



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE LIBERACIÓN DE AGUA DEL ATÚN
Katsuwonus pelamis CONGELADO, Y SUS CAMBIOS FÍSICOQUÍMICOS Y
ORGANOLÉPTICOS DURANTE SU ALMACENAMIENTO
(Modalidad: Pasantía)

JOEL JOSÉ MONRROE PÉREZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN QUÍMICA

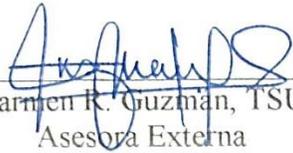
CUMANÁ, 2010

ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE LIBERACIÓN DE AGUA DEL ATÚN
Katsuwonus pelamis CONGELADO, Y SUS CAMBIOS FÍSICOQUÍMICOS Y
ORGANOLÉPTICOS DURANTE SU ALMACENAMIENTO

APROBADO POR:



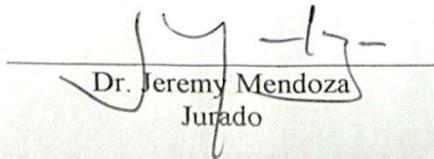
Prof. Haydelba D'Armas, Ph.D.
Asesora Académica



Gte. Carmen R. Guzmán, TSU Esp.
Asesora Externa



Dr. Francisco López
Jurado



Dr. Jeremy Mendoza
Jurado

DEDICATORIA

A mi madre.

AGRADECIMIENTO€

A la Universidad de Oriente por formar mi carácter profesional, científico y humano.

A Alimentos Polar Comercial por darme la oportunidad de desarrollar este trabajo de investigación.

A la profesora Haydelba D'Armas, por confiar en mí y apoyarme plenamente en la realización de este trabajo de investigación, sin su valiosa ayuda no hubiese sido posible cumplir el logro del mismo.

Al señor Héctor Rodríguez, por sus buenos consejos, y su excelente visión no común de las cosas.

A la gerente Ruselquis Guzmán, por sus excelentes consejos y su actitud siempre positiva.

A la señora Teresita, por su forma única y original de ejecutar su trabajo, símbolo de esfuerzo y dedicación.

Al Dr. Shaffiur Rahman, por su asesoramiento y colaboración desinteresada.

Al equipo de trabajadores del Puerto Pesquero, por brindarme la oportunidad de ser parte de ellos, en especial al equipo de montacarguistas por su valiosa colaboración, en el transporte, carga y descarga de las muestras.

A los profesores Omar Gómez, Maj Britt Mostue, Oscar Crescente, Carlos Hurtado, Marcos Loroño, Hernando Herrera, Francisco López y Haydelba D'Armas por su forma única de formar y crear excelentes profesionales.

A mis compañeros del Laboratorio de Productos Naturales y Lípidos, por su inigualable apoyo.

A mis compañeros José Luis, Anibal, Mariamelys, Enfred, Bucarito, Alexander, Alfredo, Fernando, Kysbel, Nirosky, Adriana, Arneida, Jhonny, Enrique, Daniel, Vallera, Cruz, Jesús Pereda, Karleydis, Lubnoris, Alina, Santaella, Edgar García, Freddy, María Fernanda y José Lobaton por ser siempre buenos amigos, excelentes compañeros, hermanos universitarios y verdaderos udistas.

A todos, muchas gracias

ÍNDICE

	Pág.
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
INTRODUCCIÓN	1
Conservación de alimentos	1
Congelación	1
Tiempo de congelación.....	4
El atún	5
El atún en las pesquerías y sus parámetros de calidad.....	6
Cambios fisicoquímicos.....	7
Cambios organolépticos.....	8
Matriz DOFA	9
METODOLOGÍA.....	12
Fracción de agua y contenido de sólidos totales.....	12
Análisis de liberación de agua de mermado.....	12
Análisis de las muestras almacenadas.....	13
Cambios fisicoquímicos.....	16
Índices de frescura.....	17
Matriz DOFA	17
Elaboración de un plan estratégico de vigilancia y control de almacenaje de la especie de atún <i>K. pelamis</i> a través de la matriz DOFA.....	17
Contexto interno.....	18
Fortalezas	18
Debilidades.....	18
Contexto externo.....	18

Oportunidades	18
Amenazas	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
Temperaturas registradas en las cavas frigoríficas.....	20
Fracción de agua y contenido de sólidos totales	21
Análisis de liberación de agua de mermado.....	22
Tendencia total de la especie estudiada	22
Liberación de agua durante el proceso de enfriamiento.....	23
Rapidez de congelación.....	26
Cambios fisicoquímicos	31
Cambios organolépticos	33
Análisis de la infraestructura.....	34
Choque térmico.	34
Colapso en la capacidad de las cavas frigoríficas	35
Análisis del factor humano	36
Plan estratégico de vigilancia y control de los almacenes en frío de Puerto Pesquero	38
CONCLUSIONES	41
RECOMENDACIONES	43
LISTA DE ABREVIATURAS	45
BIBLIOGRAFÍA	46
APÉNDICES.....	50
ANEXOS	64
HOJA DE METADATOS	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Fracción de agua y sólidos totales al inicio y al final del estudio, en las muestras de atún <i>K. pelamis</i>	21
Tabla 2. Rapidez de congelación de la especie de atún <i>K. pelamis</i>	27
Tabla 3. Temperatura y tiempo mínimo de congelación de la especie de atún <i>K. pelamis</i>	28
Tabla 4. Porcentajes de agua de mermado por día, estimados a temperaturas por encima de la temperatura máxima de congelación, a 90 días.....	30
Tabla 5. Cambios fisicoquímicos al inicio y al final del estudio, de la especie <i>K. pelamis</i>	31
Tabla 6. Evaluación organoléptica de la especie de atún <i>K. pelamis</i> al inicio y al final del estudio.....	33
Tabla 7. Temperaturas promedio durante la descarga de atún de los barcos y al inicio del almacenaje en las cavas frigoríficas.....	35
Tabla 8. Conocimientos generales de las normas de APC por parte del personal que labora en Puerto Pesquero.....	37
Tabla 9. Matriz DOFA de estrategias para el mejor aprovechamiento de la especie de atún <i>K. pelamis</i> , durante su almacenamiento en Puerto Pesquero.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del proceso ideal de congelación de los alimentos.	2
Figura 2. Especie de atún <i>Katsuwonus pelamis</i>	6
Figura 3. Promedio de las temperaturas en las cavas utilizadas.	20
Figura 4. Tendencia de la fracción de masa (X_m) con respecto a la cantidad de agua liberada, en función del tiempo en días.....	23
Figura 5. Depresión de X_m en función del tiempo en días, durante la etapa de enfriamiento de la especie <i>K. pelamis</i> de tamaño +3.....	24
Figura 6. Depresión de X_m en función del tiempo en días, durante la etapa de enfriamiento de la especie <i>K. pelamis</i> de tamaño +10.....	25
Figura 7. Depresión de la temperatura con respecto al tiempo en horas para los dos tamaños de la especie de atún estudiada.	26
Figura 8. Diagrama de liberación de agua de merma en función de los días y la temperatura, al someter a un proceso lento de congelación la especie <i>K. pelamis</i>	28
Figura 9. Conocimientos del personal de Puerto Pesquero en BPF, Manipulación de Alimentos (Man. Alim) y HACCP	37

RESUMEN

Se realizó el estudio de la cinética de liberación de agua de merma de la especie de atún *Katsuwonus pelamis* de dos diferentes tamaños (+3 y +10), sometiéndolos a condiciones de refrigeración en cavas frigoríficas del Puerto Pesquero en Cumaná, a temperaturas entre los -15°C y los -10°C por 4 meses. El estudio arrojó valores de la rapidez de congelamiento de $-2,79^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$ y $-2,61^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$, con temperatura máxima de $-10,92^{\circ}\text{C}$ y $-10,89^{\circ}\text{C}$ en un tiempo de 10,93 y 29,87 días, liberándose 0,91% y 3,89% de masa de agua para el *Katsuwonus pelamis* +3 y el *Katsuwonus pelamis* +10 respectivamente. También, se estudiaron los cambios de pH, nitrógeno básico volátil total e histamina al inicio y al final del experimento, y los cambios organolépticos experimentados por la muestra en estudio, obteniéndose que no hubo cambios notables que afecten la calidad de la especie. A su vez, se analizaron las condiciones de almacenamiento y el factor humano, encontrándose fallas en la infraestructura que producen choques térmicos y que, además, la falta de conocimiento en Buenas Prácticas de Fabricación y en la capacidad máxima operativa de las cavas, por parte del personal que labora en el Puerto Pesquero; así como también la falta de mantenimiento preventivo y correctivo, son los principales factores que influyen en el aumento de la liberación de agua de mermado, pudiendo llegar, por estimaciones, a liberarse hasta 10% de la masa total de agua para esta especie de atún.

Palabras o Frases Claves: congelación, *Katsuwonus pelamis*, termoquímica.

INTRODUCCIÓN

Conservación de alimentos

La conservación de alimentos reúne a todos aquellos mecanismos empleados para proteger a los alimentos contra los microbios y otros agentes responsables de su deterioro para permitir su futuro consumo. Los alimentos en conserva deben mantener un aspecto, sabor y textura apetitosos así como su valor nutritivo original.

Hay muchos agentes que pueden destruir las peculiaridades sanas de la comida fresca. Los microorganismos, como las bacterias y los hongos, estropean los alimentos con rapidez. Las enzimas, que están presentes en todos los alimentos frescos, son sustancias catalizadoras que favorecen la degradación y los cambios químicos que afectan, en especial, la textura y el sabor. El oxígeno atmosférico puede reaccionar con componentes de los alimentos, que se pueden volver rancios o cambiar su color natural. Igualmente dañinas resultan las plagas de insectos y roedores, que son responsables de enormes pérdidas en las reservas de alimentos. No hay ningún método de conservación que ofrezca protección frente a todos los riesgos posibles durante un periodo ilimitado de tiempo (1).

Congelación

El empleo de bajas temperaturas es uno de los métodos más antiguos para conservar los alimentos. Cuando las bajas temperaturas producen la solidificación del agua contenida en los alimentos, ésta deja de estar disponible para que en su seno se produzcan las reacciones químicas y bioquímicas que constituyen la degradación de los alimentos (2).

El efecto combinado de las bajas temperaturas y la disminución de la actividad del agua causa la inhibición total o parcial de los principales agentes responsables de la alteración de los alimentos: (a) crecimiento y actividad de los microorganismos, (b) actividades metabólicas de los tejidos animales y vegetales debido al sacrificio y la recolección y (c) reacciones enzimáticas y químicas. No obstante, hay que señalar que la diferencia fundamental entre refrigeración y congelación, es la disminución de la actividad del agua que tiene lugar por su solidificación (2).

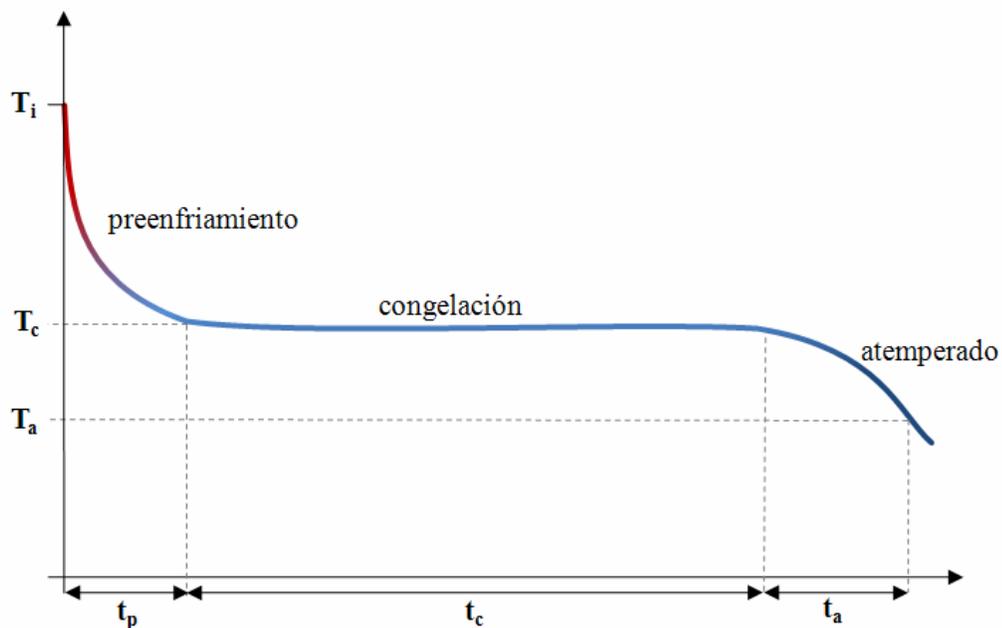


Figura 1. Etapas del proceso ideal de congelación de los alimentos.

El problema fundamental que ocurre durante la congelación, es una transferencia del calor por conducción en el estado no estacionario que transcurre con un cambio de fase. En algunos dispositivos de congelación hay que tener, también, en cuenta la resistencia a la transferencia del calor provocada por el medio externo que, a menudo, tiene lugar por convección, por tanto, en un punto dado del interior de un alimento sometido a una temperatura externa por debajo de su punto de congelación, primero se produce un descenso de temperatura al perderse calor. Una vez alcanzada la temperatura del punto de congelación, se sigue perdiendo calor mientras se

solidifica el agua, proceso que ocurre sin cambio de temperatura. Finalmente, una vez congelado el alimento, se sigue perdiendo calor hasta que la temperatura interna se iguala a la externa.

Según lo descrito, el proceso de congelación puede representarse mediante tres etapas ideales que se presentan en la figura 1:

Preenfriamiento: Es la etapa que va desde la T_i (temperatura inicial) hasta la T_c (temperatura de congelación), siendo t_p el tiempo que tarda el alimento en pasar desde T_i a T_c .

Congelación: el alimento permanece a T_c constante en su centro térmico, siendo t_c el tiempo en el que tiene lugar el cambio de fase, con lo que varían las propiedades físicas del alimento durante el transcurso del proceso.

Atemperado o enfriamiento: este proceso comprende desde T_c hasta T_a (temperatura del sistema de enfriamiento), siendo t_a el tiempo necesario para que la temperatura del alimento pase desde T_c a T_a (2).

Este sistema describe idealmente el proceso de congelación para todos los alimentos, tanto vegetales como animales, incluyendo alimentos con alto contenido de agua como los pescados.

La congelación de los pescados es una forma de conservación que se basa en la solidificación del agua contenida en éstos, capaz de detener los procesos bacteriológicos y enzimáticos que los destruyen. Por ello, uno de los factores a tener en cuenta en el proceso de congelación, es el contenido de agua del producto.

Existen tres formas de congelarlos: por aire en la que una corriente de aire frío extrae el calor del producto hasta que se consigue la temperatura final; por contacto,

una superficie fría en contacto con el producto que extrae el calor, y criogénico en la que se utilizan fluidos criogénicos, nitrógeno o dióxido de carbono, que sustituyen al aire frío para conseguir el efecto congelador (3).

