

## Acidos grasos del atún de diferentes zonas pesqueras del Pacífico mexicano, en aceite y agua

*Maria Isabel Castro González, Sara Montañó Benavides, Fernando Pérez-Gil Romo*

Departamento de Nutrición Animal. Dirección de Nutrición. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán". México, D.F. México

**RESUMEN.** Existe una relación directa entre el estado de salud y la dieta, y dentro de ésta algunos componentes, como los ácidos grasos (AG.), influyen mayormente en la prevención de ciertas enfermedades (coronarias, respuesta inmune, respuesta inflamatoria, tensión arterial). Una de las principales fuentes de AG esenciales son los productos de origen marino; el atún es un alimento marino de amplio consumo en México dada su acequibilidad y bajo costo. El objetivo de este trabajo fue determinar el perfil de ácidos grasos (AG) en atún de tres localidades del Pacífico mexicano, enlatado en aceite y en agua. Se obtuvieron aleatoriamente 7 marcas comerciales de atún en aceite (AA) y 5 de atún en agua (AW) procedentes de las siguientes zonas pesqueras: Baja California Sur (L1), Colima (L2) y Mazatlán (L3). Las muestras sin drenar se licuaron para la posterior obtención de los ésteres metílicos de los ácidos grasos, que se analizaron por cromatografía de gases con FID. En las tres localidades (L1, L2 y L3) y los dos grupos (AA y AW) se identificaron 20 AG (mg/100g); tres AG  $\omega$ 3 (EPA, DHA y linolénico) y dos  $\omega$ 6 (linoleico y araquidónico). En los AA de las tres localidades los AG saturados más abundantes fueron el esteárico y palmítico, el monoinsaturado más abundante fue el cis-vaccénico, seguido del oleico. El comportamiento de los  $\omega$ 3 en los AA de las tres localidades fue similar: niveles bajos de linolénico (447-755), seguidos por el EPA (979-1323) y finalmente elevadas concentraciones de DHA (1862-3327). En el AW el DHA fue el ácido graso más abundante en todas las localidades (1086-4456), el saturado más abundante fue el palmítico (640-3809). Se observó la presencia de AG trans en ambos grupos, pero en AW la concentración fue muy elevada: linolelaídico (1394-1495) y elaidico (377-1234). La relación  $\omega$ 3/ $\omega$ 6 en los AA fue similar entre las localidades 1 y 2 y menor en L3; en AW fue similar entre L2 y L3 y menor en L1. En conclusión, existe variación evidente en el contenido de AG entre localidades; se puede considerar al AA de L3 como el más rico en AG  $\omega$ 3 y  $\omega$ 6, lo mismo que para el AW de L2. En general, el AW es un alimento más rico en AG  $\omega$ 3 y  $\omega$ 6 que el AA, independientemente de la localidad.

**Palabras clave:** Atún enlatado, ácidos grasos, Pacífico mexicano.

**SUMMARY.** Fatty acids of the tuna of different fishing areas of the Mexican Pacific, canned in oil and water. A direct relationship exists between the state of health and the diet, and inside this some components, such as the fatty acids (FA), influence mostly in the prevention of certain illnesses (coronary heart disease, hypertension, rheumatoid arthritis, inflammatory answer, and arterial pressure). One of the main sources of essential FA are the marine products; the tuna is a marine food of wide consumption in Mexico due its readiness and low cost. The objective of this work was to determine the profile of fatty acids (FA) in tuna canned in oil and in water coming from three fishing areas of the Mexican Pacific. There were randomly obtained 7 oil-tuna commercial marks (AA) and 5 water-tuna (AW) coming from the next fishery areas: Baja California Sur (L1), Colima (L2) and Mazatlán (L3). The samples without draining were liquefied and thereafter it was obtained the methyl esters of fatty acids that were analyzed by gas chromatography with a flame ionization detector. In all the areas were identified 20 FA (mg/100g); three AG  $\omega$ 3 (EPA, DHA and linolenic) and two  $\omega$ 6 (linoleic and arachidonic). In the AA of the three areas the most abundant saturated FA were estearic and palmitic acids, the most abundant monounsaturated fatty acid was the cis-vaccenic, followed by the oleic acid. The behavior of those  $\omega$ 3 in the AA of the three areas were similar: with the less quantity was the linolenic acid (447-755), continued by the EPA (979-1323) and finally high concentrations of DHA (1862-3327). In the AW the DHA was the most abundant fatty acid in all the areas (1086-4456), the most abundant monounsaturated fatty acid was the palmitic (640-3809). It was observed the presence of trans fatty acids in high quantities in AW: linolelaidic (1394-1495) and elaidic (377-1234). The relationship  $\omega$ 3/ $\omega$ 6 in the AA was similar in L1 and L2, and lower in L3; in AW was higher in L2 and L3. In conclusion, evident variation exists in the content of FA among areas; it could be considered that the AA of L3 and AW of L2 as the richest in  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 FA. In general, the tuna in water is a richer food in FA  $\omega$ 3 and  $\omega$ 6 that the tuna in oil, independently of the fishery area.

