Este proceso se debe tener cuidado, ya que tiempos prolongados y excesiva manipulación puede condicionar un riesgo para la inocuidad de las porciones, ver figura 13.

Los criterios del peso de las porciones son:

- 2 a 4 Oz : 57,0 a 113,0 g
- 4 a 6 Oz : 114,0 a 170,0 g
- 6 a 8 Oz : 171,0 a 227,0 g
- 8 a 10 Oz : 228,0 a 280,0 g
- Otras, según especificación del cliente.



**Figura 13. Codificado**

**Fuente: Elaboración propia**

### **3.6.8. Lavado**

Se realiza con agua fría a una temperatura que oscilen entre 0 a 1 °C y con un residual de cloro entre 0,5 a 1,0 ppm; con la finalidad de eliminar materias extrañas, restos de escamas y sangre;

El lavado es Manual por arrastre de agua.

- Temperatura de la solución de agua : 0 a 1 °C
- Cloro residual en la solución : 0,5 a 1,0 ppm
- Solución de sal : 0,66 %
- La temperatura del producto se debe mantener en todo momento  $\leq$  a 4°C.

### **3.6.9 Interfoliado y Plaqueado**

El producto lavado, es colocado ordenadamente de forma IQF en bandejas metálicas, según talla y peso neto declarado. Cada bandeja o placa se coloca en anaqueles de Acero Inoxidables (racks) y guardado en los túneles de congelamiento, ver figura 14



**Figura 14. Interfoliado/plaqueado**

**Fuente: Elaboración propia.**

### **3.6.10. Congelado**

En esta etapa se realiza la prueba experimental, donde se colocó la termocupla en el centro de las porciones de perico, colocados en una placa de acero inoxidable, para luego ordenados en anaqueles que se trasladaron dentro del túnel de congelado donde permaneció hasta conseguir una temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  en el centro térmico de la porción del perico, la temperatura del túnel de congelación por aire forado fue de  $-35^{\circ}\text{C}$ , ver figura 15.



**Figura 15. Uso del termorregistrador**  
**Fuente: Elaboración propia.**

### **3.6.11 Desblocado**

Las porciones congeladas son desblocadas y separadas en cajas pesqueras para ser guardados en la cámara de almacenamiento, de la cual se retirada según avance de la siguiente etapa. La importancia de esta operación es evitar romper la cadena de frío del congelado que debe ser a - 18 °C.

### **3.6.12 Limpieza**

Con ayuda de escobillas y cuchillos acerados de acero inoxidable, se procede a limpiar ambas caras y extremos de las porciones, se retiran los residuos de escamas, o partículas extrañas, si los hubiera.

Se separan las porciones que estuvieran rotos y aquellos que no cumplan con las especificaciones requeridas por el cliente, este proceso se realizó rápidamente puesto que se debe de mantener la temperatura a -18 °C.

### **3.6.13 Empaque / Etiquetado**

Las porciones congeladas, se van ordenando en cajas de cartón corrugado de capacidad variable, según el peso Neto solicitado por el cliente. Previamente etiquetados.

Para protección de las porciones se utiliza bolsa de cristal de polietileno. Los cartones se sellan con cinta adhesiva.

Las etiquetas comerciales llevan la siguiente descripción:

1. Nombre del producto
2. Clasificación y tipo de producto.

3. Código de exportación del empacador.
4. Fecha de proceso
5. Fecha de Congelación.
6. Fecha de caducidad.
7. Peso neto detallado.
8. Zona de extracción.
9. Origen del producto.

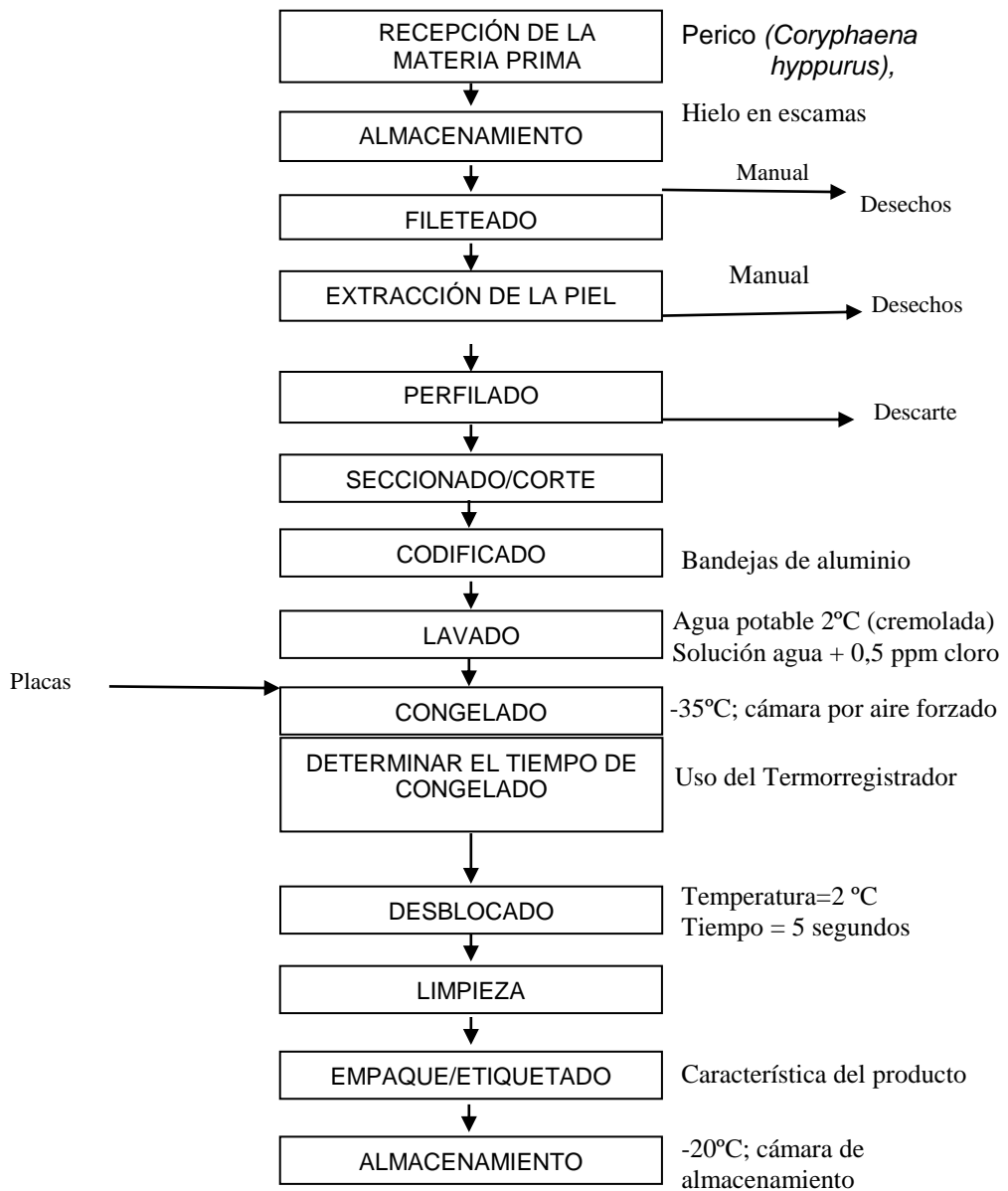
Los Insumos (cartones master y etiquetas), son adquiridos de proveedores aprobados, y que cumplen con los requerimientos en calidad, inocuidad y legalidad exigidos por la empresa, ver figura 16.



**Figura 16. Uso del termorregistrador**  
**Fuente: Elaboración propia.**

### **3.6.14 Almacenamiento**

Esta operación se realizó en la cámara de almacenamiento a una temperatura de -20 °C, las cajas deben ser estibadas de tal manera que se pueda permitir una circulación de aire de frío con la finalidad de asegurar o garantizar la conservación del producto, en la figura 17 se presenta el diagrama de flujo experimental del proceso de congelado de trozos de perico (*Coryphaena hyppurus*).



**Figura 17. Diagrama de flujo experimental del proceso de congelado de trozos de perico (*Coryphaena hippurus*),**

**Fuente:** Elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 De la materia prima**

##### **4.1.1 Características Generales**

La evaluación de las características generales de frescura realizadas al perico (*Coryphaena hippurus*), se tomaron al azar 10 ejemplares para su análisis, mediante la tabla de wiltfoguel, que se muestran a continuación:

##### **A. Parte externa**

- Apariencia general: del perico presenta ojos convexos; pupilas negras y brillantes; mucus normal y transparente; y color ventral fue natural a la especie.
- La textura general: firme, elástica al tacto, regresa a su estado normal.

- Las branquias expulsan un olor a algas marinas, presentan un color rojo brillante.
- El vientre: se encuentra firme, considerando los lóbulos ventrales donde se realizaron el corte.
- Los opérculos: están adheridos al cuerpo y no presentan partículas extrañas.

#### **B. Parte interna**

- Los filetes mantienen el olor a algas, la superficie de corte es lisa y uniforme, los paquetes musculares se encuentran adheridos, presenta un color brillante, mantiene la textura firme y flexible.
- La pared abdominal se mantiene natural, intacta y no presenta decoloración.