Al congelar un alimento a presión atmosférica normal, su temperatura desciende a 0°C, en ese momento, el agua comienza a convertirse en hielo. Permanece un cierto tiempo a esta temperatura y cuando la cristalización es completa, la temperatura sigue descendiendo hasta que se equilibra con la temperatura ambiental (4).

Tiempo de congelación

Determinar el tiempo de congelación de un alimento resulta complejo, puesto que tiene lugar una transformación de estado que conlleva a un cambio en las propiedades físicas del alimento. Para estimar el tiempo de congelación, se acepta como simplificación que todo el cuerpo está en el punto de congelación (T_c) y que el frente de congelación avanza al irse volviendo el agua sólida, gracias al calor que va escapando por la parte del alimento ya congelado. Se han propuesto dos soluciones a este problema, una más rigurosa dada por Newman y otra aproximada propuesta por Planck (2).

Ambas soluciones son un balance de calor, que da la velocidad de avance del frente en función del calor que sale a través de la capa de alimento congelado. Puesto que la temperatura de la capa congelada desciende, la conducción del calor a través de la capa congelada es un proceso en estado no estacionario. Planck propuso aceptar que el perfil de temperaturas en la parte congelada del alimento, corresponde con el del estado estacionario. Esto se acerca bastante a la realidad, ya que el frente avanza muy lentamente, dando como solución para el tiempo de congelamiento (t_c) la expresión siguiente:

$$t_c = \frac{-\lambda \cdot \rho_c \cdot L^2}{2(T_c - T_0) \cdot k_c'}$$

donde:

λ Coeficiente de conductividad del agua en el alimento.

ρ_c Densidad del alimento congelado.

T_0 Temperatura de almacenamiento.

T_c Temperatura de congelación del alimento.

k_c' Conductividad del alimento en estado congelado.

L Espesor del alimento (2).

El atún

El atún es el nombre común de cualquiera de varios peces grandes de la familia de los escómbridos, que viven en bancos próximos a la superficie en la mayor parte de las aguas del mundo y cuya carne es muy apreciada desde los tiempos más remotos. Los atunes tienen un cuerpo redondeado, esbelto e hidrodinámico, que se estrecha hasta formar una delgada unión con la cola (5, 6).

La especie de atún *Katsuwonus pelamis* se puede distinguir de las otras especies por la presencia de rayas en la zona ventral. Normalmente 4 ó 6 rayas longitudinales muy visibles, que van desde el vientre y los flancos hasta la cola. El lomo del pez es azul oscuro con trazas púrpuras, mientras que los flancos inferiores y el vientre son plateados. Es una especie típicamente oceánica, que se puede encontrar en las aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo. Son muy comunes en las zonas tropicales del Atlántico (5, 6, 7), en el Apéndice A se describe taxonómicamente esta especie, así como también, se presentan otras características importantes de la misma.

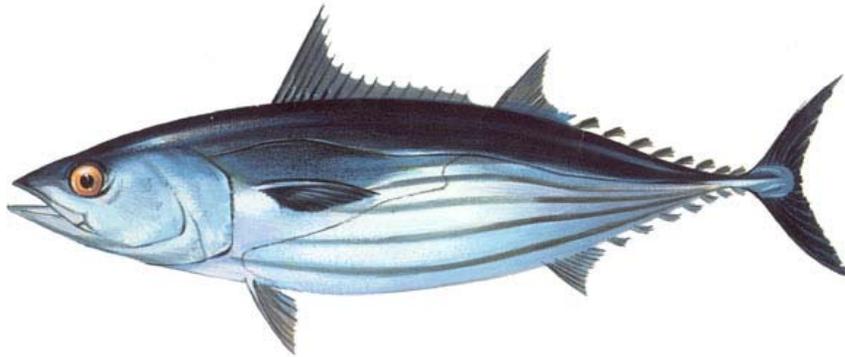


Figura 2. Especie de atún *Katsuwonus pelamis*.

Aunque los peces típicamente contienen entre 70-80% de agua, congelar un pez es un proceso complicado. Dado que el agua en los peces no es pura, sino que está formada por una solución de sales, azúcares y proteínas solubles, además de un complejo de moléculas proteicas que están en suspensión coloidal, su punto de congelación es más bajo. Este descenso es proporcional al nivel de concentración de los elementos disueltos. El agua en los tejidos del pez empieza a congelar aproximadamente a -1°C , pero en este punto sólo una proporción del agua se convierte en hielo. Se ha aceptado que a -18°C , la temperatura máxima normalmente especificada para el congelamiento de los peces, alrededor de 90% del agua se ha congelado (3, 5, 6, 8).

El atún en las pesquerías y sus parámetros de calidad

El pescado fresco es un punto central en la utilización del pescado como alimento. Primero, constituye en sí mismo el ítem más importante en los mercados de pescado locales e internacionales, segundo, porque no es posible obtener un producto de pescado seguro y de calidad, a menos que se emplee pescado fresco como principal materia prima (8).

Los procedimientos de manipulación del pescado fresco, abarcan todas aquellas operaciones cuyo objetivo es mantener la seguridad del alimento y las características de calidad, desde la captura del pescado hasta su consumo. En la práctica, significa reducir a un mínimo posible las tasas de deterioro, prevenir contaminación con microorganismos indeseables, sustancias y cuerpos extraños, evitando el daño físico, químico y biológico de las partes comestibles (8, 9).

El efecto inmediato de los procedimientos de manipulación del pescado (por ejemplo: lavado, eviscerado, enfriado) en la calidad, puede ser fácilmente determinado mediante métodos sensoriales y organolépticos. La calidad del pescado, en cuanto a seguridad y tiempo de vida útil en almacenamiento, está fuertemente influenciada por factores no visibles como la autólisis, así como por la contaminación y crecimiento de microorganismos, metales pesados, otros agentes físicos, químicos o biológicos. Estos efectos solo pueden ser determinados mucho después de ocurrido el daño, y en tal sentido, los procedimientos apropiados deben estar basados en el efecto de los diferentes factores involucrados. Las grandes o pequeñas mejoras son generalmente factibles, cuando se analizan los actuales métodos de manipulación del pescado (9, 10).

Cambios fisicoquímicos

Los cambios físicos y químicos producidos en el pescado, desde su captura y durante su almacenamiento y procesamiento, originan una serie de compuestos de gran importancia en el sabor, olor y la textura del músculo del pescado. La mayoría de estos componentes son volátiles y su determinación se realiza en función de su contenido de nitrógeno básico volátil total (NBVT) e histamina (11).

Uno de los parámetros más importantes es la histamina, producida a partir de la descarboxilación de la histidina por acción enzimática. Esta amina biógena se ha

asociado a intoxicaciones alimentarias (12) y su formación es común en pelágicos, como los túnidos y sardinas, porque forman cardúmenes de grandes volúmenes y en una sola faena se suelen capturar varias toneladas, lo que provoca el aumento de la temperatura corporal en 2 ó 3°C (13). Esto hace necesario aplicar frío para almacenarlos a bordo de las embarcaciones y transportarlos a los puertos, donde se mantienen almacenados bajo congelación. Si este manejo no es adecuado, rápidamente, se inician reacciones que contribuyen a la formación de estos componentes y otros que deterioran el pescado, como el NBVT (14).

Cambios organolépticos

Los cambios organolépticos son los que se perciben a través de los sentidos, por ejemplo, apariencia, olor, textura y sabor (8).

La evaluación organoléptica del pescado crudo en mercados y sitios de desembarque se efectúa mediante la evaluación de la apariencia, textura y olor (15). La mayoría de los sistemas de puntuación están basados en los cambios que se producen durante el almacenamiento en hielo derretido (8). Debe recordarse que los cambios característicos varían dependiendo del método de almacenamiento. La apariencia del pescado almacenado en condiciones de enfriamiento sin hielo, no cambia tanto en relación con el pescado en hielo, pero su deterioro es más rápido y se hace necesario efectuar una evaluación sensorial del pescado cocido. Por consiguiente, es esencial conocer la historia tiempo/temperatura (12).

Los cambios sensoriales característicos en el pescado *post-mortem* varían considerablemente dependiendo de la especie y el método de almacenamiento. Una descripción general ha sido proporcionada por la Unión Europea en la guía para evaluación de la calidad del pescado, con una escala sugerida numerada de 0 a 3,

donde 3 es la mejor calidad y 0 es un pescado en estado de descomposición. Estos atributos sensoriales del pescado crudo se enumeran en el Apéndice D (14, 16).

Matriz DOFA

El Análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) es una metodología de estudio de la situación competitiva de una empresa en un área y de las características internas de la misma, a efectos de determinar sus Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. La situación interna se compone de 2 factores controlables: fortalezas y debilidades, mientras que la situación externa se compone de 2 factores no controlables: oportunidades y amenazas.

Durante la etapa de planificación estratégica y a partir del análisis DOFA se debe poder contestar cada una de las siguientes preguntas: ¿Cómo se puede explotar cada fortaleza? ¿Cómo se puede aprovechar cada oportunidad? ¿Cómo se puede detener cada debilidad? y ¿Cómo se puede defender de cada amenaza? (17).

Este recurso fue creado a principios de la década de los setenta y produjo una revolución en el campo de la estrategia empresarial. El objetivo del análisis DOFA es determinar las ventajas competitivas de la empresa bajo análisis y la estrategia genérica a emplear por la misma que más le convenga en función de sus características propias y de las del mercado en que se mueve.

El análisis consta de cuatro pasos: (a) análisis externo, (b) análisis interno, (c) confección de la matriz DOFA y (d) Determinación de la estrategia a emplear (17). A través de esta modalidad de estudio, se puede diagnosticar los distintos factores, tanto internos como externos, que influyen en las condiciones de almacenaje en frío, para así crear planes y estrategias que ayuden a mejorar las condiciones de almacenamiento.

Uno de los principales problemas en el almacenamiento en frío para la conservación de los peces, es que, aunque éstos se deben congelar, idealmente, por debajo de los -18°C , esto no es factible en la práctica. Industrialmente, con la tecnología existente usada, en la mayoría de los casos, la mejor temperatura que realmente puede lograrse es aproximadamente -14°C ; en la mayoría de los casos, se considera que las temperaturas entre -10°C y -12°C son normales en la industria (4).

La mayoría del pescado fresco que se utiliza para fines comerciales en la ciudad de Cumaná es recibido por la Operadora Puerto Pesquero de Sucre S.A. Los almacenes en frío del Puerto Pesquero en esta ciudad están compuestos por nueve cavas frigoríficas con temperaturas entre -15°C y -10°C , para el almacenamiento del atún *Katsuwonus pelamis* y otras especies marinas. Estas altas temperaturas producen un proceso lento de congelamiento de los pescados en los almacenes, lo que trae como consecuencia, un efecto de desecación por la liberación de agua que fluye a través de los intersticios celulares al exterior, desde el centro del pescado. Además, debido a que este centro necesita más tiempo para pasar al estado sólido, incluso, puede permanecer no congelado durante mucho tiempo (2, 3).

FAO ha estimado que la cantidad global de descartes de pescado está en el rango de las 17-39 millones de toneladas por año, con un promedio de 27 millones de toneladas por año (18). Más aún, se estima que las pérdidas post-captura totales en los productos marinos de las empresas pesqueras son de aproximadamente 10% (19). Estas elevadas pérdidas son debidas, principalmente, a problemas de manejo en las pesquerías y falta de tecnología apropiada e incentivos económicos (20).

Mediante esta investigación se pretende describir el tiempo y la rapidez de congelamiento del contenido de agua de la especie de atún *Katsuwonus pelamis*, durante su almacenamiento en los frigoríficos de Puerto Pesquero (Cumaná - estado Sucre) y la rapidez de liberación del contenido de agua no congelada, así como

también monitorear los cambios fisicoquímicos y organolépticos que se producen bajo estas condiciones, también, se realizará un estudio a la infraestructura del Puerto Pesquero y se evaluará al personal que labora en dicha empresa. Todo esto, con la finalidad de recomendar la creación y ejecución de planes y estrategias que ayuden a contribuir en la reducción de las pérdidas post-captura totales por año y a una mejor utilización de las tecnologías existentes para el mejor aprovechamiento de este preciado recurso pesquero.

METODOLOGÍA

Un total de seis muestras de atún de la especie *Katsuwonus pelamis* de tamaño +3 y tres de tamaño +10 fueron suministradas por la empresa Alimentos Polar Comercial, C.A. planta Marigüitar, situada en Marigüitar, estado Sucre y almacenados en los frigoríficos del Puerto Pesquero de la ciudad de Cumaná, estado Sucre. La escala de medición usada en la talla de las muestras de atún se describen en el Apéndice A.

Fracción de agua y contenido de sólidos totales

El contenido de agua (X_a) y sólidos totales (X_s) se midió gravimétricamente, analizando una muestra de 1g del músculo del atún por 13 minutos con una balanza de humedad automática, marca Satorius modelo MA30 a 130°C.

Análisis de liberación de agua de mermado

Se tomaron siete muestras de la especie de atún *Katsuwonus pelamis* y fueron sometidas a un proceso lento de congelamiento, almacenando en contenedores en las cavas frigoríficas de Puerto Pesquero, cinco muestras de la especie de tamaño +3 y dos de tamaño +10, con temperaturas oscilantes entre los -13°C y los -8°C. Posteriormente, se le tomó la medida de la masa en períodos de siete días durante cuatro meses.

Se tomaron dos muestras de la especie de atún *Katsuwonus pelamis* y fueron sometidas a un proceso rápido de congelamiento, almacenando en contenedores en las cavas frigoríficas de la empresa FIPACA, una de tamaño +3 y otra de tamaño +10, con temperaturas entre los -15°C y los -13°C. Seguidamente se les tomó la

medida de la masa durante cuatro horas en períodos de treinta minutos, luego cada día durante tres días y en períodos de siete días, durante cuatro meses.

A todas las muestras, se les midió el valor de la temperatura en el centro caliente a una distancia r de la superficie, en un punto aproximado a una distancia $r/2$ de la superficie y en la superficie del lomo de la muestra, en los mismos períodos que se le midió el valor de la masa con una Termocupla Perkin-Elmer modelo ACCUTUFF PLUS 330 de $0,01^{\circ}\text{C}$ de precisión. r es el radio de la muestra de atún.

Adicionalmente, a las dos muestras sometidas al proceso rápido de congelamiento en las cavas frigoríficas de la empresa FIPACA, se les tomó el valor de las temperatura a una distancia r durante los tres primeros días de almacenaje.

A diferentes horas del día (06:00; 13:00; 18:00; 22:00), se registraron las temperaturas de cada una de las cavas frigoríficas, según lo que señala el indicador digital de éstas.

Análisis de las muestras almacenadas

Con los datos obtenidos de las muestras, se elaboraron gráficas de la fracción de agua liberada con respecto a la masa total de la muestra de atún (X_{mlm}), y de la fracción de agua liberada con respecto al contenido total de humedad de la muestra de atún (X_{mlh}); ambas en función del tiempo en días, y fueron modeladas siguiendo las ecuaciones diferenciales siguientes:

$$\frac{dX_{mlm}}{dt} = A$$

$$\frac{dX_{mlh}}{dt} = B$$

El análisis de las gráficas obtenidas, permitió determinar los coeficientes A y B como funciones dependientes de la masa inicial de la muestra, la fracción de humedad contenida, la fracción de agua liberada, la temperatura de almacenamiento y el tiempo.