**Key words:** Canned tuna, fatty acids, Mexican Pacific.

## INTRODUCCION

México ocupa el lugar 17 en el ámbito mundial por su producción pesquera total, el 21 en términos de balanza comercial y el décimo en especies de tñidos. La participación de los pescados y mariscos en la dieta mexicana aún está condicionada a la proximidad de las zonas de pesca y al consumo ligado a factores culturales. Según cifras de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, el consumo actual per cápita en México es de 11.47 kg al año; en 1999 el volumen de captura de tñidos en peso vivo, tanto del litoral del Pacífico como del Golfo y Caribe fue de 147 262 t. La mayor parte de la pesca de atún se destina al consumo humano en el mercado nacional. De acuerdo con la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), la flota atunera mexicana realiza alrededor del 3.7% de la captura mundial y el 32% de la efectuada en el Pacífico oriental. México figura entre los principales consumidores de atún enlatado, junto a Japón, Estados Unidos y algunas naciones europeas (1,2).

Por su bajo costo y acequibilidad el atún es un alimento marino de amplio consumo en México. El atún mexicano es principalmente capturado y procesado en las costas del Pacífico (142 960 t para 1999) y se considera un «recurso» ya que está formado por diferentes géneros: *Thunnus*, *Katsuwonus* y *Sarda*, conocidos con los nombres comunes de atún aleta amarilla, albacora, patudo, atún aleta azul, atún ojigrande, atún aleta negra, bonito, barrilete negro y barrilete. La infraestructura portuaria para la captura y procesamiento del atún, sólo en el Pacífico oriental tiene una capacidad de acarreo de más de 42 millones de toneladas métricas (3,4).

En los últimos años numerosos estudios han determinado la importancia de los ácidos grasos (AG). Se tienen grandes avances en el conocimiento de los mecanismos fisiológicos y moleculares de algunos ácidos grasos, principalmente  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 en el proceso salud-enfermedad. Específicamente, se han demostrado sus efectos benéficos en la prevención y manejo de enfermedades coronarias, hipertensión, diabetes tipo 2, enfermedad renal, artritis reumatoide, colitis ulcerativa, desarrollo de la retina y cerebro y en la enfermedad pulmonar crónica obstructiva. Hasta la fecha, no existen datos suficientes para determinar el consumo óptimo de AG $\omega$ -3 y  $\omega$ -6, sin embargo, algunas recomendaciones se pueden dar para adultos con una dieta de 2000 kcal (g/d): LA (4.4), ALA (6.67), DHA+EPA (0.65), AGtrans (2.0); durante preñez y lactancia la mujer debe ingerir al menos 300 mg DHA/d (5-8).

Se ha demostrado que los recursos marinos son excelentes fuentes de AG (9), sin embargo, poca importancia se ha dado desde el punto de vista nutricional y terapéutico a la variación que existe en la composición de los AG dependiente de factores bióticos y abióticos tales como: la especie, la zona y época de captura, así como el manejo y proceso industrial al que se somete el recurso, por lo que el objetivo del presente

trabajo fue identificar y cuantificar la concentración de ácidos grasos en atún aleta amarilla *Thunnus albacares* de 3 localidades del pacífico mexicano y en dos tipos de conserva: enlatado en aceite y en agua.

## MATERIALES Y METODOS

### Obtención y preparación de las muestras

Mediante un muestreo aleatorio simple se seleccionaron 7 marcas comerciales de atún en aceite (AA) y 5 de atún en agua (AW), en diferentes centros de abasto de la Cd. de México. Para cada caso se tomaron tres latas de cada marca. Cada marca se clasificó conforme al lugar de enlatado, señalado en la etiqueta, en: L1-Baja California Sur, L2-Colima y L3-Mazatlán; las tres latas de cada marca se molieron, sin drenar, hasta formar una pasta homogénea, la cual se sometió a un análisis por triplicado de lípidos totales y ácidos grasos.

### Análisis químicos

La cuantificación de lípidos totales así como la saponificación y metilación de los ácidos grasos, se realizó de acuerdo a la técnica que a continuación se describe y que es resultado de diversas modificaciones a las técnicas de Folch y col. (10), Bligh y Dyer (11), Morrison y Smith (12) y AOAC (13); desarrolladas en nuestro laboratorio para el análisis de ácidos grasos en alimentos.

#### Material:

Matraz Erlenmeyer de 125 ml  
Vortex  
Agitador mecánico  
Papel filtro  
Balanza analítica  
Tubos de vidrio de 50 ml  
Tubos de vidrio de 10 ml  
Baño de agua con termostato

#### Reactivos:

Cloroformo GR (grado reactivo)  
Metanol GR  
Hidróxido de sodio  
Agua desionizada  
Sulfato de sodio anhidro  
Trifluoruro de boro  
10-14% metanol  
Heptano grado HPLC  
Cloruro de sodio

### Lípidos totales

Homogeneizar la muestra perfectamente. Pesar de 5-10 gramos de alimento fresco en un matraz Erlenmeyer de vidrio de 125 ml. Agregar 20 ml de una mezcla cloroformo metanol 2:1 y 5 ml de agua desionizada. Agitar los matraces en un agitador mecánico por 2 horas. Esperar aproximadamente 10 minutos para que se separen la fase orgánica y la fase acuosa. Filtrar en papel filtro Whatman No. 42 y sobre sulfato de sodio anhidro la fase orgánica en un tubo de vidrio de fondo cónico el cual debe de estar pesado correctamente hasta diezmilésimas. Lavar tanto el matraz como la muestra filtrada con cloroformo varias veces sobre el sulfato de sodio anhidro del paso anterior. El filtrado (fase orgánica) debe de quedar transparente y sin restos de agua. Evaporar a sequedad la fase orgánica del paso anterior en baño María a 40°C y

con atmósfera de nitrógeno. Para la cuantificación de los lípidos totales, pesar el tubo con el evaporado del paso anterior y restarle el peso del tubo vacío.

### Saponificación

Resuspender con 2-5 ml de cloroformo los lípidos de la muestra. Agitar en Vortex durante 1 minuto. Adicionar 5 ml de sosa metanólica (20g de NaOH en 100 ml de metanol). Poner a ebullición durante 10 minutos en baño María.

### Metilación

Enfriar y adicionar 1 ml de trifluoruro de boro, agitar y ebullición en baño María durante 2 minutos. Enfriar y adicionar 5 ml de heptano, ebullición 1 minuto en baño María. Enfriar y adicionar 5 ml de una solución saturada de cloruro de sodio, agitar y esperar a que se separen las fases (10-15 min). Separar en tubo de vidrio con pipeta pasteur la fase de heptano sin pasar agua, en caso de que esto sucediera adicionar al tubo Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, centrifugar a 2500 rpm durante 5 minutos y separar en otro tubo el heptano. Evaporar a sequedad en baño María a 40°C y bajo atmósfera de nitrógeno. Resuspender en 1 ml de cloroformo e inyectar en un cromatógrafo de gases de acuerdo al siguiente método cromatográfico:

### Método cromatográfico para análisis de los ésteres metílicos de los ácidos grasos

La identificación y cuantificación se realizó por cromatografía de gases en un equipo Varian Star 3400 CX, utilizando un inyector Split con detección por ionización de llama. El programa de temperatura de la columna fue: Temperatura inicial 120°C; 1 min; 1°C/min durante 10 min; 3°C/min durante 5 min y 5°C/min durante 3 min; Temperatura final: 200 °C manteniéndola 5 min. La temperatura del inyector fue de 200°C y la del detector 280°C. EL radio Split fue de 1:50. La columna utilizada fue una DB23 de 30 m x .57 mm utilizando N<sub>2</sub> como gas portador. El volumen de inyección fue de 1 µl Se empleó el ácido tridecanoico (13:0) como estándar interno, según Shanta y Ackman (14).

### Cálculo de resultados

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos se identificaron por sus tiempos de retención relativos a los estándares; se utilizaron diferentes tipos de estándares. Se inyectaron primero en forma individual y después en forma de mezcla los siguientes estándares de Polyscience (kit N°61C): craproato, heptanoato, octanoato, pelargonato, decanoato, undecanoato, laurato, miristato, palmitato, estearato, araquidato, behenato, undecilinato, oleato, linoleato y el petroselínico (P-9125 de Sigma Chemical Co). El segundo grupo de estándares utilizado fue la mezcla comercial SUPELCO 37 FAME MIX (N°. Catálogo 47885-U).

La concentración de los ácidos grasos de las muestras se

cuantificó utilizando el área de cada pico con relación al área conocida del estándar. Los resultados de los ácidos grasos se presentan en mg/100g de alimento. Todos los reactivos utilizados en la preparación de las muestras fueron grado reactivo y en la separación cromatográfica grado HPLC.

### Análisis estadístico

Los resultados de lípidos totales y ácidos grasos de cada localidad geográfica se sometieron a un análisis de la normalidad y se aplicó un análisis de varianza con un diseño totalmente aleatorio. Para la diferencia de medias se empleó la prueba de Tukey con una significancia de 0.05. A los resultados de los AG  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 se les realizó una estadística descriptiva con la que se obtuvieron los Intervalos de confianza al 99%, todo mediante el empleo del paquete estadístico Stat100 para Windows (15).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Bajo las condiciones de laboratorio establecidas y de acuerdo a los estándares con los que se contó durante la realización del presente trabajo, se identificaron y cuantificaron, tanto en atún en agua como en aceite, 20 ácidos grasos (Tablas 1 y 3).

### Atún en aceite

Los lípidos totales (Tabla 2) presentaron diferencia significativa en las 3 localidades (P<.05). En la L1 se identificaron 6 ácidos grasos saturados, 8 monoinsaturados y 6 poliinsaturados, en L2 no se identificaron ni el ac. Caproico ni el ac. Caprílico y en L3 el ac. caprílico no se detectó (Tabla 1). Los AG más abundantes fueron los poliinsaturados DHA y EPA, este último con diferencias significativas entre localidades; seguidos de los monoinsaturados oleico y cis-vaccenico; el AG saturado más abundantes fue el palmítico, sin diferencia estadística entre grupos (P>.05). Los AG con mayor variación estadística fueron el oleico y el EPA y los más estables fueron el mirístico, palmítico, eláidico y cis-vaccenico. En general, la localidad 3 presentó los valores mas altos para la mayoría de los AG, lo cual pudiera estar dado por dos posibles factores: 1) factores bióticos, como el tipo de alimentación que el atún encuentre en esa zona o 2) factores abióticos, como el tipo de aceite que se esté empleando en el proceso de enlatado; por el contrario, en la L2 no se detectaron 2 AG saturados, probablemente por la inestabilidad de éstos durante el proceso. Las desviaciones estándar tan elevadas en la mayoría de los casos probablemente se deben al tipo y cantidad de aceite que se empleó en las diferentes empacadoras, ya que este fenómeno no se observó en el atún en agua. La L3 fue la localidad con la mayor concentración de AG, la menor fue L2, con una diferencia de aproximadamente un 25% entre una y otra.

TABLA 1  
 Ácidos grasos del atún en aceite de tres localidades del Pacífico mexicano\*. (mg/100g muestra)

Nombre trivial	Nombre abreviado	L1 Media	D.S.	L2 Media	D.S.	L3 Media	D.S.
<b>Saturados</b>							
Caproico	C6:0	0.119	±0.01	ND		0.86	±0.06
Caprílico	C8:0	0.206	±0.01	ND		ND	
Laurico	C12:0	2.7	±1.1 <sup>a</sup>	1.7	±0.4 <sup>a</sup>	3.2	±2.0 <sup>b</sup>
Mirístico	C14:0	39.2	±16 <sup>a</sup>	50.9	±19 <sup>a</sup>	39.4	±21 <sup>a</sup>
Palmítico	C16:0	621.9	±142 <sup>a</sup>	570	±353 <sup>a</sup>	607	±301 <sup>a</sup>
Esteárico	C18:0	246.7	±83 <sup>a</sup>	428.1	±121 <sup>b</sup>	339	±88 <sup>b</sup>
Σ Saturados			911		1051		990
<b>Monoinsaturados</b>							
Miristoleico	C14:1	85.5	±52 <sup>a</sup>	24.4	±15 <sup>b</sup>	28.7	±8.6 <sup>b</sup>
Palmitoleico	C16:1n7	106.2	±37 <sup>a</sup>	256.1	±138 <sup>b</sup>	318	±204 <sup>b</sup>
Petroselinico	C18:1n6	317.8	±142 <sup>a</sup>	496.8	±31 <sup>b</sup>	434	±90 <sup>b</sup>
Oleico	C18:1n9	876.2	±90 <sup>a</sup>	543.6	±34 <sup>b</sup>	694	±226 <sup>c</sup>
Cis-vaccénico	C18:1n11c	815.1	±49 <sup>a</sup>	800.1	±59 <sup>a</sup>	757	±207 <sup>a</sup>
Cis-11-eicosenoico	C20:1n11c	313.6	±123 <sup>a</sup>	106.4	±74 <sup>a</sup>	491	±209 <sup>b</sup>
Erucico	C22:1n9	485.5	±102 <sup>a</sup>	516.5	±67 <sup>a</sup>	336	±188 <sup>b</sup>
Σ Monoinsaturados		3000		2744		3059	
<b>Trans</b>							
Linoleaídico	C18:2n6t	314.4	±77 <sup>a</sup>	460.2	±26 <sup>b</sup>	507	±202 <sup>b</sup>
Elaiídico	C18:1n9t	314.4	±9 <sup>a</sup>	281.7	±30 <sup>a</sup>	284	±115 <sup>a</sup>
Σ Trans		629		742		791	
<b>Poliinsaturados</b>							
Linoleico	C18:2n6	311	±129.2 <sup>a</sup>	197.3	±29 <sup>a</sup>	940	±558 <sup>b</sup>
Araquidónico	C20:4n6	442.3	±118.5 <sup>a</sup>	380.3	±105 <sup>a</sup>	1130	±883 <sup>b</sup>
α-Linolénico	C18:3n3	755.1	±179.4 <sup>a</sup>	447.4	±210 <sup>b</sup>	554	±231 <sup>b</sup>
EPA	C20:5n3	1207	±180 <sup>a</sup>	1322.7	±61 <sup>b</sup>	979	±512 <sup>c</sup>
DHA	C22:6n3	2304	±1110 <sup>a</sup>	1861.7	±239 <sup>a</sup>	3327	±1015 <sup>b</sup>
Σ Poliinsaturados		5019		4209		6930	
Total ácidos grasos		9559		8746		11769.5	

a, b, c por columna, literales diferentes indican diferencia significativa P<.05

ND = no detectado

Abr. = abreviado

L1= Baja California

L2= Colima

L3= Mazatlán

Se detectó la presencia de dos ácidos grasos trans, el elaiídico y el linoleaídico, este último en cantidades elevadas, sobretodo en la L3. Es probable que esto se deba a las temperaturas de cocción a las que se somete el atún. Las desviaciones estándar altas en la mayoría de los AG, así como los intervalos de confianza tan grandes se deben a los valores encontrados en las diferentes marcas comerciales, y que al agruparse por localidades ocasionan estos comportamientos.

#### Atún en agua

Los lípidos totales fueron muy semejantes entre los atunes de las diferentes localidades y no se detectó diferencia significativa (P>.05), se identificaron los mismos AG que en AA, pero en este grupo los AG más abundantes fueron el DHA (ω-3) y el linoleaídico (trans), el palmítico fue muy abundante en L2 y L3 (2786 y 3809 mg/100g muestra); otros ácidos abundantes fueron el elaiídico (en L1 y L2) y el α-linolénico (en L1). El araquidónico y esteárico se presentan en cantidades intermedias. La desviación estándar en este

grupo, a diferencia del AA, es pequeña y puede estar indicando que las diferencias encontradas se deben a la existencia de los ácidos grasos propios del atún, sin influencia de aceites agregados. Estas diferencias están dadas entonces por dos posibles factores: 1) la calidad del proceso tecnológico y 2) factores ambientales existentes en las diferentes localidades de captura. Con relación a la cantidad de AG trans, se recomienda como máximo un 2% de estos ácidos de la energía total consumida (6).

En general se puede observar que existe diferencia significativa en la mayoría de los AG, excepto para el linoleaídico, miristoleico, estearato, petroselinico y erucico, los cuales fueron semejantes entre L1 y L3. El araquidónico y el oleico no presentaron diferencias entre L1 y L2. La localidad con la mayor concentración de AG fue L2, diferencia dada por el DHA, principalmente. La L2 y L3 tuvieron valores de AG totales muy semejantes, mientras que en L1 el valor de los AG totales fue menor.

TABLA 2

Lípidos totales y ácidos grasos ω-3 y -6 del atún en aceite del Pacífico mexicano.\*

	Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3
Lípidos Totales (g/100g muestra)	22.5 ± 0.08 <sup>a</sup>	21.5 ± 0.20 <sup>b</sup>	20.9 ± 0.13 <sup>c</sup>
ω-3 (mg/100g muestra)			
α-Linolénico	755 <sup>a</sup> 447 <sup>b</sup> (579 - 930)	554 <sup>b</sup> (225 - 657)	(221 - 763.5)
EPA	1207 <sup>a</sup> (1030.5 - 1398)	1323 <sup>b</sup> (1299 - 1516)	979 <sup>c</sup> (325 - 1551)
DHA	2304 <sup>a</sup> (1229 - 3383)	1862 <sup>a</sup> (1603 - 2145)	3327 <sup>b</sup> (1908 - 4288)
Σ ω-3	4266	3631.8	4860.4
ω-6			
Linoleico	311 <sup>a</sup> (179 - 439)	197 <sup>a</sup> (157 - 237)	940 <sup>b</sup> (185 - 1677)
Araquidónico	442 <sup>a</sup> (317 - 560)	380 <sup>a</sup> (316 - 555)	1130 <sup>b</sup> (721 - 2359)
Σ ω-6	753	578	2070
ω3: ω6	5.7:1	6.3:1	2.3:1

a, b, c por columna, literales diferentes indican diferencia estadística P<.05  
\* se presenta la media e intervalo de confianza (99%).

Diferencias entre atún en aceite (AA) y en agua (AW)

La concentración de AG totales (Tablas 1 y 3) fue mayor en el AW en las tres localidades; la concentración de lípidos totales en el AA, como era de esperar fue de casi el doble en comparación con el AW. La concentración de AG en el AW corresponde al 89.91% de los lípidos totales presentes en el atún de las 3 localidades. La mayor concentración de AG saturados se observó en el AW con valores de 14%(L1), 24%(L2) y 42%(L3), mientras que el AA presentó un 9.5% (L1), 12%(L2) Y 8.4%(L3). Los AG saturados predominantes en las 3 localidades y en los 2 tipos de atún fueron el palmítico y el esteárico en ese orden en las 3 localidades y dos presentaciones. Los AG monoinsaturados predominantes en el AA fueron el oleico y cis-vaccenico y en el AW fue el palmitoleico. En el AA predominó la concentración de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en las tres localidades en un intervalo de 53-63%. En todos los casos el AGPI predominante fue el DHA. En el AW la concentración total de AG se mantiene entre localidades a diferencia del AA, nuevamente es probable que esta diferencia se deba al tipo y cantidad de aceite que se anexa al pescado durante el proceso.

TABLA 3

Acidos grasos del atún en agua de tres localidades del Pacífico mexicano\*. (mg/100g muestra)

Nombre trivial	Nombre abr.	L1		L2		L3	
		Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S
<b>Saturados</b>							
Caproico	C6:0	0.59	0.01	0.17	0.01	0.161	.002
Caprílico	C8:0	4.45	0.06	3.00	1.2	0.5	0.29
Laurico	C12:0	1.36	.006	0.38	0.02	2.3	0.13
Mirístico	C14:0	75.84	0.04	55.41	3.4	87.4	2.30
Palmítico	C16:0	640.70	0.25	2786.3	141.7	3809.5	139
Esteárico	C18:0	908.80	0.16	712.3	19.9	937.6	7.90
Σ Saturados		1632		3558		4838	
<b>Monoinsaturados</b>							
Miristoleico	C14:1	9.96	0.27	54.02	3.7	12.6	0.23
Palmitoleico	C16:1n7	568	0.38	447.2	5.6	777.8	.364
Petroselinico	C18:1n6	236.4	0	108.4	14.07	245.2	6.90
Oleico	C18:1n9	323.9	0.27	339.6	19.7	116.9	1.40
Cis-vaccenico	C18:1n11c	74.7	0.19	145.8	3.1	226.5	20.00
Cis-11-eicosenoico	C20:1n11c	235.5	0.15	193.3	6.5	266.2	12.90
Erúxico	C22:1n13c	117.6	0.15	126.4	2.1	117.0	0.54
Σ Monoinsaturados		1566		1415		1762	
<b>Trans</b>							
Elaidico	C18:1n9t	1164.7	3.21	1234.2	52.5	377.3	2.07
Linolelaídico	C18:2n6t	1395.5	0.57	1495.2	28.7	1394.5	1.5
Σ Trans		2560		2729		1772	
<b>Poliinsaturados</b>							
Linoleico	C18:2n6	1407.7	0.46	529.2	4.5	437.8	3.9
Araquidónico	C20:4n6	734.7	1.88	793.2	5.7	527.5	213
α-Linolénico	C18:3n3	739.8	0.16	812.2	60.8	355.8	1.28
EPA	C20:5n3	591.5	0.3	841.1	10.7	995.6	41.2
DHA	C22:6n3	2142.3	1.07	4456.4	106	4086.3	63.2
Σ Poliinsaturados		5616		7432		3403	
Total de ácidos grasos			11374		15134		14775

a,b,c por columna, literales diferentes indican diferencia significativa P<.05

Se presenta la media ± desviación estándar L1 = Baja California L2 = Colima L3 = Mazatlán

TABLA 4  
Lípidos totales y ácidos grasos  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 del atún en agua del Pacífico mexicano

	Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3
Lípidos totales (g/100g muestra)	12.74 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	12.33 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	12.88 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
$\omega$ -3 (mg/100g muestra)			
$\alpha$ -Linolénico	739.8 <sup>a</sup> (739.5-740)	812.2 <sup>b</sup> (764-861)	355.8 <sup>c</sup> (346-366)
EPA	591.5 <sup>a</sup> (591-592)	841.06 <sup>b</sup> (830-852)	995.6 <sup>c</sup> (952-1039)
DHA	2142.3 <sup>a</sup> (2140-2144)	4456.4 <sup>b</sup> (4345-4568)	4086.3 <sup>c</sup> (4020-4153)
$\Sigma$ $\omega$ -3	3474	6110	5438
$\omega$ -6 (mg/100g muestra)			
Linoleico	1407.7 <sup>a</sup> (1047-1409)	529.2 <sup>b</sup> (526-533)	437.8 <sup>c</sup> (434-442)
Araquidónico	734.7 <sup>a</sup> (732-738)	793.2 <sup>a</sup> (787-799)	527.5 <sup>b</sup> (303-751)
$\Sigma$ $\omega$ -6	2142	1322	965
$\omega$ 3: $\omega$ 6	1.6:1	4.6:1	5.6:1

a,b,c por columna, literales diferentes indican diferencia estadística  $P < 0.05$   
• se presenta media e intervalo de confianza (99%).

#### Ácidos grasos $\omega$ -3 y $\omega$ -6.

Se identificaron, para AA y AW, tres AG  $\omega$ -3 (EPA, DHA y linolénico) y dos  $\omega$ -6 (linoleico y araquidónico); en el AA se observó lo siguiente: un comportamiento similar entre localidades para los  $\omega$ -3: niveles bajos de linolénico (447 – 755 mg/100g), seguidos del EPA con valores de más del doble (979 – 1323 mg/100g) y elevadas concentraciones de DHA (1862-3327 mg/100g); en todos los casos los intervalos de confianza son amplios. La L3 presentó los valores más altos de DHA y más bajos de EPA, con intervalos de confianza muy amplios. La suma de  $\omega$ -3 fue similar entre localidades: 4266 mg/100g (L1), 3632 (L2) y 4860 (L3). El ac. Araquidónico fue el más abundante de los  $\omega$ -6 (442, 380 y 1130 mg/100g). El ac. Linoleico presentó grandes variaciones entre localidades en el ámbito de intervalos de confianza. La suma de  $\omega$ -6 (Tabla 2) fue mucho mayor en L3 y la relación  $\omega$ -3: $\omega$ -6 fue similar entre L1 y L2 y mucho menor en L3. Se detectó diferencia significativa entre localidades para el EPA, en los demás  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 la diferencia se dio sólo en una localidad, esta mayor concentración de  $\omega$ -3 es importante debido al conocimiento que se tiene sobre el efecto de estos ácidos sobre la reducción de los niveles plasmáticos de colesterol y triglicéridos (5,6,8). En el AW el DHA fue el AG  $\omega$ -3 más abundante con cantidades muy altas en L2 y L3; el  $\alpha$ linolénico fue el AG  $\omega$ -3 con la menor concentración, sobretodo en L3; este ácido fue similar entre L1 y L2, en L3 fue menor al 50%. La relación  $\omega$ -3: $\omega$ -6 fue mucho mayor en

L3 (5.6:1) y menor el L1 (1.6:1). La relación  $\omega$ -3: $\omega$ -6 entre el AA y AW presentó un comportamiento inverso entre las localidades 1 y 3, y fue mucho mayor en L2 para AA. En los  $\omega$ -3 detectados se encontró diferencia significativa entre localidades.

