



INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

INFORME No. 52

CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES MARINAS PARA CONSUMO HUMANO

*Carlos Cárdenas T.
Eduardo Gonzalez E.*

CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES MARINAS PARA CONSUMO HUMANO

*José Córdova G.
Lucy Cohaila F.*

CALLAO - PERU, 1979

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

**CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LAS
PRINCIPALES ESPECIES MARINAS PARA CONSUMO HUMANO**

Carlos Cárdenas Torres

José Córdova Garayar

Lucy Cohaila Flores

Eduardo González Espíritu

Callao, Diciembre 1973

PRESENTACION

El presente Informe abarca dos trabajos de Investigación : "Características Físicas y Características Químicas de las Principales Especies Marinas para Consumo Humano". Dado a que ambos estudios tienen una estrecha relación, se les presenta en forma conjunta y divididos en dos partes.

CONTENIDO

(Tablas 1-5 Gráficos 1-7)

	<u>Pags.</u>
RESUMEN	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	2
3. OBJETIVO	2
4. METODOLOGIA	3 - 11
4.1. Calor Especifico	
4.2. Conductividad Térmica	
4.3. Gravedad Especifica	
4.4. Difusividad Térmica	
5. TABULACION DE RESULTADOS - GRAFICOS	11 - 18
6. DISCUSION DE RESULTADOS	19
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	19 -21
8. BIBLIOGRAFIA CITADA	22

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Carlos Córdas T.

Eduardo González E.

RESUMEN

La primera parte de este informe trata sobre las características físicas tales como: calor específico, conductividad térmica, gravedad específica y difusividad térmica de las principales especies hidrobiológicas que se destinan al consumo humano. Las especies estudiadas son : merluza, sardina, machete, jurel y caballa.

Esta información servirá para efectuar los cálculos de Balance de Energía (enfriamiento o calentamiento) de los procesos de elaboración de productos pesqueros.

ABSTRACT

The first part of this report refers to the physical characteristics; namely: specific heat, thermal conductivity, specific gravity and thermal diffusion, of the main hydrobiological species destined for human consumption. The species investigated are : merluza, sardine, menhaden, jurel and horse mackerel.

This information will be used to make estimates of Energy Balance (cooling or heating) in the processing of fishery products.

1. INTRODUCCION

El conocimiento de las propiedades físicas de las especies hidrobiológicas y, en especial, de las que se destinan al consumo humano, es sumamente importante en los cálculos de ingeniería que involucran transferencia de calor (cocinado, esterilizado, secado, congelado, etc.) y en el vasto campo de la preservación y manipuleo a bordo. Las propiedades físicas como el calor específico, conductividad térmica y otros, son conocidos como "propiedades intensivas de la materia", es decir, que para una condición dada de temperatura y presión se tienen valores constantes y definidos; no obstante, esto no sucede con las especies hidrobiológicas debido a factores tales como variaciones en la alimentación, épocas de deso-

ve y, en general, a alteraciones en el ecosistema marino que van a generar cambios en la composición química, los cuales a su vez van a incidir en la variación de las propiedades físicas antes indicadas. La aplicación que tiene el conocimiento de estas propiedades las encontramos en los cálculos de balance térmico, en especial, en la determinación de parámetros de manipuleo y preservación a bordo, así como en las diferentes operaciones unitarias de procesamiento de productos pesqueros.

2 ANTECEDENTES

En el país es escasa e insuficiente la información existente sobre características físicas de especies hidrobiológicas: se cuenta con bibliografía que reporta valores obtenidos en centros de investigación extranjeros y que se refieren a especies distintas a las existentes en nuestro mar, que en unos casos también es posible obtener valores promedios que se dan genéricamente como "características físicas del pescado". Esta última información es la que generalmente se emplea en nuestro medio para los cálculos de ingeniería.

Debido a que estas características están directamente relacionadas con procesos de transferencia de calor, el conocimiento del valor exacto de las mismas puede permitir un ahorro de energía por un lado, y una mejor calidad en el producto acabado a consecuencia de un tratamiento térmico óptimo.

3. OBJETIVO

El presente trabajo tiene por objeto proporcionar información sobre características físicas de especies marinas (calor específico, conductividad térmica, gravedad específica y difusividad térmica) con la finalidad de ajustar y/o determinar parámetros de procesamiento en manipuleo, preservación y transformación, contribuyendo de esta manera a lograr un mejor aprovechamiento de nuestros recursos pesqueros.

Las especies seleccionadas para las experiencias, teniendo en cuenta su abundancia y niveles de comercialización, son las siguientes : Merluza *Merluccius gayi peruanus* , Macheta *Brevortia maculata chilcae*, Jurel *Trachurus symmetricus murphyi*, Sardina *Sardinops sagax sagax* , Caballa *Scomber japonicus peruanus*.

4 METODOLOGIA

Para las determinaciones experimentales se han seleccionado métodos que se caracterizan por su sencillez y fácil operación; en cada caso se analiza la composición química de las muestras para relacionarlas con las características físicas a través de fórmulas empíricas (1).

4.1. Calor Específico

Se define al calor específico (c) de un sistema como :

$$c = dQ / Mdt \quad (1)$$

Donde :

dQ = Cantidad de calor intercambiado entre el sistema y el medio que lo rodea;

dt = Variación de temperatura experimentada por el sistema de masa M, dependiendo la cantidad de calor que se transfiera o absorba de las condiciones en que se ejecute el proceso.