Para las muestras sometidas al proceso rápido de congelamiento, se elaboró una gráfica de la depresión de la temperatura en función del tiempo en horas, siguiendo la ecuación diferencial siguiente:

$$\frac{dT}{dt} = V_c$$

Esta expresión arrojó datos con respecto a la rapidez mínima de congelación a las condiciones sometidas. Mediante la ecuación de Clausius-Clapeyron (21) fue posible obtener la temperatura de congelación (T_c), la cual está expresada de la siguiente manera:

$$T_c = T_a + \frac{\beta}{M_a} \ln \left[\frac{X_{anc}}{X_{anc} + EX_{ac}} \right],$$

donde:

- T_a Temperatura de congelación del agua (273 K).
- β Constante de congelación molar del agua (1860 K·mol⁻¹).
- M_a Masa molecular del agua (18 g·mol⁻¹).
- X_{ac} Fracción total de masa de agua congelada.
- X_{anc} Fracción total de masa de agua no congelada.
- E Fracción molar de agua en el sólido ($E=0,071$) (22).

Para la resolución de esta ecuación, se tiene en cuenta que, para una temperatura de $-13,3^\circ\text{C}$ existe una fracción de masa de agua congelada (X_{ac}) del átun de 0,610 (21) y una fracción de agua no congelada (X_{anc}) igual a $1-X_{ac}$. Esta fracción de agua no congelada se modificó ajustándola al sistema, adicionalmente, se le restó la fracción del contenido de agua liberada (X_{mlm}), ya que ésta es una fracción

de agua que no se ha congelado en las condiciones dadas. Así el sistema quedó ajustado como

$$T_c = T_a + \frac{\beta}{M_a} \ln \left[\frac{1 - X_{ac} - X_{mim}}{1 - X_{ac} - X_{mim} + EX_{ac}} \right],$$

Y, mediante la ecuación de rapidez mínima propuesta por Planck (2),

$$V_c = \frac{(T_c - T_a) \cdot k_c}{-\lambda \cdot \rho_c \cdot T},$$

donde:

λ Coeficiente de conductividad del agua en el atún.

ρ_c Densidad del atún congelado.

T_0 Temperatura que registra la cava frigorífica.

k_c Conductividad del alimento en estado congelado.

se define un valor Z igual a

$$Z = \frac{k_c}{-\lambda \cdot \rho_c},$$

el cual permitió obtener el tiempo total empleado en congelar, la especie de atún *Katsuwonus pelamis* en las condiciones existentes actualmente, en las cavas frigoríficas de Puerto Pesquero. Éste fue determinado mediante la fórmula del tiempo de congelación de Planck modificada al sistema:

$$t_c = \frac{r^2}{2Z(T_c - T_a)},$$

Con los datos obtenidos, se elaboró una gráfica de la disminución de la fracción de agua contenida en la especie de atún *Katsuwonus pelamis* en función de los días y

de la temperatura de almacenamiento, la cual permite predecir el índice de pérdidas post-captura de esta especie almacenada, previo a su procesamiento, indicando el punto final de congelación de acuerdo con V_c y el punto de estabilización de la liberación de agua.

Cambios fisicoquímicos.

Estos cambios se realizaron con el fin de obtener la variación de los índices de pH, NBVT e histamina al inicio y al final de la observación para determinar los cambios que experimentó el atún por su almacenamiento en diferentes condiciones.

Se tomaron muestras del material de estudio almacenado, los cuales fueron trasladados en condiciones refrigeradas al Laboratorio de Aseguramiento de Calidad, en la Planta Marigüitar de Alimentos Polar Comercial.

El pH se determinó mediante un homogeneizado de la muestra en agua destilada, en proporción de 1:9 y se procedió a medir con un potenciómetro digital SELECTA modelo phmeter ph2005 (23).

Para el NBVT, se tomaron 10 g de muestra en un matraz de 1 000 ml con 300 ml de agua destilada. Se adicionó 1 g de piedra pómez, 1 g parafina, 2 g óxido de magnesio, se destiló por 10 min; posteriormente, el destilado se recogió en un matraz de 500 ml con 10 ml de solución de ácido sulfúrico $0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$, 30 ml de agua destilada y 5 gotas de rojo de metilo al 0,5 % y se tituló con solución de hidróxido de sodio $0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ (24).

La histamina se determinó homogenizando una muestra de 10 g en 90 ml de agua destilada, se filtró, y una muestra de 100 μl se diluyó con el estándar para

histamina patentado siguiendo la metodología Vortex® (Elisa) y se determinó con un espectrofotómetro de absorción atómica (25).

Índices de frescura

Los análisis se iniciaron con la evaluación organoléptica del pescado entero, según la tabla de apreciación de la frescura (Apéndice D) (8). Los atributos revisados fueron: olor, branquias, piel y apariencia general del pescado, con escala de 3 a 0, donde 3 es un pescado de excelente frescura y 0 está en estado de descomposición (16). Este análisis se realizó igual que los cambios fisicoquímicos, con el fin de observar las variaciones en las muestras de atún antes y después de su almacenamiento.

Matriz DOFA

El análisis con la Matriz DOFA se realizó por medio de la observación directa, el análisis de las condiciones de almacenamiento y la ejecución de entrevistas con los trabajadores de Alimentos Polar Comercial, almacén Puerto Pesquero.

Elaboración de un plan estratégico de vigilancia y control de almacenaje de la especie de atún *K. pelamis* a través de la matriz DOFA

A través de esta modalidad de estudio, se realizó el diagnóstico de la situación de las cavas frigoríficas para el almacenamiento de la especie de atún *Katsuwonus pelamis* y otras especies marinas en los almacenes en frío de Puerto Pesquero, para la vigilancia y control de los índices de liberación de agua. Se realizó el análisis estadístico, situación actual y las tendencias a través de la interrelación del contexto interno y externos.

Contexto interno

Se analizaron las variables que están bajo el control del equipo que labora en la Operadora Puerto Pesquero y en Alimentos Polar Comercial (fortalezas y debilidades).

Fortalezas

1. Conocimiento de las especies marinas almacenadas en el Puerto Pesquero.
2. Personal calificado.
3. Educación empresarial.
4. Organización.

Debilidades

1. Supervisión del control de calidad.
2. Personal externo contratado.
3. Servicios de mantenimiento.

Contexto externo

Está representado por aquellas variables que no están bajo el control del equipo que labora en la Operadora Puerto Pesquero ni en Alimentos Polar Comercial (oportunidades y amenazas).

Oportunidades

1. Coordinación entre la Operadora Puerto Pesquero y Alimentos Polar Comercial.
2. Otras empresas que prestan servicios de almacenes en frío.

3. Servicios de mantenimiento especializado.

Amenazas

1. Educación.
2. Factores biológicos, ambientales, sociales, económicos, políticos y/o administrativos.
3. Entes gubernamentales encargados del funcionamiento de la Operadora Puerto Pesquero.
4. Ambiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los datos obtenidos en la presente investigación arrojó los siguientes resultados, los cuales describen el proceso lento de congelación a la que es sometido la especie de atún *K. pelamis* en los almacenes en frío del Puerto Pesquero y los cambios fisicoquímicos y organolépticos que en él ocurren, a su vez, se describe sistemáticamente la cinética de congelación del mismo, así como los índices de pérdidas de agua, los cuales están expresados según cada uno de los parámetros de estudio.

Temperaturas registradas en las cavas frigoríficas

La figura 3 muestra los promedios diarios de las temperaturas registradas en las cavas frigoríficas usadas durante 4 meses de almacenamiento de la especie en estudio. En ella se observan importantes datos con respecto a la estabilidad de la temperatura en las cavas frigoríficas de Puerto Pesquero. En el Apéndice C, se encuentran asentados los valores de las temperaturas diarias registradas.

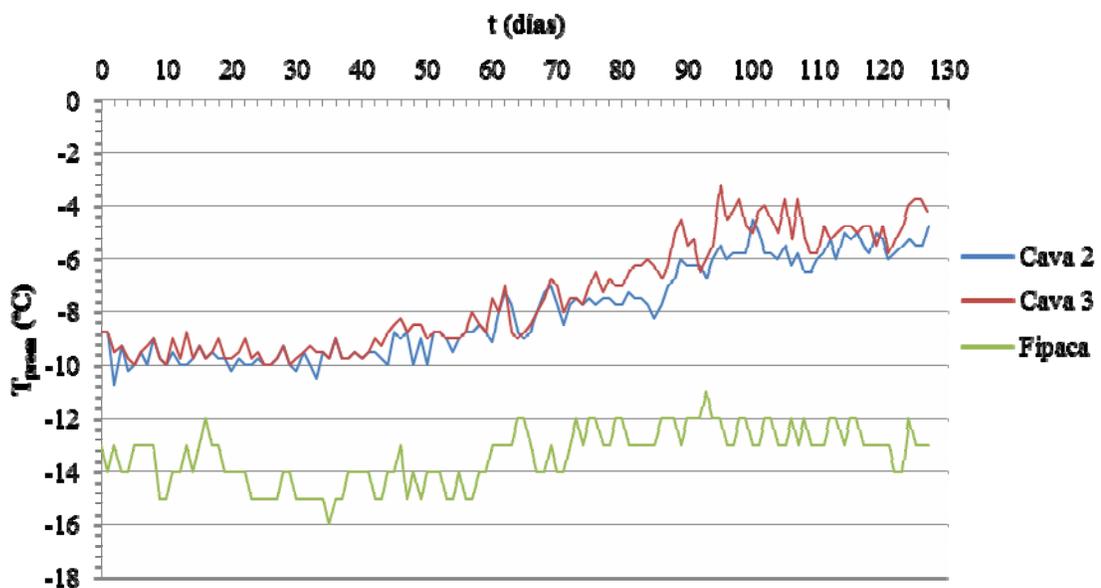


Figura 3. Promedio de las temperaturas en las cavas utilizadas.

Durante el almacenamiento en las cavas 2 y 3 de Puerto Pesquero se observan valores críticos por encima de -6°C , representando un valor muy alejado de los normalmente especificados para la conservación de los productos marinos (-18°C), con un promedio de -9°C , favoreciendo al proceso lento de congelación de las especies. Estos altos valores se debieron principalmente a interrupciones del servicio eléctrico y al colapso en la capacidad de estas cavas durante éstas fechas. Por otra parte, la cava frigorífica de la empresa FIPACA, posee una relativa permanencia por debajo de los -13°C , incluso se registra valores muy cercanos a los -18°C , lo que acelera el proceso de congelación en las muestras sometidas a las condiciones de esta cava, y permite una mejor conservación de los productos marinos y un descenso en las pérdidas por liberación de agua.

Fracción de agua y contenido de sólidos totales

Como se observa en la tabla 1 existe una reducción de la fracción total de agua en la especie de atún, debido a la liberación de agua de merma durante su almacenamiento, de alrededor de 4% en cada caso.

Tabla 1. Fracción de agua y sólidos totales al inicio y al final del estudio, en las muestras de atún *K. pelamis*.

Especie	Fracción de Agua (X_a)		Fracción de sólidos totales (X_s)	
	Inicial	Final	Inicial	Final
<i>K. pelamis</i> +3	0,6896	0,6597	0,3104	0,3403
<i>K. pelamis</i> +10	0,7291	0,6996	0,2709	0,3004

Estos valores señalan un importante aumento en el valor normalmente especificado para las pérdidas por goteo, de 1% para los atunes y menos de este valor para la mayoría de los peces pequeños, al ser almacenados en condiciones de refrigeración por corrientes de aire frío (13).

Este valor, 1%, siempre se ha estimado para las pérdidas de agua en el denominado efecto *pérdidas por goteo/desecación por frío* (8). Este efecto se señala como la deshidratación por frío que ocurre en los almacenes, cuando se utiliza sólo una corriente de aire frío para refrigerarlos (13), como sucede en las cavas frigoríficas de Puerto Pesquero, en la que el calor que libera el pescado calienta rápidamente el aire. Este aire caliente sube, se enfría por contacto con los conductos del refrigerador, y vuelve a bajar hacia el pescado por convección natural o por circulación forzada. El movimiento continuo del aire hace evaporar el agua de la superficie del pescado y la deposita como escarcha en los conductos del evaporador (26).

En cambio, en el caso particular del sistema en estudio, este aumento en el valor de las pérdidas de agua que se registra, es debido al proceso lento de congelación al que está sometido el pescado, por el colapso en la capacidad de las cavas frigoríficas que no permiten la correcta circulación de las corrientes de aire frío en el interior de las mismas, adicionalmente, el uso de tecnología antigua, no eficiente en la producción del frío necesario para la disminución de la temperatura a las normalmente especificadas, ni a la estabilización de la misma, provoca centros calientes en el interior de los pescados, produciendo el efecto de liberación de agua no congelada desde estos centros calientes hacia el exterior del pescado a través de los intersticios celulares del mismo.

Análisis de liberación de agua de mermado

Tendencia total de la especie estudiada

Durante el tiempo completo de estudio se pudo observar cambios en la tendencia a liberar agua de mermado de la especie *K. pelamis*, como se muestra en la figura 4.

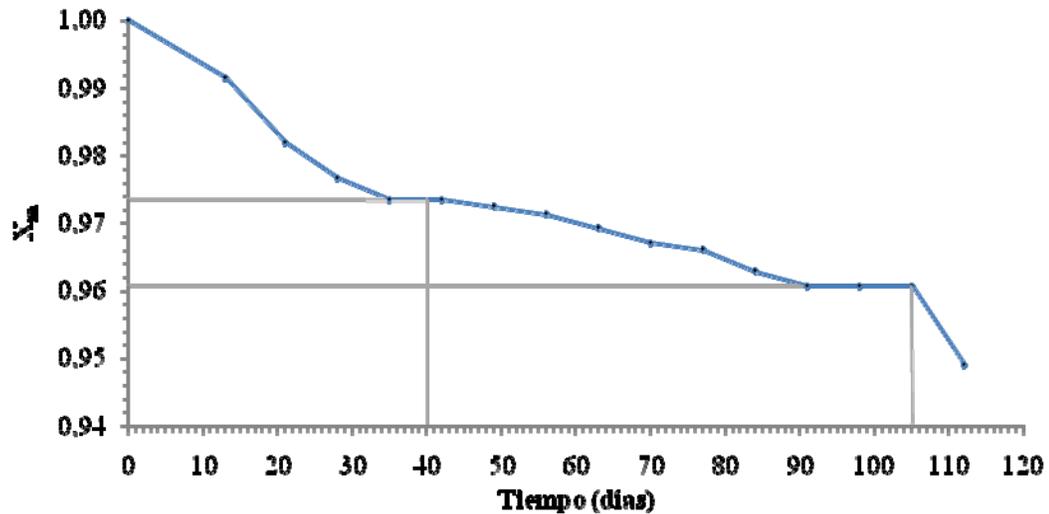


Figura 4. Tendencia de la fracción de masa (X_m) con respecto a la cantidad de agua liberada, en función del tiempo en días.