Actualmente, en las dietas occidentales la relación  $\omega$ -6: $\omega$ -3 se ha elevado a niveles de 20-30:1, en vez del intervalo tradicional de 1-2:1. Algunos estudios indican que un elevado consumo de AG  $\omega$ -6 modifica el estado fisiológico a uno protombótico y proagregatorio, caracterizado por el incremento en la viscosidad de la sangre, presencia de vasoespasmos, vasoconstricción y una disminución en el tiempo de coagulación. Los AG  $\omega$ -3 tienen propiedades antiinflamatorias, antitrombóticas, antiarrítmicas, hipolipidémicas y vasodilatadoras. Cuando se consume pescado o aceite de pescado, el EPA y DHA ingerido reemplazan parcialmente los ácidos  $\omega$ -6 de las células de las membranas (plaquetas, eritrocitos, neutrófilos y monocitos) obteniéndose numerosos beneficios tales como: 1) una disminución en la producción de los metabolitos de la PG E<sub>2</sub>; 2) disminución en la concentración de tromboxano A<sub>2</sub>, potente agregador plaquetario y vasoconstrictor; 3) disminución de la formación de leucotrieno B<sub>4</sub>, inductor de la inflamación y potente inductor de quimotaxis y adherencia de leucocitos; 4) incremento en la concentración de tromboxano A<sub>4</sub>, potente agregador plaquetario y vasoconstrictor, entre otros. El consumo de alimentos ricos en AG poliinsaturados ha sido relacionado con una disminución de accidentes cardiovasculares (8), por lo que resulta necesario continuar con este tipo de estudios, en los que se identifique y cuantifique su presencia en alimentos de amplio consumo.

#### CONCLUSIONES

Existe una variación evidente en el tipo y contenido de AG entre conservas y localidades, en el atún en aceite influye además el proceso tecnológico existente entre las diferentes marcas comerciales, lo cual se observa en los valores de la desviación estándar e intervalos de confianza. Todas las conservas analizadas presentaron una mayor proporción de Ácidos Grasos Poliinsaturados que saturados. En todos los casos el porcentaje de AG  $\omega$ -3 fue mayor que el de  $\omega$ -6; se puede considerar al AA de L3 y AW de L2 como los más ricos en AG  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6. En general, el AW es un alimento más rico en AG  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 que el AA; la concentración total de ácidos grasos fue mayor en las tres localidades en el atún en agua, la diferencia también se da en tipo de AG para las dos conservas. El AW presentó cantidades muy elevadas de ácidos trans en comparación con el AA. El AW es rico en ac. palmítico, DHA, linoleico y linoleláidico. En todos los casos la proporción de  $\omega$ -3 fue mayor a los  $\omega$ -6 lo cual resulta

benéfico para la salud. El AA es rico DHA y EPA. Independientemente del tipo de conserva y de la zona pesquera, el atún es un alimento altamente recomendable por su contenido de ácidos grasos esenciales, por su acequibilidad y versatilidad.

### REFERENCIAS

1. Anónimo. A la pesca de oportunidades. Tecnología de Alimentos. Industria y Mercado, 1998; 33(6):26-38.
2. INEGI. El Sector Alimentario en México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 2000.
3. Ortega GS, Villa A, Rodríguez R. Pesquería de Atún. In: Casas M, Ponce G, editores. Estudio potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/FAO/UABCS/CIBNOR/CICIMAR/CRIP/CET del Mar. 1996;351-388.
4. Ruiz DF. Recursos pesqueros de las Costas de México. Su conservación y manejo socioeconómico, Limusa: México 1993.
5. Simopoulos AP, Leaf A, Salem N. Workshop on the essential of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. ISSFAL Newslett. 1999, 6(2):14-16
6. Simopoulos AP. Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. Symposium: Role of poultry products in enriching the human diet with n-3 pufa. 2000, Poult. Sci. 79:961-970.
7. Encyclopedia of Human Nutrition. Academic Press, 1999.
8. Simopoulos AP. Essential fatty acids in health and chronic disease. 1999. Am J Clin Nutr, 70(suppl):560S-9S.
9. Ackman RG. Animal and marine lipids. In: BS Kamel & Kakuda Y. Technological advances in improved and alternative sources of lipids. Blackie Academic & Professional. England. p 292-328. 1994.
10. Folch JM, Less M, Sloan SH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. 1957, J. Biol. Chem. 226:497-509.
11. Bligh EG and WJ Dyer. A rapid method of total lipid extraction and purification. 1959, Can. J. Biochem. Physiol. 37:911-917.
12. Morrison WR and Smith LM. Preparation of fatty acids methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. 1964, J Lip. Res. 5:600-608.
13. Association of Official Analytical Chemists. Methods of Analysis. AOAC. Washington, D.C. USA. 1996.
14. Shanta NC, Ackman RG. Nervonic acid versus tricosanoic acid as an internal standard in quantitative gas chromatographic analysis of fish oil longer chain n-3 polyunsaturated fatty acid methyl esters. J. Chromatography 1990; 533:1-10.
15. Biosoft. Stat-100. Statistical Analysis Package for Windows. Biosoft. U.K. 1996.

Recibido: 02-02-2000

Aceptado: 06-09-2001