- a) Determinación Experimental .- Se empleó el método de las mezclas en el cual las mediciones se realizan a presión constante, llevando a cabo los experimentos en los laboratorios del Departamento de Física y Matemática de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, que además facilitó el uso del siguiente equipo :

- 1 calorímetro de mezclas (Gráfico No. 1)
- 2 termómetros
- 1 equipo de calentamiento
- 1 balanza
- 2 buretas

El método empleado que tiene su fundamento en un cálculo de balance de energía; en cuanto a precisión, está limitado por la amplitud de temperatura de trabajo (10 - 40° C, en el presente caso). Por consiguiente, el calor específico así determinado es un valor promedio entre ambas temperaturas. Otras de las fuentes de error pueden ser las inevitables pérdidas de calor en el calorímetro por convección al medio ambiente.

De acuerdo al fundamento de las mezclas, la cantidad de calor cedida por el agua caliente debe ser igual a la cantidad de calor absorbida por el sistema pescado-calorímetro, conforme a las ecuaciones siguientes :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

Calor cedido por el agua caliente	=	Calor gana- do por el pescado	+	Calor ganado por el calorímetro
--------------------------------------	---	-------------------------------------	---	------------------------------------

En el equilibrio tenemos :

$$m_1 c_1 (t_{i1} - t) = m_2 c_2 (t - t_{i2}) + m_3 c_3 (t - t_{i3})$$

si $t_{i1} = t_{i2} = t_{i3}$

$$t_{i2} = t_{i3} \quad (\text{temperatura inicial del sistema pescado-calorímetro}).$$

Resolviendo tenemos :

$$c_2 = \frac{m_1 c_1 (t_{i1} - t)}{m_2 (t - t_2)} - \frac{m_3 c_3}{m_2} \quad (2)$$

Donde :

c_1 = Calor específico del agua caliente

c_2 = Calor específico del pescado

c_3 = Calor específico del calorímetro

m_1 = Masa del agua caliente

m_2 = Masa del pescado

m_3 = Masa del calorímetro

t_{i1} = Temperatura inicial del agua caliente

t_{i2} = Temperatura inicial del pescado

t = Temperatura de equilibrio

Los valores procesados por (2) son consignados en el Cuadro No. 2.

b) Determinación por Cálculo

Con esta finalidad se utilizó la fórmula empírica (3) que relaciona el calor específico con la composición química de la especie (Cuadro No. 1); las unidades en que se exprese el calor específico del pescado dependen de las unidades de los calores específicos de los componentes. Los resultados se tabulan en el Cuadro No. 2.

$$C_p = C_w X + C_a Y + C_s (1 - X - Y) \quad (3)$$

Donde :

C_p = Calor específico del pescado

C_w = Calor específico del agua contenida

C_a = Calor específico del aceite contenido

C_s = Calor específico de los sólidos totales

X = Porcentaje del agua contenida en el pescado

Y = Porcentaje del aceite contenido en el pescado

$(1 - X - Y)$ = Porcentaje de sólidos totales.

4.2. Conductividad Térmica

La conductividad térmica está definida como la capacidad de un cuerpo para conducir calor, de acuerdo a la expresión siguiente :

$$Q = K \frac{A}{L} AT \quad (4)$$

El coeficiente de conductividad térmica (K) expresa la cantidad de calor que un cuerpo es capaz de transmitir entre dos áreas unitarias paralelas, dispuestas a distancia unitaria entre sí (en el interior de dicho cuerpo) a una diferencia de temperatura de un grado, durante la unidad de tiempo (2).

a) Determinación Experimental

Investigaciones realizadas sobre conductividad térmica en productos cárnicos por el "School of Mechanical Engineering, Georgia; Institute of Technology" (3) y otros centros de investigación de reconocido prestigio han

Llegado a la conclusión de que el método más apropiado para este fin es el de la "isoterma plana" o de las "placas paralelas".

El fundamento del método se basa en el paso de un determinado flujo de calor a través de una "pared"; deduciendo de la ecuación general de Fourier tenemos:

$$K = \frac{Q \times L}{A \times (t_2 - t_1)} \quad t_2 > t_1 \quad (5)$$

Donde :

- K = Coeficiente de conductividad térmica
- Q = Flujo de calor
- L = Grosor de la muestra (pared)
- A = Area de intercambio de calor, perpendicular al flujo
- t₂ = Temperatura en el lado caliente
- t₁ = Temperatura en el lado frío

Los experimentos sobre conductividad térmica se realizaron de manera parcial, debido a la falta de un medidor de calor; no obstante se diseñó y construyó un equipo (ver Gráfico No. 2), con el cual se efectuaron algunos ensayos y de cuya observación se desprende que es necesario el empleo de voltajes bajos para no desnaturalizar la muestra, pero también el suficiente que pueda permitir una diferencia de temperaturas entre las placas y facilite la lectura. No se consignan resultados experimentales de conductividad térmica en este trabajo debido a la incertidumbre de las mediciones indirectas de flujo de calor que se realizaron.