La misma indica tres variaciones claramente marcadas, la primera durante los primeros 40 días, donde el descenso es pronunciado con una pendiente igual a $-7 \cdot 10^{-4}$, mostrando el proceso de enfriamiento de la especie. Luego, la especie, entra en una fase de atemperado durante los 65 días siguientes, debido a que ésta logra conseguir un equilibrio con el medio refrigerante. La última etapa de disminución de X_m , se debe a los cambios de temperaturas diarios que sufre la especie, por encontrarse en fechas de producción, distribución y despacho.

Liberación de agua durante el proceso de enfriamiento

La figura 5 muestra el análisis de la disminución de X_m de la especie *K. pelamis* de tamaño +3 en función del tiempo, durante los primeros 45 días.

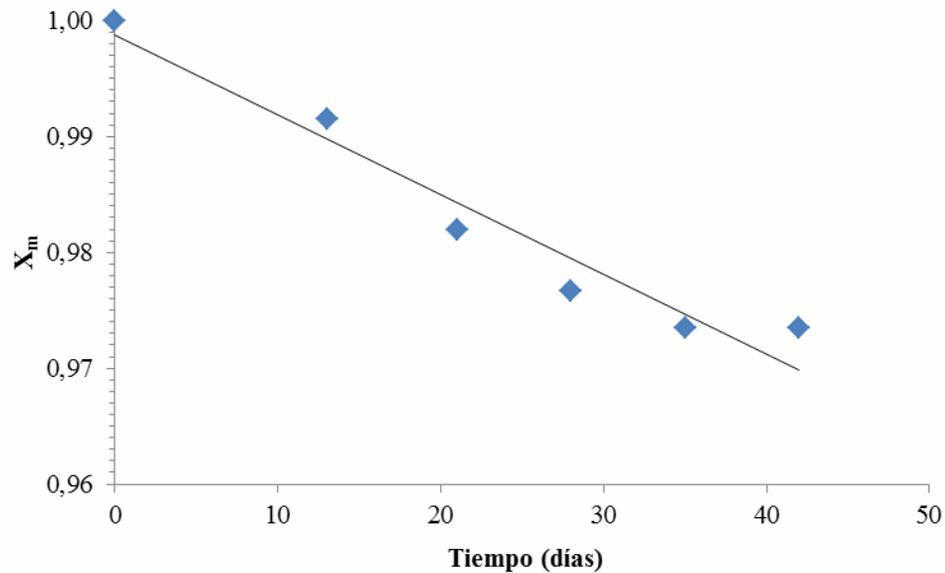


Figura 5. Depresión de X_m en función del tiempo en días, durante la etapa de enfriamiento de la especie *K. pelamis* de tamaño +3.

La distribución de los datos permite obtener la tendencia en esta zona, con una ecuación para la recta:

$$X_m = -0,0007d + 0,9988, \quad (i)$$

con d igual al número de días, y un coeficiente de correlación $R^2=0,953$.

Esta ecuación (i), describe los cambios en la fracción X_m en función de los días, durante el proceso de enfriamiento, a una temperatura promedio de -9°C , de la especie *K. pelamis* de tamaño +3.

La figura 6 muestra el análisis de la disminución de X_m de la especie *K. pelamis* de tamaño +10, en función del tiempo durante el proceso de enfriamiento.

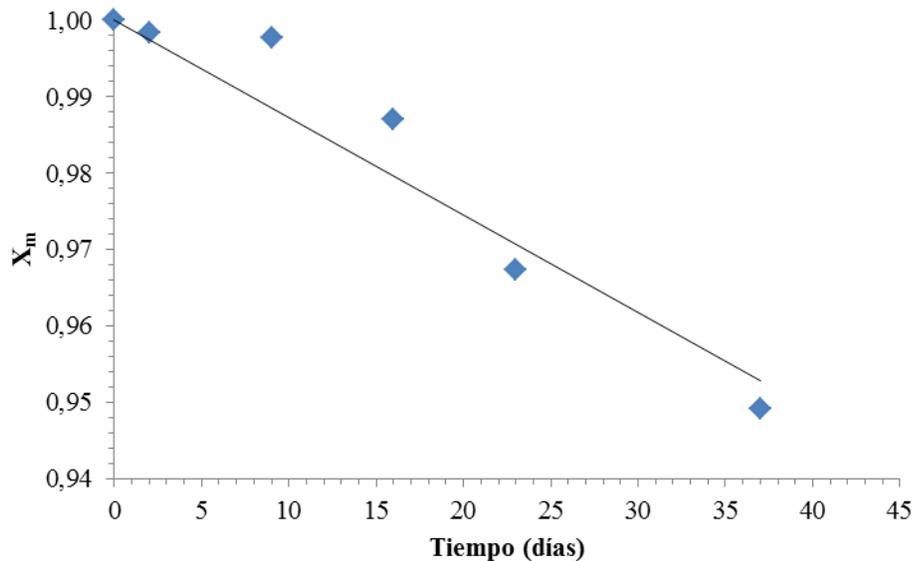


Figura 6. Depresión de X_m en función del tiempo en días, durante la etapa de enfriamiento de la especie *K. pelamis* de tamaño +10.

La distribución de los datos permite obtener la tendencia en esta zona, con una ecuación para la recta:

$$X_m = -0,0013d + 1,0000, \quad (\text{ii})$$

con d igual al número de días, y un coeficiente de correlación $R^2=0,944$.

Esta ecuación (ii), describe los cambios en la fracción X_m , en función de los días, durante el proceso de enfriamiento a una temperatura promedio de -9°C , de la especie *K. pelamis* de tamaño +10.

Tanto las ecuaciones (i) como (ii), permiten predecir, durante los primeros 45 días de almacenaje, el porcentaje de agua liberada por efecto de desecación, por la liberación de agua no congelada, al ser sometidos a un proceso lento de congelamiento. Siendo esta etapa la más importante, ya que, es aquí, donde se observó la mayor liberación de agua.

La calidad del pescado es tanto mejor cuanto menor es el tiempo transcurrido entre su captura y su congelación, como se observa en los datos mostrados, existe un tiempo elevado desde la captura de la especie hasta su congelación. Cuando el producto se ha congelado lentamente o cuando ha habido fluctuaciones de temperatura durante el almacenamiento, como se ha señalado en las figuras 3, 4, 5 y 6, los cristales de hielo que se forman crecen extrayendo agua ligada a las proteínas, de tal forma que estas se desorganizan siendo luego incapaces de recuperar dicha agua durante la descongelación, de manera que esta agua al perderse arrastra los nutrientes hidrosolubles. Este proceso cambia la textura del alimento, produciendo un endurecimiento e incluso disminuyendo su solubilidad y valor nutritivo (27).

Rapidez de congelación

La figura 7 muestra la depresión de la temperatura, en función del tiempo en horas, arrojando datos con respecto a la rapidez de congelamiento de la especie, a su vez la misma infiere las ecuaciones que describen el proceso de congelamiento de la especie de atún estudiada, en condiciones óptimas de almacenamiento.

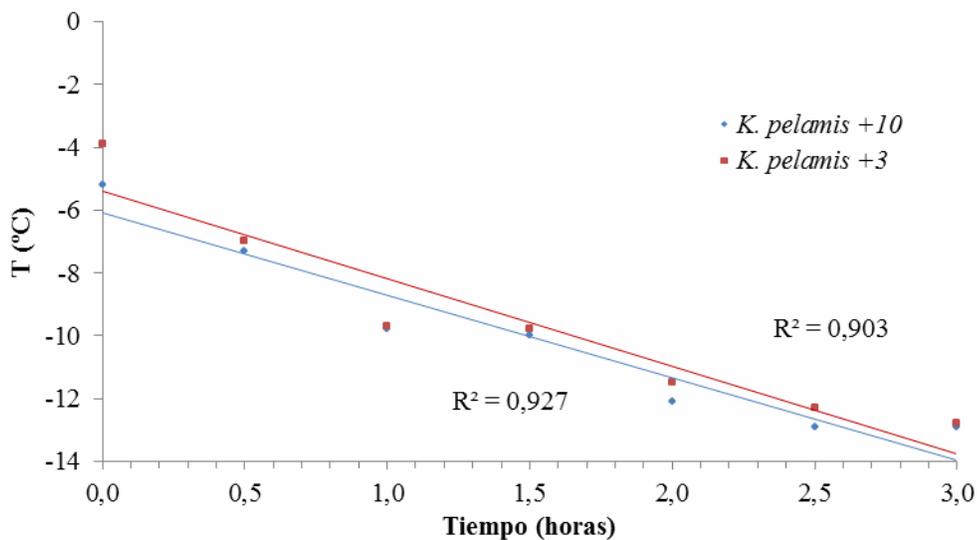


Figura 7. Depresión de la temperatura con respecto al tiempo en horas para los dos tamaños de la especie de atún estudiada.

Este estudio se realizó en la empresa FIPACA, en cavas frigoríficas con temperaturas oscilantes entre los -13°C y los -15°C , de ella se desprende las ecuaciones que describen la rapidez de congelación, la cual viene dada por:

$$T^{+3} = -2,792t - 5,382 \quad \text{y} \quad (\text{iii})$$

$$T^{+10} = -2,614t - 6,107, \quad (\text{iv})$$

siendo T la temperatura de la especie en un tiempo t en horas, los subíndices indican cada una de los tamaños estudiados de la especie, los coeficientes de correlación están señalados dentro de la figura 7.

La depresión de la temperatura con respecto al tiempo, indica la rapidez con que la especie se congela, siguiendo la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{dT}{dt} = V_c.$$

En la tabla 2, se señalan los valores correspondientes a la rapidez de congelación para la especie estudiada. Estos valores indican la rapidez con que disminuye la temperatura en el cuerpo del atún, con respecto al tiempo en horas, bajo condiciones óptimas de almacenaje.

Tabla 2. Rapidez de congelación de la especie de atún *K. pelamis*.

Especie	V_c ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$)
<i>K. pelamis</i> +3	-2,792
<i>K. pelamis</i> +10	-2,614

En la tabla 3 se indican los valores de la temperatura de congelación de acuerdo a la ecuación de Clausius-Clapeyron para la especie de atún estudiada, al igual que el

tiempo en días requerido para su congelación de acuerdo a la ecuación de Planck. Estos cálculos están descritos en el Apéndice B.

Tabla 3. Temperatura y tiempo mínimo de congelación de la especie de atún *K. pelamis*.

Especie	T (°C)	t (días)
<i>K. pelamis</i> +3	-10,92	10,93
<i>K. pelamis</i> +10	-10,89	29,87

Los datos señalados en las tablas 2 y 3 permiten describir la cinética de congelación del atún, así como permite predecir la fracción de agua de mermado para el atún *K. pelamis*, almacenado en los frigoríficos de Puerto Pesquero en Cumaná.

Así, en la figura 8, se observan las fracciones de agua liberada máxima en el tiempo mínimo de congelación en días a la temperatura corporal calculada para dicho punto, para la especie *K. pelamis* a las condiciones del Puerto Pesquero.

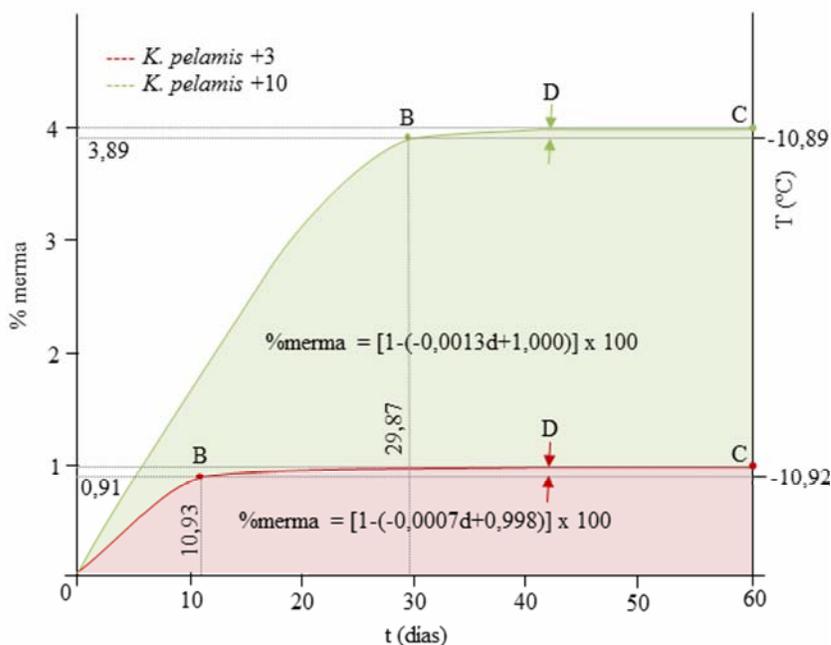


Figura 8. Diagrama de liberación de agua de merma en función de los días y la temperatura, al someter a un proceso lento de congelación la especie *K. pelamis*.

En esta figura, el trayecto 0B indica el proceso de congelación, donde se describe la rapidez de avance del frente de frío, siendo B el punto final de este avance, en el tiempo en días señalado, con los porcentajes de agua liberada durante ese período, para cada uno de los tamaños de la especie estudiada. El trayecto BC señala el proceso de atemperado, donde la temperatura corporal de la especie se equilibra con la del medio refrigerante.

La zona D señala la fracción mínima de pérdida de agua de merma, la cual es debida por efecto de desecación ocasionada por el arrastre de agua desde la superficie del atún por las corrientes de aire durante el atemperado y posee un valor promedio de 0,1% (4, 8).

En esta figura también se señalan las ecuaciones que describen la cantidad de agua liberada en las áreas sombreadas bajo la curva, las cuales indican los porcentajes de agua de mermado que se liberarían, si se consideran almacenajes con temperaturas corporales por encima de las máximas señaladas para cada uno de los tamaños de la especie estudiada.

En la tabla 4 se muestran datos que describen los porcentajes de agua de mermado aproximados cuando son almacenados con temperaturas por encima de la temperatura de congelación para la especie estudiada. En ésta se señalan las estimaciones de los porcentajes de agua liberada por día, a tres meses, para la especie estudiada con temperaturas de almacenaje entre los -10°C y los -5°C .

El total de las capturas obtenidas en 2007 en el océano Atlántico de la especie *K. pelamis* cerró en el orden de las 156 300 toneladas, siendo las pesquerías de Brasil y Venezuela las que reportan mayores capturas en el Atlántico occidental, con un total de 25 400 toneladas. En estos últimos países se ha reportado para esa fecha, un descenso de 1,2% en la pesca de esta especie con respecto a años anteriores. A pesar

de ello a nivel general, las capturas de ésta especie en el Atlántico aumentaron el 8% durante el 2008, con respecto a los últimos 5 años, con un promedio en los descartes en el mar de apenas un 4,2% (18).

Tabla 4. Porcentajes de agua de mermado por día, estimados a temperaturas por encima de la temperatura máxima de congelación, a 90 días.