De acuerdo al sistema de evaluación para el pescado fresco (Tabla de Wiltfoguel), el pescado tiene un puntaje final de 18 puntos, el cual se encuentra dentro del rango [18 a 20] considerándose de calidad extra, la ficha de evaluación se encuentra en el anexo 3.

#### Clasificación para el Análisis Organoléptico

- **Calidad extra:**           **18 a 20 puntos.**
- Buena calidad:           13 a 18 puntos.
- Calidad media:           8 a 13 puntos.
- Recusable:               menor a 8 puntos.

#### 4.1.2 Análisis físico

La materia prima utilizada obtuvo una talla de 108,30 cm a 110,5 cm de largo, y el promedio fue de 109,40 cm, así mismo el promedio del filete de perico fue de 69,80 cm, la altura y el ancho fue de 18,20 cm y 9,60 cm respectivamente, como se observa en la figura 18 y tabla 7.



**Figura 18. Mediciones morfométricas del perico**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.**

**Morfología del perico.**

Características	Mínimo	Máximo	Promedio
Long. Total (cm)	108,30	110,50	109,40
Ancho (cm)	8,40	10,80	9,60
Altura (cm)	18,00	19,40	18,20
Long. Filete (cm)	68,60	71,00	69,80
Peso Total (kg)	9,15	9,75	9,45

**Fuente: Elaboración propia.**

Con respecto al rendimiento de la especie, como se observa en la figura 19 y tabla 8, el peso del perico seleccionado para tal fin, fue de 9,45 kg, en cuanto a la Cabeza, vísceras y espinazo se tuvo un porcentaje de 40,50 % equivalente a 3,82 kg, el conjunto de las aletas se tuvo un peso de 0,44 kg con un 4,70 %, mientras que el filete se tiene un 54,30 % equivalente a 5,13 kg.



**Figura 19. Peso del perico**  
**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 8.**

**Rendimiento del perico (*Coryphaena hippurus*).**

	<b>Peso total</b>	<b>Cabeza, vísceras y espinazo</b>	<b>Aletas</b>	<b>Filete</b>	<b>Otros</b>
<b>Cantidad (kg)</b>	9,45	3,82	0,44	5,13	0,04
<b>Porcentaje (%)</b>	100,0	40,50	4,70	54,30	0,50

**Fuente: Elaboración propia.**  
**Número de especies: 10**

### 4.1.3 Análisis químico proximal

Los resultados de los análisis químicos de humedad, proteína, grasa total y cenizas realizados en el perico (*Coryphaena hippurus*), en base húmeda se presentan en la tabla 9, teniendo una humedad de 76,90 %, de proteínas 21,20 %, grasa total fue de 0,45 %, y finalmente cenizas de 1,45 %., El documento del análisis de encuentra en el anexo 4.

**Tabla 9.**

**Composición química promedio del perico (*Coryphaena hippurus*).**

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Humedad	76,90
Proteína	21,20
Grasa total	0,45
Cenizas	1,45

**Fuente: Elaboración propia.**

## **4.2 Del producto final**

### **4.2.1 Características generales**

Las observaciones de carácter sensorial para la evaluación del producto congelado, se realizaron teniendo en cuenta los criterios tomados a la materia prima fresca.

El producto antes de la evaluación, se descongeló a temperatura ambiente (24 °C) bajo sombra.

Se observó que el producto luego de 30 días de almacenamiento conservó la textura firme, color y olor característico; y buena apariencia, no presentando deterioro físico ni microbiológico, contando con las características adecuadas para ser considerado apto para el consumo.

Las porciones de perico (*Coryphaena hippurus*), se clasificaron según los calibres definidos por la empresa, de: 2 a 4 Oz., 4 a 6 Oz., 6 a 8 Oz y finalmente de 8 a 10 Oz, cabe indicar que para la prueba experimental se utilizó del rango de 8 a 10 Oz.,

puesto que son las porciones de mayor peso y espesor, utilizados para el proceso de congelación (IQF), ver tablas del 10 al 13.y figuras 20 y 21.

**Tabla 10.**

**Dimensiones de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*) de 2 a 4 onzas.**

Características	Mínimo	Máximo	Promedio
Long. (cm)	12,30	14,50	13,60
Ancho (cm)	3,85	5,45	4,66
espesor (cm)	1,10	1,70	1,40
Peso Total (kg)	71,00	93,00	82.00

**Fuente: Elaboración propia.  
Muestra de 20 unidades.**

**Tabla 11.**

**Dimensiones de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*) de 4 a 6 onzas.**

Características	Mínimo	Máximo	Promedio
Long. (cm)	12,00	15,10	13,40
Ancho (cm)	4,10	6,35	5,40
espesor (cm)	1,40	1,95	1,60
Peso Total (kg)	117,00	145,00	131.00

**Fuente: Elaboración propia.  
Muestra de 20 unidades.**

**Tabla 12.**

**Dimensiones de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*) de 6 a 8 onzas.**

Características	Mínimo	Máximo	Promedio
Long. (cm)	12,20	14,60	13,20
Ancho (cm)	5,20	7,20	6,50
espesor (cm)	1,75	2,55	2,10
Peso Total (kg)	179,00	241,00	210.00

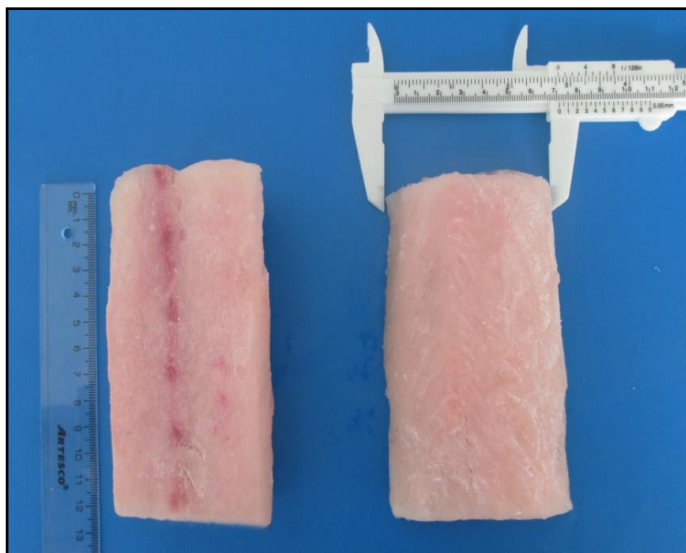
**Fuente: Elaboración propia.  
Muestra de 20 unidades.**

**Tabla 13.**

**Dimensiones de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*) de 8 a 10 onzas.**

Características	Mínimo	Máximo	Promedio
Long. (cm)	12,50	14,50	13,70
Ancho (cm)	6,50	8,75	7,20
espesor (cm)	1,80	2,55	2,20
Peso Total (kg)	233,00	255,00	244.00

**Fuente: Elaboración propia.  
Muestra de 20 unidades.**



**Figura 20. Medición del largo y ancho de la porción de perico calibre de 6 a 8 onzas**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 21. Medición del espesor de la porción de perico calibre de 6 a 8 onzas**

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 14, se observa los resultados del análisis químico proximal de humedad, proteína, grasa total y cenizas realizados en la porción de perico congelado, lo cual dio como resultado: humedad de 71,50 %, proteínas 25,84 %, la grasa total fue de 0,85 %, y finalmente cenizas de 1,81 %, todo esto en base húmeda, El documento del análisis de encuentra en el anexo 5.

**Tabla 14.**

**Análisis proximal de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*) congelado de 8 a 10 onzas**

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Humedad	71,50
Proteína	25,84
Grasa total	0,85
Cenizas	1,81

**Fuente: Elaboración propia.**

#### **4.2.2 Evaluación microbiológica**

En la tabla 15, se presenta los resultados del análisis microbiológico realizado a una porción de perico congelado, según lo establecido en la RM: N° 071 - 2008-SA.

Se observa que existe poca presencia de bacterias aerobias mesófilas viables en la porción congelada, dado en el informe de ensayo N°207-2019-DIGESA, valor que está dentro del rango permisible dado por la RM: N° 071 - 2008-SA. Los resultados en el recuento de bacterias coliformes, *salmonella sp*, y enumeración de *Staphylococcus aureus*, indican ausencia, en tal sentido se puede considerar el producto apto para consumo humano, por cuanto la muestra analizada cumple con los estándares microbiológicos dados en la RM.N° 071 SA.

**Tabla 15.**

**Análisis microbiológico de trozos congelado de perico (*Coryphaena hippurus*).**

<b>Control Microbiológico</b>	<b>Resultados</b>
Recuento total de bacterias aerobias mesófilas viables.	3,5x10 <sup>4</sup> u.f.c/g muestra
Recuento de coliformes totales	Ausencia
<b>Salmonella</b> (en 25 g)	Ausencia
Enumeración de <b>Staphylococcus aureus</b>	Ausencia

**Fuente: Elaboración propia**

### 4.2.3 Control del exudado Libre

El control de exudado libre, consistió en retirar 1 kilo de porciones de perico congelado de cada calibre (2 a 4 oz., de 4 a 6 oz., de 6 a 8 oz., y de 8 a 10 oz.), se procedió a descongelar al medio ambiente (zona de empaque), para determinar la pérdida de peso por exudado en el proceso de congelado resultados que se observan en la tabla 16.