Consideramos que el equipo diseñado y construido para tal efecto, dotado de un medidor de calor "Heat Meter", debe en futuras experiencias verificar los resultados hallados mediante cálculos y que son los que se consignan en este trabajo.

b) Determinación por Cálculo

Como en el caso del calor específico, se utilizó para la evaluación de la conductividad térmica una expresión que está en función de la composición química de la especie :

$$K_p = \frac{K_a K_w X + K_s (1 - X - Y)}{K_s X + K_s (1 - X - Y) Y + K_w (1 - Y)^2} \quad (6)$$

Donde :

K_p = Conductividad térmica del pescado

K_w = Conductividad térmica del agua contenida

K_a = Conductividad térmica del aceite contenido

K_s = Conductividad térmica de los sólidos totales

X = Porcentaje del agua contenida en el pescado

Y = Porcentaje del aceite contenido en el pescado

$(1 - X - Y)$ = Porcentaje de sólidos totales

Los valores obtenidos a partir de (6) se encuentran consignados en el Cuadro

No. 3.

4.3. Gravedad Específica

La gravedad específica es la relación entre la densidad de una sustancia (D_s) a la del agua (D_w), o también la relación de sus pesos específicos (P_s) a (P_w); y es, por tanto, un número abstracto que puede expresarse como :

$$\text{Gr. Esp.} = \frac{D_s}{D_w} = \frac{P_s}{P_w} \quad (7)$$

a) Determinación Experimental

El procedimiento seguido de este trabajo está basado en el artículo "A Simple Method for Determining the Specific Gravity of Foods" del Food Technology (4); as sumamente sencillo y el equipo se reduce al uso de una "botella" (Gráfico No. 4), adaptada convenientemente para el caso.

El método consiste en filetear el músculo del pescado en unidades de aproximadamente 10 gr, debiendo cuidar de que en lo posible la muestra sea homogénea, para luego registrar las pesadas que sugiere la ecuación (8). Las mediciones se realizan a temperatura y presión normal.

$$\text{Gr. Esp.} = \frac{Z - X}{(Y - X) - (W - Z)} \quad (8)$$

Donde :

- X = Peso de la botella vacía y seca
- Y = Peso de la botella llena de agua
- W = Peso de la botella con agua y con la muestra
- Z = Peso de la botella y de la muestra, cuya gravedad específica va a determinarse.

Las cuatro pesadas se hacen con aproximación de ± 0.2 grs. en una balanza con una capacidad mínima de 1,200 grs. Los valores obtenidos se tabulan en el Cuadro No. 4.

b) Determinación por Cálculo

Como puede observarse en (7), la gravedad específica puede determinarse conociendo la densidad o el peso específico de la sustancia considerada. En este trabajo se emplea la ecuación empírica (9) que relaciona el peso específico con la composición química del pescado como en los casos ante-

riores.

$$P_p = P_w X + P_a Y + P_s (1 - X - Y) \quad (9)$$

Donde :

P_p = Peso específico del pescado

P_w = Peso específico del agua contenida

P_a = Peso específico del aceite contenido

P_s = Peso específico de los sólidos totales

X = Porcentaje del agua contenida en el pescado

Y = Porcentaje del aceite contenido en el pescado

$(1 - X - Y)$ = Porcentaje de sólidos totales

Los valores obtenidos a partir de (9) se tabulan en el Cuadro No. 4, expresándolos adimensionalmente por referirse a gravedades específicas.

4.4. Difusividad Térmica

La difusividad es una medida de la cantidad de calor absorbida por una sustancia debido a una variación de temperatura, quedando definida por la ecuación :

$$D = \frac{K}{d \times C} \quad (10)$$

Donde :

D = Difusividad térmica

K = Conductividad térmica

d = Densidad

C = Calor específico

Como podrá observarse, si se conocen K , d y C queda determinado D ; en el pre -

sente trabajo los valores de difusividad térmica para las especies considerables se han obtenido de manera indirecta por cálculo, luego de conocidos los valores de las demás variables, consignándose los resultados en el Cuadro No. 5.

5 TABULACION DE RESULTADOS - GRAFICOS

TABLA N° 1

COMPOSICION QUIMICA (%)

ESPECIE		ESPECIE				
		MERLUZA	SARDINA	MACHETE	JUREL	CABALLA
AGUA		82.1	73.5	71.3	70.4	63.7
GRASA (ACEITE)		0.6	4.5	6.0	9.1	13.4
Sólidos Totales	PROTEINAS	15.9	20.4	20.9	19.3	21.0
	CENIZAS	1.4	1.6	1.8	1.2	1.9
TOTAL		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

FUENTE : Laboratorio Químico de la Dirección Ejecutiva de Investigaciones Tecnológicas Pesqueras.