N° Días	<i>K. pelamis</i>		N° Días	<i>K. pelamis</i>		N° Días	<i>K. pelamis</i>	
	% +3	% +10		% +3	% +10		% +3	% +10
1	0,19	0,13	33	2,43	4,29	60	4,32	7,80
2	0,26	0,26	34	2,50	4,42	61	4,39	7,93
3	0,33	0,39	35	2,57	4,55	62	4,46	8,06
4	0,40	0,52	36	2,64	4,68	63	4,53	8,19
5	0,47	0,65	37	2,71	4,81	64	4,60	8,32
6	0,54	0,78	38	2,78	4,94	65	4,67	8,45
7	0,61	0,91	39	2,85	5,07	66	4,74	8,58
8	0,68	1,04	40	2,92	5,20	67	4,81	8,71
9	0,75	1,17	41	2,99	5,33	68	4,88	8,84
10	0,82	1,30	42	3,06	5,46	69	4,95	8,97
11	0,89	1,43	43	3,13	5,59	70	5,02	9,10
12	0,96	1,56	44	3,20	5,72	71	5,09	9,23
13	1,03	1,69	45	3,27	5,85	72	5,16	9,36
14	1,10	1,82	46	3,34	5,98	73	5,23	9,49
15	1,17	1,95	47	3,41	6,11	74	5,30	9,62
16	1,24	2,08	48	3,48	6,24	75	5,37	9,75
17	1,31	2,21	49	3,55	6,37	76	5,44	9,88
18	1,38	2,34	50	3,62	6,50	77	5,51	10,01
19	1,45	2,47	51	3,69	6,63	78	5,58	10,14
20	1,52	2,60	52	3,76	6,76	79	5,65	10,27
21	1,59	2,73	53	3,83	6,89	80	5,72	10,40
22	1,66	2,86	54	3,90	7,02	81	5,79	10,53
23	1,73	2,99	55	3,97	7,15	82	5,86	10,66
24	1,80	3,12	56	4,04	7,28	83	5,93	10,79
25	1,87	3,25	57	4,11	7,41	84	6,00	10,92
26	1,94	3,38	53	3,83	6,89	85	6,07	11,05
27	2,01	3,51	54	3,90	7,02	86	6,14	11,18
28	2,08	3,64	55	3,97	7,15	87	6,21	11,31
29	2,15	3,77	56	4,04	7,28	88	6,28	11,44
30	2,22	3,90	57	4,11	7,41	89	6,35	11,57
31	2,29	4,03	58	4,18	7,54	90	6,42	11,70
32	2,36	4,16	59	4,25	7,67			

No se han reportado estudios, que cuantifiquen descartes en tierra por parte de las pesquerías, pero, con los datos señalados en la tabla 4, se observa el incremento en las pérdidas de masa de esta especie, lo que representa un aumento en los reportes de

descartes, tanto en el mar como en tierra firme, de más de un 10% cuando son sometidos a un proceso lento de congelación.

Cambios fisicoquímicos

En la tabla 5 se describen los cambios fisicoquímicos analizados en la especie *K. pelamis*. En dicha tabla, se observa que no hay cambios significativos que afecten la calidad del producto; a pesar de los descensos de masa, y cambios en el volumen y textura, por las pérdidas de agua a la que sufre la especie de atún, ésta aún sigue estando disponible en condiciones optimas para su uso en la distribución, producción, venta y consumo.

Tabla 5. Cambios fisicoquímicos al inicio y al final del estudio, de la especie *K. pelamis*.

Especie	pH		NBVT (mg·kg ⁻¹)		Histamina (mg·kg ⁻¹)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
<i>K. pelamis</i> +3	5,83	5,86	5,296	5,385	0,047	0,050
<i>K. pelamis</i> +10	5,49	5,51	5,265	5,303	0,039	0,040
Especificaciones	Entre 5,00 y 6,50*		Máximo 8,0**		Máximo 1,0***	

* Covenin Norma 1315-79; ** Covenin Norma 1948-82; *** Covenin Norma 3186-95.

Una de las consecuencias en el proceso lento de congelación cuando ocurre la deshidratación es el aumento de la concentración de solutos en los espacios líquidos de los alimentos. Cuando se trata de solutos capaces de reaccionar entre sí, la velocidad de reacción aumenta por encima de los -5°C (28), siendo las reacciones que se ven más afectadas por éste fenómeno las químicas, más que las enzimáticas. Como consecuencia ocurren las variaciones en el pH que se registran.

El NBVT expresa cuantitativamente el contenido de bases volátiles de baja masa molecular y aminas procedentes de la descarboxilación microbiana de los aminoácidos y se ha considerado representativo del grado de alteración del pescado y de los productos pesqueros (14). El nivel máximo tolerable y que coincide con alteraciones organolépticas es de 80 mg NBVT por cada 100 g de muestra para pescados grasos, como el arenque, el atún y la caballa (24).

Los valores de NBVT para la especie estudiada, obtenido antes y después, se incrementaron ligeramente, debido también por efecto de desecación. En cambio, existen valores reportados en atunes frescos por debajo de los $3,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (14, 29), esto es debido principalmente a que la composición química de la carne de pescado depende de muchas variables entre las que se destacan la especie, edad, estado fisiológico, época y región de captura. Estudios señalan que de acuerdo con las estaciones, se observan cambios cíclicos en la composición de todas las especies de pescado. Estos cambios son más acusados en algunas especies pelágicas que tienen un alto contenido de grasa, como por ejemplo el arenque, la caballa y el atún (30).

Por otro lado, la histamina se forma en el pescado *post mortem* por descarboxilación bacteriana del aminoácido histidina. Generalmente pescados almacenados en lugares con poca higiene y a temperaturas por encima de las de refrigeración, por un tiempo prolongado; y susceptibles a formar grandes cantidades de histamina, siempre que presenten histidina libre en sus músculos (31, 32, 33).

Trabajos recientes han indicado que las especies pelágicas en su mayoría tienen un alto contenido de histidina, la cual está presente como constituyente de las proteínas, enzimas y péptidos o también en forma libre en los tejidos. Así, algunas especies de atún pueden tener hasta 2 000 mg de histidina libre y este factor intrínseco puede ocasionar un riesgo potencial de intoxicación. Existen reportes de

formación de histamina a temperaturas moderadas a 4°C. Sin embargo, su acción es más rápida a temperaturas mayores (12, 34, 35, 36).

En la especie estudiada, los valores de histamina se mantuvieron relativamente constantes, no constituyendo así, alteraciones que pudieran dañar la calidad del atún, ni representar un riesgo de salud pública.

Los valores en los parámetros fisicoquímicos estudiados, en general se mantienen más o menos constantes, debido a que en ningún momento la especie ha superado temperaturas por encima de los 0°C, que es la responsable que se favorezcan las reacciones que produzcan éstos, y otros cambios, que conllevan a la degradación física, química y biológica de la especie.

Cambios organolépticos

En la tabla 6 se señalan los resultados obtenidos de la evaluación organoléptica de la especie de atún *K. pelamis*.

Tabla 6. Evaluación organoléptica de la especie de atún *K. pelamis* al inicio y al final del estudio.

Partes del pescado inspeccionadas	Puntuación			
	<i>K. pelamis</i> +3		<i>K. pelamis</i> +10	
	Inicio	Fin	Inicio	Fin
Piel	3	2	3	3
Ojos	3	2	3	2
Branquias	3	3	3	3
Carne (corte del abdomen)	3	3	3	3
Color (a lo largo de la columna vertebral)	3	3	3	3
Olor	3	3	3	3
Total*	18	16	18	17

*Criterio de aceptación: 0-10 en descomposición; 11-18 excelente frescura.

La evaluación organoléptica del pescado al inicio del estudio, denominado como fresco, reveló que estaban en buenas condiciones, ya que el 100% presentó una puntuación de 3, que significa en *excelente frescura* (8), para ambos tamaños de la especie estudiada. Esta tabla también señala que al final del estudio la especie tuvo un comportamiento similar, solo presentando cambios en el brillo de la pupila y la piel. El pescado fresco es aquel que se encuentra en pre *rigor* o está justamente en estado de *rigor mortis*. La duración de esta fase va a depender de: la condición fisiológica del animal, el esfuerzo de pesca, composición química y la manipulación después de su captura. Este análisis evidenció que el pescado que llega de barcos atuneros a la empresa, congelado, está apto para el procesamiento de la conserva, incluso después de ser sometido al proceso lento de congelación.

Análisis de la infraestructura.

Este parámetro se hizo por observación directa de la infraestructura de las cavas frigoríficas de Puerto Pesquero.

Choque térmico.

Las fugas de aire frío se dan por la falta de mantenimiento, vencimiento e inclusive inexistencia total o parcial en las gomas protectoras de las puertas de cada cava frigorífica, lo que trae como consecuencia un choque térmico entre el ente refrigerante y el exterior.

Otra de las fugas se encuentra en los techos, que por falta de mantenimiento poseen grietas y aberturas, que traen como consecuencia la fuga de aire frío y la entrada de calor y agua por condensación desde el exterior.

Como no se requiere mucho calor para calentar una corriente de aire frío, como las usadas en las cavas frigoríficas del Puerto Pesquero, la temperatura ambiente de la precava (~30°C) hace que la temperatura dentro de la cava disminuya en gran medida, aproximadamente entre 0 a 2,5°C en días calurosos, y al no existir una correcta circulación de aire frío sobre el pescado, la temperatura neta dentro de la cava puede disminuir en 4°C y hasta más (3).

Otro efecto sobre la temperatura, es observado en las descargas de la especie, desde los barcos, ya que son a la intemperie, pero debido al corto tiempo entre la descarga y el almacenaje, solo observan fluctuaciones de entre 1 y 2°C, como se muestran en la tabla 7, de la toma de temperaturas *in situ* entre la descarga y el almacenaje.

Tabla 7. Temperaturas promedio durante la descarga de atún de los barcos y al inicio del almacenaje en las cavas frigoríficas.

Especie	T_{promedio} en descarga (°C)	T_{promedio} en almacenaje (°C)
<i>K. pelamis</i> +3	-9,70	-8,66
<i>K. pelamis</i> +10	-9,52	-8,91

Colapso en la capacidad de las cavas frigoríficas

El colapso en la capacidad de las cavas frigoríficas juega un factor importante en la distribución de las corrientes de aire frío al total de contenedores dentro de la cava.

Los evaporadores de las cavas frigoríficas se encuentran a lo alto en una pared de la cava, encima de la puerta de las mismas. El llenado de la cava con contenedores se realiza en líneas desde el final hacia la entrada, de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba, con un espaciado entre cada línea que permite la circulación de aire.

Al colapsar la capacidad, en las cavas, se limita parcial o totalmente los espacios entre líneas de contenedores, restringiendo la correcta circulación de aire frío impidiendo una distribución homogénea del frío, creándose centros calientes en los contenedores ubicados en el suelo, centro y final de la cava lo que trae como consecuencia el aumento en la liberación de agua de mermado de la especie estudiada, en estos puntos.

Al no poseer una buena circulación de las corrientes de aire frío, la transferencia de calor es por contacto físico entre un contenedor y otro, el pescado que se halla en los sitios fríos, como los que están en la parte superior y cerca de los evaporadores, llegan a refrigerarse y congelarse, y los otros se enfrían paulatinamente de arriba hacia abajo de manera lenta.

Análisis del factor humano

En el siguiente análisis se muestran los resultados de encuestas aplicadas, entrevistas y observación directa, con respecto a la aplicabilidad de normas de higiene y seguridad industrial, buenas prácticas de fabricación (BPF) y análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP, por sus siglas en inglés).

En la figura 9 se muestran los resultados de la encuesta realizada (Anexo 1) al personal que labora en Alimentos Polar Comercial, Almacén Puerto Pesquero, y que tienen incidencia con la especie *K. pelamis* y otras especies marinas que se almacenan en el mismo.

La figura 9 señala que existe una notable fracción, aproximadamente de un 35% de la población, que labora en Almacén Puerto Pesquero, con pocos o escasos conocimientos en BPF y manipulación de alimentos y, además, existe aproximadamente un 65% del personal que desconoce los HACCP.

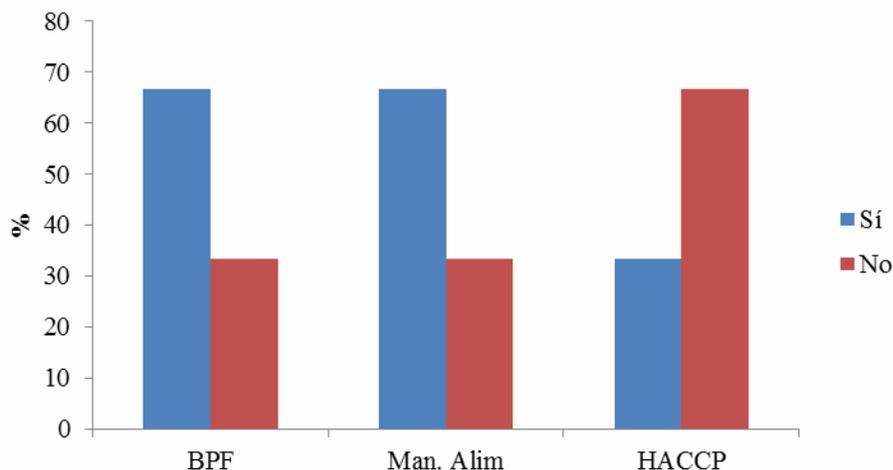


Figura 9. Conocimientos del personal de Puerto Pesquero en BPF, Manipulación de Alimentos (Man. Alim) y HACCP

Otros datos relevantes en materia de seguridad y conocimientos generales dentro del sistema de normas de Alimentos Polar Comercial, se pueden observar en la tabla 8.

Tabla 8. Conocimientos generales de las normas de APC por parte del personal que labora en Puerto Pesquero

Parámetro	Sí (%)	No (%)
Conocimientos en Riesgo y Continuidad Operativa (R&CO)	58,33	41,67
Conocimientos en Seguridad Física	75,00	25,00
Conocimientos de los programas de Seguridad, Orden y Limpieza (SOL)	75,00	25,00
Ejecución de los programas SOL	75,00	25,00
Capacidad de las cavas frigoríficas	16,67	83,33
Conocimiento de las especies almacenadas	100,00	0,00

Estos datos permiten señalar que el personal a pesar de que en su mayoría posee los conocimientos para el correcto funcionamiento de las actividades en el Puerto Pesquero, éstos no son ejecutados correctamente, porque parte de estos trabajadores desconoce los procesos normales de aseguramiento de la calidad.

Existen inconformidades en cuanto a la aplicabilidad de los programas de mantenimiento y limpieza, ya que no son ejecutados en la totalidad de las zonas que requieren dicho mantenimiento. Además donde son aplicados, en algunas ocasiones no son ejecutados correctamente, sobre todo en las áreas externas de las cavas frigoríficas. Esto es debido a la falta de conocimientos, reforzamientos en las inducciones, falta de motivación y supervisión en dichas áreas.