**Tabla 16.**

**Control de exudado de congelado de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*).**

<b>Peso de la muestra</b> <b>(1 kg)</b>	<b>Producto</b> <b>descongelado</b> <b>(g)</b>	<b>Drenado</b> <b>(%)</b>	<b>Tiempo</b> <b>(minutos)</b>
1. Calibre de 2 a 4 onzas	983,0	1,70	180
2. Calibre de 4 a 6 onzas	983,4	1,66	190
3. Calibre de 6 a 8 onzas	984,6	1,54	200
4. Calibre de 8 a 10 onzas	985,0	1,50	210

**Fuente: Elaboración propia.**

Como se puede observar en la tabla 16, la muestra que tiene el calibre de 2 a 4 onzas tiene la mayor pérdida (1,70 %), y la que tiene

menor drenado en el momento de la descongelación, considerado como DRIP, fue considerada la del calibre de 8 a 10 onzas, ver figura 22.



**Figura 22. Peso de porciones calibre de 6 a 8 onzas**

**Fuente: Elaboración propia**

#### **4.2.4 Determinación del tiempo de congelación**

##### **4.2.4.1 Determinación experimental del tiempo de congelación**

En la figura 23, se presenta la curva de congelación correspondiente a las porciones de perico (*Coryphaena hippurus*), calibre de 8 a 10 onzas, considerando esto por ser las porciones de mayor peso y espesor. Los datos obtenidos mediante el uso del termorregistrador se presentan en el anexo 2, y son utilizados para graficar la curva de congelación en el papel milimetrado, y en la figura 24 la carta dada por el termorregistrador.

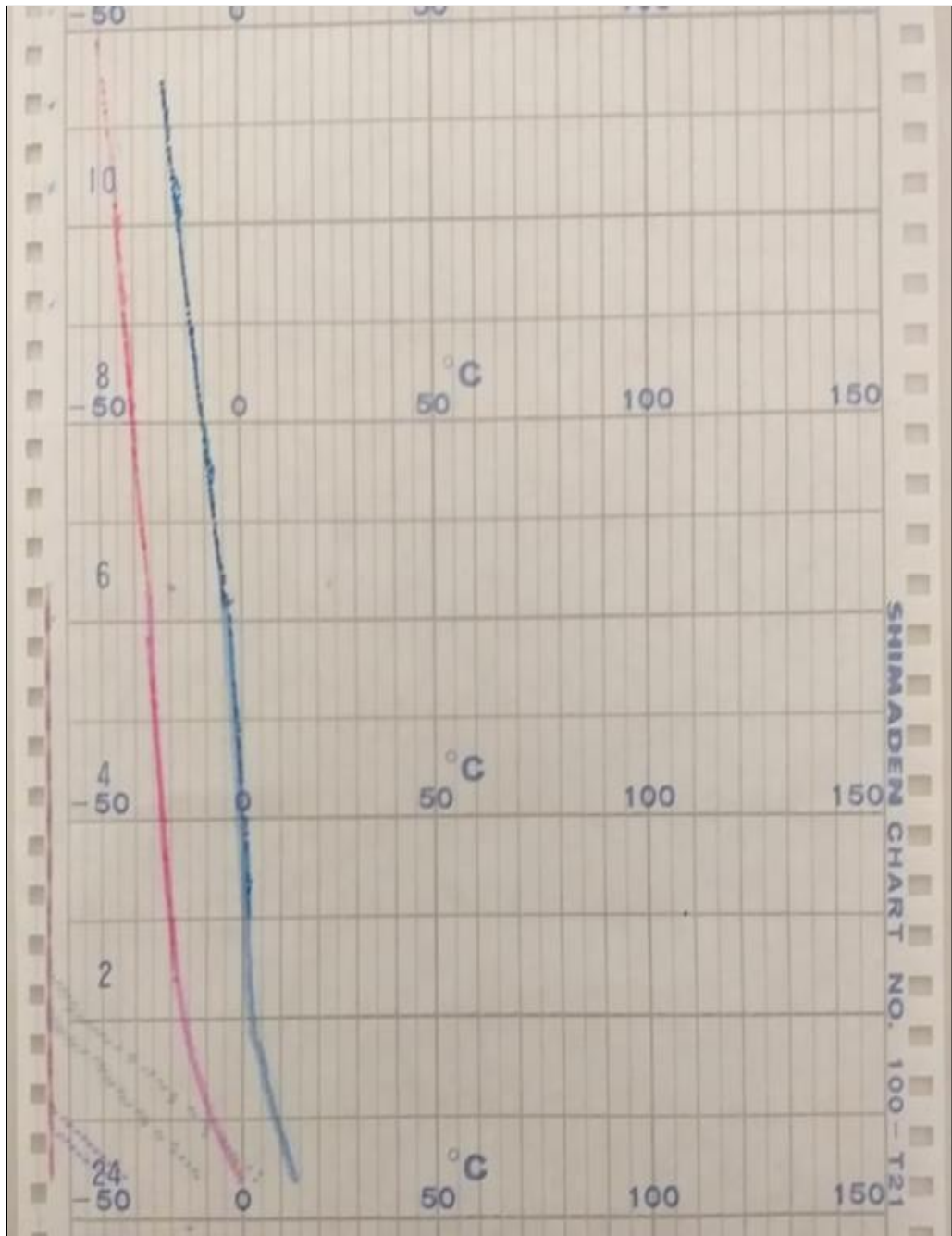
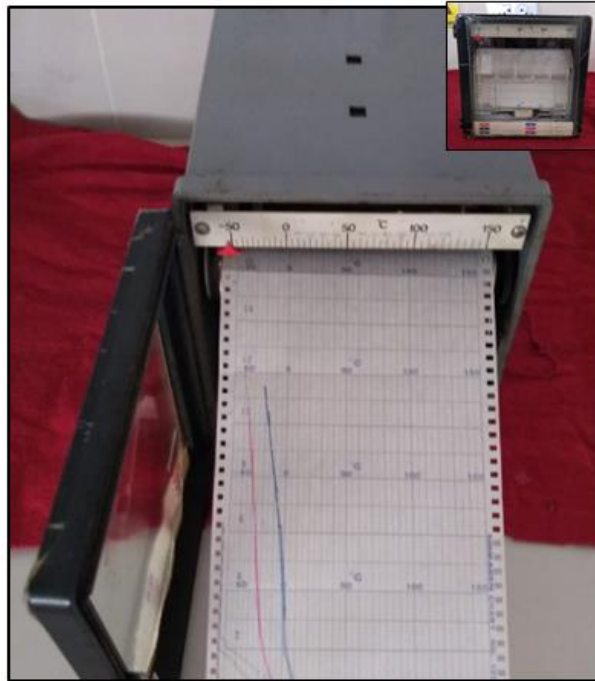


Figura 23. Curva de congelado de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*).

Fuente: Elaboracion propia..



**Figura 24. Carta del termorregistrator del congelado de porciones de perico.**

**Fuente: Elaboración propia.**

La estructura de la curva de congelación del producto, tiene estrecha semejanza con la forma de las curvas de congelación descritas en la literatura por Plank (1977) donde se observan las 3 fases: la primera fase corresponde a la zona de extracción de calor sensible desde 4 °C hasta -1 °C , la segunda corresponde a la zona de extracción de calor latente de -1 °C a -5°C y la tercera sería la de sobrecongelación comprendido desde -5 °C a -18°C, ver tabla 17.

**Tabla 17.**

**Tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*), congelado en IQF; Realizado experimentalmente.**

<b>TUNEL DE CONGELACIÓN POR AIRE FORZADO</b>				
<b>PRUEBA</b>	<b>TIEMPO DE CONGELACIÓN (minutos.)</b>			
<b>EXPERIMENTAL</b>	<b>Refrigeración</b>	<b>Punto Crioscópico</b>	<b>Congelación</b>	<b>Total Congelación</b>
	<b>4°C a -1°C</b>	<b>-1°C a -5°C</b>	<b>-18°C</b>	
	<b>15</b>	<b>80</b>	<b>35</b>	<b>130</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

En la figura 23, que expresa la curva obtenida experimentalmente, se tuvieron los datos del tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación, resultados que se observan en la tabla 17, donde el tiempo de refrigeración fue de 15 minutos., así mismo para cruzar el tiempo crioscópico fue de 80 minutos., y finalmente de congelación fue de 35 minutos, haciendo un tiempo total de congelación de 130 minutos, valor que se obtuvo para la muestra de porciones de perico de calibre de 8 a 10 onzas para llegar a la temperatura de -18 °C en el centro de la muestra.

#### 4.2.4.2 Determinación mediante fórmulas analíticas del tiempo de congelación

En la tabla 18, se muestra los resultados del tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación, obtenidos mediante la ecuación analítica de Plank, así mismo el tiempo total de congelación obtenida mediante la ecuación de Nagaoka et al.