TABLA N° 2

ESPECIES	CALOR ESPECIFICO (Kcal/Kg x °C)		% GRASA
	Cálculo	Experimental	
CABALLA	0.784	0.770	13.4
JUREL	0.821	0.813	9.1
MACHETE	0.822	0.817	6.0
SARDINA	0.834	0.830	4.5
MERLUZA	0.887	0.873	0.6

TABLA N° 3

ESPECIE	CONDUCTIVIDAD TERMICA (Kcal/h mt x °C)		% GRASA
	Cálculo	Experimental	
CABALLA	0.527	---	13.4
JUREL	0.567	---	9.1
MACHETE	0.659	---	6.0
SARDINA	0.692	---	4.5
MERLUZA	0.738	---	0.6

TABLA N° 4

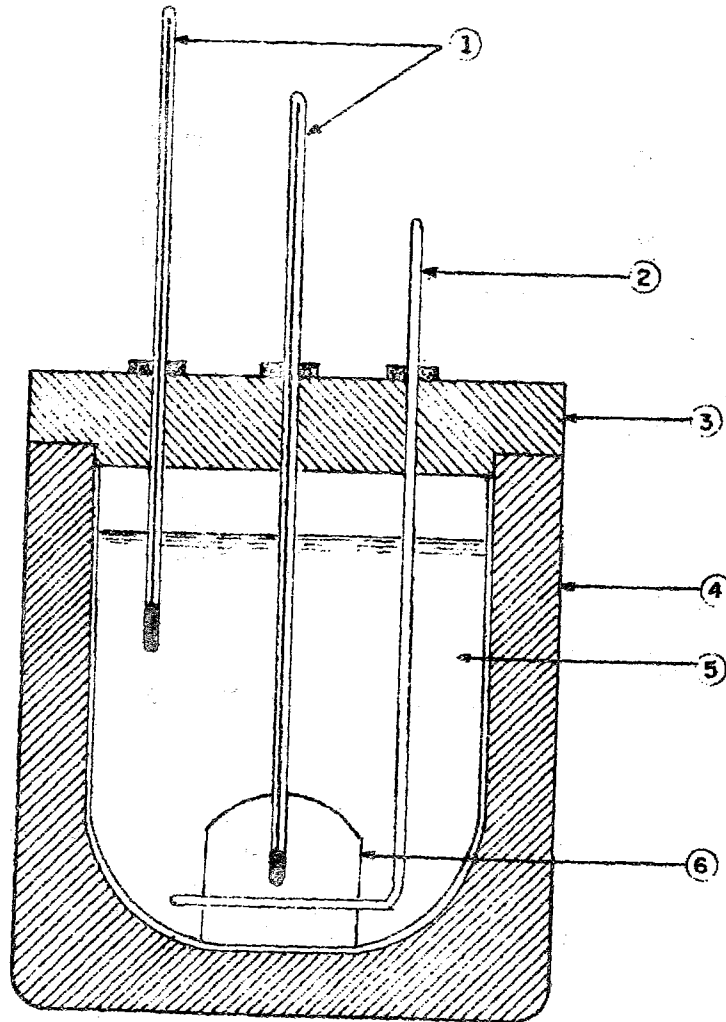
ESPECIE	GRAVEDAD ESPECIFICA (A dimensional)	
	Cálculo	Experimental
MERLUZA	1.051	1.068
SARDINA	1.062	1.068
MACHETE	1.063	1.074
JUREL	1.054	1.075
CABALLA	1.058	1.068

TABLA N° 5

ESPECIE	DIFUSIVIDAD TERMICA (mf^2/h) $\times 10^{-4}$	% GRASA
CABALLA	6.3	13.4
JUREL	6.6	9.1
MACHETE	7.5	6.0
SARDINA	7.8	4.5
MERLUZA	7.9	0.6