Otro punto influyente es la falta de conocimiento en cuanto a las especificaciones de cada cava frigorífica, la apertura de las cavas por periodos prolongados de tiempo, producen un descenso vertiginoso en la temperatura, colocándola en números positivos sin tomar en cuenta el efecto que esto trae a las especies marinas almacenadas.

La sobrecarga de materia prima en cada cava, debido a la falta de conocimiento de la capacidad máxima operativa de cada cava, trae como consecuencia el colapso en la capacidad de cada una, reduciendo la correcta circulación de aire frío. Adicionalmente, este colapso, influye directamente en el correcto uso de la regla de rotación de materia prima.

Plan estratégico de vigilancia y control de los almacenes en frío de Puerto Pesquero

Tras el estudio de la infraestructura y la influencia del factor humano, en la tabla 9, se encuentra confeccionada la Matriz DOFA en la que se propone un plan estratégico de vigilancia y control de los almacenes en frío de Puerto Pesquero, para el mejor aprovechamiento de la especie de atún *K. pelamis* y otras especies marinas, almacenadas.

Tabla 9. Matriz DOFA de estrategias para el mejor aprovechamiento de la especie de atún *K. pelamis*, durante su almacenamiento en Puerto Pesquero

	Fortalezas (F)	Debilidades (D)
	Debido a la versatilidad de APC esta posee personal calificado, con sentido de pertenencia y con una alta educación organizacional y empresarial, capaz de incorporarse en cualquiera de sus áreas productivas, lo que permite la rotación de personal en el Puerto Pesquero y la excelente ejecución de sus labores.	El Puerto Pesquero es un almacén externo y distante a la planta donde se procesa la especie <i>K. pelamis</i> , en la que no existe una supervisión directa del personal de Aseguramiento de la Calidad y el uso necesario de personal externo que no conocen los planes y políticas de calidad de APC.
Oportunidades (O)	Estrategias F.O.	Estrategias D.O.
Actualmente APC es el principal cliente y posee excelentes relaciones con la OPP, por tanto, existe la capacidad de coordinar entre APC, la OPP y otras empresas del sector planes para el mejoramiento de los servicios de almacenaje en frío, como a su vez los servicios de mantenimiento especializados.	Continuar fortaleciendo las relaciones con OPP y otras empresas del sector que permita armonizar el clima organizacional con todo el personal que labora en el Puerto Pesquero, que logre mejores y más eficaces acuerdos para el correcto funcionamiento del almacén, aumentando la competitividad de APC.	Revisar y actualizar la normativa en cuanto a las políticas de calidad, que permita una supervisión directa y coordinada entre APC y OPP a los sistemas de almacenaje en frío como también de los planes de mantenimiento en el Puerto Pesquero, que permitan mejorar así la calidad de los productos almacenados.
Amenazas (A)	Estrategias F.A.	Estrategias D.A.
En algunos casos, la convivencia laboral entre los empleados de APC, la OPP y el ambiente en el Puerto Pesquero, influye en el comportamiento de los empleados, así como también en la correcta aplicación de los planes de mantenimiento y limpieza	Establecer políticas que garanticen la estabilidad educacional del trabajador mediante el fortalecimiento en las inducciones tales como BPF y HACCP, así como otras medidas que mantengan al empleado activo incorporándolos en otras áreas y ejecutando actividades que se relacionen con el cargo que desempeñan actualmente.	Incorporar nuevo personal que pueda crear nuevos planes preventivos y correctivos dentro del Puerto Pesquero y mejorar los ya existentes en cuanto al aseguramiento de la calidad, a su vez que permita supervisar y detectar otros factores que puedan influir en el correcto almacenamiento del atún <i>K. pelamis</i> y otras especies marinas.

Esta matriz está conformada por el análisis de los cuatro renglones planteados en la metodología, como son las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, y en el se desarrollan cuatro estrategias a seguir para mejorar los sistemas de almacenaje en el Puerto Pesquero, estas estrategias son:

1. Estrategias F.O.: En la que se usó la capacidad con que cuenta la empresa, para aprovechar las oportunidades en la obtención de ventajas competitivas.
2. Estrategias D.O.: En este renglón se presenta una forma de vencer debilidades, aprovechando las oportunidades que se dan en el entorno, permitiendo mejorar la organización.
3. Estrategias F.A.: En la que el uso de fortalezas permite evitar las amenazas, y permite estar preparados ante situaciones de conflicto.
4. Estrategias D.A.: En este punto se plantea reducir en un mínimo las debilidades a fin de evitar las amenazas.

CONCLUSIONES

La especie de atún *K. pelamis* durante su almacenamiento en los frigoríficos de Puerto Pesquero experimenta tres variaciones de liberación de agua, una durante el enfriamiento del día 0 al 40, otra en estado de equilibrio del día 40 al 65 y la última durante fechas de despacho.

El tiempo de congelación de la especie de atún *K. pelamis* de tamaño +3 es de 11 días a una temperatura máxima de $-10,92^{\circ}\text{C}$.

El tiempo de congelación de la especie de atún *K. pelamis* de tamaño +10 es de 30 días a una temperatura de $-10,89^{\circ}\text{C}$.

El porcentaje total de agua liberada, por efecto del frigorífico, cuando se encuentra a la temperatura de congelación del atún es de 0,91% para *K. pelamis* de tamaño +3 y 3,89% para *K. pelamis* de tamaño +10.

El porcentaje total de agua liberada, por efecto del frigorífico, cuando se encuentra por debajo de la temperatura de congelación del atún es de 6,50% para *K. pelamis* de tamaño +3 y 11,70% para *K. pelamis* de tamaño +10, estimado a 3 meses de almacenamiento.

Las fugas de aire y el colapso en las cavas frigoríficas aumenta la liberación de agua de mermado por los centros calientes que se crean, disminuyendo la temperatura dentro de la cava entre 0 y 4°C .

El porcentaje de agua liberado, cuando la especie es sometida a un proceso lento de congelación, representa un nuevo tipo de descartes en tierra firme no

reportados por instituciones como la FAO, en la que solo se reportan los descartes en el mar.

La evaluación organoléptica del pescado, durante su almacenaje, reveló que este se encuentra en buenas condiciones, catalogándose como un pescado en *excelente frescura*.

Los cambios fisicoquímicos que experimenta el atún, durante su almacenaje, no son relevantes para su incorporación en producción, distribución y venta, ya que no representan ningún riesgo de seguridad pública siendo apto para su consumo.

El personal a pesar de poseer inducciones para el correcto funcionamiento de las actividades en el Puerto Pesquero, no las ejecuta correctamente, por falta de conocimientos y motivación.

No se toman en cuenta las especificaciones en cuanto a la capacidad máxima operativa de las cavas frigoríficas de Puerto Pesquero, como tiempos de retención de materia prima y tiempos máximos de apertura y cierre de puertas en las cavas.

RECOMENDACIONES

Almacenar la especie *K. pelamis* de tamaño +10 en cavas que posean temperaturas más bajas, ya que este es la especie que tarda mayor tiempo en congelarse, y por ende, libera más agua.

Construir y adecuar una precava refrigerada con temperatura controlada por debajo de los 20°C, para evitar choques térmicos fuertes entre la temperatura de la cava y la temperatura ambiente.

Reparar las puertas ya existentes en las cavas, para evitar fugas de aire frío y choques térmicos. Así como también, realizar la inspección y mantenimiento anual de las mismas, incluyendo gomas protectoras y cortinas.

Supervisar, examinar y reparar fugas en techos de las cavas y de la estructura general de los frigoríficos de Puerto Pesquero.

Realizar un estudio de la capacidad real de cada cava, que permita mejorar la circulación de aire frío entre los evaporadores y cada uno de los contenedores, para una mejor uniformidad en la distribución de las corrientes de aire frío.

Alquilar, comprar o construir nuevas cavas frigoríficas que permitan descargar el colapso de las cavas de Puerto Pesquero.

Crear una supervisión directa del Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad en el Puerto Pesquero con el fin de implementar, desarrollar y promocionar planes y programas para el mejoramiento en cuanto a la higiene, limpieza, manipulación de las especies y condiciones de almacenaje.

Reforzar los conocimientos del personal de Puerto Pesquero en el área de BPF.

Crear nuevos planes de Seguridad, Orden y Limpieza (SOL) que incluya áreas comunes y no comunes con el Puerto Pesquero, donde exista la posibilidad de riesgo de contaminación de la materia prima, materiales y equipos de trabajo.

Mejorar la supervisión de Aseguramiento de la Calidad durante el proceso de descarga transporte y almacenaje.

Mejorar la identificación de inspección y ensayo de los contenedores que almacenan las especies de atún, para un correcto manejo del sistema de rotación y control de lotes.

Crear una comisión permanente de supervisión y control entre el personal de la Operadora Puerto Pesquero, la Gerencia de Almacén y de Aseguramiento de la Calidad, con el fin de lograr mejores acuerdos, en cuanto al mantenimiento de las cavas frigoríficas y de las áreas comunes.

Crear, desarrollar, promocionar, ejecutar e incentivar un plan de adiestramiento para el control en la apertura y cierre de las puertas de las cavas, cuando los termostatos de éstas indiquen un máximo descenso de la temperatura a -5°C .

Realizar un inventario de la materia prima existente con más de 6 meses de almacenaje y someterlas a los controles del Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad para su incorporación en el proceso de distribución, producción y venta.

Realizar un estudio del valor nutritivo antes y después de ser sometido la especie a un proceso lento de congelación, que permita determinar las pérdidas de los nutrientes hidrosolubles que se han perdido tras la liberación de agua.

LISTA DE ABREVIATURAS

APC	Alimentos Polar Comercial, C.A.
BPF	Buenas prácticas de fabricación.
COVENIN	Comisión Venezolana de Normas Industriales.
DOFA	Matriz de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas.
EEC	Comisión Económica Europea, actualmente Unión Europea.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
HACCP	Análisis de riesgo y control de puntos críticos.
ICCAT	Comisión Internacional para la Conservación del Atún del Atlántico.
ISO	Organización Internacional de Normalización.
ITIS	Sistema Integrado de Información Taxonómica.
NBVT	Nitrógeno básico volátil total.
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos de América.
OPP	Operadora Puerto Pesquero de Sucre S.A.
R&CO	Plan de análisis de riesgos y continuidad operativa.
SOL	Programa de seguridad, orden y limpieza.

BIBLIOGRAFÍA

1. Procesado y conservación de los alimentos. *Enciclopedia Multimedia Student*. 2007, DVD.
2. Karel, L. 2003. *Physical principles of food preservation*. Marcel Dekker Inc. New York.
3. Graham, J.; Johnston, W.A. y Nicholson, F.J. 1993. El hielo en las pesquerías. *FAO. Documento técnico de pesca N° 331*. Roma.
4. Goulding, I. 2000. *Refrigerated transport of frozen tuna*. Megapesca Lda. Portugal.
5. De Juana, E. y De Juana, J.R. 1987. *Guía de pescados y mariscos de consumo actual en España*. Ediciones Omega S.A. Barcelona.
6. Muus, B.J. y Dahlström, P. 1981. *Guía de los peces de mar del Atlántico y del Mediterráneo*. Ediciones Omega S.A. Barcelona.
7. Dodds, H. 2006. *Atún Listado - Skipjack tuna*. @tuntuna. <<http://www.terra.es/personal/atuntuna/atun08.htm>> (22/06/2008).
8. Huss, H. 1999. El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. *FAO. Documento técnico de pesca N° 348*. Roma.
9. Aubourg, S. 2001. Loss of quality during the manufacture of canned fish products. *Food science and technology international*, 7(3): 199-215.
10. Lubes, A. 2005. *Efecto del tiempo de retardo en la refrigeración sobre los cambios microbiológicos, físicos, químicos y sensoriales en el bagre yaque (Leiarius marmoratus)*. Trabajo de pregrado. Escuela de Biología. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
11. Huidobro, A. y Tejada, M. 1990. Determinación analítica de los compuestos nitrogenados no proteicos en el músculo de pescado. Aplicación al control de calidad. *Revista de agroquímica y tecnología de alimentos*, 30(3): 293-300.

12. Taylor, S. y Sumner, S. 1987. Determination of histamine, putrescine and cadaverine. En: *Seafood quality determination*. Kramer, D.E. y Liston, J. (Eds). Elsevier. Págs. 235-245.
13. Goulding I. 2001. Transporte de atún congelado. *Infopesca internacional*, 9: 27-33.
14. Márquez, Y.; Cabello, A.; Villalobos, L.; Guevara, G.; Figuera, B. y Vallenilla, O. 2006. Cambios fisicoquímicos y microbiológicos observados durante el proceso tecnológico de la conserva de atún. *Zootecnia tropical*, 24(1): 17-29.
15. Cardello, A. 1993. Sensory methodology for the classification of fish according to edibility characteristics. *Lebensmittel-wissenschaft-und-technologie*, 16: 190-194.
16. EEC. 1976. Council Regulation N° 103/76 freshness ratings. *Official journal of european communities N° L120*.
17. Correa, J. 2006. *El Método DOFA*. Trabajo de la especialización en alta gerencia. Universidad de los Andes de Colombia. Bogotá.
18. ICCAT. 2008. *Report of the standing committee of research and statistics*. SCRS. Madrid.
19. U.S. Department of Commerce, NOAA Fisheries. 2008. *Annual report of the United States ANN-043/2008*. USA.
20. Alverson, D.; Freeberg, M.; Pope, J. y Murawski, S. 1994. A global assessment of fisheries by catch and discards. *FAO Fishing technician paper, N° 339*. Rome.
21. Rahman, M.; Kasapis, S.; Guizani, N. y Al-Amri, O. 2003. State diagram of tuna meat: freezing curve and glass transition. *Journal of food engineering*, 57: 321-326.
22. Rahman, S. 1995. *Food properties handbook*. CRC Press. USA.
23. Covenin (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1979. Alimentos. Determinación de pH (Acidez iónica). *Norma 1315-79*. Caracas.

24. Covenin (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1982. Alimentos. Determinación del nitrógeno básico volátil total (NBVT) en pescados y productos marinos. *Norma 1948-82*. Caracas.
25. Covenin (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1995b. Productos del mar. Determinación de histamina. *Norma 3186-95*. Caracas.
26. Careche, M.; Mazo, M.; Torrejon, P. y Tejada, M. 1998. Importance of frozen storage temperature in the type of aggregation myofibrillar proteins in cod (*Gadus morhua*) fillets. *Journal agricultural food chemistry*, 46 (6): 1539-1546.
27. Matsumoto, J.J. 1979. Denaturation of fish muscle proteins during frozen storage. En: *Proteins at low temperatures*. Fennema, O. (Ed). ACS Chemical Series. USA. Pág. 206.
28. Matsumoto, J.J. 1990. Chemical deterioration of muscle proteins during frozen storage. En: *Chemical deterioration of proteins*. Whitaker J.R. y Fujimaki, M. (Eds). ACS Symposium series 123. USA. Pág. 95.
29. Figuera, B.; Cabello, A.; Villalobos, L.; Márquez, Y. y Vallenilla, O. 2005. Crecimiento de *Listeria monocytogenes* en atún ahumado empacado al vacío. *Zootecnia tropical* 23(2):171-181.
30. Ordóñez J.; Cambero, M.; Fernández, L.; García, M.; De Fernando, G.; De La Hoz, L. y Selgas, M. 1998. *Tecnología de los alimentos. Alimentos de origen animal*. Volumen II. Editorial Síntesis. Madrid.
31. Huss, H. 1997. Aseguramiento de la calidad de los productos pesqueros. *FAO Documento técnico de pesca, N° 334*. Roma.
32. Grillo-Rodríguez, M. 1988. *Enfermedades adquiridas a través de los alimentos*. Editorial Ciencias Médicas. La Habana.
33. Graü de Marín, C.; Marval, H. y Zerpa de Marcano, A. 2007. Enfermedades asociadas al consumo de productos pesqueros ocurridas en el estado Sucre. *INIA Divulga 10*: 83-85.
34. Valls, J. 2002. Histamina en atún y otros grandes pelágicos métodos para su cuantificación. En: *Aprovechamiento e industrialización de atún y otros grandes pelágicos*. ICTA-UCV-IUT. Cumaná.