**Tabla 18.**

**Tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido mediante fórmulas analíticas.**

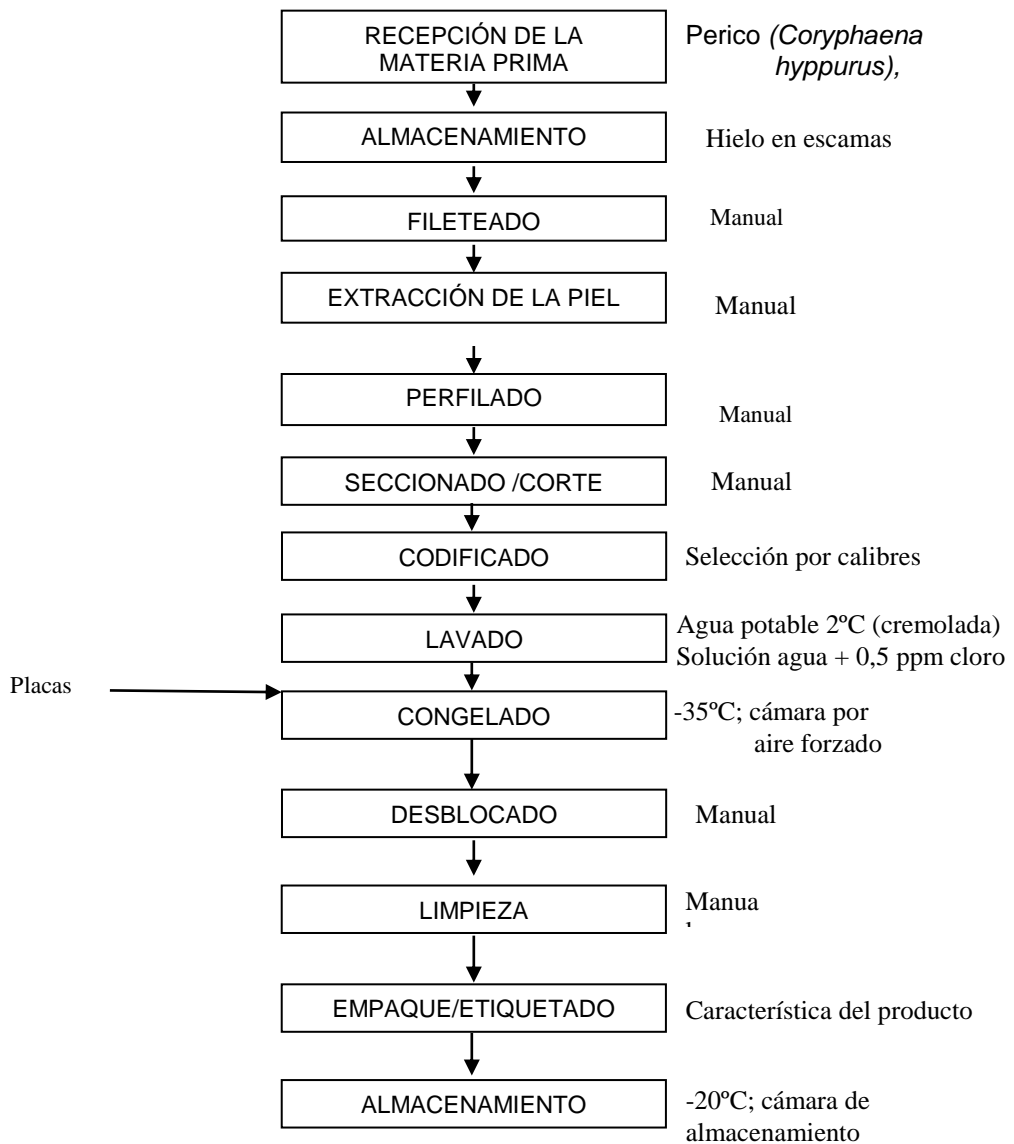
FÓRMULAS ANALÍTICAS	TIEMPO (minutos)		
	REFRIGERACIÓN (tk)	CONGELACIÓN (t)	TOTAL DE CONGELACIÓN (tθ)
Plank	18,00	154,20	172,20
Nagaoka et al.			186,00

Fuente: Elaboración propia.

Las operaciones de cálculo para la obtención del tiempo de congelación, mediante las ecuaciones de Plank y Nagaoka et al, se muestran, en el anexo 1. Además se puede observar, que el tiempo total

de congelación obtenido por la ecuación de Nagaoka et al, se encuentra más lejana que el tiempo obtenido por Plank, en relación al tiempo total de congelación dado experimentalmente, probablemente esta diferencia se debe a que en la ecuación de Nagaoka et al, considera la temperatura total de congelación en forma directa ( $t_{\theta}$ ).

En la figura 25, se aprecia el Diagrama de flujo final del proceso de congelado de porciones de perico (*Coryphaena hyppurus*),



**Figura 25. Diagrama de flujo final del proceso de congelado de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*).**

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.5 Balance de materia y rendimiento

El balance de materia realizado para el proceso de congelado de porciones de perico (*Coryphaena hyppurus*), se muestra en la figura 26, donde se observa que el rendimiento fue de 35,30 %.

La materia prima recepcionada constituye el 100 %, luego es lavada con agua fría y presenta una pérdida de 0,1 % conformada por trazas: sangre, residuos impregnados, mucus, y otros, luego se procede al fileteado, donde se presenta la mayor pérdida que es 46,90 % que comprende la cabeza, espinazo, trazas de sangre, etc, seguidamente se procede a la eliminación de la piel para darle un acabado al filete que tiene una pérdida de 5,00 %, quedándose con 48,00 % de producto, posteriormente se realiza el perfilado, que consiste en la eliminación del músculo oscuro teniendo una pérdida del 10,50 %, quedando 37,50 % para ser congelado, y finalmente en el proceso se congelado se obtiene una pérdida de 1,70 %.

De esta manera se obtiene un rendimiento promedio de 35,30 % con respecto al peso de la materia prima inicial.

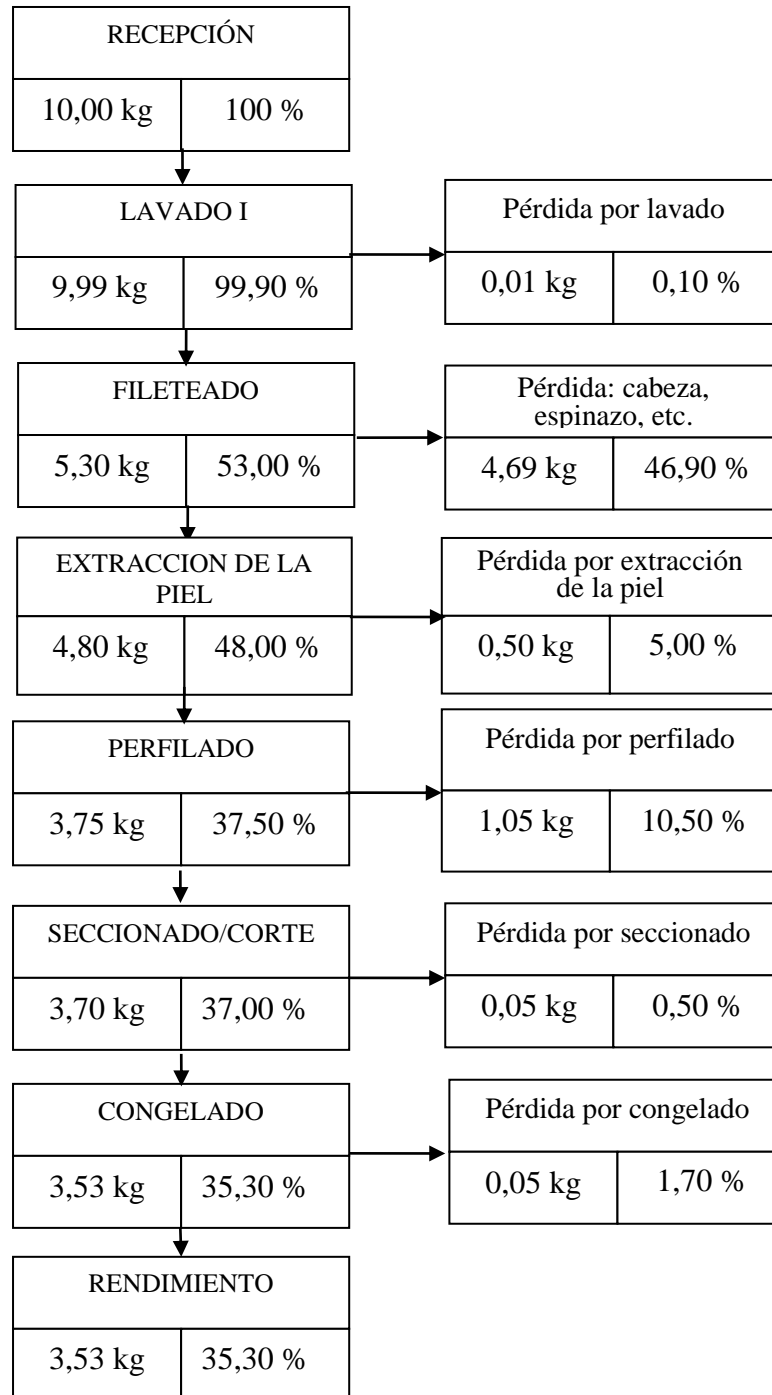


Figura 26. Rendimiento de congelado de trozos de perico (*Coryphaena hippurus*).

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

Las medidas morfométricas del perico que se observan en la tabla 7, cumplen con lo establecido en la Resolución Ministerial N° 249-2011-PRODUCE, la cual indica que la talla mínima de captura del perico (*Coryphaena hippurus*), es de 70 cm, por lo que la materia prima utilizada se encuentra por encima de la talla mínima de captura, así mismo la captura se realizó fuera de la época de veda, tal como lo establece la RM 245-2014-PRODUCE, desde el 1 de mayo hasta el 30 de setiembre. Así mismo, el porcentaje de rendimiento del filete (54,30 %), obtenido en el presente trabajo, difiere en 2,30 % de los datos obtenidos por Instituto de Mar del Perú e Instituto tecnológico del Perú, de (48 a 52 %) (1996).

En lo que respecta a la composición química promedio de los ejemplares de perico (*Coryphaena hippurus*), utilizados en el presente trabajo se puede indicar que en cuanto a proteína se obtuvo 21,20 %, en grasa 0,45 %, humedad 76,90 %, y cenizas 1,25 %; estos datos difieren en: 0,7 %; 0,5 % y 0,4 % respectivamente de los obtenidos por el Instituto de Mar del Perú e Instituto tecnológico del Perú (1996), esta diferencia se puede deber a algunos factores físicos o biológicos, como son

temperatura, alimento, productividad , etc. Si tenemos en cuenta las características de la especie. Del mismo modo, si se observan las tablas 10; 11; 12 y 13, el peso promedio de las porciones de perico en los siguientes calibres: de 2 a 4 onzas, es de 82,00 g, calibre 4 a 6 onzas 131,00 gramos; calibre de 6 a 8 onzas 210,00 gramos y por último de 8 a 10 onzas 244,00 gramos respectivamente; estos pesos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la empresa Frio del Sur S.A. (FRISUR S.A.), empresa que realiza en un 90 % la exportación del producto estudiado en el presente trabajo. Seguidamente en lo que respecta al Análisis proximal de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*) congelado, se puede indicar que la humedad es de 71,50 %; proteína 25,84 %, grasa 0,85 % y ceniza 1,40 %, valores que permiten dar a conocer que, con respecto a la composición química de la materia prima fresca, existe una disminución en la humedad de 5,40 %; valor que se expresa probablemente por la pérdida de humedad en el proceso de congelado.

En cuanto al exudado que se libera en el descogelado de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*), se puede indicar que el calibre de 2 a 4 onzas obtuvo mayor porcentaje en pérdida con 1,70 % en relación al resto de los calibres, datos que se pueden observar en la tabla 16. Sin

embargo, Mayta (2012), obtuvo un exudado de 4 % en el proceso de descongelado de pejerrey en BQF, esta diferencia se debe al método de congelado utilizado, aspectos biológicos de la especie, etc.

El tiempo total de congelación de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*), congelado en IQF; realizado experimentalmente fue de 130 minutos, tal como se observa en la tabla 17, sin embargo, el trabajo experimental presentado por Mayta (2010) sobre congelado del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa, en bloque, obtuvo un tiempo total de 140,00 minutos, existiendo una diferencia de 10 minutos; a la vez Ccallo (2009), en el trabajo de tesis experimental “Congelación y refrigeración de filetes de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) envasado al vacío” tuvo un tiempo de 2,60 horas equivalente a 156 minutos, presentándose una diferencia de 26 minutos, sin embargo Noel (2008), realizó el trabajo experimental; congelado de abalón (*Concholepas concholepas*) mediante el método IQF, el cual tuvo un tiempo total de congelación de 145 minutos, esta diferencia debió ser por el método de congelado, aspectos biológicos de la especie, como humedad, grasa, etc. Finalmente en el presente trabajo, se ha obtenido un porcentaje de rendimiento de las porciones de perico (*Coryphaena hippurus*) congelado de 35,30 %, como se aprecia en la figura 26, sin

embargo el rendimiento de pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa congelado, presentado por Mayta (2010), fue de 49,80 %, la diferencia de rendimiento se dio por el tipo de corte establecido por el trabajo de investigación.

## CONCLUSIONES

El análisis proximal de la materia prima fue de; humedad 76,90 %, proteína con 21,20 %, grasa 0,45 %, cenizas 1,25 % y carbohidratos 0,20 %, mientras que el análisis proximal del congelado de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*), fueron: humedad 71,50 %, proteína con 25,84 %, grasa 0,85 %, cenizas 1,40 % y carbohidratos 0,41 %,

El tiempo total de congelación de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*), congelado en IQF; realizado experimentalmente fue de 2,17 horas equivalente a 130 minutos, sin embargo mediante la fórmulas analíticas de Planck y Nagaoka et. Al, fueron de 2,57 horas equivalente a 154,2 minutos y 2,87 horas equivalente a 172,20 minutos respectivamente.

En el análisis microbiológico se encontró  $11 \times 10^6$  ufc/g Recuento total de bacterias aerobias mesófilas viables en el congelado de porciones de perico (*Coryphaena hippurus*), probablemente ocurrió en el

procesamiento del congelado, pero se encuentra dentro de los límites permisibles por la Norma 615-PE

El balance de materia realizado en el proceso de congelado de porciones de perico (*Coryphaena hyppurus*), fue de 35,30 %, en relación a la materia prima inicial.

## **RECOMENDACIONES**

1. Invocar a la UNJBG a través de la Escuela de ingeniería pesquera realizar más estudios referentes al tema utilizando otras tecnologías de procesamiento.
2. El Instituto Tecnológico Pesquero, debe dar a conocer, de existir trabajos realizados con otras especies marinas, de no ser el caso recomendar la ejecución de este tipo de trabajos con las especies de la zona.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ababouch y Lanhsen, (1991). "Detentions and rejections in international Fish trade (en línea). Rules and regulations governing fish and seafood safety and quality: United States of America". FAO Fisheries Technical Paper No. 473. Rome. 110p.
- A.O.A.C. (1990). "Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical chemists". 14, Th. Ed. Washington D.C. USA.
- Berardsley, G.L. (1967). Age, growth, and reproduction of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Straits of Florida. *Copeia* (2): 441-451
- Codex Alimentarius. (1998). "Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del Codex alimentarius sobre pescado y productos Pesqueros". Berguen – Noruega.
- Cox, P. (1987). "Ultracongelación de los alimentos". Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
- Ccallo, F., (2009). "Congelacion y refrigeracion de filetes de trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*) envasado al vacio" Tesis

presentado por: Bach. fredy maquera para optar el título de:  
ingeniero agroindustrial puno Perú

DIGESA, (2008) “Norma Técnica sanitaria establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria para alimentos” NTS N°071-DIGESA

Earle, R. (1979). “Ingeniería de los Alimentos”. Editorial Acribia. Zaragoza – España

FAO. (1997) “El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad, "Cambios post-mortem en el pescado". "Guía para la calificación de frescura" EEC in Fisheries Technical Paper

Farro, H. (1996). “Industria Pesquera”. Lima – Perú.

FAO, (2015). “Distribución geográfica del Perico (*Coryphaena hippurus*)” [www.fao.org](http://www.fao.org). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Flores, M., (2018) “Evaluación de la conductividad térmica y el tiempo de congelamiento, en bloques congelados de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en función al tipo de producto y al sistema de congelamiento” Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Escuela profesional de Ingeniería Pesquera.

FRISUR S.A (2019) “Exportación de productos hidrobiológicos congelados” Empresa privada de congelado ubicado en la Av. Circunvalación Mz. G Lte. 1 y 2, Parque Industrial. Tacna Perú.

Hernández, G, (1988). “Aire Acondicionado y Refrigeración”. Editorial Limusa. México.

Ibarcena, W. (2001). “Proyecto de Investigación: Congelación de Alimentos”. FAIP/UNJBG. Tacna – Perú

IIF, (1990) “Alimentos Congelados Procesado y Distribución”. Instituto Internacional del Frío Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.

IMARPE/ITP. (1996).“Compendio Biológico Tecnológico de las principales especies Hidrobiológicas Comerciales del Perú”. Instituto del Mar del Perú e Instituto Tecnológico Pesquero Editorial Stella. Callao - Perú.

IMARPE (2008). “Biología y pesquería del perico” Instituto del mar del Perú. [www.imarpe.gob.pe](http://www.imarpe.gob.pe)

ITP, (1995).”Congelado de pescado” Instituto Tecnológico Peruano [www.itp.gob.pe](http://www.itp.gob.pe).

ITP, (1999). "Procesamiento de productos congelación de pescado".

Instituto tecnológico Pesquero Callao – Perú

ITP, (2007) "Conservación del pescado en congelación" Masa, Instituto

Tecnológico Peruano. Lima-Perú

Lees, R. (1969). "Manual de Análisis de los Alimentos". Editorial

Acribia. Zaragoza – España.

Lonso, A., (2003). Tecnología de Congelación de los alimentos.

Losano, S., y Tresierra, A., (2008) "Principales Peces Oceánicos

afectados por la Pesca Artesanal y Algunos parámetros físico  
químicos del ambiente marino en el oarea central del  
Perú. Informe Interno. Laboratorio Costero de IMARPE.  
Chimbote. 88 pp.

López A., (1994). "Las Instalaciones Frigoríficas en las Industrias

Agroalimentarias". Ed. Vicente Pag. 117-141. Madrid- España.

Mayta, R., (2012) "Congelado del pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

corte mariposa, en bloque y tipo exportación" UNJBG-Tacna.

Meyer, M., (1984). "Control de Calidad de Productos Agropecuarios".

Manual para educación Agropecuaria. Editorial trillas. México.

Noel, W., (2008), “Estudio tecnológico del procesamiento del congelado del abalón (*Concholepas concholepas*) mediante el método IQF” UNJBG-Tacna.

Oro, T., (2011) “Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales”. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. №. 306.1 Rev. 2: 420 pp.

Palko, B., Beardsley, G.L y W. J. Richards. (1982). Synopsis of the biological data on dolphin fish *Coryphaena hippurus*, FAO

Planck, R., (1977). “El empleo del frío en la Industria de la Alimentación”. Editorial Revrete S.A. Barcelona – España

PRODUCE (2011) “Establecen Talla Mínima de Captura (TMC) del recurso perico 0 dorado” RM N°249-2011-PRODUCE. Lima-Perú

PRODUCE (2014) “Veda del recurso perico empezó el 1 de mayo en todo el país hasta 30 de setiembre” RM N°245-2014-PRODUCE. Lima-Perú.

PRODUCE, (2018). “Extracción de perico (*Coryphaena hippurus*) para congelado en el año 2016” Ministerio de la Producción

Valiente, O. (2001). "Refrigeración y congelación de pescado". Lima-Perú

Scherbachev, I. (1973). The biology and distribution of the dolphins (Pices. Coryphaenidae). J. Ichthyology. 13: 182-191.

Takahashi y Mori (1973) "Biología y pesquería del perico" IMARPE, [www.gob.pe](http://www.gob.pe).

Universidad autónoma de Madrid. 2005. APLICACIÓN DEL FRIO A LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS- Operaciones y procesos de la Tecnología de Alimentos. [http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/mrgarcia/Operaciones/refrig2005-2006.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/mrgarcia/Operaciones/refrig2005-2006.pdf)

Universidad de Concepción – Chile. 2004. Procesos en la Industria de alimentos. [http://www.udec.cl/asignaturas/iegp///document/Procesos%20en%20la%20Industria%20de%20Alimentos/Conservaci%F3n2.ppt#270,3,Duración de la Congelación.](http://www.udec.cl/asignaturas/iegp///document/Procesos%20en%20la%20Industria%20de%20Alimentos/Conservaci%F3n2.ppt#270,3,Duraci%F3n%20de%20la%20Congelaci%F3n)

Valiente, O. (2001) "Refrigeración y congelado de pescado", Editorial ciencia y técnica. Lima-Perú.

Von Gelderen, (1992). "Histamina en Atún y otros grandes pelágicos. Métodos para su cuantificación. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos". Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela.

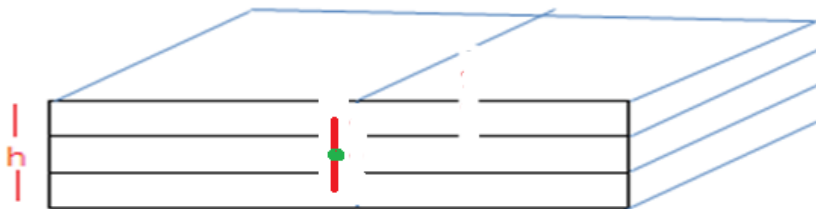
Williams, F. y B. S. Newell. (1957). "Notes on the biology of the dorade or dolphin-fish. (*Coryphaena hippurus*) in East African waters". E. 113-118.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Cálculo del tiempo de congelación mediante las fórmulas analíticas de Plank y Nagaoka

Representación gráfica: Determinación experimental del tiempo de congelación, ubicando la termocupla en tres posiciones diferentes.

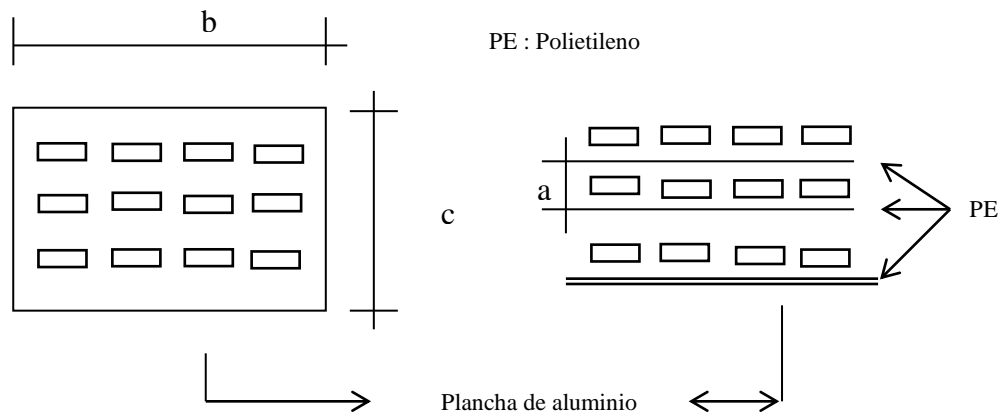


**Figura 7. Ubicación de la termocupla**

Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo del tiempo total de congelación**

Tomando varias unidades de porciones de perico dispuestas en 03 capas separadas por láminas de polietileno (sobre plancha de aluminio perforado).



- **Dimensiones de la bandeja**

$$a = 0,03 \text{ m}$$

$$b = 0,43 \text{ m}$$

$$c = 0,75 \text{ m}$$

$$e_{PE} = 54,51 \mu = 0,00005451 \text{ m}$$

$$e_{A1} = \frac{1}{16}'' = 0,0625 \text{ pulg} = 0,00158 \text{ m}$$

La termocupla se colocó en el centro geométrico de la altura de las 3 capas, empezando desde la base. (3 cm).

La transferencia de calor se ha determinado por la relación que existe entre sus dimensiones:

$$b/a \text{ y } c/a \geq \frac{6}{1} \text{ transferencia de calor unidireccional}$$

$$b/a \text{ y } c/a < \frac{6}{1} \text{ transferencia de calor tridireccional}$$

- **Cálculos preliminares**

Para efectuar estos cálculos, se han empleado valores promedios

**Composición química promedio del perico (*Coryphaena hippurus*)**

de la **Tabla 10**.

Componente	Porcentaje (%)
Humedad	76,90
Proteína	21,20
Grasa	0,45
Cenizas	1,45

**Fuente: Elaboración propia (Lab. Tecnología pesquera, (2019).**

- **Calor específico (c)**

X<sub>f</sub> : Porcentaje de grasa.

X<sub>g</sub> : Porcentaje de sólidos totales.

H : Porcentaje de humedad.

$$c = 2,094 X_f + 1,256 X_g + 4,187 H \quad \dots\dots\dots(a)$$

Reemplazando convenientemente los datos en la ecuación (a) se tiene:

$$c = 2,094 (0,0045) + 1,256 (0,226) + 4,187 (0,769)$$

$$c = 0,009423 + 0,2838 + 3,2198$$

$$c = 3,5130 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 0,859 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

▪ **Coefficiente de conductividad térmica (K)**

$X_f$  : Porcentaje de grasa.

$$k = 0,7400 - 0,0117 (X_f) \dots\dots\dots (b)$$

Mediante la ecuación (b) se obtiene:

$$k = 0,7400 - 0,0177 (0,0045) = 0,7399 \text{ kcal/h m}^\circ\text{C}$$

▪ **Coefficiente de la difusividad térmica (a)**

$$a = k/P_e c \dots\dots\dots(c)$$

K=Coeficiente de conductividad térmica

$P_e$ = Peso específico en especies hidrobiológicas.

c= Calor específico

Reemplazando valores en la ecuación ( c ) se tiene:

$$a = 0,7399/(1072 \times 0,859) = 8,034 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{h}$$

- **Coefficiente de transmisión superficial de calor (h)**

Datos las propiedades del aire a  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$\sigma_a = 1,484\text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,0725\text{ kg/h m}$$

$$K_1 = 0,01869\text{ kcal/hm}^{\circ}\text{C}$$

$$V_a = 5\text{ m/s}$$

$$C_a = 0,2403\text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$L = 0,75\text{ m}$$

$\sigma_a$  = Densidad del aire.

$\mu$  = Viscosidad del aire.

$k_1$  = Conductividad térmica del aire

$C_a$  = Calor específico del aire

$V_a$  = Velocidad del aire.

$L$  = Longitud de la lámina a congelar.

Reemplazando convenientemente en las ecuaciones (f) y (g), se tiene:

Cálculo del número de Reynolds:

$$N_{RE} = V_a L \sigma_a / \mu. \quad \dots\dots\dots(f)$$

$$N_{RE} = \frac{5\text{ m/s} \times 0,65 \times 1,484\text{ kg/m}^3}{0,0725\text{ kg/hm} \times 1\text{ h}/3600\text{ s}}$$

$$N_{RE} = 276,330$$

Cálculo del número de Prandtl:

$$N_{PR} = \mu C_a / K_1 \quad \dots\dots\dots(g)$$

$$N_{PR} = \frac{0,0725 \text{ kg/hm} \times 0,2403 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}}{0,01869 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}}$$

$$N_{PR} = 0,7220$$

$$hL/K_1 = N_{NU} = 0,664 (N_{RE})^{1/2} (N_{PR})^{1/3} \quad \dots\dots\dots(d)$$

**h = Coeficiente de transmisión superficial de calor**

Despejando “h” en la ecuación (d), se tiene lo siguiente:

$$h = 0,664 (276,330)^{1/2} \times (0,7220)^{1/3} \times (0,01868/0,75)$$

$$h = 10,328 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

**Para aplicar la ecuación de plank, se debe tener en cuenta el término medio de la altura total de las 3 capas. Dado en la siguiente fórmula:**

**a) Mediante la ecuación de Plank**

- **Tiempo de refrigeración**

$$T_k = \frac{x^2}{a} \cdot \frac{\ln(\theta_a/\theta) + \ln C}{u^2}$$

Siendo:

$$2X = 0,06 \text{ m}$$

$$X = 0,03 \text{ m};$$

$$X^2 = 9,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$2X$  = Espesor del producto

$T_k$  = Tiempo de refrigeración

$A$  = Difusividad térmica expresada en función al peso específico.

$C$  = Calor específico del producto

$U$  = Magnitud resultante de la condición de transporte térmico en la superficie.

$\theta_a, \theta$  = Diferencias de temperaturas

$$\theta_a = t_a - t_o$$

$t_a$  : Temperatura inicial del producto ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$t_o$  : Temperatura del medio de congelación ( $^{\circ}\text{C}$ ) .

$$\theta = t_g - t_o$$

$t_g$  : Temperatura inicial de congelación del producto ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$t_o$  : Temperatura del medio de congelación ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Sustituyendo los valores de (i) y (j) se tiene lo siguiente:

$$\theta_a = t_a - t_o \quad \dots\dots\dots(i)$$

$$\theta_a = 4 - (-35) = 39 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta = t_g - t_o \quad \dots\dots\dots(j)$$

$$\theta = -1 - (-35) = 34 \text{ }^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$\ln(\theta_a/\theta) = \ln 39/34 = 0,13$$

Calculando el In C

$$h = 10,328 \text{ kcal/h m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

$$x = 0,03 \text{ m}$$

$$k' = 0,369 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}$$

sustituyendo "U" en vez de "h" y "k' " en vez de "k" se tiene:

$$UX/k' = (7,796 \times 0,03) / 0,369 = 0,633$$

En la figura 1 (lámina) para:

$$UX/k = 0,633 \text{-----} \ln C = 0,810$$

En la tabla 6 (lámina) para:

$$UX/k = 0,810 \text{-----} u^2 = 0,651$$

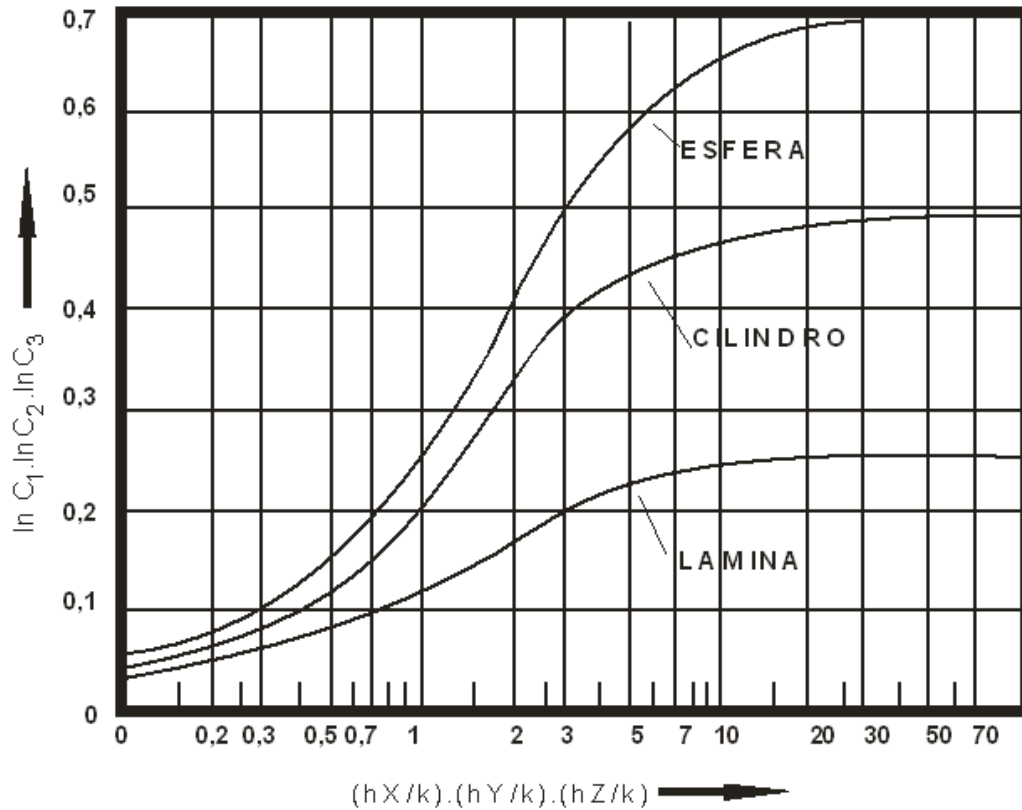
Reemplazando "a' " en lugar de "a" (anexo 1) en la ecuación (h) (por ser flujo de calor unidireccional) se obtiene:

$$T_k = \frac{9,0 \times 10^{-4}}{8,027 \times 10^{-4}} \times \frac{0,633 - 0,810}{0,651}$$

$$T_k = 0,30 \text{ h} = 18 \text{ minutos.}$$

○ **Tiempo de congelación**

$$T = \frac{\rho}{\theta} \left( P \frac{d}{h} + R \frac{d^2}{K} \right) \text{.....(k)}$$



**Figura 5. Valores de  $\ln c$ , o respectivamente, de  $\ln C_1$ ,  $\ln C_2$ ,  $\ln C_3$ , para láminas cilindros y esferas**

**Fuente: Plank (1977).**

Donde:

$\ln C_1$  : corresponde si la muestra tiene forma Láminar

$\ln C_2$  : corresponde si la muestra es de forma cilíndrica

$\ln C_3$  : corresponde si la muestra es de forma esférica

**Tabla 6. Valores  $u^2$  utilizables para determinar tiempo de refrigeración ( $T_K$ )  
mediante la ecuación de Plank clasificar  $hx/k \cong hl/k$**

Índices HL/k	U para lámina
0,01	0,0100
0,02	0,0199
0,05	0,0493
0,07	0,0683
0,10	0,0967
0,15	0,142
0,20	0,187
0,30	0,273
0,50	0,462
0,70	0,563
1,00	0,741
1,5	0,977
2,0	1,164
3,0	1,42
5,0	1,73
7,0	1,89
10,0	2,04
15,0	2,17
20,0	2,24
30,0	2,31
50,0	2,36
70,0	2,47

Fuente: Plank (1977).

Donde:

$$d = 0,06 \text{ m}; d^2 = 3,60 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$P = 1/2$ ;  $R = 1/8$  (Factores de forma constante de Plank, para flujo de calor unidireccional).

○ **Calor latente ( $\rho$ )**

$$\rho = H L_f \sigma \dots\dots\dots(l)$$

$\rho$  : Calor latente por unidad de volumen (kcal/m<sup>3</sup>).

H : Porcentaje de humedad del producto (%).

$L_f$  : Calor latente de fusión (kcal/kg). = 63 kcal/kg

$\sigma$  : Densidad del producto (kg/m<sup>3</sup>).

Reemplazando valores en la ecuación (l)

$$\rho = H L_f \sigma \dots\dots\dots(l)$$

$$\rho = 0,769 \times 63 \times 1072$$

$$\rho = 51\,935,184$$

Empleando “k” y “U” en vez de “k” y “h” (anexo 5)  
 respectivamente, se tiene:

$$T_k = \frac{51\,935,184}{34} \left( \frac{0,06}{2 \times 10,328} - \frac{3,60 \times 10^{-3}}{8 \times 0,369} \right)$$

$$T_k = 2,57 \text{ h}$$

- **Tiempo total de congelación ( $T_\theta$ )**

$$T_\theta = T_k + t \dots\dots\dots(\text{II})$$

Reemplazando valores en la ecuación (II):

$$T_\theta = 0,30 + 2,57 = 2,87 \text{ h} = 172,2 \text{ minutos}$$

**b) Mediante la ecuación de Nagaoka et al**

Reemplazando “U” en lugar de “h” en la ecuación (o):

$$T_\theta = \bar{H} (C_w(t_a - t_g) + L_f + C_i(t_g + t_\theta)) (1 + 0,00445(t_a - t_g)) \frac{\rho}{\theta} \left( \rho \frac{d^2}{h} + R \frac{d^8}{k_i} \right)$$

Donde:

$C_w$  y  $C_i$ : Calores específicos del agua y del hielo

$K_i$ : Conductividad térmica del hielo.

$t_a$  : Temperatura inicial del producto

$t_\theta$  : Temperatura final del producto

$t_g$  : Temperatura inicial de congelación del producto

$P$  y  $R$  : Factores de forma de la ecuación de Planck, para una  
lámina de flujo unidireccional:  $P=1/2$  y  $R= 1/8$ .

$\rho$  : Calor latente por unidad de volumen.

$d$  : Espesor de la lámina a congelar.

$H$  : Porcentaje de humedad del producto

$L_f$  : Calor latente de fusión (kcal/kg). = 73 kcal/kg

$h$ : coeficiente de transferencia superficial de calor  
(kcal/hm<sup>2</sup>°C).

$$T_2 = 0,769 (1(4-(-1)) + 0,75 + 63 (-1-(-35))) (1+(0,00445) (4-(-1)))$$

$$T_k = \frac{1072}{1072} \left( \frac{0,06}{2 \times 10,328} - \frac{0,60 \times 10^{-3}}{8 \times 0,369} \right)$$

$$T_k = 3,10 \text{ h} = 186 \text{ minutos}$$

## Anexo 2.

### Datos de Temperatura de congelación por aire forzado método práctico

	UBICACIÓN DE LA TERMOCUPLA A LO LARGO DE LA BANDEJA ( °C )	TEMPERATURA DE LA CAMARA DE CONGELACION
Tempo	1/2	AIRE FORZADO ( ° C )
0	4,0	-8.0
5	2,0	-10.0
10	1,0	-15.0
15	-1,0	-19.0
20	-1,3	-21.0
25	-1,5	-23.0
30	-1,7	-25.0
35	-1,9	-27.0
40	-2,3	-28.0
45	-2,5	-28.5
50	-2,8	-29.0
55	-2,9	-29.5
60	-3,1	-30.0
65	-3,3	-31.0
70	-3,7	-33.0
75	-4,0	-34.0
80	-4,3	-35.0
85	-4,6	-35.0
90	-4,8	-35.0
95	-5,0	-35.0
100	-7,0	-35.0
105	-9,0	-35.0

Continúa //.

110	-11,0	-35.0
115	-12,5	-35.0
120	-14.0	-35.0
125	-16.0	-35.0
130	-18.0	-35.0
135	-19.0	-35.0
140	-20.0	-35.0
145	-21.0	-35.0
150	-21,5	-35.0
155	-22.0	-35.0
160	-22.5	-35.0
165	-23.0	-35.0

### Anexo 3. Análisis sensorial del pescado fresco

Análisis organoléptico - pescado fresco  
(según WITTFOGEL)

PUNTAJE	CARACTERÍSTICAS
<b>SUPERFICIE Y CONSISTENCIA</b>	
4	Superficie lisa, brillante; color luminoso; mucílago claro y transparente. Consistencia firme y elástica bajo la presión con los dedos
3	Superficie aterciopelada y sin brillo; color ligeramente pálido; mucílago lechoso y opaco. Consistencia un poco relajada y elástica disminuida.
2	Superficie granulosa; color aguados; mucílago gris amarillento y denso; consistencia clara relajadamente; escamas separables de la piel
1	Superficie muy granulosa; color sucios o imprecisos; mucílago turbio, amarillento o marrón rojizo, grumoso, consistencia blanda se quedan impresos los dedos
<b>OJOS</b>	
4	Globo ocular hinchado y abombado, córnea clara y brillante, pupila negro oscuro.
3	Globo ocular plano; córnea opalescente; pupila opaca.
2	Globo ocular hundido; córnea acuosa y turbia; pupila gris lechoso.
1	Globo ocular contraído; córnea turbia; pupila opaca cubierta de mucílago turbio gris amarillento.
<b>BRANQUIAS</b>	
4	Color rojo sanguíneo, mucílago claro, transparente y filamentosos.
3	Color rosa pálido, mucílago opaco.
2	Color rojo grisáceo y acuoso; mucílago lechosos; turbio y denso
1	Color sucio, marrón, rojizo, mucílago turbio gris y grumoso.
<b>CAVIDAD ABDOMINAL Y ÓRGANOS</b>	
4	Superficie de corte de los lóbulos ventrales con color natural, sin decoloración, lisas y brillantes, peritoneo liso brillante y muy firme; riñones, restos orgánicos (excepto parte del estómago e intestinos) así como sangre aórtica, rojo profundo
3	Superficie de corte de los lóbulos ventrales aterciopelados y sin brillo, igual que los lóbulos ventrales mismos, como rojiza a lo largo de la espina central, riñones, estos órganos rojo pálido como laca.
2	Superficie de sección de los lóbulos ventrales amarillentos; peritoneo o granuloso áspero separable del cuerpo riñones, restos órganos y sangre marrón rojizo.
1	Superficie de sección de los lóbulos ventrales turbios y pastosos; sangre acuosa, de color sucio (marrón) con tonalidad violeta.

Continúa //

OLOR	
4	Fresco como el agua de mar (practicarlo en la superficie, branquias, cavidad abdominal).
3	Ya no como el agua de mar, pero fresco y específico.
2	Olor natural o ligeramente ácido, parecido a de la leche o cerveza.
1	Olor pescado o rancio, "violento" o "pescado" de TMA.

#### Clasificación para el Análisis Organoléptico

- \* Calidad extra : 18 a 20 puntos.
- \* Buena calidad : 13 a 18 puntos.
- \* Calidad media : 8 a 13 puntos.

□

Anexo 4. Composición química del Perico (*Coryphaena hippurus*)




UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA  
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA PESQUERA




ANALISIS PROXIMAL

SOLICITANTE : Maycol Principe Quispe Tarazona  
MUESTRA: Perico (*Coryphaena hippurus*)  
FECHA DEL ANALISIS: 22 de marzo del 2019

PARAMETROS	RESULTADOS
Humedad %	76,90
Proteínas %	21,20
Grasas %	0,45
Cenizas %	1,45

  
Quim.Reyna Calcino Angulo  
Encargada del Laboratorio



  
Walter Ibárcena Fernández  
Jefe del Laboratorio

Anexo 5. Composición química de porciones de Perico (*Coryphaena hippurus*)




UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA  
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA PESQUERA




ANALISIS PROXIMAL

SOLICITANTE : Maycol Principe Quispe Tarazona  
MUESTRA: Porciones de Perico (*Coryphaena hippurus*)  
congelado  
FECHA DEL ANALISIS: 10 de mayo del 2019

PARAMETROS	RESULTADOS
Humedad %	71,90
Proteínas %	25,84
Grasas %	0,85
Cenizas %	1,81

  
Quim.Reyna Calcino Angulo  
Encargada del Laboratorio



  
Mgr. Leonardo Sherón Ramirez  
Jefe del Laboratorio

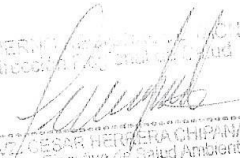
**INFORME DE ENSAYO N° 237 - 2019**  
**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS**

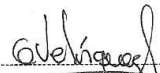
Solicitante	: MAYCOL PRINCIPE QUISPE TARAZONA
Dirección	: ASOC. FEDERICO BARRETO Mz. A Lte.15 ALTO BOLOGNESI
Tesis	: DETERMINACION DEL TIEMPO DE CONGELADO DE PORCIONES DE PERICO ( <i>Coryphaena hipurus</i> ) EN FRESCO, EMPLEANDO EL MÉTODO DE AIRE FORZADO, EN LA EMPRESA PESQUERA FRÍO DEL SUR S.A.C. - 2016

DATOS DE LA MUESTRA: (Alimentos)		CONTROL DE LABORATORIO
Muestra	Porciones de perico congelado	Fecha y hora de recepción: 29/04/2019; 14:35 Hrs.
Procedencia de la muestra	Av. Circunvalación Mz. G lote 01 y 02 Parque Industrial	Fecha y hora de análisis: 29/04/2019; 15:08 Hrs
Forma de presentación	Sellado al vacío	
Condiciones durante la recepción	Muestra preservadas con refrigerantes.	Fecha de reporte: 06-05-2019
Cantidad recibida	471gr.	
Muestreador	Maycol Principe Quispe Tarazona	Fecha de emisión: 06-05-2019
Fecha y hora de muestreo:	29/04/2019; 13:55Hrs	
Código de campo:	01	
Código de Laboratorio:	42-ST	
ENSAYOS	RESULTADOS	MÉTODOS
Numeración de microorganismos aerobios mesófilos viables (UFC/g)	3.5x10 <sup>4</sup>	AOAC 991.14-2005
Numeración de coliformes (NMP/g)	NSD	ISO 4832:2006.
Numeración de coliformes (UFC/g)	NSD	AOAC 991.14-2005
Numeración de <i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	<10	ISO 6888-1.1999 /Adm.1.2003
Numeración de <i>E. coli</i> (UFC/g)	<10	AOAC 991.14-2005
Detección de <i>Salmonella spp.</i> (/25g)	Ausencia	ISO -6579:2002/Cor 1:2004.
Numeración de Mohos (UFC/g)	NSD	ISO 7954:1987
Numeración de Levaduras (UFC/g)	NSD	ISO 7954:1987
Numeración de Enterobacterias	NSD	ISO 21528-2:2004

Nota: <"valor" significa no cuantificable inferior al valor indicado. NSD: No se determino. <10: 0

Los ensayos microbiológicos se efectuaron de acuerdo a lo establecido en la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA.

GOBIERNO REGIONAL TACNA  
 Dirección Regional de Salud  
  
 DR. CESAR HERRERA CHIPANA  
 Director Ejecutivo de Salud Ambiental  
 C.M.V.P. N° 1831

  
 Giovanna Paola Velásquez Socolaca  
 Bióloga  
 C.B.P.: 5283

  
 Manuel P. Quiroga  
 Tacna 472355

- (01) Original.
- (02) Copia
- CHCH/fac
- Los ensayos se han efectuado según lo solicitado por cadena de custodia.
- Los resultados del informe corresponden solo a las muestras sometidas a ensayo.
- La reproducción parcial de este informe, no está permitida sin la autorización por escrito de este laboratorio