Gráfico N° 1

EQUIPO PARA MEDICION DEL CALOR ESPECIFICO

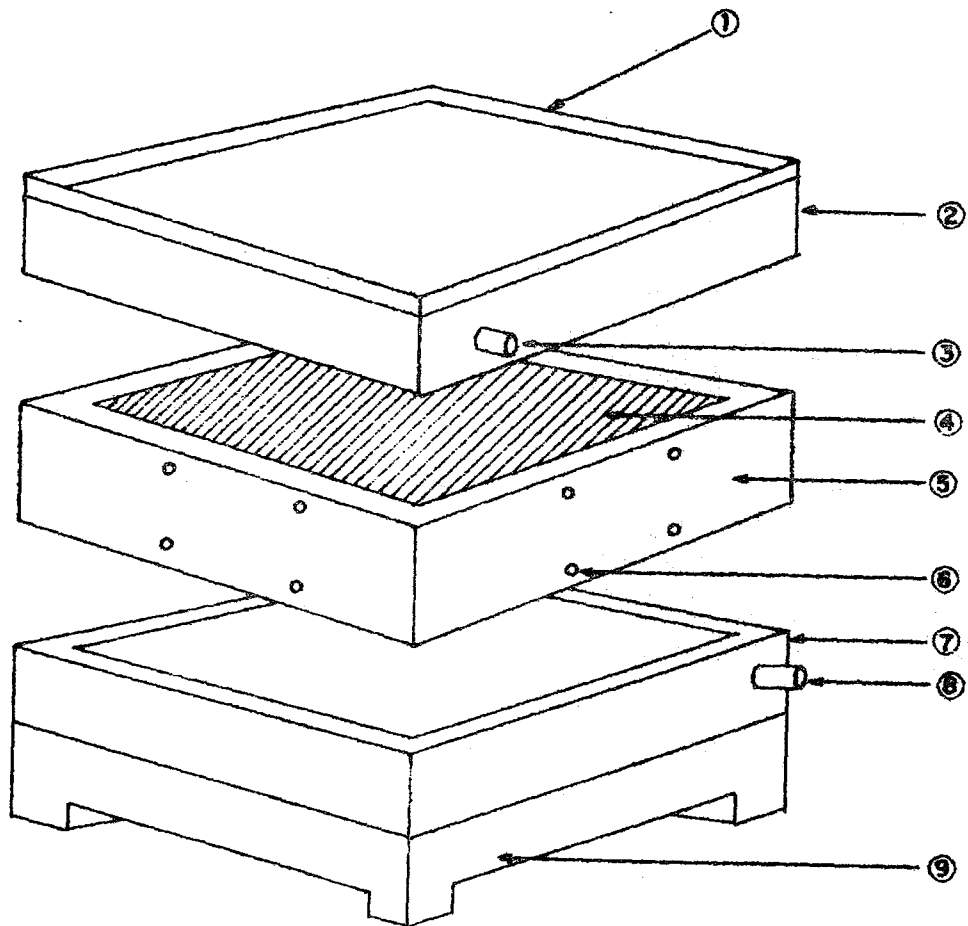


LEYENDA

- | | | | |
|---|-------------|---|----------|
| ① | TERMOMETROS | ④ | AISLANTE |
| ② | AGITADOR | ⑤ | AGUA |
| ③ | TAPON | ⑥ | MUESTRA |

Gráfico N° 2

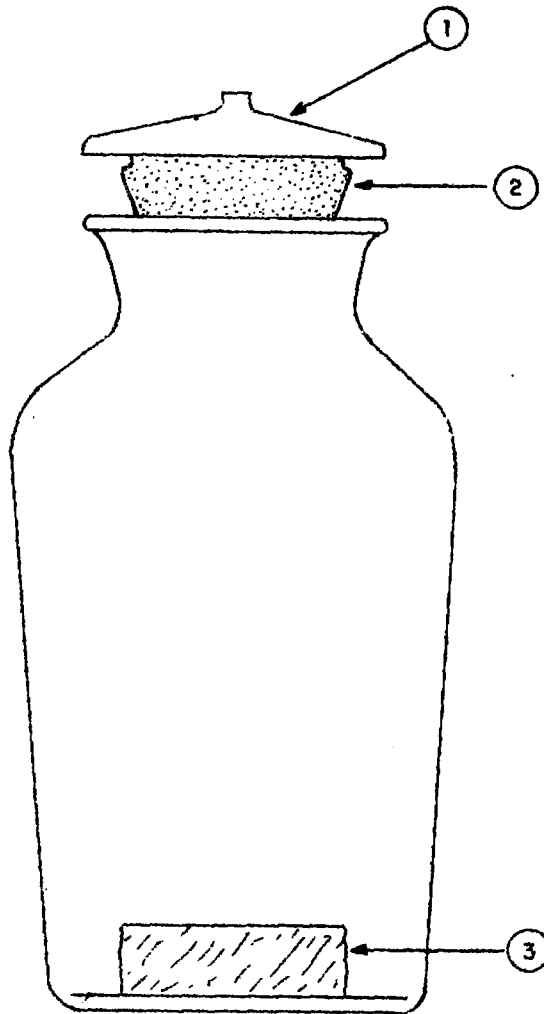
EQUIPO PARA MEDICION DE CONDUCTIVIDAD TERMICA



- | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|--|
| ① MEDIDOR DE CALOR | ④ MUESTRA | ⑦ PLATO CALIENTE AISLADO |
| ② PLATO DE REFRIGERANTE | ⑤ PORTA MUESTRA | ⑧ CONEXION DE LINEA DE LIQUIDO CALIENTE. |
| ③ CONEXION DE LINEA DE REFRIGERANTE | ⑥ ORIFICIO PARA TERMOCUPLA | ⑨ SOPORTE AISLANTE. |

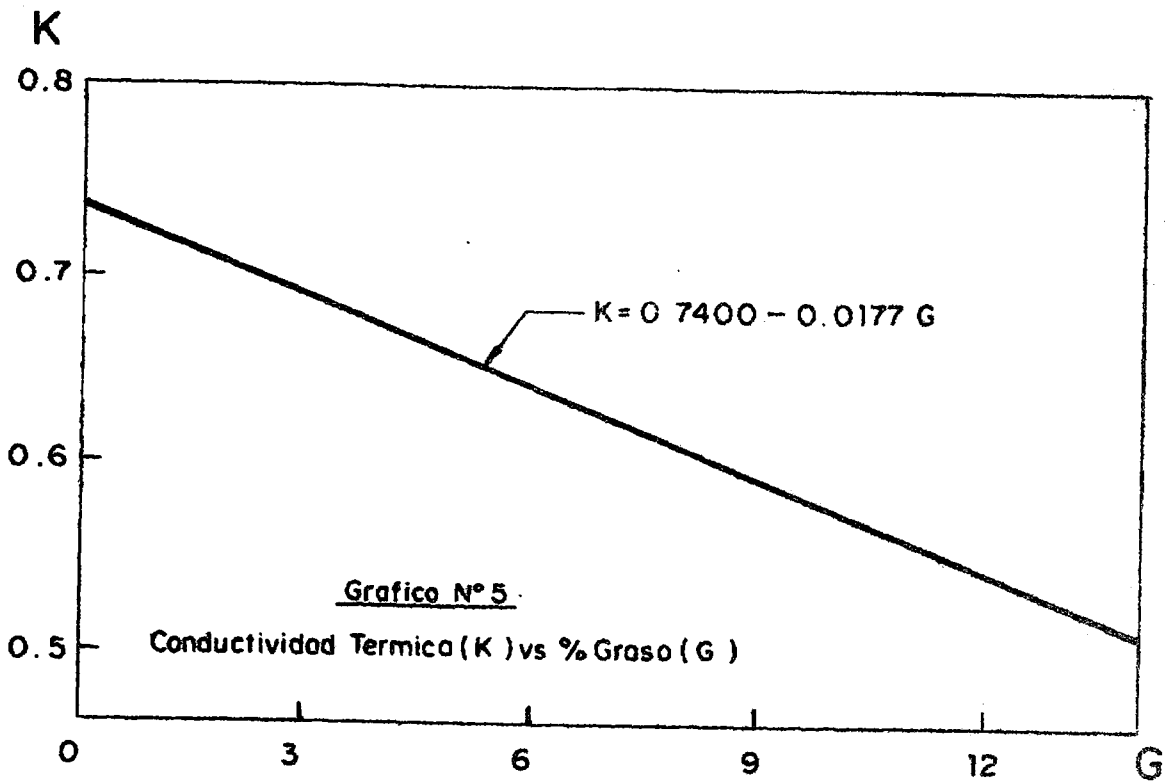
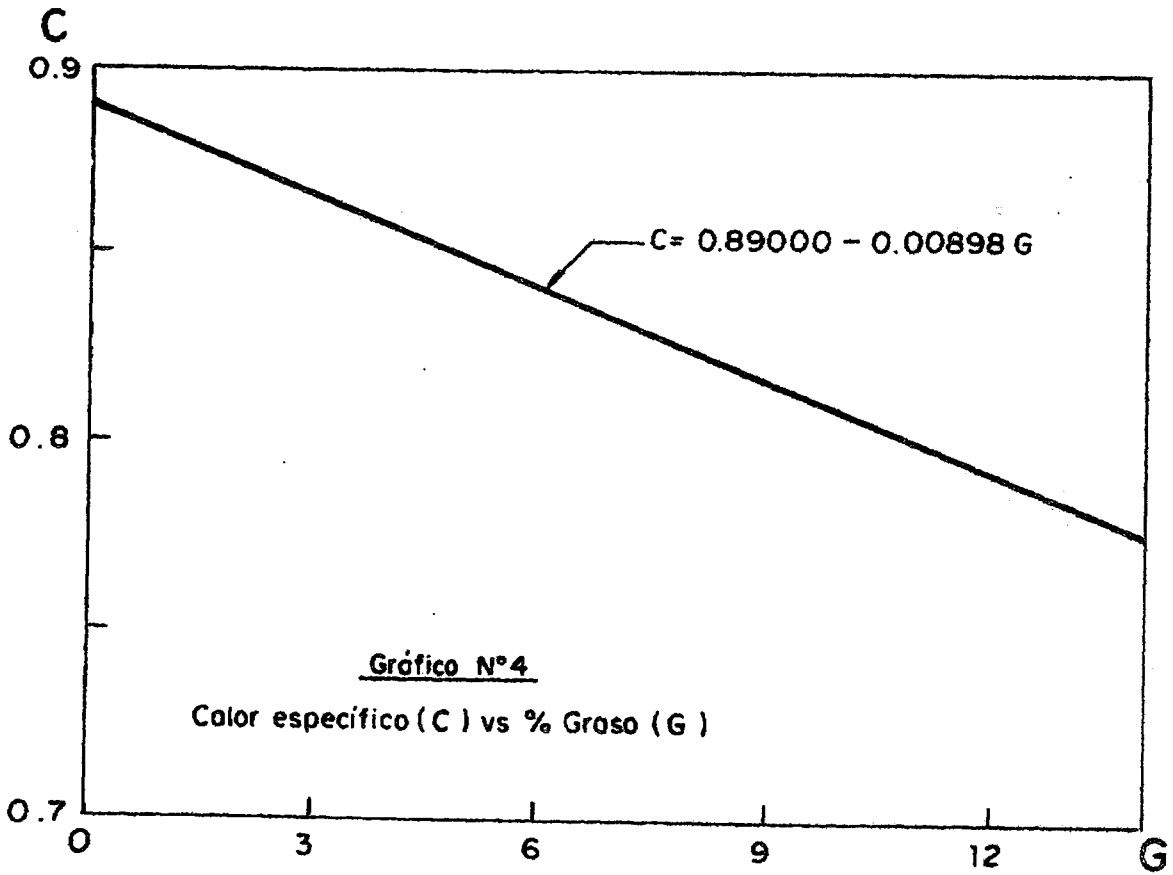
Gráfico N° 3

EQUIPO PARA LA MEDICION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA

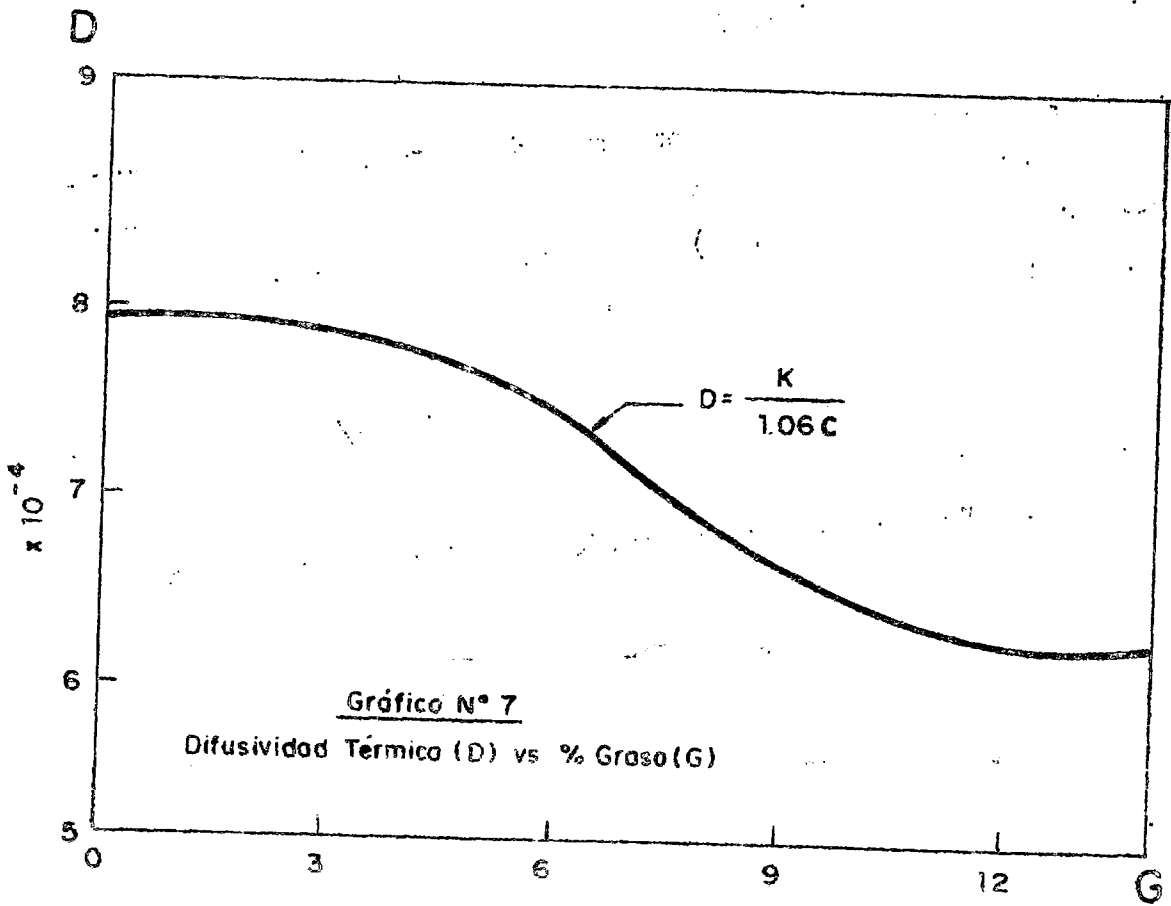
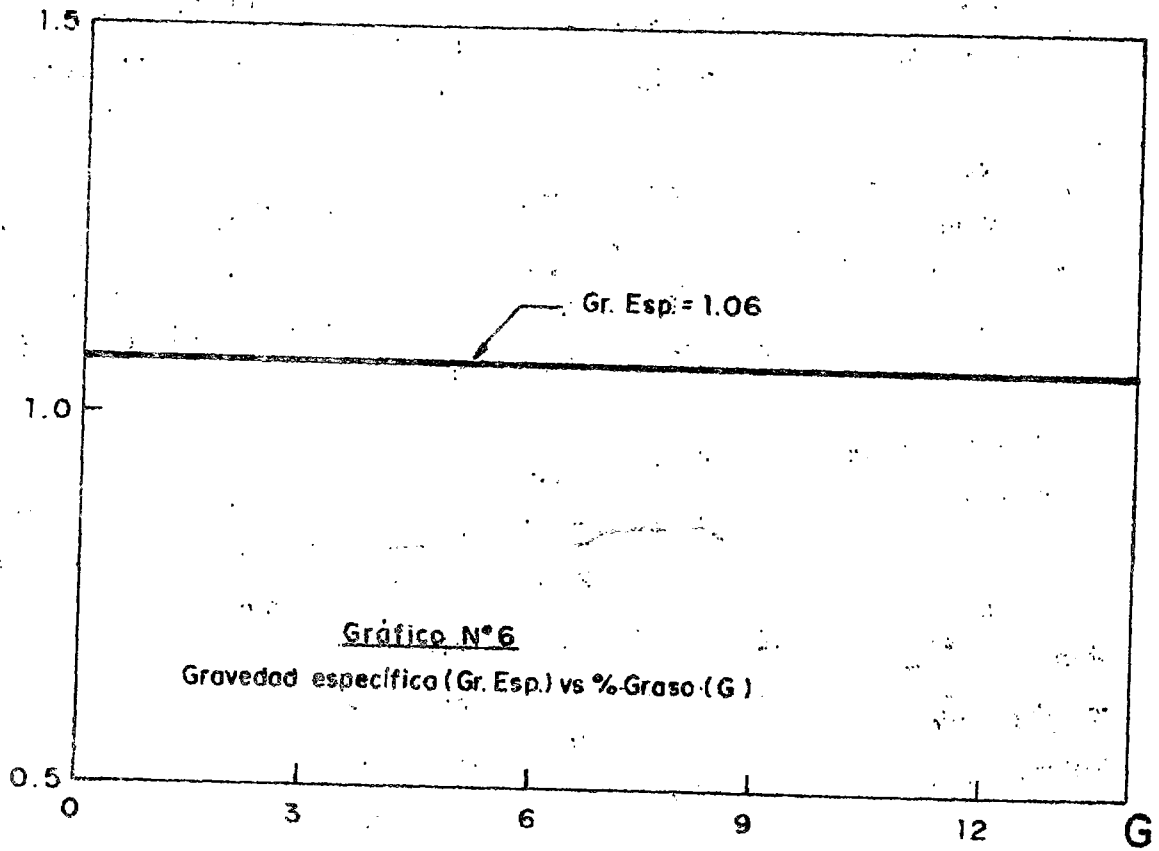


LEYENDA

- ① Tabique de rebose
- ② Tapón
- ③ Muestra



Gr. Esp.



6. DISCUSION DE RESULTADOS

En términos generales, los resultados obtenidos mediante métodos experimentales sencillos no difieren mayormente de los valores calculados a partir de fórmulas empíricas en las que se asume que el valor global de una determinada característica está dada por la suma aritmética de los valores de sus componentes.

Graficados los resultados, se pudo observar que la curva de gravedad específica correspondía a una recta, mientras que las correspondientes a calor específico y conductividad térmica, por la tendencia observada, podían ser ajustadas a líneas rectas y obtenerse las ecuaciones matemáticas correspondientes.

Es preciso indicar que una de las limitaciones en cuanto a precisión de resultados es que los métodos empleados están referidos a un intervalo relativamente amplio de temperaturas, por lo que consideramos que trabajos más elaborados, en los cuales se empleen instrumentos y métodos más precisos, deben proporcionar mayor información para el ajuste de las curvas obtenidas, en especial la conseguida para conductividad térmica, así como ampliar el estudio hacia las variaciones de los valores de las propiedades físicas a efectos de cambios de temperatura y presión.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Consideramos que con márgenes de error razonables, las ecuaciones matemáticas que proporcionamos en este trabajo, pueden emplearse en cálculos de ingeniería. Conocido el porcentaje graso (G) de una especie, el calor específico (C) puede ser evaluado por la siguiente ecuación :

$$C = 0.89000 - 0.00398 \times G \text{ (Kcal/Kg. } \times \text{ } ^\circ\text{C)}$$

De la que se deduce :

A similares condiciones iniciales, las especies grasas (caballa, sardina, etc.) ,

... necesitan una menor cantidad de vapor para las operaciones de cocinado, en comparación con las magras (merluza, agujilla, etc.). El ajuste de los parámetros de estas operaciones permitirá un ahorro de combustible que se pierde innecesariamente, cuando se cocina sin tener en cuenta la diferencia de calor específico en las especies.

Los requerimientos de hielo para la conservación es menor en especies grasas, se entiende, a las mismas condiciones iniciales.

La conductividad térmica (K) puede ser evaluada conociendo el porcentaje graso (G) con la ecuación siguiente :

$$K = 0.7400 - 0.0177 \times G \quad (\text{Kcal/h} \times \text{m} \times ^\circ\text{C})$$

Por consiguiente :

Los mayores valores de conductividad térmica observados en especies magras indican que conducen mejor el calor, y por ende, requerirán menores tiempos para el calentamiento y enfriamiento. Esto es necesario tenerlo en cuenta en las operaciones de esterilizado para evitar un tratamiento excesivo que vaya en detrimento de la calidad y el valor alimenticio del producto.

La gravedad específica (Gr. Esp.) responde a la relación siguiente :

$$\text{Gr. Esp.} = 1.060 \quad (\text{adimensional})$$

Por tanto :

La gravedad específica de los filetes de pescado no varía de manera significativa con el contenido graso y es aproximadamente 6% mayor que la del agua.

Por su utilidad práctica, en las operaciones de manipuleo y cubicaje deben efectuarse determinaciones de gravedad específica de pescado a granel y en

sistemas pescado - agua y pescado - hielo, en proporciones diversas.

La difusividad térmica (D) se expresa como sigue:

$$D = \frac{K}{1.06 C} \quad (\text{m}^2 / \text{h})$$

Se observa:

La difusividad térmica no responde a una función lineal, pero su cálculo se facilita una vez conocidos los valores de las variables dependientes.

Las especies magras que poseen los valores más altos de la difusividad térmica tienen mayor capacidad de absorción de calor, de "difundir" el calor a través de su superficie y en consecuencia, son los más susceptibles a los cambios de temperatura.

8. BIBLIOGRAFIA CITADA

CASIMIR, D. et al. A Simple method for determining the specific gravity of foods. Food Technology.
1967

LENTZ, J. Thermal conductivity of meats, fats, gelatin, gels and ice. Food Technology.
1961

QUEERN DONALD, Q. Procesos de transferencia de calor. Ed. CECSA.
1974

UNIV. PESQ. DE TOKIO Curso de Química Industrial.
1972