35. Torres, G.; Izquierdo, P.; Márquez, E.; Sánchez, E. y Barboza, Y. 2000. Efecto sobre la temperatura y el tiempo sobre la carga bacteriana, concentración de histidina libre y la producción de histamina en el músculo de la corvina (*Cynoscion maracaiboensis*). *Rev. Cient., FCV – LUZ Vol. X (2)*: 130-135.
36. Torres, G.; Izquierdo, P.; Allara, M. y García, A. 2003. Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre el crecimiento de bacterias productoras de histamina en dos especies de pescado: lisa (*Mugil curema*) y róbalo (*Centropomus undecimalis*). *Revista científica de la facultad de ciencias veterinarias – LUZ, Vol. XIII (4)*: 263-268.
37. ITIS Integrated Taxonomic Information System. 2006. *Katsuwonus pelamis*. *Taxonomic Serial No.:* 172401.
38. Claro, R. y Parenti, L. 2001. The marine ichthyofauna of Cuba. En: *Ecology of the marine fishes of Cuba*. Claro, R.; Kenyon, L. y Parenti, R. (Eds). Smithsonian Institution Press. Págs. 21-57.
39. Clover, C. 2004. *The end of the line: How overfishing is changing the world and what we eat*. Ebury Press, London.
40. Bruce, C.; Reeb, C. y Block, B. 2001. Systematics of the tunas and mackerels (*Scombridae*). En: *Fish physiology, vol. 19: Tuna: physiology, ecology, and evolution*. Block, B. y Donald-Stevens, E. (Eds). Academic Press. Págs: 1-33.
41. Giménez, C. 2009. *El atún: La actividad atunera en el contexto de la pesca mundial y venezolana*. Fundatun. Cumaná.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Especie de atún *Katsuwonus pelamis*.

La especie *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) es una de las especie del genero de los atunes, denominados con el nombre de cordilas en sus primeros días de vida, que viven en los océanos. Como es un animal pelágico-oceánico viaja grandes distancias durante sus migraciones que duran hasta 60 días, navegando de 14 a 50 km diarios. El *Katsuwonus pelamis* puede desovar millones de huevos por año, crecen rápidamente, y tienen una alta tasa de crecimiento de la población. Aunque las medidas población/distribución son generalmente débiles, esta especie es común en los Océanos Atlántico, Índico y Pacífico (5, 6, 7).

Nomenclatura (37)

Sinónimos

- *Euthynnus pelamis* (Linnaeus, 1758)
- *Katsuwonus vagans* (Lesson, 1829)
- *Scomber pelamis* (Linnaeus, 1758)
- *Scomber pelamys* (Linnaeus, 1758)
- *Thynnus vagans* (Lesson, 1829)

Nombres comunes

- Arctic bonito (Inglés)
- Barrilete listado (Español)
- Bonite à ventre rayé (Francés)
- Bonito listado (Español)
- Listado (Español)
- Mushroom (Inglés)
- Oceanic bonito (Inglés)
- Skipjack (Inglés)
- Skipjack tuna (Inglés)
- Striped tuna (Inglés)
- Victor fish (Inglés)
- Echter bonito (Alemán)
- Pelamis (Griego)
- Tonnetto striato (Italiano)
- Katsuo (Japonés)

- Atum rabilho (Portugués)

Jerarquía taxonómica (37)

Reino	<i>Animalia</i>
Phylum	<i>Chordata</i>
Subphylum	<i>Vertebrata</i>
Superclase	<i>Osteichthyes</i>
Clase	<i>Actinopterygii</i>
Subclase	<i>Neopterygii</i>
Infraclase	<i>Teleostei</i>
Superorden	<i>Acanthopterygii</i>
Orden	<i>Perciformes</i>
Suborden	<i>Scombroidei</i>
Familia	<i>Scombridae</i>
Subfamilia	<i>Scombrinae</i>
Tribu	<i>Thunnini</i>
Genero	<i>Katsuwonus</i>
Especie	<i>Katsuwonus pelamis</i>

Fisiología de la especie *Katsuwonus pelamis*.

Tabla A1. Estructura de la especie *Katsuwonus pelamis* (38, 40)

Característica	Registro
Espinas dorsales	14-16
Rayos suaves dorsales	14-15
Espinas anales	0
Rayos suaves anales	14-15
Vertebras	41
Aletas pectorales	Cortas.
Aletas ventrales	Muy cortas.
Aletas dorsales	Dos aletas separadas en su base por un pequeño intersticio.
Dientes	Cónicos pequeños.
Vejiga natatoria	Ausente.
Arco Branquial	53-63 denticulos en el primer arco.
Color del lomo	Azul oscuro con trazas purpura.
Color del vientre	Plateado con 4 a 6 rayas longitudinales.
Color de los flancos	Plateado.

Tabla A2. Composición media del atún *Katsuwonus pelamis* referida a 100 g de atún fresco (40).

Compuesto	Cantidad
Agua (g)	69,0
Proteína (g)	23,0
Grasa (g)	6,2
Glúcidos (g)	0,0

Colesterol (mg)	55
-----------------	----

Tabla A3. Características habituales de la especie (19, 38).

Característica	Registro
Longitud máxima registrada	110 cm
Longitud común	40-80 cm
Máximo peso registrado	34,5 kg
Máxima edad informada	12 años
Velocidad de navegación	3-7 km·h ⁻¹
Ambiente	Tropical: 15°C - 30°C
Rango de profundidad de navegación	0-260 m

Distribución geográfica del *Katsuwonus pelamis*.



Figura A1. Distribución geográfica mundial de las áreas de pesca y desove del atún *Katsuwonus pelamis* (38, 39)

Importancia comercial

La importancia de la especie de atún *Katsuwonus pelamis* radica en ser este un pescado muy popular en la alimentación de buena parte del mundo. Representando más de la mitad de las pescas mundiales totales de atún (59,1%), normalmente vendiéndose como *atún en conserva* o *atún en trozos*. Esta especie de atún entra en la fase comercial cuando tiene una masa de 4 libras (aproximadamente 2 kg) y a partir de esta medida en kg se realiza su clasificación comercial. Así para los atunes con menos de 3 kg de masa se clasifican como -3, con masas comprendidas entre 3 y 5 kg se clasifican como +3 y de más de esta medida se clasifican en +5, +7, +10 y +12, por sus rangos en la medidas de las masas. El mercado de esta especie de atún se ha visto ampliamente impulsado por el desarrollo de las economías de los países de Asia oriental, especialmente Japón, y por el impacto global de ciertos platos como en el caso del sushi. (39, 40, 41)

APÉNDICE B

Cálculo de los tiempos de congelación, temperatura máxima y rapidez de congelación.

Para la muestra de atún de especie *Katsuwonus pelamis* de tamaño +3 se parte de la ecuación (iii)

$$T = -(2,792^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1})t - 5,382^{\circ}\text{C},$$

para la resolución de esta expresión, primero es necesario transformar la expresión de $^{\circ}\text{C}$ a K , la relación lineal de los datos permite obtener la expresión en K :

$$T = -(2,792\text{K} \cdot \text{h}^{-1})t + 267,618\text{K},$$

y como a una temperatura de $-13,3^{\circ}\text{C}$ ($259,70\text{K}$) se tiene una fracción de masa congelada (X_{ac}) de 0,610 (21), entonces, a esta temperatura:

$$t = \frac{267,618\text{K} - T}{2,792\text{K} \cdot \text{h}^{-1}}$$

$$t = \frac{267,618\text{K} - 259,70\text{K}}{2,792\text{K} \cdot \text{h}^{-1}}$$

$$t = 0,1182\text{días}$$

Partiendo de la ecuación (i) se obtiene la disminución en la fracción de agua liberada con respecto a la masa total de la muestra, la cual viene dada por:

$$X_m = -0,0007d + 0,9982$$

$$X_m = (-0,0007 \times 0,1182) + 0,9982$$

$$X_m = 0,9987$$

X_m es la fracción de masa de la muestra luego de la liberación de agua. La fracción de agua liberada, entonces, es:

$$X_{mim} = 1 - X_m$$

$$X_{mim} = 0,0013$$

ya que la masa total inicial está comprendida por la suma de la masa que no se libera en el tiempo más la fracción de agua que ha liberado durante ese período.

Al usar la ecuación modificada de Clausius-Clapeyron:

$$T_c = T_a + \frac{\beta}{M_a} \ln \left[\frac{1 - X_{ac} - X_{mim}}{1 - X_{ac} - X_{mim} + EX_{ac}} \right]$$

$$T_c = 273K + \frac{1860K \cdot mol^{-1}}{18g \cdot mol^{-1}} \ln \left[\frac{1 - 0,610 - 0,0013}{1 - 0,610 - 0,0013 + (0,071 \times 0,610)} \right]$$

$$T_c = 262,08K \cdot g^{-1}$$

ésta es la temperatura de congelación por cada gramo de muestra de atún, pero como es la misma temperatura en cualquier punto de la muestra, de manera independiente de la masa de la misma, ya que el punto de congelación es proporcional al nivel de concentración de los elementos disueltos (4), y por simplificación se asume que todo el cuerpo está en el punto de congelación y que el frente de congelación avanza al irse volviendo el agua sólida (2), por tanto, un descenso en la temperatura solo dependerá del espesor de la muestra debido al aumento en la concentración de los elementos disueltos por la migración de estos, desde la superficie ya congelada de la muestra hacia el centro

no congelado. Por tanto este último valor calculado, representa la temperatura máxima (o mínima bajo cero) de congelamiento de la especie, teniendo entonces:

$$T_c = -10,92^{\circ}\text{C}$$

Para hallar el factor Z, se parte de la ecuación de rapidez mínima propuesta por Planck (2):

$$V_c^* = \frac{(T_c - T_a) \cdot k_c}{-\lambda \cdot \rho_c \cdot r}$$

y como

$$Z = \frac{k_c}{-\lambda \cdot \rho_c}$$

entonces, se obtiene la expresión:

$$Z = \frac{V_c^* r}{(T_c + T_a)}$$

esta ecuación de la rapidez de congelación esta descrita en función del avance del frente del frío según el espesor del atún; por otra parte, al derivar la ecuación (iii) contra el tiempo, se obtiene el valor de la rapidez mínima de congelación en función de la variación de la temperatura con respecto al tiempo:

$$V_c = \frac{dT}{dt}$$

$$V_c = -2,792^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$$

este valor negativo representa la rapidez con que desciende la temperatura en el tiempo, en la especie de atún *Katsuwonus pelamis* de tamaño +3.

Si se describe el avance del frente como una variación infinitesimal df que depende del tiempo, al ser f igual a r se obtiene la función del tiempo como:

$$t = \frac{\lambda \cdot \rho_c \cdot f^2}{2(T_c - T_o) \cdot k_c}$$

y de allí se puede despejar el avance del frente como función del tiempo

$$f(t) = \sqrt{\frac{2(T_c - T_o) \cdot k_c \cdot t}{-\lambda \cdot \rho_c}}$$

y al sustituir en la expresión de la rapidez

$$V_o^r = \frac{(T_c - T_o) \cdot k_c}{-\lambda \cdot \rho_c \cdot \sqrt{\frac{2(T_c - T_o) \cdot k_c \cdot t}{-\lambda \cdot \rho_c}}}$$

la resolución de esta ecuación, da como resultado una expresión de la rapidez en función del tiempo:

$$V_o = \sqrt{\frac{(T_c - T_o) \cdot k_c}{-2\lambda \cdot \rho_c \cdot t}}$$

comparando las dos expresiones de la rapidez, se obtiene la siguiente relación:

$$V_o^r = \frac{2}{r} V_o^2$$

entonces, se obtiene el factor Z como:

$$Z = \frac{2V_c^2}{(T_c + T_o)}$$

en este caso particular, el factor Z es una constante que describe la fracción en la capacidad de la densidad conductiva del atún con respecto a la conductividad del agua presente en el mismo, en estado congelado, así:

$$Z = \frac{2(-2,792K \cdot h^{-1})^2}{(262,08 - 264,00)K}$$

$$Z = 8,121h^{-1}$$

al insertar el factor Z en la expresión de la rapidez con respecto al tiempo, resulta la siguiente ecuación:

$$V_c = \sqrt{\frac{(T_c - T_o)Z}{2t}}$$

y como la rapidez mínima tiene lugar al final del proceso de congelación cuando $t=t_c$

$$V_{c\text{mín}} = \sqrt{\frac{(T_c - T_o)Z}{2t_c}}$$

y de allí se calcula el tiempo de congelación t_c como:

$$t_c = \frac{(T_c - T_o)Z}{2V_{c\text{mín}}^2}$$

$$t_c = \frac{(262,08 - 264,00)K \cdot 8,121h^{-1}}{2(-2,792K \cdot h^{-1})^2}$$

$$t_f = 1,001h \cdot K^{-1}$$

siendo este valor el tiempo en horas del avance del frente del frío por cada grado de temperatura aplicado. Como la temperatura mínima para congelar la especie es -10.92°C ($262,08\text{K}$), se tiene que:

$$t_c = 1,001h \cdot K^{-1} \times 262,08K$$

$$t_c = 262,34h$$

$$t_c = 10,93 \text{ días}$$

De igual manera se realiza para el *K. pelamis* +10.

APÉNDICE C

Tabla C1. Temperaturas diarias registradas por las cavas frigoríficas a diferentes horas del día, a partir del día 26 de junio de 2008.

Día	Operadora Puerto Pesquero de Sucre C.A.								FIPACA
	Cava 2 (°C)				Cava 3 (°C)				(°C)
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T
1	-10	-8	-8	-9	-10	-8	-8	-9	-13
2	-9	-10	-8	-8	-9	-10	-8	-8	-14
3	-11	-10	-11	-11	-9	-10	-9	-10	-13
4	-10	-9	-10	-8	-10	-9	-10	-8	-14
5	-11	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-14
6	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-13
7	-10	-8	-10	-10	-10	-8	-10	-10	-13
8	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-9	-13
9	-8	-8	-10	-10	-8	-8	-10	-10	-13
10	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-9	-15
11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-15
12	-10	-10	-10	-8	-10	-9	-9	-8	-14
13	-10	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-14
14	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-9	-13
15	-10	-9	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-14
16	-10	-9	-10	-8	-10	-9	-10	-8	-13
17	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-9	-12
18	-9	-10	-10	-9	-9	-10	-10	-9	-13
19	-10	-10	-9	-10	-10	-8	-9	-9	-13
20	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-9	-14
21	-11	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-14
22	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-9	-9	-14
23	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-8	-9	-14
24	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-10	-15
25	-10	-9	-10	-10	-10	-9	-9	-10	-15
26	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-15
27	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-15
28	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-9	-10	-15
29	-10	-8	-10	-9	-10	-8	-10	-9	-14
30	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-14
31	-11	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-15
32	-9	-9	-10	-10	-9	-9	-10	-10	-15
33	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-9	-15
34	-11	-11	-10	-10	-9	-9	-10	-10	-15
35	-10	-10	-9	-9	-10	-10	-9	-9	-15
36	-10	-9	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-16
37	-10	-9	-8	-9	-10	-9	-8	-9	-15
38	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-9	-10	-15
39	-10	-9	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-14
40	-10	-9	-9	-10	-10	-9	-9	-10	-14
41	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-9	-14
42	-10	-9	-10	-9	-10	-9	-10	-9	-14
43	-10	-8	-10	-10	-10	-8	-9	-9	-15
44	-10	-10	-10	-9	-10	-9	-9	-9	-15

45	-10	-10	-10	-10	-9	-8	-9	-9	-14
----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	-----

T₁=06:00; T₂=13:00; T₃=18:00; T₄=22:00; T: Temperatura media diaria en FIPACA.

Tabla C1. Continuación.

Día	Operadora Puerto Pesquero de Sucre C.A.								FIPACA (°C) T
	Cava 2 (°C)				Cava 3 (°C)				
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
46	-10	-8	-9	-8	-9	-8	-9	-8	-14
47	-8	-8	-8	-9	-8	-8	-8	-9	-13
48	-9	-9	-8	-9	-9	-9	-8	-9	-15
49	-9	-9	-8	-8	-9	-9	-8	-8	-14
50	-10	-8	-8	-8	-10	-8	-8	-8	-15
51	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-14
52	-9	-9	-9	-8	-9	-9	-9	-8	-14
53	-8	-9	-9	-9	-8	-9	-9	-9	-14
54	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-15
55	-10	-10	-9	-9	-10	-10	-9	-9	-15
56	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-14
57	-9	-9	-9	-8	-9	-9	-9	-8	-15
58	-10	-8	-8	-9	-10	-8	-8	-9	-15
59	-9	-8	-8	-9	-9	-8	-8	-9	-14
60	-9	-9	-9	-8	-9	-9	-9	-8	-14
61	-9	-9	-9	-9	-9	-6	-8	-7	-13
62	-9	-8	-7	-8	-9	-9	-6	-8	-13
63	-8	-6	-7	-8	-8	-6	-6	-8	-13
64	-8	-8	-8	-7	-9	-9	-8	-9	-13
65	-9	-8	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-12
66	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-9	-9	-12
67	-9	-8	-9	-9	-9	-8	-8	-9	-13
68	-9	-7	-8	-8	-9	-7	-8	-8	-14
69	-9	-7	-7	-6	-9	-7	-7	-7	-14
70	-6	-8	-7	-7	-7	-7	-7	-6	-13
71	-7	-8	-8	-8	-6	-8	-7	-7	-14
72	-7	-9	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-14
73	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-13
74	-7	-8	-8	-7	-8	-8	-8	-6	-12
75	-7	-8	-8	-8	-8	-7	-8	-8	-13
76	-7	-8	-8	-7	-8	-7	-7	-6	-12
77	-7	-8	-8	-8	-6	-7	-7	-6	-12
78	-7	-7	-8	-8	-8	-6	-7	-8	-13
79	-7	-7	-8	-8	-8	-6	-6	-7	-13
80	-8	-8	-7	-8	-7	-7	-7	-7	-12
81	-8	-8	-8	-7	-8	-7	-7	-6	-12
82	-8	-7	-6	-8	-8	-5	-6	-7	-13
83	-8	-8	-8	-6	-8	-7	-5	-5	-13
84	-8	-7	-8	-7	-7	-6	-6	-6	-13
85	-8	-7	-8	-8	-7	-6	-6	-5	-13
86	-9	-8	-8	-8	-5	-6	-7	-7	-13
87	-7	-8	-8	-8	-6	-7	-7	-7	-12
88	-8	-7	-7	-6	-7	-6	-6	-6	-12
89	-8	-6	-7	-6	-5	-5	-6	-4	-12
90	-7	-6	-6	-5	-6	-4	-4	-4	-13
91	-7	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-6	-12
92	-7	-7	-6	-5	-7	-6	-4	-4	-12

93	-7	-5	-6	-7	-6	-4	-8	-8	-12
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

T₁=06:00; T₂=13:00; T₃=18:00; T₄=22:00; T: Temperatura media diaria en FIPACA.

Tabla C1. Continuación.

Día	Operadora Puerto Pesquero de Sucre C.A.								FIPACA (°C) T
	Cava 2 (°C)				Cava 3 (°C)				
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
94	-9	-6	-6	-6	-7	-6	-6	-5	-11
95	-6	-5	-6	-7	-5	-5	-6	-6	-12
96	-7	-5	-5	-5	-6	-1	-3	-3	-12
97	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-3	-5	-13
98	-6	-6	-5	-6	-5	-5	-3	-4	-13
99	-7	-6	-5	-5	-5	-5	-3	-2	-12
100	-6	-5	-6	-6	-5	-5	-4	-5	-12
101	-6	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-13
102	-6	-5	-6	-3	-5	-4	-4	-4	-13
103	-6	-6	-5	-6	-4	-4	-3	-5	-12
104	-7	-7	-5	-4	-6	-6	-3	-3	-12
105	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-5	-13
106	-7	-6	-4	-5	-5	-5	-2	-3	-13
107	-6	-6	-7	-6	-6	-6	-5	-4	-12
108	-7	-6	-4	-6	-4	-3	-3	-5	-13
109	-6	-6	-6	-8	-5	-5	-4	-7	-12
110	-8	-7	-6	-5	-7	-7	-5	-4	-13
111	-6	-6	-6	-6	-5	-6	-7	-5	-13
112	-6	-5	-6	-6	-5	-4	-5	-5	-13
113	-6	-6	-5	-4	-6	-5	-5	-5	-12
114	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-5	-12
115	-6	-3	-5	-4	-5	-4	-5	-5	-13
116	-6	-4	-6	-5	-5	-5	-4	-5	-12
117	-6	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-12
118	-6	-5	-6	-5	-5	-4	-5	-5	-13
119	-6	-5	-6	-6	-4	-5	-5	-5	-13
120	-6	-4	-5	-5	-6	-5	-6	-5	-13
121	-6	-4	-5	-6	-5	-4	-5	-5	-13
122	-7	-6	-5	-6	-6	-6	-5	-6	-13
123	-6	-6	-5	-6	-5	-5	-6	-5	-14
124	-6	-4	-6	-6	-5	-5	-4	-5	-14
125	-6	-5	-4	-6	-5	-4	-3	-4	-12
126	-6	-4	-6	-6	-5	-3	-3	-4	-13
127	-6	-4	-6	-6	-3	-2	-5	-5	-13
128	-6	-4	-5	-4	-5	-3	-4	-5	-13

T₁=06:00; T₂=13:00; T₃=18:00; T₄=22:00; T: Temperatura media diaria en FIPACA.

APÉNDICE D

Tabla D1. Tabla de apreciación de la frescura (16).

Partes del pescado inspeccionadas	Criterio			
	Puntuación			
	3	2	1	0
Apariencia				
Piel	Pigmentación brillante e iridiscente, decoloraciones ausentes, mucus transparente y acuoso	Pigmentación brillante pero no lustrosa Mucus ligeramente opalescente	Pigmentación en vías de descolorarse y empañarse. Mucus lechoso	Pigmentación mate. Mucus opaco
Ojos	Convexos (salientes) Córnea transparente Pupila negra y brillante	Convexos y ligeramente hundidos Córnea ligeramente opalescente Pupila negra y apagada	Planos Córnea opalescente Pupila opaca	Cóncavo en el centro Córnea lechosa Pupila gris
Branquias	Color brillante Mucus ausente	Menos coloreadas Ligeros trazos de mucus	Descolorándose Mucus opaco	Amarillentas Mucus lechoso
Carne (corte del abdomen)	Azulada, translúcida, uniforme, brillante. Sin cambios en el color original	Aterciopelada, cerosa, empañada Ligeros cambios en el color	Ligeramente opaca	Opaca
Color (a lo largo de la columna vertebral)	No coloreada	Ligeramente rosa	Rosa	Rojo
Órganos	Riñones y residuos de otros órganos deben ser de color rojo brillante, al igual que la sangre dentro de la aorta	Riñones y residuos de otros órganos deben ser de color rojo empañado; la sangre comienza a decolorarse	Riñones, residuos de otros órganos y sangre presentan un color rojo pálido	Riñones, residuos de otros órganos y sangre presentan un color pardusco
Condición				
Carne	Firme y elástica Superficie uniforme	Menos elástica	Ligeramente blanda (flácida), menos elástica Cerosa (aterciopelada) y superficie empañada	Suave (flácida) Las escamas se desprenden fácilmente de la piel, la superficie surcada tiende a desmenuzarse
Columna vertebral	Se quiebra en lugar de separarse de la carne	Adherida	Ligeramente adherida	No está adherida
Peritoneo	Completamente adherido a la carne	Adherido	Ligeramente adherido	No está adherido
Olor				
Branquias, piel, cavidad abdominal	A algas marinas	No hay olor a algas marinas, ni olores desagradables	Ligeramente ácido	Acido

ANEXOS

ANEXO 1



ENCUESTA

La siguiente encuesta se aplicó al personal que labora en Alimentos Polar Comercial Puerto Pesquero en la Ciudad de Cumaná, con el fin de señalar los puntos donde el personal tiene ventajas y determinar aquellos donde hace falta reforzar los conocimientos con efecto inmediato del mejoramiento del personal, de las actividades de esta sucursal.

Esta herramienta se ejecutó en el personal de manera anónima y tuvo incidencia sobre el total del personal contratado, fijo y externo, que labora o tiene incidencia directa con esta sucursal.

Observaciones	Años de Servicio
	¿Ha recibido Inducción al ingresar como trabajador?
	¿Ha recibido inducción durante su permanencia?
	¿Conoce las normas de Buenas Prácticas de Fabricación (BPF)?
	¿Conoce las normas de Seguridad Física?
	¿Conoce las normas de Seguridad Industrial?
	¿Conoce el programa de Seguridad, Orden y Limpieza (SOL)?
	¿Conoce el programa de Riesgo y Continuidad Operativa (R&CO)?
	¿Conoce las normas de Manipulación de Alimentos?
	¿Conoce los programas de Gestión de Calidad (GC)?
	¿Conoce los planes de Gestión de Procesos?
	¿Conoce los planes de Gestión de Producción?
	¿Conoce el programa de Análisis de Riesgo y Control de Puntos Críticos (HACCP)?
	¿Sabe que son las normas ISO 9001: 2000?
	¿Tiene conocimiento de la Certificación ISO 9001: 2000 de Empresas Polar?

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE LIBERACIÓN DE AGUA DEL ATÚN <i>Katsuwonus pelamis</i> CONGELADO, Y SUS CAMBIOS FISICOQUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS DURANTE SU ALMACENAMIENTO
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
MONRROE PÉREZ, JOEL JOSÉ	CVLAC	16.314.611
	e-mail	joeyj17@gmail.com

Palabras o frases claves:

Alimentos
Atún
Clausius-Clapeyron
Congelación
<i>Katsuwonus pelamis</i>
Refrigeración
Termoquímica

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Termoquímica aplicada a los alimentos

Resumen (abstract):

Se realizó el estudio de la cinética de liberación de agua de merma de la especie de atún *Katsuwonus pelamis* de dos diferentes tamaños (+3 y +10), sometiéndolos a condiciones de refrigeración en cavas frigoríficas del Puerto Pesquero en Cumaná, a temperaturas entre los -15°C y los -10°C por 4 meses. El estudio arrojó valores de la rapidez de congelamiento de -2,79°C·h⁻¹ y -2,61°C·h⁻¹, con temperatura máxima de -10,92°C y -10,89°C en un tiempo de 10,93 y 29,87 días, liberándose 0,91% y 3,89% de masa de agua para el *Katsuwonus pelamis* +3 y el *Katsuwonus pelamis* +10 respectivamente. También, se estudiaron los cambios de pH, nitrógeno básico volátil total e histamina al inicio y al final del experimento, y los cambios organolépticos experimentados por la muestra en estudio, obteniéndose que no hubo cambios notables que afecten la calidad de la especie. A su vez, se analizaron las condiciones de almacenamiento y el factor humano, encontrándose fallas en la infraestructura que producen choques térmicos y que, además, la falta de conocimiento en Buenas Prácticas de Fabricación y en la capacidad máxima operativa de las cavas, por parte del personal que labora en el Puerto Pesquero; así como también la falta de mantenimiento preventivo y correctivo, son los principales factores que influyen en el aumento de la liberación de agua de mermado, pudiendo llegar, por estimaciones, a liberarse hasta 10% de la masa total de agua para esta especie de atún.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
D'Armas, Haydelba	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.297.804
	e-mail	htrinidad@hotmail.com
Guzmán, Carmen Ruselquis	ROL	CA <input checked="" type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	5.708.656
	e-mail	ruselquisguzman@gmail.com
López, Francisco	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	2.112.768
	e-mail	flopez200@yahoo.com
Mendoza, Jeremy	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	4.090.182
	e-mail	mendoza.jeremy@gmail.com

Fecha de discusión y aprobación:

Año **Mes** **Día**

2010	03	18
------	----	----

Lenguaje Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TESIS - MONRROEJ.doc	Application/MSWord

Alcance:

Espacial	Internacional	(Opcional)
Temporal	Intemporal	(Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciado en Química

Nivel Asociado con el Trabajo:

Pregrado

Área de Estudio:

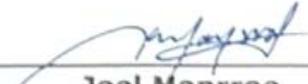
Ciencias básicas y exactas

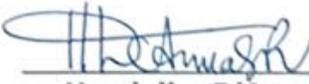
Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

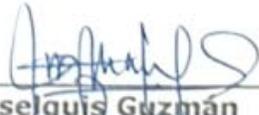
Universidad de Oriente

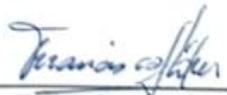
Derechos

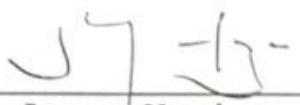
Se prohíbe la reproducción total o parcial del contenido de esta obra sin previo consentimiento del autor, solo se otorga el derecho de revisar el resumen.


Joel Monroe


Haydelba D'Armas


Ruseiquis Guzman


Francisco López


Jeremy Mendoza

POR LA SUBCOMISION DE TESIS:

