

00528  
31



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

ESTUDIO DE LA COMPOSICION Y VALOR NUTRICIO  
DE CUATRO ESPECIES COMERCIALES DE PESCADO

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**QUIMICO DE ALIMENTOS**  
P R E S E N T A :  
**ELECHIGUERRA JOVEN JUAN ANTONIO**

MEXICO, D. F.



EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUÍMICA

2003

A



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN


Presidente: Angela Sotelo López  
Vocal: Lucía Gabriela Bascuñan Termini  
Secretario: Lucía Cornejo Barrera  
1er. sup. Lecitia Gil Vieyra  
2do. sup Jorge Alejandro Flores Maldonado


Sitio en donde se desarrolló el tema:

Edificio "E" de la Facultad de Química, Lab. 111 UNAM

  
Asesor  
M. en C. Angela Sotelo López

  
Supervisor Técnico  
M. en C. Rosa Maria Argote Espinosa

  
Sustentante  
Juan Antonio Elechiguerra Joven

Autorizo a la Dirección General de UNAM a difundir en formato electrónico el contenido de mi trabajo  
NOMBRE: Juan Antonio Elechiguerra Joven  
FECHA: 13/05/03  
Firma: 

## **AGRADECIMIENTOS.**

**A la Maestra Angela Sotelo, ya que usted no me enseñó "algo", lo que me enseñó fue mucho más que eso.**

**A las Maestras Lucia Bascuñan y Lucy Cornejo por su apoyo en todo momento.**

**A Rosita por tenerme paciencia y demostrarme que en todo momento, bueno o malo, se puede tener una sonrisa.**

**A el Prof Bernardo, Lety, Sra. Vicky, Nor, Gaby, Ili, Arge, Carlos, Hector. Su apoyo y entusiasmo fueron fundamentales para concretar el esfuerzo y escribir esta tesis.**

**Al Dr. Javier Miranda por la ayuda brindada en la realización de este trabajo.**

**Siente mi corazón más alegría que lo que la palabra puede expresar. De ningún modo. Les digo lo que hallé. Puede comunicarse el saber, pero no la sabiduría. Cabe encontrarla, vivirla, hacer de ella un sendero.**

## **DEDICATORIAS.**

Creo que las dedicatorias son declaraciones importantes de tipo personal y no sólo actos convencionales. Por ello dedico esta tesis a :

Mis Padres quienes están conmigo, admiro y llenan de orgullo mi ser.

Mis hermanos Luis, Carlos, Mari e Iñaki. Por que sin ustedes mi vida no estaría completa.

Mis viejitas por ser un ejemplo de lucha y estar siempre a mi lado. Sin ustedes no lo hubiera logrado.

A Fer por su aliento y comprensión en todo momento. Su apoyo y paciencia me han dado fuerza e inspirado confianza para alcanzar mis metas.

A Itzel, Ite "astroboy", Nor, Adri, Gabys, Cristian, Aron y Güero por el simple hecho de ser mis mejores amigos y enseñarme a reír, muy reconocido les estoy por ello.

Finalmente quiero darle las gracias a Dios por que sin EL nada sería posible.

Nire baitan daude biak,

Tiranoa eta Askatzailca.

Borroka nire baitan hasten da.

# INDICE

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
ANTECEDENTES	4
Principales componentes químicos del pescado	4
Factores Tóxicos y Antinutricionales	13
Producción Nacional de las diferentes especies de pescado	15
Descripción y composición de las especies utilizadas	18
Tabla de la composición de las especies utilizadas	24
Precio de las diferentes especies de pescado	25
PARTE EXPERIMENTAL	26
Diagrama de la conservación de la muestra	26
Diagrama general de trabajo	27
Información acerca de la muestra	28
Descripción de las metodologías	30
ANÁLISIS PROXIMAL	30
Determinación de humedad analítica	30
Determinación de cenizas	32
Determinación de grasa	33
Determinación de fibra cruda	36
Determinación de proteína cruda	39
DETERMINACIÓN DE MINERALES Y METALES PESADOS	42
CUANTIFICACIÓN DE FACTORES TÓXICOS Y ANTINUTRICIONALES	45
Determinación de inhibidores de tripsina	45
Determinación de hemaglutininas	49
ANÁLISIS NUTRICIONAL	54
Determinación del perfil de ácidos grasos	54

I

Determinación del perfil de aminoácidos	58
Determinación de triptofano	70
<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>74</b>
Composición proximal	74
Minerales y metales pesados	80
Factores tóxicos y antinutricionales	83
Perfil de ácidos grasos	84
Perfil de aminoácidos	86
Calificación química	88
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>94</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>95</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO</b>	<b>101</b>

*f*

## INTRODUCCIÓN.

El pescado constituye un alimento fácilmente digerible, rico en proteínas y relativamente bajo en calorías. Sus lípidos son fundamentalmente insaturados y se admite generalmente que son menos dañinos para el corazón y las arterias que la grasa de los animales de abasto. Las personas que consumen mucho pescado, como los japoneses y los esquimales, padecen menos enfermedades oclusivas de las arterias y a este respecto tienen mayor esperanza de vida que los europeos y americanos.

El metabolismo humano, hablando fisiológicamente, tiene la función de restaurar continuamente al organismo, el cual consta aproximadamente de un 65% de agua, 20% de proteína, 10% de grasa, 1% de hidratos de carbono y 5% de minerales. Tan ardua labor solo puede realizarse con la ayuda de los elementos traza y de las vitaminas, sin los cuales el metabolismo no podría realizarse con eficiencia.

El pescado es una excelente fuente de proteína. Siendo comparable a la carne en cuanto a la calidad y cantidad de proteínas. Por su parte, los peces de agua salada contienen además, yodo. El pescado es una fuente importante de fósforo, aunque es escaso en hierro en comparación con las carnes rojas. Los pescados con vértebra en general contienen menor tiamina, riboflavina, y niacina, en comparación con las carnes rojas. La grasa, en la mayoría de los pescados, está altamente insaturada.

El presente trabajo tiene como objetivo conocer la composición química, el valor nutricional y la presencia de factores antinutricionales en filetes de las especies de pescado Cazón,



Sierra, Robalo y Huachinango, con el fin de conocer si existe una relación entre el precio de las especies y su valor nutritivo así como comprobar si los pescados de bajo costo tienen una composición semejante a la de los pescados de alto costo esto con el fin de promover que el pescado ocupe un lugar más importante en la alimentación lo cual es posible si se considera el hecho de que casi las tres cuartas partes de la superficie terrestre están ocupadas por el agua además de que se calcula que el pescado proporciona el 5% de la proteína alimenticia disponible en todo el mundo. Sin embargo, la energía natural necesaria para llevar el pescado al consumidor es muy alta.

## OBJETIVOS.

### Objetivo general.

Conocer la composición química y el valor nutritivo en cuatro especies comerciales de pescado, dos de ellas de alto costo (Robalo y Huachinango) y dos de bajo costo (Sierra y Cazón), con el fin de conocer si la composición y valor nutritivo de las especies de bajo costo es semejante a las de alto costo.

### Objetivos específicos.

- Realizar el análisis proximal de las especies de pescado para conocer el contenido de grasa, proteína, cenizas, fibra e hidratos de carbono.
- Conocer el contenido de minerales.
- Averiguar la presencia y cantidad de metales pesados
- Evaluar la composición de aminoácidos de la proteína presente
- Conocer el contenido de lípidos totales y ácidos grasos.
- Cuantificar factores antinutricionales: Inhibidores de tripsina y Hemaglutininas.
- Conocer si existe una relación entre el precio de las especies y su valor nutritivo.

## ANTECEDENTES.

### **Principales componentes químicos del pescado.**

Los valores nutricio y comercial de los diversos peces e invertebrados marinos dependen de la estructura de su carne y otras partes comestibles, y de la porción de estas partes con respecto al peso total de los ejemplares, de la composición química de la carne, gónadas, hígado, etc., y de factores referentes a los métodos de pesca y manipulación.

Los principales componentes químicos de la carne de pescado son agua, proteína bruta y lípidos; en conjunto forman hasta el 98% del peso total de la carne. Estos componentes tienen máxima importancia en lo referente a valor nutricio, propiedades texturales, calidad organoléptica y capacidad de almacenamiento de la carne. Los restantes constituyentes, es decir, los hidratos de carbono, vitaminas y minerales, aunque presentes en menor cantidad, también desempeñan un significativo papel en los procesos bioquímicos que tienen lugar en los tejidos post mortem.

En la tabla 1 se muestran los porcentajes de las necesidades diarias humanas que puede cubrir un filete de pescado de 125 gramos<sup>1</sup>.

**Tabla 1.** % De las necesidades diarias cubiertas por 125 gramos de filete de pescado<sup>1</sup>.

	Necesidades diarias	125 g de pescado graso	125 g de pescado magro
Proteína	75 g	50	50
Grasa	80 g	60	-
Fósforo	1.5 g	45	40
Hierro	12 mg	30	25
Yodo	0.2 mg	-	450
Vitamina B <sub>1</sub>	1.7 mg	15	15
Vitamina B <sub>2</sub>	1.8 mg	30	20
Niacina	12 mg	75	50
Vitamina D	400 UI	< 1000	-
Vitamina A	5 000 UI	> 100	-
Calorías	2 600	8	3

El contenido de los principales componentes del cuerpo de los peces depende principalmente de la especie, grado de madurez sexual y estado nutritivo de los animales. Las especies objeto de explotación comercial pueden clasificarse de acuerdo con los contenidos de grasa y proteína (tabla 1) en la carne de los peces en buen estado nutritivo<sup>2</sup>.

**Tabla 2.** Clasificación de los peces e invertebrados marinos de acuerdo a sus contenidos de grasa y proteína bruta<sup>2</sup>.

Clase	Grasa	Proteína
Baja grasa-alta proteína	<5	15-20
Media grasa-alta proteína	5-15	15-20
Alta grasa-baja proteína	>5	<15
Baja grasa-muy alta proteína	<5	>20
Baja grasa-baja proteína	<5	<15

## **Contenido de Agua.**

La mayoría de las funciones biológicas del agua están relacionadas con su propiedad de actuar como solvente de numerosos compuestos. Participa en la digestión (hidrólisis e proteínas, grasas e hidratos de carbono), la absorción de los nutrimentos digeridos, el transporte de metabolitos en el organismo y la excreción de los productos de desecho así como servir de medio en donde se llevan a cabo las reacciones metabólicas de un organismo.

Los músculos de los peces e invertebrados marinos comestibles contienen de un 50 al 85% de agua, dependiendo de la especie y del estado nutritivo del animal en particular. Los cambios en la inmovilización y contenidos de agua en la carne inducidos por el procesamiento influyen sobre las propiedades reológicas, valor nutritivo y calidad organoléptica de la carne de pescado<sup>2</sup>.

El contenido de agua en los peces magros aumenta al terminar el desove, a la vez que desciende la tasa de proteína. En estas épocas son extraordinariamente altas las necesidades energéticas y, como además no tiene lugar entonces ninguna ingestión de alimento, el organismo se ve en la necesidad de recurrir a la proteína como sustancia combustible<sup>3</sup>.

## **Contenido de Proteína.**

Las proteínas ingeridas en la dieta, al ser degradadas por las enzimas de los jugos digestivos, permiten que los aminoácidos liberados sean absorbidos por el organismo, donde serán distribuidos por el sistema circulatorio en los distintos tejidos para reconstruir

el patrón específico correspondiente a corazón, pulmones, piel, músculo, etc. Es por eso que los organismos pueden utilizar proteínas de fuentes muy distintas.

La forma particular en que los 20 aminoácidos se combinan en las proteínas determina sus características bioquímicas, pero el valor nutritivo de las proteínas depende del tipo y proporción de aminoácidos que contenga; es más alto cuando hay una gama más completa y una mayor proximidad con los requerimientos específicos de una especie dada.

Los aminoácidos no se almacenan en forma comparable a los hidratos de carbono o la grasa, por lo que es necesario que se suministren todos los aminoácidos indispensables (aquellos que el organismo no sintetiza a la velocidad suficiente o que no sintetiza en lo absoluto) juntos en la dieta para lograr la óptima utilización de los 20 aminoácidos en los procesos fisiológicos, de no ser así, su rápido catabolismo provocaría un desbalance en el contenido de nitrógeno del organismo.

La función primaria de las proteínas de la dieta es suministrar los aminoácidos para que el organismo lleve a cabo los procesos de mantenimiento, crecimiento, gestación y lactancia. Si no existe aporte suficiente de aminoácidos, de acuerdo a lo que cada organismo requiere, no se llevan a cabo los procesos mencionados, pues no habría material para ello. Además, si los aminoácidos que están presentes no se utilizan, son eliminados, por no haber variedad y cantidad suficiente del resto.

Los aminoácidos indispensables son aquellos que el organismo no sintetiza a la velocidad suficiente o que no sintetiza en lo absoluto (lisina, isoleucina, leucina, valina, metionina,

fenilalanina, treonina y triptofano; los infantes requieren, además, de arginina e histidina) para satisfacer las necesidades fisiológicas.

Las proteínas que contienen en abundancia aminoácidos indispensables, en general, son consideradas como de alta calidad. Calidad es la utilidad de una proteína alimenticia para el crecimiento y mantenimiento de los tejidos<sup>1</sup>.

El componente más importante para la alimentación humana que contiene la carne de pescado es proteínas de alto valor biológico. La carne de pescado está por ello recomendada como fuente de proteína de alto valor para los organismos en desarrollo, pudiendo administrarse como parte de la dieta a los niños lactantes mayores de 6 meses y decididamente a los niños en edad preescolar<sup>3</sup>.

La carne de pescado e invertebrados marinos contiene generalmente entre 11 y 24% de proteína bruta, dependiendo de la especie. El valor nutritivo de las proteínas del pescado es muy alto, debido al valioso repertorio de aminoácidos indispensables que contienen (ver tabla 3). Las proteínas musculares totales, es decir, de los filetes enteros desprovistos de piel de diversas especies de peces, no difieren mucho en su composición de aminoácidos<sup>2</sup>.

**Tabla 3.** Composición en aminoácidos de las proteínas musculares del pescado<sup>2</sup>.

Aminoácido	Media (% N x 6.25)	Variación (% N x 6.25)
Alanina	7.91	7.7-8.8
Arginina	5.95	5.7-6.3
Ácido aspártico	10.34	9.9-10.9
Cistina	1.04	0.9-1.1
Ácido glutámico	14.91	14.3-15.4
Glicina	4.60	4.2-5.4
Histidina	2.01	1.8-2.2
Isoleucina	6.03	5.5-6.3
Leucina	8.41	7.8-9.1
Lisina	8.81	7.9-9.5
Metionina	2.97	2.8-3.2
Fenilalanina	3.92	3.7-4.1
Prolina	3.52	3.3-3.7
Serina	5.14	4.6-6.0
Treonina	4.62	4.4-5.0
Triptófano	0.96	0.9-1.0
Tirosina	3.27	3.1-3.4
Valina	5.95	5.6-6.2

<sup>2</sup> Valores medios de diez especies de peces: Bacalao, carbonero, copleño, salmónete, perro del Norte, platija, halibut, maruca, brosmio y caballa. La media correspondiente a la histidina no incluye el valor de la caballa.

La composición en aminoácidos de las diferentes proteínas de los músculos y piel no es uniforme, ya que estas proteínas deben diferir en sus propiedades, al tener que cumplir con cometidos diferentes.

### Contenido de lípidos.

Las grasas son un importante combustible contenido en los alimentos debido al alto aporte calórico que suministran además de representar un almacenaje importante de energía. Son considerados químicamente como ésteres de ácidos grasos y glicerol. Entre las funciones



más importantes de las grasas se encuentran: el mantenimiento del calor corporal, reserva energética y vehículo de vitaminas liposolubles<sup>4</sup>.

Los lípidos se incluyen entre los componentes principales de los organismos marinos. Aunque están presentes en todos los tejidos, se concentran mayormente en la capa grasa subcutánea de los mamíferos marinos y peces grasos, en el hígado de los peces magros, en el tejido muscular y en las gónadas maduras. Los lípidos marinos están compuestos por fosfolípidos, esteroides, triglicéridos, ésteres cerosos y pequeñas cantidades de productos metabólicos de éstos, así como por reducidas tasas de lípidos no habituales, como ésteres de glicerina, glucolípidos, sulfolípidos e hidrocarburos. Fosfolípidos y esteroides están presentes en pequeñas pero constantes cantidades del 0.2 al 0.3% del peso húmedo. Los lípidos restantes son esencialmente depósitos de energía, resultando importantes para la flotación, por lo que sus cantidades son distintas y variables. Una fracción media de fosfolípido de pescado contiene alrededor del 60% de fosfatidilcolina, 20% de fosfatidiletanolamina, y algunos tantos por ciento de fosfatidilserina y esfingomiélin. Los fosfolípidos de los invertebrados contienen menos fosfatidilcolina<sup>2</sup>.

Los esteroides marinos, libres o esterificados, son casi exclusivamente colesterol. La mayoría contienen alrededor de 20-40 mg de colesterol por 100 g de carne y más en el hígado<sup>5</sup>, en el filete esta cantidad es mucho menor.

La composición que exhiben los lípidos marinos en ácidos grasos es mucho más compleja que la de los lípidos de animales y plantas terrestres. La longitud de la cadena carbonada oscila por lo general entre C<sub>14</sub> y C<sub>24</sub>, aunque también se encuentran de C<sub>12</sub> y C<sub>26</sub>. Los ácidos

grasos marinos están en particular muy insaturados. La mayoría de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de los lípidos del pescado son del tipo 3w, mientras que los ácidos 6w constituyen sólo un escaso porcentaje del total. Los lípidos del pescado contienen también algunos ácidos grasos con número impar de carbonos en la cadena: C<sub>15</sub>, C<sub>17</sub> y C<sub>19</sub>. La tasa habitual de estos ácidos grasos es del 1 al 3%<sup>6</sup>.

Las tasas de los distintos ácidos grasos en los lípidos del pescado dependen de numerosos factores como: la dieta, localización geográfica, temperatura ambiente, estación del año, longitud del cuerpo, contenido en lípidos, etc. Los peces marinos contienen menos AGPI 6w (alrededor del 15% de los ácidos grasos totales), y más ácidos 3 w que los peces de agua dulce<sup>2</sup>.

Las dietas ricas en pescado tienen efectos particularmente beneficiosos en lo referente a atenuar las afecciones isquémicas del corazón y las trombosis, así como la génesis de tumores y el cáncer. Tales dietas contienen una favorable proporción de lipoproteínas de alta densidad/baja densidad, bajas tasas de triacilglicerol y colesterol, y un escaso nivel de lipoproteínas de muy baja densidad en el suero sanguíneo. Se recomienda sustituir una parte de los AGPI 6w de la dieta por 3w. De esta manera, del 30% de energía que se aconseja aporten las grasas, el 8% debería tener su origen en lípidos saturados, el 12% en AGPI monoinsaturados, y el 10% en AGPI 6w y 3w. También se recomienda, ingerir 5g de aceite de pescado cada día<sup>6</sup>.

## Contenido de minerales.

Los minerales tienen funciones específicas en los organismos; principalmente estructurales; como calcio y fósforo, electrolíticas; como sodio y potasio y catalíticas; como magnesio y zinc.

Los alimentos marinos son fuentes muy ricas de componentes minerales. El contenido total de minerales en la carne cruda de los peces e invertebrados marinos oscila entre 0.65 y 1.5% del peso húmedo. El contenido de minerales en la carne de los peces e invertebrados marinos, expresada en miligramos por 100 g de filete de pescado, es la siguiente, de acuerdo con los datos hasta ahora publicados:

**Tabla 4.** Elementos vestigiales (traza) aportados por el pescado<sup>1</sup>.

Elemento	mg/100g de pescado	Aporte mínimo recomendado ( mg/día)
Potasio	300	500
Sodio	65	0.2-0.5 g
Cloro	200	No especificado
Fósforo	200	800-1200
Azufre	200	No especificado
Magnesio	25	270
Calcio	15	1200
Hierro	1.5	10-12
Zinc	1.0	1.3-1.5
Manganeso	1.0	2-9
Flúor	0.5	1-2
Arsénico	0.4	No especificado
Cobre	0.1	1.3-1.5 mg
Yodo	0.1	0.0015

## **Vitaminas.**

El metabolismo humano, hablando fisiológicamente, tiene la función de restaurar continuamente al organismo, el cual consta aproximadamente de un 65% de agua, 20% de proteína, 10% de grasa, 1% de hidratos de carbono y 5% de minerales. Tan ardua labor solo puede realizarse con la ayuda de los elementos traza y de las vitaminas, sin los cuales el metabolismo no podría realizarse con eficiencia.

La carne, aceites y residuos del pescado son muy ricos en vitaminas. Las vitaminas liposolubles están presentes en concentración particularmente alta en los aceites de hígado de ciertas especies, mientras que en los aceites corporales, obtenidos de la totalidad del cuerpo de los peces o de las vísceras y residuos del fileteado de éstos, contienen cifras más bajas de las vitaminas A, D y E<sup>7</sup>.

## **Factores Tóxicos y Antinutricionales.**

El valor nutritivo de una proteína está determinado por su contenido de aminoácidos indispensables, su digestibilidad, y la disponibilidad de aminoácidos individuales. En algunos alimentos la presencia de un bajo contenido de aminoácidos azufrados o lisina, estructuras compactas de proteínas y la presencia de compuestos no proteicos (fibra dietética, taninos, fitatos) y / o proteínas antifisiológicas (inhibidores de tripsina, lectinas), pueden perjudicar y aumentar la excreción de nitrógeno endógeno, disminuyendo el valor nutritivo de un alimento<sup>8</sup>.

Las sustancias antinutritivas se definen pues, como aquellos compuestos que están presentes de manera natural en algunos alimentos y actúan provocando una pérdida de nutrimentos indispensables o interfiriendo en su utilización y función metabólica. Su presencia en los alimentos no implica necesariamente un problema de toxicidad aguda y sus riesgos pueden no ser serios en países desarrollados, pues una alimentación equilibrada, o incluso el aumento del aporte en la dieta del nutrimento afectado, puede mejorar rápidamente el estado general. Sin embargo, es esencial que éstos compuestos sean identificados y cuantificados, de tal manera que su riesgo real para la salud humana sea evaluado y puedan tomarse las medidas preventivas o correctivas correspondientes.

### **Hemaglutininas**

También conocidas como lectinas, son un grupo de proteínas o glicoproteínas enterotóxicas, presentes comúnmente en las leguminosas comestibles pero no por ello en alimentos de origen animal, que suelen presentar la propiedad de aglutinar los glóbulos rojos sanguíneos. Todas las lectinas producen síntomas parecidos, entre los que resaltan la intensa inflamación de la mucosa intestinal, con la posterior destrucción de los epitelios, edema y la hemorragia del tejido linfático. Las lectinas se unen a las microvellosidades de los enterocitos del yeyuno y obstaculizan su función. Hay destrucción entonces de las células de la mucosa, disminución de la actividad enzimática, aumenta la descamación de las células de la mucosa y las vellosidades disminuyen de tamaño, con lo que se disminuye la superficie de absorción. Sin embargo es importante mencionar, que la presencia de hidratos de carbono en la molécula de las lectinas, les da especificidad hacia las células lo que repercute de manera importante en su acción, pues de no ser específicas no pueden

unirse a las células y causar daño, además para que el efecto, vía oral, de las lectinas sea efectivo, éstas deben resistir el ataque de las proteasas a lo largo del tracto digestivo<sup>9</sup>.

Las hemaglutininas destruyerse por métodos de calentamiento como el secado o cocción.

### **Inhibidores de proteasas**

Son sustancias de naturaleza proteínica ampliamente distribuidas en los alimentos de origen vegetal pero también se encuentran en animales, que interfieren inhibiendo la actividad de las proteasas las cuales permiten la asimilación adecuada de proteínas, afectando primordialmente el crecimiento, digestibilidad del alimento y utilización metabólica del mismo. Los inhibidores tienen uno o más péptidos de unión (sitio reactivo), los cuales interactúan con el sitio reactivo de la enzima; esta inhibición se traduce en una reducción de la digestión proteínica y por consecuencia también de su asimilación<sup>15</sup>. Mediante el calentamiento apropiado puede destruirse el efecto de los principales inhibidores de las proteasas o al menos disminuirlo en gran parte, aunque esta destrucción depende de la temperatura, duración y tipo de calentamiento<sup>9, 11</sup>.

### **Producción Nacional de las diferentes especies.**

En México, el sector pesquero es una de las actividades más importantes, debido a que se considera como una fuente generadora de alimento, empleo e ingreso. Este sector se ha logrado consolidar, gracias a que nuestro país cuenta con condiciones climáticas favorables,

extensión marítima y diversidad de especies pesqueras de agua dulce y salada, dando como resultado un amplio potencial para la diversificación de esta actividad.

Aunque a nivel mundial México tiene una participación mínima en la producción total correspondiente al 1 por ciento, este logra destacar en el mercado internacional en algunas especies tales como camarón, abulón, calamar, langosta, atún y pulpo.<sup>12</sup>

Las diferencias en valor nutricional y composición de las especies de alto costo frente a las especies de bajo costo evaluadas son mínimas; sin embargo, los niveles de producción de las especies de bajo costo, como se puede observar en la Tabla 5, son mayores a las de las de alto costo evaluadas, lo que es consistente con el valor económico asignado a cada una de ellas. Por lo tanto, desde el punto de vista económico, es favorable consumir las especies de bajo costo ya que, nutricionalmente, son equiparables. Sin embargo, el consumo no está exclusivamente determinado por los factores económicos y nutrimentales, es importante considerar las características sensoriales del producto.

Las especies Robalo y Huachinango son de las más gustadas por la blancura, el sabor y la consistencia de sus carnes. Sin embargo, su alto precio las vuelve prohibitivas para muchos consumidores, a quienes convendría saber que hay en el mercado otras especies tan apetitosas como ellas y a precios mucho más bajos, como el Cazón y la Sierra, que son preferidos por algunos consumidores mexicanos debido a su sabor, consistencia y precio accesible.

**Tabla 5<sup>15</sup>.**

**PARTICIPACIÓN DE LAS PRINCIPALES ESPECIES EN EL VOLUMEN DE LA PRODUCCIÓN  
PESQUERA NACIONAL EN PESO VIVO, 2001**

(Toneladas)

TOTAL	PARTICIPACIÓN	
	VOLUMEN 1 520 938	% 100.00
<b>CONSUMO HUMANO DIRECTO</b>	<b>989,879</b>	<b>65.08</b>
SARDINA	138 789	9.13
ATÚN	133 288	8.76
CAMARÓN	105 523	6.94
MOJARRA	74 031	4.87
CALANAR	73 833	4.85
OSTIÓN	52 799	3.47
CARPA	30 286	1.99
PULPO	21 433	1.41
TIBURÓN	19 640	1.29
JAIHA	18 495	1.22
MACARELA	3 813	0.25
BARRILETE	7 709	0.51
ALMEJA	9 237	0.61
MERO Y SIMILARES	10 554	0.69
SIERRA	11 279	0.74
CARACOL	11 398	0.75
LISA	8 004	0.53
JUREL	8 870	0.58
LEBRANCHA	7 600	0.50
RAYA Y SIMILARES	7 023	0.46
BANDEIRA	8 080	0.53
CINTILLA	5 089	0.33
TRUCHA	6 332	0.42
CAZÓN	6 055	0.40
GUACIBANANGO	6 104	0.40
ROBALO	6 238	0.41
CORVINA	7 141	0.47
PETO	5 200	0.34
CAHILLA	3 594	0.24
HAGRE	3 889	0.26
HERRIGATA	4 212	0.28
LANGOSTINO	3 179	0.21
LANGOSTA	2 509	0.16
REBIO	3 046	0.20
ERIZO	2 252	0.15
LENGUADO	1 840	0.12
PARGO	3 090	0.20
BRONTO	1 652	0.11
RONCO	1 641	0.11
REBIA Y VILLAJAHA	2 328	0.15
ESMERDIAL	1 433	0.09
HELUGO	2 157	0.14
ANCHOVETA	1 343	0.08
CHARAI	1 273	0.08
PIERNA	1 007	0.07
LOBINA	818	0.05
PAMPANO	555	0.04
BAQUETA	461	0.03
ACHILÓN	498	0.03
PEPINO DE MAR	481	0.03
OTRAS	43 499	2.86
OTRAS SIN REGISTRO OFICIAL	99 279	6.53
<b>CONSUMO HUMANO INDIRECTO</b>	<b>482,438</b>	<b>31.72</b>
SARDINA INDUSTRIAL	473 129	31.11
FALNA DE ACOMPAÑAMIENTO	8 888	0.58
ANCHOVETA INDUSTRIAL	418	0.03
<b>USO INDUSTRIAL</b>	<b>48,624</b>	<b>3.20</b>
SARGAZO DE MAR	38 233	2.51
AL GAS MARINAS	8 694	0.57
OTRAS	1 697	0.11



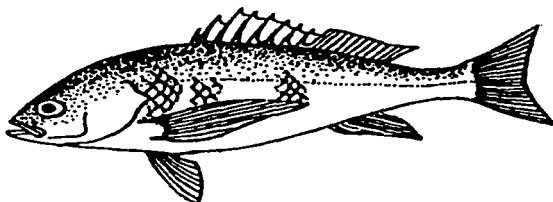
## Descripción y composición de las especies utilizadas.<sup>13</sup>

### Descripción

→ Huchinango

*Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Familia:** Lutjanidae, subfamilia: Lutjaninae

**Orden:** Perciformes

**Máximo tamaño:** 80.0 cm; max. Peso: 1,310 g

**Ambiente:** Asociado a arrecifes; salobre; marino; rango de profundidad: 30 m

**Clima:** tropical: 32°N - 10°S

**Importancia:** Pesca comercial: comercial; Pesca deportiva: si

**Localización:** Pacífico este: de México a Perú y Atlántico; Golfo de México

**Morfología:** Espinas Dorsales (total): 10-10; Rayos Dorsales (total): 12-13; Espinas Terminales: 3-3; Rayos Terminales: 8-8. Color rosado a naranja pálido. Renglones negros a escala crecientes oblicuamente de la línea lateral. Pálido en un lado, frecuentemente con marcas plateadas y puntos azulados. Cabeza con puntos azulados y líneas irregularmente rotas, especialmente en el cachete.

**Biología:** Se encuentra alrededor de fondos de difícil acceso. Generalmente solitarios o en grupos pequeños aunque ocasionalmente llegan a formar grandes agregados. Jóvenes habitan estuarios y desembocaduras de ríos. Carnívoros, se alimentan de invertebrados y peces.

→ Sierra

*Scomberomorus sierra* (Jordan & Starks, 1895)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

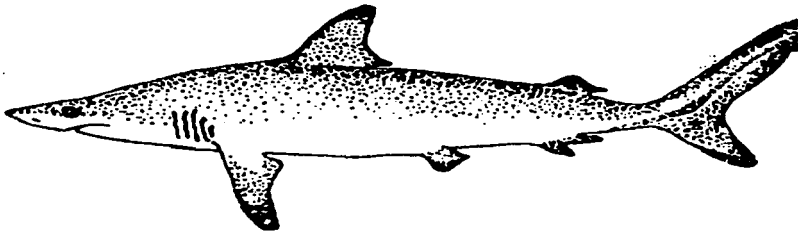


<b>Familia:</b>	<u>Scombridae</u>
<b>Orden:</b>	<u>Perciformes</u>
<b>Clase:</b>	Actinopterygii
<b>Máximo tamaño:</b>	99.0 cm; max. peso: 8,160 g
<b>Ambiente:</b>	pelágico; marino; rango de profundidad: 0 - 12 m
<b>Clima:</b>	tropical; 35°N - 25°S
<b>Importancia:</b>	Pesca comercial: comercial
<b>Distribución:</b>	Pacífico Central Este: La Joya en sureste de California, USA a las Galápagos y en la Isla Paita en Perú. Recientemente reportados en Antofagasta, Chile.
<b>Morfología:</b>	Espinas Dorsales (total): 15-18; Rayos dorsales (total): 16-19; Rayos terminales: 16-21; Vértebras: 46-49. Proceso intrapelvico pequeño y bifido. Línea lateral gradualmente curva hacia abajo. Lados plateados con numerosos puntos cafés (naranjas en vida).
<b>Biología:</b>	Aparece cerca de la superficie en aguas costales hasta los fondos de la placa continental. Los adultos se alimentan de peces pequeños particularmente de anchoas. Es el pez mas abundante en las costas pacíficas de México y Centroamérica.

→ Cazón

*Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Familia:** Triakidae; subfamilia: Galeorhininae

**Orden:** Carchariniiformes

**Clase:** Elasmobranchii

**Máximo tamaño:** 193 cm (macho); 195.0 cm (hembra); max. Peso: 44.7 kg; max. edad reportada: 55 years

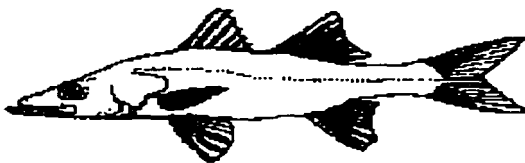
**Ambiente:** marino; rango e profundidad: 0 - 1100 m

**Clima:** subtropical; 68°N - 55°S

- Importancia:** Pesca comercial: muy comercial; Pesca deportiva: si; acuario: espectáculo en acuarios
- Localización:** Atlántico Oeste: sureste de Brasil a Argentina. Atlántico este: Islandia al sur de África, incluyendo el mediterráneo. Pacífico sudoeste: Australia y Nueva Zelanda. Pacífico central: Hawai .Este del Pacífico: Canadá al sur de Baja California y el Golfo de California en México; Perú y Chile.
- Morfología:** Espinas dorsales (total): 0-0; espinas terminales: 0-0. Boca grande; el Segundo dorsal es casi tan largo como el terminal. Arriba es gris, blanco abajo.
- Biología:** Profundidades desde cerca de la superficie hasta 550 m. Ha mostrado ser pelágico en mar abierto. Aparece en congregaciones pequeñas altamente migratorias. Existe una segregación parcial por tamaño y sexo en algunas áreas. Se alimenta de peces, crustáceos, cefalópodos, y gusanos.

→ Robalo

*Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)



**Familia:** Centropomidae, subfamilia: Centropominae

**Orden:** Perciformes

**Clase:** Actinopterygii

**Tamaño máximo:** 140 cm; max. Peso: 24.3 kg; max. edad reportada: 7 years

**Ambiente:** agua dulce: salobre: marino ; rango de profundidad: 22 m

**Clima:** subtropical: 29 - 31°C; 29°N - 23°S

**Importancia:** Pesca comercial: comercial; acuicultura: comercial; pesca deportiva: si

**Localización:** Atlántico Oeste: Sureste Florida (USA), Costa del sureste del Golfo de México, la mayoría de las Antillas y el Caribe, Costa de Centro y Sudamérica extendiéndose hasta el sur de Río de Janeiro, Brasil; también en Carolina del Norte y Texas, USA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Morfología:** Espinas Dorsales (total): 8-9; Rayos Dorsales (total): 10-10; Espinas Terminales: 3-3; Rayos Terminales: 6-6. Línea Negra lateral.

**Biología:** Habita aguas costales y lagunas penetrando en agua fresca; usualmente a profundidades no mayores a 20 m. Se alimenta de peces (Gobiidae, Gerreidae, Engraulidae) y crustáceos (camarones y cangrejos). Se congrega en desembocaduras de río durante el periodo de apareamiento de mayo a septiembre. Movimientos de temporada a aguas frescas son ocasionales pero poco entendidos

#### Tabla de la composición de las especies utilizadas <sup>14</sup>.

A continuación se presenta una tabla con la composición de cada una de las especies utilizadas.

#### Composición de las especies utilizadas. g/100g de Filete fresco

Especie	Energía (KJ/Kcal)	Humedad g	Cenizas g	Extracto etéreo	Proteín a bruta	Fibra	Ca mg	P mg	Fe mg
Cazón	443/106	74.30	1.10	0.17	24.52	-	8	141	-
Huachinango	381/91	78.30	1.30	0.63	20.10	-	14	184	-
Robalo	393/194	78.50	1.00	1.00	20.02	-	15	204	-
Sierra	477/114	74.70	1.30	3.43	19.43	-	10	168	-

### **Precios de las diferentes especies de pescado.**

Al observar la tabla 6 podemos ver la diferencia tan grande de precios entre las especies de bajo costo como el Cazón y Sierra y las de alto costo. Las especies Robalo y Huachinango son de las más gustadas por la blancura, el sabor y la consistencia de sus carnes. Sin embargo, su alto precio las vuelve prohibitivas para muchos consumidores, a quienes convendría saber que hay en el mercado otras especies tan apetitosas como ellas y a precios mucho más bajos, aunque sus características sensoriales son diferentes, su valor nutricional y composición es muy semejante al de las especies de alto costo.

**Tabla 6.** Precio de las diferentes especies de pescado.<sup>15</sup>

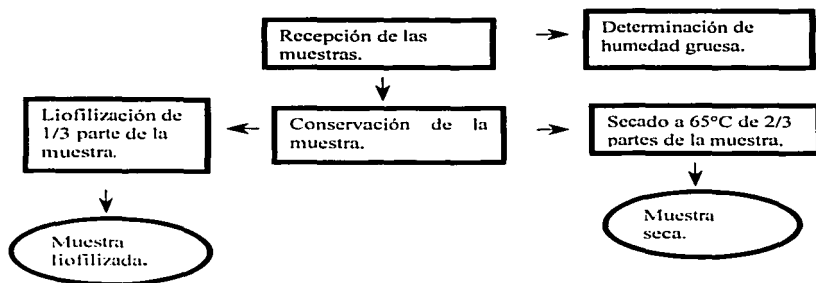
<b>Producto</b>	<b>Precio máximo*</b>
Cazón	\$30.00 / Kg de pescado
Robalo	\$261.20/ Kg de filete
Huachinango	\$219.90 / Kg de filete
Sierra	\$28.00 / Kg de pescado

\*Precio máximo en pesos al público durante el mes de septiembre del 2002 en la Nueva Viga  
Fuente: Anuario Pecuário 2002, SAGARPA.

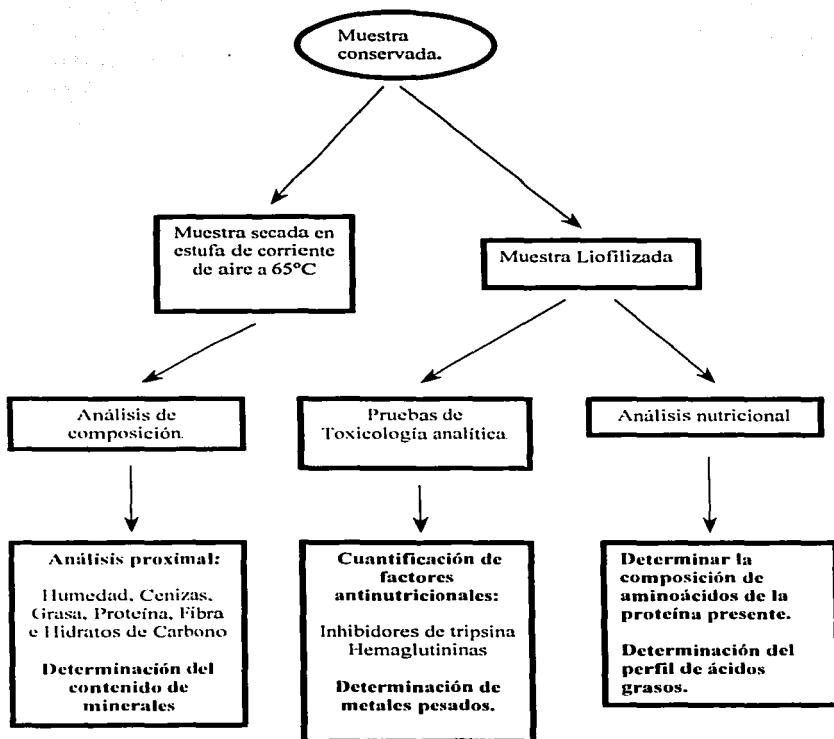


## PARTE EXPERIMENTAL.

### Conservación de la muestra:



## Diagrama general de trabajo



## **Información acerca de la muestra**

### **Procedencia de la muestra:**

Los filetes de las especies Cazón, Sierra, Robalo y Huachinango fueron adquiridos en la Nueva Viga, Central de abastos, Colonia Ejidos del Moral, C.P. 09040, Ixtapalapa D.F, Bodega A-5.

### **Tratamiento de las muestras después de la recepción:**

Las muestras se mantuvieron en congelación en bolsas dobles de plástico selladas durante 24 horas. previas a su conservación (secado en estufa de corriente de aire a 65°C y liofilizado) y se determinó el contenido de humedad gruesa.

### **Conservación de la muestra**

Una vez recibidas las muestras, se determinó el contenido de humedad, para referir posteriormente los resultados en la base original. Después se procedió a la conservación, actividad que tuvo como objetivo dar condiciones adecuadas a la muestra para su posterior análisis, determinándose en primer lugar el contenido de humedad, para posteriormente poder referir los resultados a base húmeda. En ambos métodos (secado y liofilización), el fundamento de conservación se basa en una disminución de la actividad acuosa en el residuo, de tal manera que se evita la descomposición de la muestra por actividad química o microbiana.<sup>16, 17</sup>

### **Secado**

1547.9 g de filete de Cazón, 483.8 g de filete de Sierra, 513 g de filete de Huachinango y 639g de filete de Robalo se sometieron a secado por un periodo aproximadamente de 24 horas a 65°C en una estufa de corriente de aire (Lab-Line Imperial III, Radiant Heat Oven Modelo 293 A). Terminado el tiempo de secado, las muestras fueron introducidas en botes de vidrio cerrados con su tapa y parafilm y se almacenaron en refrigeración a una temperatura promedio de 4°C.

### **Liofilización**

412.1g de filete de Cazón, 285.8g de filete de Sierra, 517g de filete de Huachinango y 511.6g de filete de Robalo se dividieron en lotes de aproximadamente 50 – 80g. Cada lote se sometió a congelamiento rápido con nitrógeno líquido, para posteriormente proceder al proceso de liofilización (Liofilizadora Labconco Freeze Dryer Modelo 4.5) por un periodo de 72 horas, a una temperatura no mayor a -50°C y una presión de 10 micrómetros de mercurio. Al término de la liofilización, las muestras fueron introducidas en frascos de vidrio y se almacenaron en refrigeración a una temperatura promedio de 4°C.

### **Operaciones de reducción de tamaño de la muestra (molienda)**

Las muestras secas y las liofilizadas empleadas para las determinaciones del análisis proximal y demás determinaciones fueron molidas en un molino Thomas Wiley Laboratory Hill Mod.4, pasando toda la muestra dos veces a través de una malla de 1mm y posteriormente una vez por la malla de 0.5 mm.

## DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

### ANÁLISIS DE COMPOSICION.

#### ANÁLISIS PROXIMAL

##### Determinación de humedad analítica

###### Fundamento

Este método involucra la determinación de la pérdida de peso debida a la evaporación de agua en el punto de ebullición o temperatura cercana a él. La proporción de agua perdida aumenta al elevar la temperatura; por lo tanto, es importante comparar sólo los resultados obtenidos usando las mismas condiciones de secado, más aún, si es factible que ocurra alguna descomposición. A su vez la pérdida en peso depende de diversos factores como son: el tamaño de la partícula y el peso de la muestra y las variaciones de temperatura entre una y otra charola del horno.

###### Material

- 3 charolas de aluminio para cada muestra
- Balanza analítica (Sartorius analytic)
- Estufa de vacío (Lab-Line Duo Vac Oven Mod. 3620)
- Desecador de vidrio

## Procedimiento (Técnica descrita por la AOAC -14.004- 1980)<sup>18</sup>

Se colocaron las charolas de aluminio en la estufa de vacío hasta que éstas alcanzaron un peso constante (aproximadamente 24 horas) el cual fue registrado. Posteriormente se pesaron aproximadamente 4 gramos de las diferentes harinas. Las charolas con las harinas se introdujeron en una estufa de vacío la cual mantuvo las siguientes condiciones: Presión no menor a 15 mm de Hg y una temperatura de 60-65°C y un tiempo de 96 horas.

Durante el tiempo en que las charolas con las harinas permanecieron en la estufa de vacío, se realizaron pesadas periódicas de las mismas; sacándolas de la estufa y colocando inmediatamente en un desecador donde permanecían aproximadamente 20 minutos; y después cada charola con la harina fue pesada en una balanza analítica hasta que se alcanzó el peso constante el cual fue registrado. La determinación de humedad para las harinas de los filetes de las especies Cazón, Sierra, Robalo y Huachinango se hizo por triplicado.

## Cálculos

$$\text{Harina seca} = \text{peso charolas} + \text{harina seca} - \text{peso charola}$$

$$\text{Contenido de humedad} = \text{harina húmeda} - \text{harina seca}$$

$$\% \text{ de humedad} = (\text{contenido de humedad} / \text{harina húmeda}) \times 100$$

## Determinación de cenizas

### Fundamento

La determinación de cenizas se basa en la destrucción de la materia orgánica contenida en una matriz alimentaria, considerándose a las cenizas como el residuo inorgánico que queda después de incinerar dicha materia orgánica en una mufla.<sup>17</sup>

### Material

- 3 crisoles de porcelana
- Desecador de vidrio
- Mechero bunsen
- Campana de extracción
- Balanza analítica (Sartorius analytic)
- Mufla (Heraew Hanau)

### Procedimiento (Técnica descrita por la AOAC -7.009- 1989)<sup>18</sup>

Los tres crisoles se colocaron en la mufla a una temperatura de 500°C, hasta alcanzar peso constante el cual se registró. En cada crisol a peso constante se colocaron aproximadamente 3 gramos de harina seca.

El crisol con la harina se colocó en la flama de un mechero fisher con el fin de carbonizar la harina hasta que ya no se desprendiera humo. Posteriormente los crisoles se introdujeron en la mufla, la cual mantenía una temperatura entre 500°C y 550°C.

Después de aproximadamente 2 horas los crisoles fueron colocados en un desecador por aproximadamente 20 minutos y fueron pesados en la balanza analítica. Posteriormente se realizaron pesadas periódicas de los crisoles hasta que éstos alcanzaron peso constante y se registró el peso. La determinación se hizo por triplicado.

## Cálculos

$$\text{Cantidad de ceniza} = \text{peso}_{\text{crisol + ceniza}} - \text{peso}_{\text{crisol}}$$

$$\% \text{ de ceniza} = (\text{cantidad de ceniza} / \text{peso}_{\text{muestra}}) \times 100$$

## Determinación de grasa

### Fundamento

Los constituyentes grasos de las materias orgánicas corresponden a diversas sustancias lipídicas. El contenido de grasa es aquel que puede ser extraído por los disolventes menos polares como lo son el éter de petróleo y éter etílico. La determinación se basa en la extracción con una fracción ligera de petróleo o con éter etílico del material seco y molido en un aparato de extracción continua en el que las gotas condensadas del disolvente caen sobre la muestra contenida en un recipiente poroso o dedal, alrededor del cual pasan los vapores calientes del disolvente.<sup>17</sup>



## Material y reactivos

- Aparato de extracción Goldfish (Labconco Mod 35001-00CV)
- 3 vasos de borde esmerilado (Labconco 35051)
- 3 porta dedales de vidrio
- 3 anillos metálicos para extracción Goldfish
- 3 tubos recuperadores de disolvente
- 3 cartuchos de celulosa de 22 x 80 mm
- Estufa de vacío (Lab-Line Duo Vac Oven Mod. 3620)
- Balanza analítica (Satorius analytic)
- Bomba de recirculación (Little Grant pump Mod. 1)
- Éter de petróleo 30-60°C Reactivo Analltico

## Procedimiento (Técnica descrita por la AOAC - 7.063 - 1989)<sup>18</sup>

Se colocaron los vasos esmerilados en la estufa de vacío hasta que éstos alcanzaron un peso constante el cual fue registrado.

En los cartuchos de celulosa se colocaron aproximadamente 4 g de la harina seca, posteriormente los cartuchos se taparon con una pequeña cantidad de algodón introduciéndose a los porta dedales de vidrio y se colocaron en el compartimiento de extracción de Goldfish.

En los vasos esmerilados se colocaron aproximadamente 40 mL de éter de petróleo y fueron colocados con ayuda del anillo metálico en el aparato de extracción, el cual a su vez se conectó con una bomba de recirculación de agua helada.

Finalmente se subió la parrilla de calentamiento del equipo y se trabajó con el control de calentamiento en la posición LOW durante un periodo de 4 horas. Al término de éste tiempo se bajaron las parrillas de calentamiento y se sacaron los porta dedales, sustituyéndose por el tubo recuperador de disolvente y se volvió a colocar nuevamente el vaso para iniciar de nuevo el calentamiento con el fin de eliminar el disolvente remanente, cuando los vasos se encontraron libres de disolvente, fueron retirados del equipo y colocados durante unos minutos en una campana de extracción, para asegurar la completa remoción del disolvente. Los vasos fueron colocados en la estufa de vacío hasta alcanzar peso constante y se registró.

La determinación fue hecha por triplicado

Cálculos

$$\text{Cantidad de grasa} = \text{peso}_{\text{vaso} + \text{grasa}} - \text{peso}_{\text{vaso}}$$

$$\% \text{ grasa} = (\text{Cantidad}_{\text{grasa}} / \text{Peso}_{\text{muestra}}) \times 100$$

## Determinación de Fibra cruda

### Fundamento

La fibra cruda es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra en las condiciones descritas a continuación. Las condiciones más comunes son tratamientos consecutivos con petróleo ligero, ebullición con ácido sulfúrico diluido, ebullición con hidróxido de sodio diluido, con ácido clorhídrico diluido, con alcohol y con éter y finalmente una incineración del material insoluble, de tal modo que por diferencia es posible obtener el contenido de hidratos de carbono no degradables. Este tratamiento empírico proporciona la fibra cruda, que consiste principalmente en celulosa y cierta proporción de lignina y hemicelulosa contenidas en la muestra original!<sup>17</sup>

**Nota:** Aunque era de esperarse que no presentara fibra cruda las muestras de pescados se decidió realizar la prueba.

### Material y reactivos

- 3 vasos de Berzelius de 600 mL (Kimax)
- Estufa de vacío (Lab-Line Duo Vac Oven Mod. 3620)
- Balanza analítica (Satorius analytic)
- Mufla (Heraew Hanau)
- Mechero bunsen
- Aparato de digestión (Labconco)
- 3 crisoles de porcelana
- 3 matraces de vidrio Kitasato (Kimax)
- 3 embudos buchner con alargadera

- Silicato de aluminio
- Filtro de lino
- Solución de  $H_2SO_4$  al 1.25% (m/v)
- Solución de NaOH al 1.25% (m/v)
- Solución antiespumante
- Alcohol etílico

### **Procedimiento** (Técnica descrita por la AOAC - 7.074 - 1989)<sup>18</sup>

La harina desengrasada obtenida a partir de la determinación de grasa, se pasó cuantitativamente a los vasos de Berzelius que contenían aproximadamente 0.5 g de silicato de aluminio.

A continuación se le adicionaron 200 mL de  $H_2SO_4$  al 1.25% (m/v) hirviendo, así como 5 gotas de antiespumante diluido Sigma "A".

Los vasos se colocaron inmediatamente en el aparato de digestión, el cual estaba previamente calentado, y se dejó digerir por un tiempo de 30 minutos exactos. Al término de éste tiempo se vació el contenido sobre un embudo buchner con filtro de lino y se filtró con ayuda de vacío, lavando el residuo con agua (destilada) caliente hasta que se eliminó el ácido.

Nuevamente el residuo fue transferido cuantitativamente al vaso Berzelius, y se adicionaron 5 gotas de antiespumante diluido y 200 mL de NaOH al 1.25% (m/v) hirviendo y se

mantuvieron en el aparato de digestión por un tiempo de 30 minutos exactos. Transcurrido éste tiempo, se vació nuevamente al filtro de lino y se filtró lavando el residuo con agua caliente hasta que se logró la eliminación del álcali y finalmente se agregaron 25 mL de alcohol etílico.

El residuo se trasladó a un crisol de porcelana el cual previamente fue puesto a peso constante registrando éste valor. Se colocó en la estufa de vacío para su secado hasta que alcanzó peso constante (se registró el peso del crisol más el residuo digerido).

A continuación se carbonizó el residuo con un mechero y se introdujo en la mufla para su incineración, los crisoles fueron pesados en diferentes periodos de tiempo hasta que éstos alcanzaron peso constante registrándose el valor obtenido. La determinación se hizo por triplicado.

## Cálculos

$$\% \text{ de fibra} = \left[ \frac{\text{Peso}_{\text{crisol con residuo después de secado}} - \text{Peso}_{\text{crisol + cenizas}}}{\text{peso muestra}} \right] \times 100$$

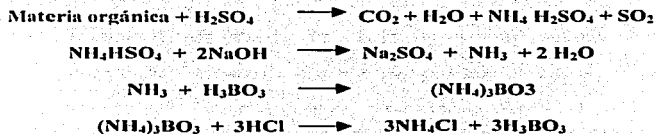
## Determinación de Proteína cruda

### Fundamento

Para la determinación de proteína es comúnmente empleado el método Kjeldahl, que en realidad determina el nitrógeno total contenido en una matriz alimenticia. Este método se basa en la combustión en húmedo de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos y de otro tipo para reducir el nitrógeno orgánico de la muestra hasta nitrógeno inorgánico en forma de amoníaco, el cual queda en solución en forma de sulfato de amonio. El producto de la digestión, una vez alcalinizado, se destila directamente o por arrastre con vapor para desprender el amoníaco, el cual es atrapado en una solución de ácido bórico y posteriormente titulado.<sup>17</sup>

El contenido de proteína es 6.25 veces el contenido de nitrógeno, pues, por lo general, las proteínas tienen 16% de nitrógeno.

Las reacciones antes descritas se muestran a continuación:



## Material y reactivos

- Digestor (Tecator 20 – 40)
- Equipo de microdestilación (Kjeltec Auto analyzer Tecator Mod 1030)
- 5 tubos de digestión de 75 mL (Tecator) (3 para la muestra y dos para los blancos)
- Mezcla digestiva (3 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 50 mL de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  y 430 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado)
- Peróxido de hidrógeno al 30%
- Sulfato de potasio (reactivo analítico)
- Solución de NaOH al 40%
- Solución de ácido bórico con indicadores (ácido bórico 1%, rojo de metilo 0.0007% y 0.001% de verde de bromocresol)
- Solución de HCl 0.01 N valorada

## Procedimiento

El contenido de proteína se determinó con el método 2.055 de AOAC 1989<sup>18</sup> con las siguientes modificaciones: 1) Se colocaron de 20 a 30 mg de la harina seca y se agregaron 0.5 g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  y 3 mL de mezcla digestiva en los tubos de digestión y se colocaron en el digestor; 2) después de 15 minutos en el digestor a 370° C, se sacaron los tubos y se mantuvieron a temperatura ambiente 5-10 minutos. Se adicionaron 1.5 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30% y se colocaron nuevamente en el digestor a 370° C hasta que se logró transparencia en la mezcla (aproximadamente 2 horas); 3) se realizó la destilación recibiendo en ácido bórico con indicadores, valorando con HCl 0.01 N normalizado. El objetivo de modificar la mezcla digestiva y utilizar peróxido de hidrógeno fue lograr la completa oxidación de la materia orgánica y reducir la pérdida de nitrógeno por formación de aminas o nitrógeno

libre, favoreciendo la formación de sulfato de amonio. Se utilizó como blanco dextrosa a la que se le hizo el mismo tratamiento de la muestra. Esta determinación se realizó por triplicado para cada muestra.

### Cálculos

$$\% \text{ de nitrógeno} = [(M - Y) \times N \times \text{meq} \times 100] / m$$

$$\% \text{ de Proteína} = \% \text{ nitrógeno} \times F$$

Donde:

M: mL titulación de la muestra

Y: mL titulación del blanco

N: Normalidad de la solución de HCl

meq: miliequivalentes de nitrógeno (0.014)

m: peso de la muestra en gramos

F: factor de conversión de proteína; en el caso de las muestras se empleó el valor de 6.25



# **DETERMINACIÓN DE MINERALES Y METALES PESADOS (Método PIXE)**

## **Fundamento<sup>19</sup>**

El método PIXE (emisión de rayos X inducida por partículas), se basa en la ionización de las capas internas de un átomo blanco por la incidencia de un ion positivo y la subsiguiente desexcitación del átomo por el decaimiento de un electrón desde la capa superior para cubrir la vacante, con la emisión de un fotón de rayos X para eliminar el exceso de energía en el átomo. La energía del fotón emitido es característica del elemento en cuestión, por lo cual es posible, mediante la medición de dicha energía, la identificación del elemento. La forma de producir los iones se logra a través de un acelerador conocido como Peletrón, el cual produce átomos de gran energía y funciona con un proceso de doble aceleración de los iones.

**Nota:** La determinación de los minerales y metales pesados se realizó en el Instituto de Física de la UNAM gracias al apoyo del Dr. Javier Miranda que realizó estos análisis.

## **Material y equipo**

- Pastilladora manual
- Acelerador Peletrón del Instituto de Física, UNAM.
- Haz de protones para emisión de Rayos X
- Detector de germanio de alta pureza ( (LEGe) marca Canberra)
- Detector de silicio (marca  $\Delta$  mptek)
- Amplificadores (Canberra Mod. 2026)

- Analizador multicanal (Oxford-Tennelec PCA3-Plus)
- Multiplexor (Oxford-Tennelec)
- Material de referencia certificado de sedimento lacustre (SL-1 Organismo Internacional de energía atómica)

## **Procedimiento**

### **Preparación de la muestra**

Se prepararon 4 pastillas de aproximadamente 1 g de la harina liofilizada para cada muestra. Cuidando que se tuviera una buena compactación para evitar la ruptura de las pastillas.

### **Análisis mediante la técnica de Emisión de rayos X inducida por partículas PIXE**

Las cuatro pastillas fueron analizadas mediante la técnica de PIXE bajo las siguientes condiciones:

Se utilizó el sistema de haz a la atmósfera del acelerador Peletrón<sup>20</sup>, el cual tenía una ventana de aluminio de 8  $\mu\text{m}$  de espesor.

Los rayos X emitidos por las muestras por la irradiación con un haz de protones (con una energía de 3.3 MeV al salir del acelerador y 3 MeV al alcanzar la muestra), fueron captados con un detector de germanio de alta pureza y un detector de silicio marca Amptek.

Las señales electrónicas producidas por ambos detectores fueron procesadas con amplificadores Canberra y los espectros resultantes se colectaron en un analizador Multicanal junto con un Multiplexor. El diámetro del haz de protones fue de 2 mm sobre el blanco. El ángulo de incidencia del haz fue de  $0^\circ$  con la normal al blanco, y el ángulo de detección fue de  $47^\circ$  con respecto a la misma normal.

El material de referencia SL-1 se usó para determinar la eficiencia del detector.

El análisis de PIXE ofreció información sobre los elementos más pesados que Na, presentes en las muestras.

Los espectros de rayos X obtenidos con PIXE se analizaron con los programas QXAS<sup>21</sup> y PIXEINT.<sup>22</sup>

# CUANTIFICACIÓN DE FACTORES TÓXICOS Y ANTINUTRICIONALES

## Determinación de Inhibidores de tripsina<sup>23</sup>

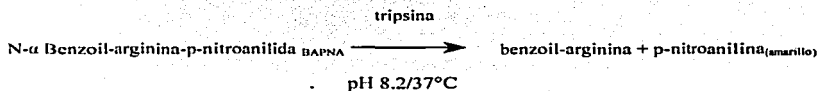
### Fundamento

Se basa en observar la inhibición producida por un extracto acuoso de la muestra sobre una solución estándar de tripsina.

El extracto se pone en contacto con una solución estandarizada de tripsina y después de cierto tiempo se determina la actividad proteolítica remanente, por medio de un sustrato sintético (BAPNA), el cual producirá coloración, al ser hidrolizado por la enzima, la cual se lee en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 410 nm, donde la coloración es inversamente proporcional al contenido de inhibidores de la muestra.

La actividad de inhibidores de tripsina se expresa en términos de unidades de tripsina inhibida (U.T.I), donde una unidad de tripsina se define arbitrariamente como un incremento de 0.01 unidades de absorbancia a 410 nm.

La reacción antes mencionada es la siguiente:



## Material y reactivos

- Potenciómetro (Corning Mod. 10)
- Parrilla con agitación magnética (Thermoline Mod. SP-13025)
- Baño de agua a 37°C (Grant Mod. 67530)
- Espectrofotómetro (Sequoia-Turner Mod. 340)
- Vortex (Lab-Line mod. 1290 super mixer)
- Tubos de ensayo
- Solución de NaOH 0.1 N
- Solución de ácido acético al 30 %
- Solución amortiguadora TRIS pH 8.2 y 0.05M (3.025 g de hidroximetil-amino-metano y 2.94 g de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  se disolvieron en 450 mL de agua destilada, se ajustó el pH a 8.2 y se aforó a un volumen de 500mL)
- Solución BAPNA (100 mg de N- $\alpha$  benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida-HCl se disolvieron en 2.5 mL de dimetil-sulfóxido y se diluyen a 250 mL con amortiguador TRIS el cual se calentó previamente a 37°C) esta solución se preparó el mismo día de la determinación.
- Solución estándar de tripsina 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  (se pesaron 4 mg exactos de tripsina bovina –SIGMA T-8253 y se disolvieron en 200 mL de HCl 0.001 N)

## **Procedimiento**

### **Preparación del extracto**

Se pesó aproximadamente 1 g de la harina liofilizada en un vaso de precipitados y se adicionaron 45 mL de NaOH 0.01 N, posteriormente se ajustó el pH a  $9.6 \pm 0.2$  y se aforó con NaOH 0.01N a 50 mL, se introdujo un magneto en el vaso y se colocó en agitación por un periodo de 2 horas y media a 300 r.p.m.

Transcurrido el tiempo se quitó el magneto del vaso y se dejó reposar el extracto por 30 minutos y posteriormente por decantación se obtuvo el extracto eliminándose el residuo insoluble.

### **Determinación de la actividad del extracto**

Se introdujeron dentro de un tubo de ensaye 0, 0.6, 1, 1.4 y 1.8 mL del extracto obtenido y se ajustó cada tubo a un volumen final de 2 mL con agua destilada. Los tubos se introdujeron en el baño de agua a 37°C y se adicionaron 2 mL de solución estándar de tripsina a 37°C y se mantuvieron así por 10 minutos exactos. Después se adicionaron 5mL de BAPNA a 37°C a cada tubo, se mantuvieron así por 10 minutos exactos a 37°C, finalmente se detuvo la reacción con adición de 1 mL de ácido acético al 30% y se homogencizó.

En el caso del blanco después de agregar la solución estándar de tripsina, se le adicionaron inmediatamente 2 mL de ácido para detener la reacción.

Los tubos de reacción después de un tiempo de reposo de 15 minutos se filtraron a través de papel filtro Whatman # 1 ya que presentaban ligero enturbiamiento.

De cada tubo se realizó la lectura de transmitancia en el espectrofotómetro (ajustado a 100% de transmitancia con el tubo que contenía 0 mL del extracto) a una longitud de onda 410 nm

*La técnica fue ensayada previamente con un extracto de soya.*

*Se realizaron 2 extractos para la determinación de inhibidores de tripsina de cada muestra .*

## Cálculos

El valor de absorbancia se multiplicó por 100, para convertir a unidades de tripsina inhibidas (UTI); se restó a cada valor obtenido el valor de la referencia que es el tubo al cual no se le agregó extracto. Después se dividió cada valor entre la cantidad de extracto empleada de tal modo que se tienen UTI/mL. A continuación se relacionó el volumen de extracto con UTI/mL con un modelo de regresión lineal.

$$UTI/mg_{muestra} = \text{ordenada al origen}_{\text{regresión lineal}} + x (\text{volumen}_{\text{extracto}}/mg_{muestra})$$

La ecuación anterior es utilizada siempre y cuando los inhibidores de tripsina determinados muestren una cinética de inhibidores tipo Kunitz; esto es cuando el coeficiente de correlación de la ecuación de la recta sea  $-0.9$ , de no ser así se obtiene de un cuadruplicado y se reporta el valor.

## **Determinación de Hemaglutininas (prueba semicuantitativa) <sup>24</sup>**

### **Fundamento**

La detección de hemaglutininas o lectinas se basa en la observación de la aglutinación de glóbulos rojos provocada por un extracto de lectinas proveniente de una muestra. La técnica incluye diluciones seriadas del extracto, en la cual se determina el punto final por una estimación visual de la aglutinación de los glóbulos rojos los cuales son lavados y activados con una solución de proteasa (pronasa), lo cual aumenta la sensibilidad de la aglutinación.

### **Material y reactivos**

- Parrilla con agitación magnética (Thermoline Mod. SP-13025)
- Espectrofotómetro (Sequoia-Turner Mod. 340)
- Centrifuga para tubos (DYNAC)
- Tubos graduados de 15 mL para centrifuga
- Incubadora a 37°C (Blue-M)
- Adaptador para celdas de 10 x 75 mm (acondicionado a una abertura de 1 cm<sup>2</sup>)
- Kit de Microtitulación (Microtiter Kit cook Eng-Alexander Virginia USA)
- Placas tipo "V" para microtitulación
- Dispositivo con espejo para la lectura de las placas de microtitulación.
- Papel Whatman de filtración rápida
- Matraces aforados de 20mL
- Solución de pronasa 0.2% en solución salina
- Solución salina al 1% (m/v)



- Solución salina al 0.9% (m/v)
- Solución anticoagulante (heparina)
- Sangre de hámster (aproximadamente 50 gotas)

## **Procedimiento**

### **Preparación del extracto**

Se pesó 1 g de la harina liofilizada, para posteriormente suspenderse en 10 mL de solución salina al 1%.

La suspensión se sometió a agitación mecánica durante 2 horas a 300 r.p.m. a temperatura ambiente.

Trancurrido el tiempo de agitación, el extracto se centrifugó durante 15 minutos con el fin de eliminar el residuo insoluble. El sobrenadante fue filtrado a través del papel filtro sobre un matraz aforado, llevando el extracto a un volumen final de 10 mL con solución salina al 1%.

*Se realizaron 2 extractos de cada harina de los filetes de las diferentes especies de pescado y 1 extracto de frijol negro jamapa que se utilizó como control positivo.*

## **Preparación del paquete de eritrocitos**

### **Lavado de eritrocitos**

Se obtuvieron aproximadamente 50 gotas de sangre de hámster, las cuales fueron colocadas en un matraz de 25 mL que contenía heparina, posteriormente se diluyó la sangre con solución salina al 0.9% en una relación 1:5 v/v (sangre:solución salina), la sangre fue distribuida en 4 tubos graduados para centrifuga y se sometieron a centrifugación a 1500 r.p.m. durante 10 minutos, al término de éste tiempo se separó el sobrenadante y se volvieron a diluir los eritrocitos con la misma relación antes mencionada para volver a ser centrifugados bajo las mismas condiciones.

Esta operación se repitió 3 veces.

Finalmente el paquete de eritrocitos se diluyó a una concentración de 4% de eritrocitos, para lo cual se agregaron por cada 1 mL de eritrocitos 24 mL de solución salina al 0.9%.

### **Sensibilización de eritrocitos**

A la solución al 4% de eritrocitos, se agregó por cada 10 mL de solución, 1 mL de solución de pronasa al 0.2% en solución salina, fueron colocados en una incubadora durante 1 hora a 37°C y al término de éste tiempo la solución de eritrocitos se distribuyó nuevamente en tubos graduados para centrifuga y se centrifugaron a 1500 r.p.m. durante 10 minutos con el

fin de eliminar la pronasa. Finalmente se sometieron los eritrocitos a 3 lavados con solución salina al 0.9% de la misma manera mencionada en el lavado de la sangre.

Después del último lavado el paquete de eritrocitos fue llevado a una suspensión al 4% con solución salina al 0.9%, para lo cual se consideró que por cada 1 mL de eritrocitos se agregaron 24 mL de solución salina.

#### **Ajuste de la suspensión de eritrocitos**

Se tomaron 0.1 mL de la suspensión de eritrocitos y se agregaron 4.9 mL de solución salina en una celda de vidrio, midiéndose enseguida el valor de transmitancia en el espectrofotómetro a 620 nm utilizando un adaptador de celdas que permitiera el paso de  $1\text{ cm}^2$  de luz. (El espectrofotómetro fue ajustado a 100% de transmitancia utilizando como blanco solución salina al 0.9%). La lectura apreciada fue de 24.6% de transmitancia, considerándose adecuada para la determinación. (Los valores que se deben de obtener son de  $25\% \pm 1$ ).

#### **Microtitulación**

En las placas tipo "V" se colocaron, en cada pozo de cada hilera 50  $\mu\text{L}$  de solución salina al 0.9% con un pipetero de gota evitando tocar las paredes de los pozos.

Posteriormente se llenó el microdilutor con 50  $\mu$ L del extracto y se procedió a realizar 24 diluciones sucesivas en forma de culebra (ocupando 2 hileras), después se llenó el microdilutor con 50  $\mu$ L del extracto de referencia y se realizaron 12 diluciones sucesivas (ocupando 1 hilera).

Finalmente en cada pozo se colocaron 50  $\mu$ L de la suspensión de eritrocitos sensibilizada y ajustada. Las placas se rotaron en forma circular y se introdujeron a la incubadora a 37°C por 1 hora.

#### **Lectura de las placas**

Una vez transcurrido el tiempo de incubación, se colocó la placa en el dispositivo de lectura y se reportó la máxima dilución que presentó aglutinación.

# DETERMINACIONES EMPLEADAS PARA LA EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE LAS HARINAS DE LOS FILETES DE LAS DIFERENTES ESPECIES DE PESCADOS.

## Determinación del perfil de ácidos grasos <sup>25, 26, 27</sup>

### Fundamento

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos obtenidos después de un proceso de saponificación, son separados y determinados en un cromatógrafo de gases, en donde son separados como consecuencia del reparto entre una fase móvil gaseosa y una fase estacionaria líquida contenida en una columna.

### Material y reactivos

- Cromatógrafo de gases (Perkin Elmer Auto System Gas Chromatograph, Integrador PE Nelson Model 1022)
- Columna para la separación cromatográfica (Alltech Capillary Column 30x0.32 mm ID x 0.25  $\mu$ m. AT<sup>(TM)</sup> – SILAR Serie no. 1303512H)
- Gases: Helio como gas acarreador, Hidrógeno como gas de combustión, Aire de alta pureza para el detector de flama (99,997%)
- Baño a 80°C (POLYSTAT Instrument Company Mod. 12002)
- Tubos de vidrio con tapón de rosca de teflón (Kimax)
- Pipetas graduadas de 2 y 4 mL
- Matraces aforados de 5 mL

- Jeringa de 10  $\mu$ L para inyección en el cromatógrafo (Hamilton)
- Vórtex (Lab-Line mod. 1290 super mixer)
- Pipetas pasteur
- Solución de KOH al 5% en metanol
- Solución de HCl al 10% en metanol
- Estándar de ácidos grasos Supelco <sup>TM</sup> 37 Component FAME Mix Catalog No. 47885-0
- Mezcla de disolventes Tolueno:Hexano (80:20) (se colocaron 80 mL de tolueno en una probeta de 100 mL y se completó este volumen con hexano).

**Nota:** todo el material de vidrio se lavó perfectamente con agua destilada y posteriormente se lavó primero con tolueno seguido de acetona después metanol y finalmente acetona, (en ese orden) antes de ser utilizado. Todos estos reactivos fueron de grado analítico.

## Procedimiento

### Esterificación de los ácidos grasos

En un tubo con tapón de rosca, se pesaron entre 20-40 mg de aceite extraído a partir de la harina liofilizada, la extracción se llevó a cabo durante 3  $\frac{1}{2}$  horas con éter de petróleo en un equipo de extracción Goldfish (Labconco Mod 35001-00CV).

Al tubo con muestra se le adicionaron 2 mL de KOH al 5% en metanol y se colocaron en un baño a 80°C por 1 hora.

Al término de éste tiempo el tubo se dejó enfriar y se agregaron 2 mL de HCl al 10% en metanol y 100 µL de BF<sub>3</sub> y se volvió a introducir en el baño a 80°C por 1 hora.

Posteriormente se dejó enfriar y se agregaron 4 mL de agua y 2 mL de mezcla Tolueno:Hexano (80:20), se agitó en un vórtex por espacio de 1 minuto y se separó la fase orgánica, a ésta se le agregan nuevamente 4 mL de agua y 2 mL de mezcla tolueno:Hexano (80:20) y se separa la fase orgánica.

Finalmente dicha fase se llevó a un volumen final de 5 mL, de ésta solución se tomó 1µL y se inyectó en el cromatógrafo de gases.

#### **Inyección de la muestra**

Se encendió el cromatógrafo de gases junto con el integrador, posteriormente se abrió la válvula principal del gas acarreador (helio) y gases de combustión (hidrógeno y aire) y se ajustó la presión de salida de estos a las siguientes condiciones:

80 psi para el Helio

30 psi para el hidrógeno

40 psi para el aire seco

Se utilizó un programa de temperatura que dio las condiciones físicas adecuadas para la obtención del análisis de composición de los ácidos grasos, estas condiciones fueron las siguientes:

Temperatura inicial del horno: 50°C

Temperatura inicial del detector: 300°C

Temperatura inicial del inyector: 250°C

Presión de gas (flujo): 10 psi

Finalmente se inyectó 1µL de la muestra previamente esterificada y se llevó a cabo el análisis.

La esterificación se llevó a cabo por triplicado, y de cada muestra esterificada se realizó una inyección.

## Cálculos

Se calculó el porcentaje de cada ácido graso de acuerdo con la siguiente fórmula

$$\% \text{ del ácido graso} = \frac{\text{Área}_{\text{ácido graso}}}{\sum \text{Área}_{\text{ácidos grasos}}} \times 100$$



## Determinación del perfil de aminoácidos

### Fundamento

La cuantificación de aminoácidos se ha llevado a cabo tradicionalmente utilizando resinas de intercambio iónico, previa hidrólisis de la proteína. Los métodos basados en HPLC (High Performance Liquid Chromatography) han permitido que éstos se impongan dada su mayor rapidez y sensibilidad<sup>28</sup>. Debido a la polaridad de los aminoácidos y a la ausencia de un cromóforo en la mayoría de ellos, la formación de un derivado antes del análisis por HPLC en fase reversa es necesaria<sup>29</sup>. Se ha reportado que los derivados formados con 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidil-carbamato son estables y permiten incrementar la precisión del análisis rutinario de aminoácidos por derivatización pre columna, dada la menor manipulación de la muestra durante la preparación de los derivados de los aminoácidos liberados después de haber hidrolizado la proteína.<sup>29,30,31</sup> La cuantificación de aminoácidos en alimentos sigue a una etapa de hidrólisis; en la cuantificación por intercambio iónico, el alimento se hidroliza a 145°C durante 4 horas, sin que se reporten mermas significativas en los rendimientos de los aminoácidos. La hidrólisis ácida en fase de vapor (HCl 6 N, 0.1% de fenol), es una adaptación que ha permitido incrementar el rendimiento del proceso de hidrólisis, pues las pérdidas por oxidación de aminoácidos se reducen gracias a la combinación de nitrógeno y vacío durante la preparación de las muestras a hidrolizar, el contacto de HCl gaseoso con la muestra y un control eficiente de temperatura y tiempo de hidrólisis (145°C por 4 horas)<sup>28,32</sup>. Entonces al combinar la derivatización con 6-aminoquinolil-N-hidosuccinimidil-carbamato, la cuantificación por HPLC y la hidrólisis de material protéinico con HCl 6 N, 0.1% de fenol, en fase de vapor, a

145°C por cuatro horas, es posible llevar a cabo la cuantificación de aminoácidos con buena selectividad y precisión.

## Material y reactivos

### Hidrólisis

- Estación de trabajo Pico Tag (Waters)
- Viales de reacción de la estación de trabajo Pico Tag
- Bomba de alto vacío RV8 (Edwards)
- Refrigerante tipo dedo frío
- Tubos de ensayo de 4 x 50 mm (Corning)
- Marcador de tinta permanente Esterbrook de Berol
- Micro pipeta (y puntas) con capacidad de 200-1000 µL (Finnpipette)
- Vortex (Lab-Line mod. 1290 super mixer)
- Agua destilada y desionizada (agua purificada de 18 Mohm de resistividad o agua destilada y desionizada pasada por un filtro de 0.22 µm)
- Hielo seco
- Metanol (Q.P)
- Nitrógeno de alta pureza (99.997%) (Infra)
- HCl 6 N, 0.1% de fenol

### Preparación de la muestra

- Micropipeta (y puntas) con capacidad 50-200 µL (Finnpipette)
- Pipeta Pasteur (12)
- Vórtex (Lab-line instruments. Mod. 1290)
- Matraz aforado de 5 mL

- Jeringas de 10 mL
- Acrodisco de nylon, 0.22  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro y 13 mm de diámetro (Gelman)
- Tubos de ensayo de 10 x 70 mm (Pirex)
- Norleucina 5 mM-HCl 10 mM (disolución de norleucina (c.b.p. 5 mM) en HCl 0.1M suficiente para obtener 10 mM al final)
- Acetonitrilo:Agua 20:80 (200 mL de acetonitrilo grado HPLC, más 800 mL de agua purificada)
- Acetonitrilo grado HPLC (JT-Baker)
- Agua destilada y desionizada (mismas condiciones que en hidrólisis)

#### **Derivatización**

- Tubos de ensayo de 4 x 50 mm (Corning)
- Parrilla de calentamiento (Stirrer/Hot Plate Corning) con baño de agua a 55° C
- Micropipeta (y puntas) con capacidad 5-50  $\mu\text{L}$ , (Finnpipette)
- Micropipeta (y puntas) con capacidad 50-200  $\mu\text{L}$ , (Finnpipette)
- Micropipeta (y puntas) con capacidad 100-1000  $\mu\text{L}$ , (Finnpipette)
- Vórtex (Lab-line instruments mod. 1290)
- Parafilm
- Estándar de aminoácidos H 2.5 mM, excepto Cistina: 1.25 mM, Pierce
- Acetonitrilo (AccQ Fluor reagent diluent, vial 2B), 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidil carbamato (AccQ Fluor reagent, vial 2A) y Buffer de boratos (AccQ Fluor Borate Buffer, reactivo 1), (Waters AccQ Fluor Reagent kit)

#### **Análisis cromatográfico**

- Sistema de entrega de disolventes (2), (Waters mod. 510)

- Inyector con loop de 20  $\mu$ L (Rheodyne)
- Jeringa para HPLC 25  $\mu$ L (Hamilton)
- Detector UV-Vis Waters 486 (Waters)
- Horno y unidad de control de temperatura modelo III (Waters)
- Controlador automático de gradiente modelo 680 (Waters)
- Adquisición e integración de datos Chromjet modelo 54076 (Waters)
- Sistema de filtración a vacío (2) (Millipore )
- Filtro de tamaño de poro 0.45  $\mu$ m tipo HA (Millipore)
- Filtro de tamaño de poro 0.22 $\mu$ m tipo GV (Millipore)
- Filtro pre columna en línea (Waters)
- Columna AccQ-Tag Nova Pak C<sub>18</sub>, tamaño de partícula 4  $\mu$ m, de 3.9 mm x 150 mm. (Waters)
- AccQ Tag concentrado A (buffer acuoso de acetatos y fosfatos) (Waters )
- Acetonitrilo grado HPLC (JT Baker)
- Agua destilada y desionizada (mismas condiciones que en hidrólisis)

## Procedimiento

### Preparación de la estación de trabajo.

Se preparó la estación de trabajo picotag; se depositó hielo seco en el recipiente del refrigerante tipo dedo frío y metanol suficiente para cubrir el hielo seco que se había depositado. Además se verificó que los controles de vacío y de Nitrógeno se encontraran

cerrados. Se encendió la bomba de vacío y después de diez minutos se verificó que la lectura del manómetro de la estación de trabajo fuera de 50-70 miliTorr.

#### **Preparación de la muestra: secado.**

Se pesaron, por triplicado, 10 mg de la harina liofilizada y desengrasada (la cual había sido previamente molida en un molino Wiley Laboratory Hill Mod.4 y pasada a través de una malla de 1mm y posteriormente por la malla de 0.5 mm.) en el interior de un tubo de 4 x 50 mm, previamente marcado con marcador de tinta permanente. Se agregaron aproximadamente 50 µL de agua grado HPLC y se agitó durante algunos segundos en el vórtex, con la finalidad de hidratar por completo la muestra y distribuirla en las paredes del tubo para mejorar su exposición a los vapores de HCl 6N. Los tres tubos se depositaron en el interior del vial de reacción. (Ver anexo figura 4)

Se colocó la tapa y se deslizó el botón rojo a la posición abierto (los viales de reacción deben estar secos, para lo cual se introdujeron en la estación de trabajo vacíos y en la posición abierto, tras lo cual se abrió la válvula de vacío y se dejaron así hasta que alcanzaron una presión de 50-70 miliTorr). El vial se colocó en la estación de trabajo, se abrió la válvula de Nitrógeno durante 15 segundos, la presión de salida del Nitrógeno no debió exceder 0.3 kg/cm<sup>2</sup>, después se abrió lentamente la válvula de vacío hasta alcanzar una presión de 1-2 Torr.

Se abrió y cerró la válvula de nitrógeno para controlar la espuma y ebullición de la mezcla con la muestra para evitar pérdidas por proyección del material al exterior del tubo. Una

vez que desapareció la espuma, se cierra la válvula de Nitrógeno y se mantuvo abierta la del vacío hasta secar las muestras (cuando la presión fue de 50-70 miliTorr). Se cerró la válvula de vacío y se retiró el vial de la estación de trabajo.

#### **Preparación de las muestras: purga con nitrógeno.**

Se agregaron 200  $\mu\text{L}$  de HCl 6 N con 0.1 % de fenol en el fondo del vial de reacción, cuidando no introducir ácido al interior de los tubos con muestra. Para purgar el vial de hidrólisis, se cerró el vial y se introdujo nuevamente en la estación de trabajo pico-tag, se abrió lentamente el vacío hasta alcanzar 1-2 Torr de presión, y se mantuvo abierto hasta que empezó la ebullición del ácido clorhídrico; se cerró el vacío y se purgó el vial con nitrógeno durante 5 segundos; se cerró el nitrógeno y se repitió éste ciclo dos veces más.

Al finalizar el tercer ciclo, se abrió el vacío del mismo modo y se mantuvo hasta que alcanzó una presión ligeramente menor a 1 Torr. Se cerró el vial deslizando el botón verde a la posición cerrado, se cerró el vacío y se sacó el vial de reacción de la estación de trabajo. (Ver anexo figura 3)

#### **Hidrólisis en fase de vapor.**

Una vez finalizada la preparación, se introdujo el vial al horno de la estación de trabajo, previamente calentado a 145° C (colocando el botón oven en la posición de encendido y ajustando la temperatura con la perilla temp al mismo tiempo que se mantiene hacia arriba el botón set), durante 4 horas.

### **Eliminación del exceso de HCl.**

Transcurrido el tiempo, se sacó el vial del horno, se dejó enfriar a temperatura ambiente y dentro de una campana de extracción, se deslizó el botón rojo a la posición abierto para dejar escapar el ácido y los vapores que se generaron durante el proceso; después se abrió el vial de reacción y se sacaron los tubos con los hidrolizados, se enjuagó el exterior de cada uno con agua y se depositaron en un vial de reacción seco. Después, se procedió a eliminar el exceso de ácido del interior de cada uno de los tubos con ayuda de vacío; se tapó el vial asegurando que se encontrara en la posición abierto, se introdujo en la estación de trabajo picotag y se abrió el vacío hasta que alcanzó 1-2 Torr, y se mantuvo abierto hasta que la lectura del manómetro de la estación de trabajo fue de 50-70 miliTorr. Se cerró el vial, así como el vacío y se conservaron los hidrolizados en una atmósfera inerte por aproximadamente 12 horas hasta su posterior preparación.

### **Cuantificación de aminoácidos por HPLC de fase reversa**

#### **PASO 1. Preparación de las muestras: re-hidratación del hidrolizado.**

A cada uno de los tubos con hidrolizado se agregaron 100  $\mu$ L de norleucina 5 mM - HCl 10 mM, el primero como estándar interno y el ácido clorhídrico para rehidratar y extraer los aminoácidos del tubo de hidrólisis. Se agitó un minuto en vórtex y se dejó reposar un minuto para después agregar de 100 a 200  $\mu$ L de acetonitrilo 20%, se agitó un minuto más en vórtex y se transfirió cuantitativamente a un matraz volumétrico de 5 mL con ayuda de una pipeta pasteur, el tubo se lavó con acetonitrilo al 20% y se agitó hasta que la solución

de lavado fue incolora (volumen menor a 1 mL), se transfirió cuantitativamente el contenido de cada paso de lavado al matraz volumétrico de 5 mL y se llevó al aforo con agua purificada (concentración final de norleucina: 0.5 mM ).

Se filtró la muestra a través de un acrodisco de nylon de 0.2  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro, conectado en la punta de otra jeringa, desechándose las primeras 3-5 gotas y recuperando el resto, del cuál fue tomada la alícuota para derivatizar los aminoácidos.

#### **PASO 2. Derivatización de aminoácidos**

En un tubo de ensayo de 4x50 mm, se depositaron 10  $\mu\text{L}$  del estándar de aminoácidos o de la muestra purificada y filtrada, evitando que la punta de la pipeta tocara las paredes del tubo; se agregaron 70  $\mu\text{L}$  del buffer de boratos, se agitó el tubo en un vórtex por 10 segundos y finalmente se agregaron 20  $\mu\text{L}$  del reactivo de derivatización AQC ( 3mg/5mL, de  $\text{C}^{13}\text{H}_3\text{CN}$  ) se agitó en el vórtex durante un minuto (tiempo durante el cual se llevó a cabo la reacción y se hidrolizó el exceso de AQC), se cubrió con parafilm la boca del tubo y se introdujo en el baño de agua a 55° C durante 10 minutos para completar la formación del monoderivado de tirosina y se dejó enfriar.



## **Análisis cromatográfico**

### **PASO 1. Preparación de fase móvil.**

Buffer acetato-ácido fosfórico (fase A),  $\text{pH}=5.02\pm 0.02$

Se diluyeron 100 ml de concentrado A (AccQ Tag concentrado A) hasta 1000 ml con agua purificada, utilizando un matraz volumétrico de 1000 ml. Se hizo pasar la totalidad de la fase a través de un sistema de purificación a vacío con un filtro de tamaño de poro 0.45  $\mu\text{m}$  tipo HA. Se mantuvo el vacío durante 5 minutos, después de que hubo pasado la totalidad de la fase A por el sistema de filtración para desgasificarse.

Acetonitrilo: agua 60:40 (fase B)

En una probeta de 1000 ml, se vertieron 600 ml de acetonitrilo grado HPLC, añadiéndose 400 ml de agua purificada, después de que hubo salido el aire se ajustó a 1000 ml con agua purificada. Se filtró y desgasificó la fase B de la misma manera en que se hizo para la fase A, utilizando un filtro de 0.22  $\mu\text{m}$  tipo GV.

### **PASO 2. Acondicionamiento del equipo.**

Se prendió el equipo (bombas, controlador y registrador, en ese orden), después de asegurar que había fase móvil suficiente (A y B) para cada una de las dos bombas y se verificó que no hubiera aire en las tuberías que suministran la fase en cada bomba y que la columna se encontraba conectada en la dirección correcta.

El acondicionamiento del equipo se programó en el registrador como sigue:

<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>% fase A</b>	<b>% fase B</b>	<b>Flujo (ml/minuto)</b>
inicio	0	100	0
5	0	100	1
40	0	100	1
45	100	0	1
60	100	0	1

Se encendió el controlador de temperatura y se ajustó a 37 °C, una vez que había flujo dentro de la columna. Se encendió el detector UV-Vis e inmediatamente después de finalizar la comprobación rutinaria del detector, se ajustó a 250 nm de longitud de onda, filtro 0.5 y sensibilidad 0.2, para después ajustar a cero la lectura.

Antes de iniciar el desarrollo del gradiente, el registrador fue encendido y ajustado con las siguientes condiciones:

Velocidad del papel, chart speed: 0.5 cm/minuto

Ancho de pico, PW: 3

Atenuación, atten: 256

Ruido, PT: 1000

### **PASO 3. Gradiente de separación y cuantificación de aminoácidos.**

Finalmente se inyectaron 5 $\mu$ L de la muestra derivatizada en el cromatógrafo de líquidos con un tiempo de corrida de 55 minutos. A partir del minuto 36, el gradiente ya no tiene influencia en la separación de los derivados de los aminoácidos, por lo que transcurrido este tiempo, se detuvo el registrador para obtener áreas y tiempo de retención de los derivados.

El gradiente de elución fue el siguiente:

Tiempo (min)	% fase		Flujo (mL/min)
	A	B	
Inicio	100	0	1
0.5	98	2	1
15	93	7	1
19	90	10	1
32	67	33	1
35	67	33	1
36	0	100	1
41	0	100	1
42	100	0	1
43	100	0	1.2
64	100	0	1.2
65	100	0	1
66	0	100	1
100	0	100	1

El orden de elución de los aminoácidos es el siguiente (ver anexo figura 5):

- |                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| 1. Aminoquinolina (AMQ) | 11. Prolina      |
| 2. Aspártico            | 12. Cistina      |
| 3. Serina               | 13. Tirosina     |
| 4. Glutámico            | 14. Valina       |
| 5. Glicina              | 15. Metionina    |
| 6. Histidina            | 16. Lisina       |
| 7. Amoniaaco            | 17. Isoleucina   |
| 8. Arginina             | 18. Leucina      |
| 9. Treonina             | 19. Norleucina   |
| 10. Alanina             | 20. Fenilalanina |

## Cálculos

Se calcula el contenido de cada uno de los 17 aminoácidos comparando la relación  $\text{Area}_{\text{aminoácido}}/\text{Area}_{\text{norleucina}}$  de la muestra contra la relación  $\text{Area}_{\text{aminoácido}}/\text{Area}_{\text{norleucina}}$  del estándar de aminoácidos, de acuerdo a la ecuación 1, para reportar el contenido en  $\text{g}_{\text{aminoácido}}/16 \text{ g N}$ .

Cálculo del contenido de aminoácidos en  $\text{g}/16 \text{ g de N}$

$$1.6 \times [(A_{aa}/A_{n-leu})_{mtra} \times (A_{n-leu}/A_{aa})_{std} \times C_{std} \times a \times P.M.]/ [mg_{mtra} \times \% N]$$

Donde:

$A_{aa}$  = área del aminoácido dado

$A_{n-leu}$  = área de norleucina

$mtra$  = en la muestra

$std$  = en el estándar

$C_{std}$  = concentración del aminoácido dado en el estándar

$a$  = aforo del hidrolizado

P.M. = peso molecular del aminoácido dado

$mg_{mtra}$  = cantidad de muestra en mg

$\%N$  = porcentaje de nitrógeno en la muestra seca desengrasada

## **Determinación de triptofano<sup>33, 34</sup>**

### **Fundamento**

Consiste en una hidrólisis alcalina de la proteína mediante el uso de hidróxido de litio. En términos generales podemos decir que con los métodos químicos, espectrofotométricos y microbiológicos, la cuantificación del triptofano en proteínas puras o péptidos es llevada a cabo con relativa facilidad; sin embargo cuando esto se quiere aplicar a materiales biológicos complejos como son los productos alimenticios, se presenta una gran variedad de problemas como son coloraciones indeseables, poca solubilidad y compuestos indólicos que interfieren, entre otros. La hidrólisis enzimática se convierte en una alternativa viable para la determinación de éste aminoácido esencial. El método consiste en la hidrólisis enzimática dada por la pepsina durante 3 horas y posteriormente con pancreatina durante 24 horas, el hidrolizado al reaccionar con p-dimetilaminobenzaldehído (DMAB) y nitrito de sodio que da lugar a la formación de un compuesto colorido el cual permite cuantificar espectrofotométricamente la cantidad de triptofano en una muestra a 590 nm de longitud de onda.

### **Material y reactivos**

- 24 matraces aforado de 25 mL (Kimax)
- Pipetas con capacidad de 10, 7.5, 0.5, 2 mL.
- Tubos de ensaye (Kimax)
- Espectrofotómetro (Sequoia-Turner mod. 340)
- Celdas de vidrio para el espectrofotómetro

- Campana de extracción
- Balanza analítica (Sartorius analytic)
- Vortex (Lab-Line mod. 1290 super mixer)
- Potenciometro (Corning Mod. 10)
- Digestor marca TECATOR mod. Ab 20/40
- Hidróxido de Litio 4N
- Buffer de fosfatos pH 8 (Solución A: Se pesaron 2.78 g de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  y se aforaron a 100 mL. Solución B: Se pesaron 26.82 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y se aforaron a 500 mL. Se tomaron 5.3 mL de la solución A y 94.7 mL de la solución B y se llevaron a 200 mL con agua destilada. Se ajustó el pH a un valor de 8.0)
- Solución de DMAB 0.5 % (p/v) (se pesaron 0.5 g de DMAB y se disolvieron y posteriormente aforaron hasta 100 mL con HCl concentrado.
- Solución de nitrito de sodio 0.2 % (p/v) (se pesaron 200 mg de nitrito de sodio y se aforaron a 100 mL con agua)
- Solución estándar de triptofano (0.05 mg/mL) (se pesaron 5 mg exactos de triptofano y se aforaron a 100 mL con agua destilada)

## **Procedimiento**

### **Preparación del hidrolizado**

Se pesaron entre 11-13 mg de la harina liofilizada y desengrasada. A continuación se adicionó con mucho cuidado 0.5 ml de LiOH 4N cuidando que toda la muestra se humedeciera con dicho reactivo ayudándose con el agitador Vortex, posteriormente se le

insufló nitrógeno de altísima pureza y se cerraron los tubos con el tapón de rosca y cubierta de teflón. La hidrólisis se realizó a 145°C durante 4 horas.

Una vez transcurrido el tiempo de hidrólisis se dejaron enfriar los tubos y se transvasó cuantitativamente su contenido a un vaso de precipitado, dándole algunas lavadas al tubo con agua caliente. A continuación se procedió a ajustar el pH con ácido orto-fosfórico hasta llegar a un pH de  $6.8 \pm 0.2$ .

Se procedió a eliminar el precipitado por filtración con ayuda de vacío sobre papel Whatman 542 dándosele algunas lavadas con agua caliente al filtrar y lavar el residuo del papel filtro.

El filtrado se afioró a 25 mL con agua destilada. De la solución se tomó una alícuota de 2 mL y se colocó dentro de un tubo de ensayo, a éste se le agregaron 7.5 mL de DMAB y se agitó dejando en reposo durante 15 minutos en la oscuridad. después de éste tiempo se agregaron 0.5 mL de nitrito de sodio y se dejó en reposo por 15 minutos más. Posteriormente se tomó lectura de la absorbancia a 590 nm. Al mismo tiempo se realizó un blanco de la muestra en el cual se toman 2 mL del extracto pero se sustituyó la cantidad de DMAB por 7.5 mL de HCl concentrado.

La curva estandar se trabajo al mismo tiempo que las muestras.

Nota: Se realizaron 3 hidrolizados por cada muestra y de cada uno se hizo un blanco y se tomaron 2 alícuotas de 2 mL para desarrollar color.

### Preparación de la curva patrón

Se tomaron 0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 y 2 mL de la solución estándar de triptofano y se depositaron en tubos de ensayo, cada tubo se llevó a un volumen final de 2 mL con agua destilada y se adicionaron 7.5 mL de DMAB se agitaron y se dejaron en la oscuridad por 15 minutos, posteriormente se agregaron 0.5 mL de nitrato de sodio, se agitaron y se dejaron en reposo por 15 minutos más, al término de éste tiempo se tomó la lectura de absorbancia a 590 nm. Finalmente se construyó una curva patrón que relacionara los mg de triptofano con la absorbancia (Ver anexo figura 2).

### Cálculos

Al valor de absorbancia de la muestra se le restó el valor de absorbancia del blanco, y posteriormente se convirtió a g de triptofano con la curva patrón realizada.

$$\text{g trp}/16\mu\text{N} = (\text{g}_{\text{trp}}/2\text{mL hidrolizado} \times 25 \text{ mL}_{\text{aforo}}) (1/\text{g}_{\text{muestra}}) (1/\text{g}_{\text{proteína en la muestra}}) \times 100$$



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### Composición proximal.

Antes de proceder al acondicionamiento de los filetes, se determinó el contenido de humedad gruesa con el fin de reportar los resultados de los análisis en base a la muestra original. Los resultados de esta determinación se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7. Humedad Gruesa<sup>1</sup>**

CAZON	SIERRA	ROBALO	HUACHINANGO
73.78	78.48	80.28	70.77

<sup>1</sup> Expresado en g/100g de muestra

Como se muestra en la tabla 7, el contenido de humedad en los filetes de las cuatro especies es elevado, mayor al 50%, encontrándose un valor mayor para el Robalo y el pescado Sierra.

A continuación en la tabla 8 se presentan los resultados del análisis proximal en base húmeda realizado a las harinas de los filetes de las especies Sierra, Cazón, Robalo y Huachinango secadas en estufa de corriente de aire.

**Tabla 8. Análisis proximal de la muestra después del secado grueso <sup>^</sup>**

COMPONENTE	CAZON	SIERRA	ROBALO	HUACHINANGO
Humedad	6.41±0.01	5.54±0.12	5.21±0.02	7.68 ±0.03
Cenizas	4.82±0.01	3.85±0.10	4.74 ±0.15	3.86 ±0.16
Grasa	0.55±0.02	6.23 ±0.11	3.18 ±0.10	5.58 ±0.01
Proteína(Nx6.25)	87.81±0.30	84.10±1.7	86.59±0.31	82.64 ±0.47
Fibra	0.02±0.01	0.02±0.01	0.03±0.00	0.03 ±0.00
Hidratos de Carbono <sup>II</sup>	0.38	0.27	0.13	0.21

<sup>^</sup> Los resultados se expresan en g/100g de harina ± desviación estándar, todas las determinaciones se realizaron por triplicado (n=3) y en todos los casos el coeficiente de variación fue menor al 5%.

<sup>II</sup> Se calcularon por diferencia

En los resultados mostrados en la tabla 8 destaca un alto contenido de proteína y cenizas, lo que representa una ventaja en el consumo de estas especies.

Con el fin de comparar la composición de cada una de las especies de pescado evaluadas fue necesario convertir estos valores a base seca, estos se muestran en la tabla 9.

**Tabla 9. Análisis proximal en base seca <sup>A</sup>**

COMPONENTE <sup>1</sup>	CAZON	SIERRA	ROBALO	HUACHINANGO
Cenizas	5.15±0.01	4.07±0.05	5.00±0.11	4.17±0.16
Grasa	0.59±0.02	6.59±0.12	3.48±0.11	6.04±0.16
Proteína(Nx6.25)	93.82±0.32	89.01±1.84	91.34±0.32	89.51±0.51
Fibra	0.02±0.007	0.02±0.006	0.02±0.001	0.02±0.001
Hidratos de Carbono <sup>II</sup>	0.41	0.29	0.14	0.23

<sup>A</sup> Los resultados se expresan en g/100g de harina ± desviación estándar.

<sup>II</sup> Se calcularon por diferencia

Se comprobó que todas las especies evaluadas son alimentos con un alto contenido en proteína, siendo el Cazón la especie con mayor contenido de proteína y menor contenido de grasa; la especie Sierra presenta el mayor contenido de grasa y el menor contenido de proteína. El contenido de cenizas es elevado en las cuatro muestras, lo que aumenta la probabilidad de encontrar minerales de importancia en alimentación humana como calcio, magnesio y fósforo imprescindibles para la constitución de los huesos y dientes y necesarios en grandes cantidades.<sup>1,3</sup>

Se aprecia que el contenido de fibra se puede observar en las cuatro especies que es prácticamente cero, valor que era de esperarse debido a que este componente no se presenta

de manera considerable en productos de origen animal sino en alimentos de origen vegetal y la insignificante presencia de esta pudo deberse a un error experimental.

Se encontraron contenidos bajos de hidratos de carbono para las cuatro especies, y esto era de esperarse, ya que en general, en el músculo de los peces hay menor cantidad de glucógeno que en el músculo de los mamíferos, correspondiendo al primero una cifra  $\leq 0.3\%$ <sup>16</sup>. además aun cuando la presencia de este polisacárido fuera elevada el tiempo que pasa desde la pesca hasta el establecimiento del rigor mortis implica un consumo total de glucógeno. El valor de los hidratos de carbono para el Cazón fue mayor posiblemente por que sus colágenos se caracterizan por su alto contenido en Hidratos de Carbono.<sup>35</sup>.

En la tabla 10 se presentan los resultados del análisis proximal de los filetes frescos de las especies Sierra, Cazón, Robalo y Huachinango cuyas harinas se obtuvieron por el tratamiento de secado a 60°C en estufa de corriente de aire.

**Tabla 10.** Análisis proximal de los filetes de las diferentes especies de pescado expresados en g/100g de filete fresco.\*

COMPONENTE	CAZON	SIERRA	ROBALO	HUACHINANGO
Humedad	80.19	84.02	85.49	78.45
Cenizas	1.02	0.65	0.72	0.89
Grasa	0.11	1.05	0.50	1.30
Proteína	18.58	14.22	13.25	19.28
Fibra	0	0	0	0
Hidratos de Carbono	0.08	0.04	0.02	0.04

\*El valor fue calculado considerando la humedad total = %humedad gruesa + %humedad analítica

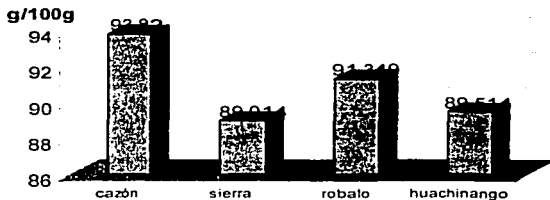
Al comparar los valores obtenidos con los reportados por el Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán<sup>10</sup> (Ver página 31) se encontraron algunas diferencias, si bien varía poco el contenido proteínico de una misma especie de pescado, los contenidos grasa/aceite varían mucho dependiendo de la edad, de la disponibilidad de alimento y de su ciclo biológico, esto es, antes o después del desove.<sup>1</sup> Es importante mencionar que el Robalo a pesar de ser la especie de mayor costo presenta el menor contenido de proteína, a diferencia del Cazon que presenta mayor contenido de proteína, lo cual es una ventaja ya que es una especie de bajo costo.

Para observar si existe semejanza en la composición entre las especies de alto costo (Robalo y Huachinango) y las de bajo costo (Cazón y Sierra), los resultados correspondientes al contenido de proteína, grasa, fibra y cenizas en base seca fueron analizadas estadísticamente por análisis de varianza y una prueba de rangos múltiples de Duncan con un intervalo de confianza de 95 %.

En la gráfica 1 se muestra el contenido de proteína de las cuatro especies estudiadas encontrándose que no existe diferencia significativa entre las especies Sierra y Huachinango ni entre las especies Robalo y Huachinango, lo que representa una ventaja para el consumo de especies baratas como la Sierra ya que actualmente el consumo de proteína es limitado debido al alto costo de este nutrimento y explotar fuentes de proteína que sean mas baratas, como el caso de la Sierra, sería una importante ventaja nutricional. Además hay diferencia significativa con respecto al Cazón, y esto también es interesante puesto que es la especie con mayor contenido de proteína a pesar de ser una especie de bajo costo.

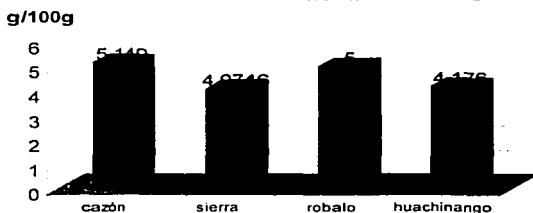
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Gráfica 1. Contenido de Proteína**



En la gráfica 2 se muestra el contenido de cenizas en base seca de las cuatro especies estudiadas observándose que no existe diferencia significativa entre las especies Cazón y Robalo así como tampoco entre las especies Sierra y Huachinango.

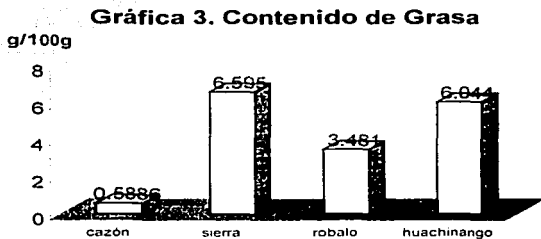
**Gráfica 2. Contenido de Cenizas**



Como se observa en la grafica 2 el contenido de cenizas en los filetes de las cuatro especies es elevado, lo que aumenta la probabilidad de encontrar minerales de importancia en alimentación humana como calcio, magnesio y fósforo y por ello es importante que durante las etapas de desarrollo (infancia, adolescencia) sea recomendado el consumo de este alimento.

El contenido de fibra de las cuatro especies estudiadas no presenta diferencia significativa; además el contenido es tan bajo que no tiene repercusión en cuanto al consumo de este nutrimento como parte del pescado.

En la gráfica 3 se muestra el contenido de grasa en base seca de las cuatro especies estudiadas y los resultados obtenidos demuestran que todas las especies son significativamente diferentes entre si.



Mientras que la tasa de proteína del pescado se mantiene relativamente constante entre las cuatro especies, la fracción de grasa experimenta valores diferentes en las cuatro especies, siendo la especie Sierra la que presenta el mayor contenido de esta.

Aunque las cuatro especies contienen este nutrimento, existe diferencia en cuanto a la cantidad y tipo de depósito en el cuerpo. Se ha informado que los peces de alta grasa, cuyo contenido en grasa es mayor al 5%<sup>2</sup>, como el Sierra y Huachinango, acumulan su grasa en el hígado y particularmente es elevada la proporción de grasa existente en la cara inferior del abdomen y en la carne roja, por lo que se espera encontrar una fracción relativamente alta de ácidos grasos insaturados en comparación con las especies de baja grasa como el Cazon y el Robalo, aunque el contenido graso varía mucho entre las especies ya que depende de la edad, del momento biológico, de la clase de alimentación, del estado de la carne y de la temperatura del agua<sup>3</sup>.

El contenido de Hidratos de Carbono fue calculado por diferencia por lo que no es posible someter los resultados a un análisis estadístico. Sin embargo es posible observar que existen algunas diferencias en las cuatro especies con respecto a este componente.

### **Minerales y metales pesados.**

En la tabla 11 y 12 se presenta el análisis elemental realizado a los filetes de las diferentes especies de pescado, en la tabla 11 se presentan los minerales de importancia nutricional, la tabla 12 presenta el análisis de metales pesados (a excepción del aluminio) que tienen importancia debido a la toxicidad que pueden presentar.

**Tabla 11.** Contenido de minerales en los filetes de las cuatro especies de pescado.

Elemento	Contenido <sup>a</sup>			
	Sierra	Cazón	Robalo	Huachinango
Na Sodio (%)	2.1	1.1	1.3	2.5
Fe Hierro (%)	14	10	13	5
P Fosforo (%)	1.5	1.4	1.0	1.2
S Azufre (mg/kg)	1.8	1.2	1.1	1.2
Cl Cloro (%)	0.4	0.6	0.31	0.39
K Potasio (%)	0.48	1.2	0.64	0.77
Ca Calcio (mg/Kg)	360	98	310	220
Cu Cobre (mg/Kg)	18	28	14	16
Cr Cromo ( mg/Kg)	1	2	1	1
Mn manganeso (mg/Kg)	0 <sup>b</sup>	1	0	0
Zn Zinc (mg/Kg)	8	9	3	5

<sup>a</sup> Se muestra el contenido promedio de 4 muestras de harina seca

<sup>b</sup> El valor 0 significa que el elemento estuvo por debajo de los límites de detección

Los minerales más importantes, por su demanda, en alimentación humana, son el calcio y el fósforo, además de ser los de mayores requerimientos; dado que se requiere un crecimiento adecuado, estos minerales permiten una adecuada mineralización ósea y adecuada formación de miembros<sup>1,3</sup>; de acuerdo a los requerimientos (ver antecedentes tabla 4), el contenido de calcio en los filetes de las cuatro especies es alto cubriendo aproximadamente el 20% del aporte mínimo recomendado. El Cazón tiene un contenido menor de este mineral que el resto de las especies. El contenido de fósforo en las especies de bajo costo es mayor que en las especies de alto costo.

Otros minerales que son considerados nutricionalmente importantes son el zinc y el hierro; los filetes de las cuatro especies son ricos en zinc, ya que se requieren valores de 1.3-1.5 mg/Kg, por lo que no se tendría problema en la velocidad de crecimiento, ya que la deficiencia de este mineral provoca una disminución en la velocidad.



También se aprecia un alto contenido de cobre en las cuatro especies, cuya cantidad no representa riesgo en el consumo de los filetes.

**Tabla 12.** Contenido de metales pesados en los filetes de las diferentes especies.

Elemento	Contenido <sup>a</sup>			
	Sierra	Cazon	Robalo	Huachinango
Al	2.6	2.9	2.1	2.9
Ti	7	9	6	5
V	3	4	4	3
Ni	ND	ND	ND	ND
As	2	6	2	2
Hg	ND	ND	ND	ND
Pb	ND	ND	ND	ND

<sup>a</sup> El elemento Al se tabula como porcentaje en masa. El resto de los elementos se presentan como el promedio en mg/Kg de 4 muestras de harina seca  
 ND = No detectado

Respecto al contenido de metales pesados presentes en los filetes de las cuatro especies, ninguno representa riesgo en el consumo, aún cuando se aprecia un contenido elevado de titanio, no se han encontrado efectos nocivos de este metal; incluso es usado con fines terapéuticos debido a su inocuidad.

El plomo no fue detectado al igual que el mercurio, que, junto con el arsénico se consideran los metales pesados de mayor riesgo<sup>36</sup>.

De los resultados mostrados en la tabla 12 se aprecia un contenido apreciable de aluminio, el principal problema que causa el exceso de este elemento es osteomalacia (deficiencia de vitamina D y Calcio) en humanos adultos cuando se emplean altas dosis terapéuticas con el fin de fijar fosfatos<sup>36</sup>. Sin embargo este valor puede deberse a que las pastillas se envolvieron en papel aluminio antes de llevarse a cabo la determinación.

### **Factores tóxicos y antinutricionales.**

En la tabla 13 se muestran los resultados correspondientes a las pruebas de Toxicología Analítica.

No se encontró presencia de hemaglutininas ya que no es común que se encuentren en alimentos de origen animal, como lo es el pescado y el contenido de inhibidores de tripsina es menor a 10 unidades de tripsina inhibida por mg de muestra por lo que no se considera de riesgo<sup>37</sup> y por tanto los filetes de las cuatro especies no presentan un efecto antinutricional de importancia.

**Tabla 13. Factores Tóxicos y Antinutricionales en los filetes de las diferentes especies de pescado.**

DETERMINACION	CAZON	SIERRA	ROBALO	HUACHINANGO
Lectinas	ND <sup>A</sup>	ND	ND	ND
Inhibidores de Tripsina <sup>B</sup>	3.00	2.11	3.89	4.54

<sup>A</sup> ND = No detectado

<sup>B</sup> UTT/mg de muestra = Unidades de Tripsina inhibida por mg de muestra

## Perfil de ácidos grasos.

En las tabla 14 se muestran los porcentajes obtenidos de los ácidos grasos que se encuentran en la proporción lipídica de los filetes de las especies Cazón, Sierra, Huachinango y Robalo obtenidos por cromatografía de gases.

**Tabla 14.** Contenido de ácidos grasos presentes en el extracto etéreo de los filetes de las diferentes especies de pescado (%).

Ácido graso	Porcentaje <sup>1</sup>			
	Cazón	Sierra	Huachinango	Robalo
mirístico	2.7±0.36	4.18±0.17	3.18±0.13	4.51±0.04
miristoleico	ND	ND	0.64±0.02	ND
pentadecanoico	0.93±0.13	2.24±0.51	ND	2.12±0.17
palmitico	25.56±3.47	42.87±1.49	29.57±2.17	40.20±2.51
palmitoleico	3.38±0.49	5.87±0.70	7.89±0.51	7.62±0.47
heptadecanoico	1.13±0.07	2.02±0.06	2.56±0.20	2.25±0.14
cis-10-heptadecenoico	ND	1.89±0.53	2.61±0.28	1.71±0.19
estearico	22.66±1.70	10.73±1.21	11.61±0.48	14.06±2.64
oleico	15.65±4.00	23.00±1.02	14.25±1.15	23.91±0.98
no identificado	ND	ND	6.61±2.50	ND
linoleico	3.13±0.32	2.24±0.16	3.89±0.51	1.76±0.27
linolenico	1.78±0.16	2.25±0.67	1.06±0.23	ND
cis-11-eicosenoico	ND	ND	1.05±0.18	1.68±0.05
heneicosenoico	ND	ND	1.01±0.08	ND
behenico	ND	ND	1.34±0.19	ND
no identificado	ND	ND	4.66±0.15	2.15±0.23
cis-8,11,14-eicosatrienoico	6.06±0.87	ND	0.97±0.30	1.33±0.24
cis 11, 14, 17 - eicosatrienoico	4.05±0.61	ND	ND	ND
lignocérico	ND	1.50±0.43	0.92±0.09	1.12±0.23
cis-5,8,11,14,17-eicosapentanoico	12.91±2.49	0.86±0.23	2.63±1.60	0.86±0.29

<sup>1</sup> % promedio ± desviación estándar de cada ácido, obtenido al compararse contra un estándar  
Número de muestras analizadas n= 4  
ND = no detectado

En los datos mostrados en la tabla 14 se aprecia un elevado contenido de ácido palmítico, esteárico y oleico para las cuatro especies y un contenido significativo de ácido mirístico.

La composición que exhiben los lípidos de los filetes de las cuatro especies en ácidos grasos es mucho más compleja que la de los lípidos de los animales y plantas. La longitud de la cadena carbonada oscila entre  $C_{14}$  y  $C_{24}$  e incluso la especie Huachinango, que presentó el mayor contenido de ácidos grasos, contiene un  $C_{20}$ .

Los ácidos grasos de las cuatro especies están en particular muy insaturados, incluso en ácido  $C_{16}$  cuenta con un enlace insaturado, mientras que los ácidos  $C_{20}$  contienen uno, tres y cinco dobles enlaces.

El tipo de ácidos grasos en los lípidos del pescado dependen de numerosos factores, tales como la dieta, localización geográfica, temperatura ambiente, estación del año, longitud del cuerpo, contenido en lípidos, etc.<sup>2</sup>

El ácido graso poliinsaturado más importante presente en las cuatro especies es el  $C_{20:5}$  (cis-5, 8, 11, 14,17-cicosapentanoico) y es típico de las algas marinas<sup>2</sup>. En el Cazón este ácido se encuentra en una proporción más elevada con respecto a las demás especies.

En general las cuatro especies presentan un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados y una dieta rica en ellos reduce el nivel de colesterol y de lipoproteínas de baja densidad en la sangre por lo que las dietas ricas en pescado tienen efectos particularmente benéficos en lo referente a atenuar las afecciones isquémicas del corazón y las trombosis.

Las especies Cazon y Sierra presentan un perfil de ácidos grasos semejante. Por su parte, las especies Robalo y Huachinango poseen un perfil de ácidos grasos semejante. Siendo más complejo que el de las especies Cazon y Sierra.

### **Perfil de aminoácidos**

En la tabla 15 se muestra el contenido de aminoácidos presentes en la proteína de las harinas de los filetes de las diferentes especies de pescado obtenidos a partir de un análisis por HPLC a excepción del triptofano el cual fue determinado por método colorimétrico previa hidrólisis alcalina de la proteína.

**Tabla 15.** Contenido de aminoácidos presentes en la proteína de la harina de los filetes de las cuatro especies de pescado.

<b>Aminoácido</b>	<b>Cazón<sup>1</sup></b>	<b>Sierra<sup>1</sup></b>	<b>Robalo<sup>1</sup></b>	<b>Huachinango<sup>1</sup></b>
Aspártico	6.39±1.14	7.33±1.71	7.46±0.68	5.10±0.35
Serina	1.43±0.15	2.39±0.05	2.36±0.05	1.88±0.11
Glutámico	8.34±1.07	10.93±0.31	10.69±0.88	10.75±0.14
Glicina	2.14±0.04	3.60±0.41	4.38±0.25	4.17±0.22
Histidina	1.53±0.15	3.28±0.04	3.73±0.06	1.44±0.06
Arginina	4.27±0.13	7.98±0.05	7.51±0.47	6.62±0.71
Treonina	1.15±0.04	4.34±0.35	4.13±0.52	2.39±0.30
Alanina	4.36±0.30	6.54±0.57	6.68±0.48	5.44±0.31
Prolina	2.29±0.06	3.45±0.01	3.83±0.05	2.81±0.13
Cistina*	0.17±0.08	0.40±0.08	0.43±0.08	0.14±0.01
Tirosina*	2.65±0.38	3.34±0.15	3.21±0.13	2.14±0.10
Valina	3.15±0.06	5.46±0.08	5.33±0.05	3.49±0.24
Metionina	1.86±0.07	3.36±0.07	3.18±0.14	2.37±0.21
Lisina	5.41±0.31	9.38±0.63	7.66±0.64	6.53±0.38
Isoleucina	3.01±0.02	5.45±0.17	5.17±0.02	3.10±0.14
Leucina	5.40±0.04	9.18±0.42	8.59±0.06	5.76±0.06
Fenilalanina	2.61±0.13	4.46±0.15	4.14±0.15	3.00±0.11
Triptofano <sup>2</sup>	0.68±0.00	0.93±0.01	0.80±0.06	0.81±0.01
Total de aminoácidos	56.84	91.77	89.28	67.94
Total de aa indispensables	26.09	46.3	42.64	29.73

1. Se muestra el contenido de cada aminoácido promedio (g/16 gN) ± desviación estándar con coeficiente de variación menor al 15%, a excepción de los azufrados en los que se obtuvo un coeficiente de variación mayor ya que estos se degradan. n=3.
2. Obtenido por hidrólisis alcalina
3. Los aminoácidos indispensables se muestran con negritas. \* \* cistina y tirosina se cuentan en el total de aminoácidos indispensables porque se sintetizan a partir de metionina y fenilalanina respectivamente

Las tablas 16, 17, 18 y 19 muestran la comparación que se lleva a cabo entre el contenido de cada uno de los aminoácidos indispensables de la proteína en la harina de los filetes de las cuatro especies de pescado al ser comparados con el contenido de aminoácidos indispensables de la proteína del patrón de FAO/WHO establecido para adultos. Asimismo se presenta la calificación química de la proteína de cada especie.

**Tabla 16.** Calificación química de la proteína contenida en la harina de los filetes de la especie Cazón.

Aminoácido indispensable	Contenido de aminoácidos en la harina (g/16gN)	Contenido de aminoácidos en el patrón (g/16gN) <sup>1</sup>	Calificación química <sup>2</sup>
Isoleucina	3.01	4.00	>100
Leucina	5.40	7.04	>100
Lisina	5.41	5.44	>100
Azufrados <sup>3</sup>	2.03	3.50	80
Aromaticos <sup>4</sup>	5.26	6.08	>100
Treonina	1.15	4.00	40
Valina	3.15	4.96	88
Triptofano	0.68	0.96	98

**Calificación química: 40**

1. Patrón establecido (FAO, 1973)<sup>38</sup>
2. Se calculo de la siguiente manera:  $([a.a./total\ a.a.]_{muestra} / [a.a./total\ a.a.]_{patrón}) \times 100$
3. metionina + cistina
4. tirosina + fenilalanina

**Tabla 17. Calificación química de la proteína contenida en la harina de los filetes de la especie Sierra.**

<b>Aminoácido indispensable</b>	<b>Contenido de aminoácidos en la harina (g/16gN)</b>	<b>Contenido de aminoácidos en el patrón (g/16gN)<sup>1</sup></b>	<b>Calificación química<sup>2</sup></b>
Isoleucina	5.45	4.00	>100
Leucina	9.18	7.04	>100
Lisina	9.38	5.44	>100
Azufrados <sup>3</sup>	3.76	3.50	83
Aromaticos <sup>4</sup>	7.8	6.08	>100
Treonina	4.34	4.00	84
Valina	5.46	4.96	85
Triptofano	0.93	0.96	75

**Calificación química: 75**

1. Patrón establecido (FAO, 1973)<sup>38</sup>
2. Se calculo de la siguiente manera:  $([a.a./total\ a.a.]_{muestra} / [a.a./total\ a.a.]_{patrón}) \times 100$
3. metionina + cistina
4. tirosina + fenilalanina



**Tabla 18.** Calificación química de la proteína contenida en la harina de los filetes de la especie Robalo.

Aminoácido indispensable	Contenido de aminoácidos en la harina (g/16gN)	Contenido de aminoácidos en el patrón (g/16gN) <sup>1</sup>	Calificación química <sup>2</sup>
Isoleucina	5.17	4.00	>100
Leucina	8.59	7.04	>100
Lisina	7.66	5.44	>100
Azufrados <sup>3</sup>	3.61	3.50	87
Aromaticos <sup>4</sup>	7.35	6.08	>100
Treonina	4.13	4.00	87
Valina	5.33	4.96	90
Triptofano	0.80	0.96	70

**Calificación química: 70**

1. Patrón establecido (FAO,1973)<sup>38</sup>
2. Se calculo de la siguiente manera:  $\left(\frac{[a.a./total\ a.a.]_{muestra}}{[a.a./total\ a.a.]_{patrón}}\right) \times 100$
3. metionina + cistina
4. tirosina + fenilalanina

**Tabla 19.** Calificación química de la proteína contenida en la harina de los filetes de la especie Huachinango.

Aminoácido indispensable	Contenido de aminoácidos en la harina (g/16gN)	Contenido de aminoácidos en el patrón (g/16gN) <sup>1</sup>	Calificación química <sup>2</sup>
Isoleucina	3.10	4.00	94
Leucina	5.76	7.04	99
Lisina	6.53	5.44	>100
Azufrados <sup>3</sup>	2.51	3.50	87
Aromaticos <sup>4</sup>	5.14	6.08	>100
Treonina	2.39	4.00	72
Valina	3.49	4.96	85
Triptofano	0.81	0.96	>100

**Calificación química: 72**

1. Patrón establecido (FAO, 1973)<sup>3R</sup>
2. Se calculo de la siguiente manera:  $([a.a./total\ a.a.]_{muestra} / [a.a./total\ a.a.]_{patrón}) \times 100$
3. metionina + cistina
4. tirosina + fenilalanina

**Tabla 20.** Calificación química de la proteína contenida en la harina de los filetes de las diferentes especies de pescado.

Aminoácido	Cazon <sup>1</sup>	Sierra <sup>1</sup>	Robalo <sup>1</sup>	Huachinango <sup>1</sup>
Isoleucina	>100	>100	>100	94
Leucina	>100	>100	>100	99
Lisina	>100	>100	>100	>100
Azufrados <sup>2</sup>	80	83	87	87
Aromaticos <sup>3</sup>	>100	>100	>100	>100
Treonina	40	84	87	72
Valina	88	85	90	85
Triptofano	98	75	70	>100

1. Se calculo de la siguiente manera:  $[(a.a./total\ a.a.)_{muestra} / (a.a./total\ a.a.)_{patron}] \times 100$

2. metionina + cistina

3. tirosina + fenilalanina

El valor nutritivo de las proteínas de los filetes de pescado es muy alto, debido a la variedad de aminoácidos indispensables que contienen, como se puede observar en la tabla 15. Además de que la digestibilidad *in vivo* de las proteínas de los filetes de pescado varía entre el 90 y el 98%<sup>2</sup>, es decir, la proteína de los filetes de pescado es de fácil digestión y proporciona todos los aminoácidos esenciales.

De acuerdo a las tablas 16, 17, 18 y 19 es evidente que el aminoácido limitante en la proteína de la harina de los filetes de pescado Sierra y Robalo es el triptofano, aunque esta calificación es buena. Para corroborar esto, se realizó el calculo teórico de la calificación química para la especie Sierra con los valores de los aminoácidos reportados en las Tablas de composición de los alimentos del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán<sup>15</sup>

siendo el aminoácido limitante, de igual manera, el triptofano. Además existen datos donde se reporta al triptofano como el aminoácido limitante en la mayoría de las especies de pescados.<sup>39</sup> En el caso de las especies Cazón y Robalo el aminoácido limitante fue treonina.

Todos los filetes de las cuatro especies de pescado son ricos en el aminoácido lisina, que es importante nutricionalmente hablando debido a su escasez en cereales.

Al observar la tabla 20 podemos ver que los filetes de las especies Sierra, Robalo y Huachinango presentan una calificación química muy semejante y la especie Cazón presenta una calificación química (CQ=40) con un valor más bajo al de las otras especies y el aminoácido limitante treonina es abundante en otros alimentos.

Además de proteína, el músculo de pescado contiene otros componentes nitrogenados (NNP, nitrógeno no proteico), que son importantes tanto para el sabor como para la descomposición de los productos. Su valor oscila entre el 9 y el 18% en los teleósteos y del 33 al 39% en los peces de esqueleto cartilaginoso (elevada tasa de urea).<sup>5</sup> Estos componentes nitrogenados se presentaron en el Cazón ya que es un pez con esqueleto cartilaginoso y sería conveniente identificar y cuantificar estos componentes.

## CONCLUSIONES.

- Se encontró que la composición proximal de las especies Cazón y Robalo es muy semejante y que las especies Huachinango y Sierra tienen una composición similar.
- El Cazón es la especie con mayor contenido de proteína, siendo este el más barato considerando la relación que existe entre el filete y el peso total del pescado.
- Se encontró en los filetes de las cuatro especies un alto contenido de cenizas que representa un importante aporte de minerales.
- Los filetes de las especies estudiadas proporcionan abundante cantidad de calcio, fósforo y elementos traza.
- Los filetes de las cuatro especies son ricos en Zinc.
- No se encontraron cantidades importantes de metales pesados, que representen riesgo toxicológico durante el consumo de los filetes.
- El triptófano es el aminoácido limitante en los filetes de las especies Sierra y huachinango y treonina en el caso de Robalo y Cazón. En general, se pueden considerar de buena calidad. Los filetes de las cuatro especies de pescado presentan valores altos del aminoácido lisina.
- Las especies Sierra, Robalo y Huachinango tienen una calificación química muy semejante.
- Las cuatro especies de pescado presentan un alto contenido de los ácidos grasos palmítico, estearico y oleico.
- El perfil de las cuatro especies de pescado exhibe un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados.

- No se detectaron hemaglutininas, además se encontró un bajo contenido de inhibidores de tripsina, lo cual no representa riesgo en el consumo de los filetes de las especies de pescado Cazón, Sierra, Robalo y Huachinango, con respecto a estos tóxicos.
- El precio de las diferentes especies no está relacionado con su valor nutricional que es semejante, sino depende de otros factores gobernados por la oferta y la demanda, como son: la producción de cada especie y los métodos de captura.
- La preferencia del consumidor tampoco está exclusivamente ligada al valor nutricional de cada una de las especies estudiadas. Fundamentalmente, los principales parámetros que determinan la elección de un producto son el precio y las características sensoriales.
- La coincidencia de los tres factores que son de fácil digestibilidad, un repertorio óptimo de aminoácidos indispensables desde el punto de vista nutricional y el abundante contenido de minerales, convierten al pescado en un alimento de elevado valor nutricional y comercial.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda identificar y cuantificar los aminoácidos no proteínicos de las diferentes especies de pescado.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Coenders, A. Química Culinaria. Ed. Acribia S. A., Zaragoza, España. Pág. 180-185. 1996.
2. Sikorski, Zdzislaw E.. Tecnología de los productos del mar. Recursos, composición nutritiva y conservación. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza, España. Pág. 28-29, 40-71. 1994
3. Ludorff, Walter. El pescado y los productos de la pesca. Ed. Acribia S. A., Zaragoza, España. Pág. 44-47, 74-91, 1978.
4. Fisher, P. Arnold E. Bender. Valor nutritivo de los alimentos. Limusa, 1ª edic., México D.F., pp. 138-139, 149, 2000.
5. Iwasaki, M. and Harada, R., Cholesterol content of fish gonads and livers, Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish, 50, 1623. 1984
6. Stansby, M. E., Properties of fish oils and their application to handling of fish and to nutritional and industry use, in chemistry and Biochemistry of Marine Food Products, Martin, R.E., Flick, G.J., Eds. AVI Publishing, Westport, CT, 75, 1982.
7. Torry Research Station Aberdeen Scot. El pescado y las industrias derivadas de la pesca. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España. Pág. 314-325, 1987.
8. Carbamaro, M., Grant, G., Marsilio, C., Pusztai, A. Perspectives into factors limiting in vivo digestion of legume proteins: antinutritional compounds or storage proteins?, J. Agric. Food Chem., 48: 742-748, 2000.
9. Lindner, E. Toxicología de los alimentos. Acribia, 2ª edic., Zaragoza., pp. 4, 5-17. 82-96, 1995.

10. Sotelo, A. Constituents of wild food plants. In: *Functionality of Food Phytochemicals*, Plenum Press, 1<sup>a</sup> edic., New York., pp. 89-111, 1997.
11. Martínez, B., Rincón, F. Inhibidores de tripsina I: Características y significado en Alimentación humana. *Alimentaria*. 279: 27-31, 1997.
12. [http://www.Agroenlinea.com/agro/portlets/aeconomicobody.jsp?ID\\_ANALISIS=7](http://www.Agroenlinea.com/agro/portlets/aeconomicobody.jsp?ID_ANALISIS=7) Buscador empleado: [www.yahoo.com.mx](http://www.yahoo.com.mx) Citado el 21 de marzo de 2003.
13. <http://www.fishbase.org> Buscador empleado: [www.yahoo.com.mx](http://www.yahoo.com.mx) Citado el 13 de febrero de 2003
14. Tablas de composición de los alimentos. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. Pág. 164-167. 1996
15. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [www.sagarpa.com](http://www.sagarpa.com) Buscador empleado: [www.yahoo.com.mx](http://www.yahoo.com.mx) Citado el 19 de marzo de 2003.
16. Fennema, O., *Química de alimentos.*, Acribia, 2<sup>a</sup> edic., Zaragoza., pp.65-71, 100-101, 140-150,674-680, 960-965. 1993.
17. Kirk, R.S., Sawyer, R., Egan, H. *Composición y análisis de alimentos de Pearson*. CECSA. 2<sup>a</sup> edic., México D.F., pp. 12-29, 36-37, 199-250, 397,671-721, 1996.
18. Williams, S. *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists*. AOAC. Washington D.C., Métodos 14.004, 7.009, 7.063, 7.074, 1989.
19. Miranda, J., *Técnicas Analíticas de Origen Nuclear: Un curso introductorio*, Instituto de Física, UNAM. México D.F., pp. 61-70, 2000.
20. Ruvalcaba, J.L., Monroy, M., Morales, López, K., *The new external beam set-up of*

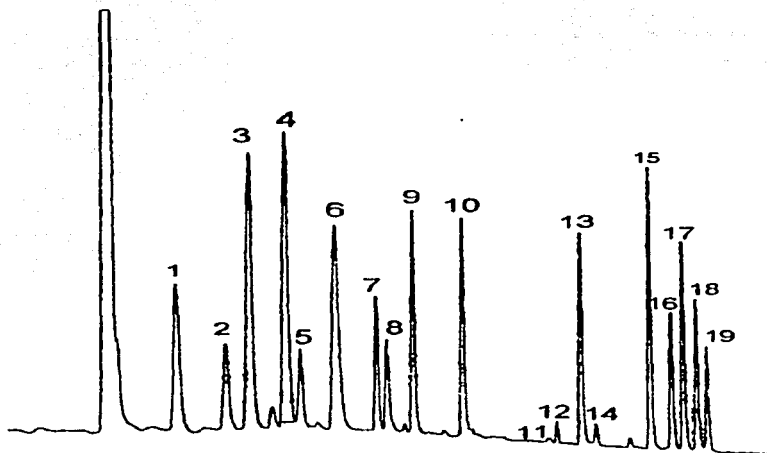


- the Pelletron Accelerator at UNAM, México., Abstracts for the ninth international conference of PIXE and its analytical applications, University of Guelph, Guelph, pp. 62, 2001.
21. Manual for QXAS (International Atomic Energy Agency, Vienna), 1995.
  22. Miranda, J., Lucio, O.G., Santillana, E., Lugo, M., Aguilar, D.L., PIXEINT: un programa para análisis cuantitativo con PIXE ( Resúmenes del XL Congreso Nacional de Física), Soc. Mex. De Fis., México D.F., pp. 27, 1997.
  23. Kakade, M.L., Rackis, J.J., McGhee, J.E., Puski, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products. A collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem.* 51: 376-382, 1974.
  24. Jaffe, W.G., Levy, A., Gonzalez, D.I. Isolation and partial characterization of bean phytohemagglutinins. *Phytochem.* 13: 2685-2693, 1974.
  25. Harris, C.D., *Análisis químico cuantitativo, Iberoamericana.* 1<sup>a</sup> edic., México D.F., pp. 637-653, 1990.
  26. Laureles, L.R., Variability in fatty acid and triacylglycerol composition of the oil of coconut (*Cocos nucifera* L.) Hybrids and Their parentals, *J. Agric. Food Chem.* 50: 1581-1585, 2002.
  27. Sotelo, A., Lucas, B., Garza, L., Giral, F., Characteristics and fatty acid content of the fat of seeds of nine wild mexican plants., *J. Agric. Food Chem.*, 38: 1503-1505, 1990.
  28. Alegria, A., Barberá, R., Lagarda, M., López, J., Determinación de aminoácidos en fórmulas para lactantes por cromatografía de líquidos de alta resolución en fase reversa. *Alimentaria.*, 295: 103-110, 1998.

29. Cohen, S., Michaud, D. Synthesis of a fluorescent derivatizing reagent, 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate, and its application for the analysis of hydrolysate amino acids via HPLC. *Anal Biochem.* 211: 279-287, 1993.
30. Diaz, J., Liberia, J., Comellas, L., Broto, F. Amino acid and amino sugar determination by derivatization with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate followed by high-performance liquid chromatography and fluorescence detection. *J. Chromatogr. A* 719: 171-179, 1996.
31. Strydom, D. Cohen, S. Comparison of amino acid analyses by phenylisothiocyanate and 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate pre column derivatization. *Anal Biochem.*, 22: 19-28, 1994.
32. Bidlingmeyer, B.A., Cohen, S.A., Tarvin, T.L., Rapid analysis of amino acids using pre column derivatization. *J. Chromatogr.*, 336: 93-104, 1984.
33. Lucas, B., Sotelo, A. Effect of different alkalies, temperature and hydrolysis times on tryptophan determination of pure proteins and feeds. *Anal. Biochem.* 1980, 109, 192-197.
34. Rama Roa, M., Chandra, K. "Colorimetric estimation of tryptophan content of pulses" *Journal of Food Sc. Tech.*, Vol. 11, pp. 213-216, 1974.
35. Kimura, S., Studies on marine invertebrate collagens. V. The neutral sugar composition and glucosylated hydroxylysine contents of several collagens. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 38, 1153, 1972.
36. Berkow, R., *El manual Merck de diagnóstico y terapéutica*, Doyma, 8ª edic., Barcelona, pp. 1777-1780, 1984.

37. López, E.M. Determinación de factores tóxicos en varias almendras no tradicionales con potencial aporte de proteína y grasa dietética. Tesis Licenciatura, UNAM, México, D.F., pp. 34-39, 73,77, 2000.
38. Food Agricultural Organization/World Health Organization: energy and Protein Requirements, WHO, 1973.
39. Adrian, Jean y Frangne, Régine. La Ciencia de los alimentos de la A a la Z., Acribia S.A., Zaragoza, España, pp. 305, 1990.

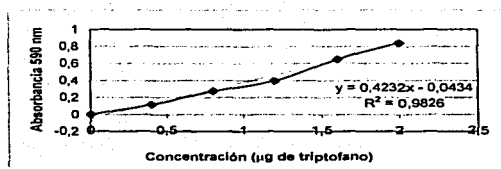
**ANEXO.**



**Figura 1. Cromatograma del perfil de aminoácidos.**

- 1.Aspartico. 2.Serina, 3.Glutámico, 4.Glicina, 5.Histidina, 6.Amoniaco. 7.Arginina, 8.Treonina, 9.Alanina, 10.Prolina, 11.Cistina, 12.Tirosina, 13.Valina, 14.Metionina, 15.Lisina, 16.Isoleucina, 17.Leucina, 18.Norleucina, 19.Fenilalanina.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



\* Concentración (µg de triptofano)

Figura 2. Curva patrón y ecuación de regresión lineal para la determinación de triptofano en la harina de las diferentes especies de pescados.

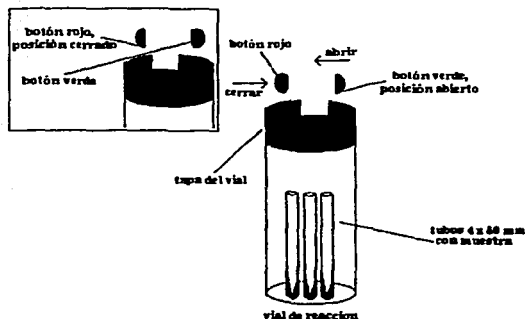


Figura 3. Vial de reacción empleado para la preparación de muestras e hidrólisis en la determinación del perfil de aminoácidos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

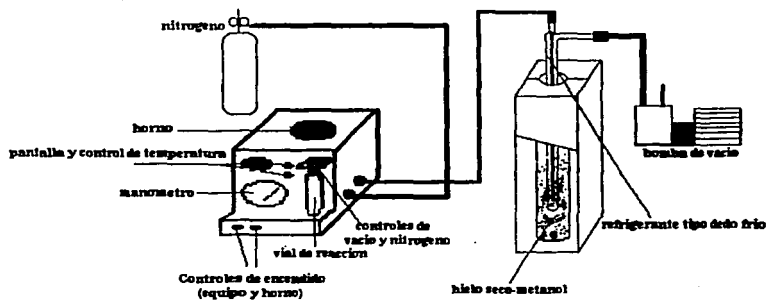


Figura 4. Estación de trabajo Pico-Tag, empleada en la determinación del perfil de aminoácidos.

SERIE HISTÓRICA DE LA PRODUCCIÓN DE HUACHINANGO EN PESO VIVO,  
SEGUN ENTIDAD FEDERATIVA, 1998-2001  
(Toneladas)

ENTIDAD	1998	1999	2000	2001
<b>TOTAL</b>	<b>6,782</b>	<b>6,439</b>	<b>6,132</b>	<b>6,104</b>
<b>LITORAL DEL PACÍFICO</b>	<b>3,390</b>	<b>2,994</b>	<b>3,399</b>	<b>3,388</b>
BAJA CALIFORNIA	1	2	4	2
BAJA CALIFORNIA SUR	764	611	1,047	611
CHIHUAHUA	85	84	84	4
COAHUILA	198	157	241	143
GUERRERO	136	210	205	229
JALISCO	691	545	422	467
MICHOACÁN	263	208	265	287
NAYARIT	174	142	274	265
OAXACA	548	384	523	510
SINALOA	95	107	249	163
SONORA	29	67	103	178
<b>LITORAL DEL GOLFO Y CARIBE</b>	<b>3,392</b>	<b>3,445</b>	<b>2,733</b>	<b>2,717</b>
CAMPESINA	196	299	406	532
QUINTANA ROO	27	12	14	18
TABASCO	674	674	776	891
TAMAULIPAS	548	482	345	377
VERACRUZ	641	620	360	285
YUCATÁN	1,200	1,318	812	613
<b>ENTIDADES SIN LITORAL</b>	<b>..</b>	<b>..</b>	<b>..</b>	<b>..</b>
AGUASCALIENTES	..	..	..	..
CHIHUAHUA	..	..	..	..
COAHUILA	..	..	..	..
DL RANGO	..	..	..	..
GUANAHUATO	..	..	..	..
HIDALGO	..	..	..	..
MEXICO	..	..	..	..
MORELOS	..	..	..	..
NUEVO LEÓN	..	..	..	..
PUEBLA	..	..	..	..
QUERÉTARO	..	..	..	..
SAN LUIS POTOSÍ	..	..	..	..
TLASCALA	..	..	..	..
ZACATECAS	..	..	..	..

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 5. Producción regional de Sierra durante el periodo de 1998 a 2001

SERIE HISTÓRICA DE LA PRODUCCIÓN DE ROBALO EN PENINSULA,  
SEGUN ENTIDAD FEDERATIVA, (1998-2001)  
(Toneladas)

ENTIDAD	1998	1999	2000	2001
<b>TOTAL</b>	<b>4,750</b>	<b>5,565</b>	<b>4,962</b>	<b>6,238</b>
<b>LITORAL DEL PACIFICO</b>	<b>751</b>	<b>991</b>	<b>806</b>	<b>863</b>
Baja California	-	-	-	1
Baja California Sur	6	8	6	1
Chiapas	106	95	112	178
Colima	61	44	46	17
Guerrero	15	11	60	47
Jalisco	9	14	20	23
Michoacán	9	10	15	16
Nayarit	150	178	189	182
Oaxaca	26	26	84	104
Sinaloa	127	156	105	70
<b>LITORAL DEL GOLFO Y CARIBE</b>	<b>1,996</b>	<b>4,509</b>	<b>4,162</b>	<b>5,268</b>
Campeche	921	1,044	1,120	2,008
Quintana Roo	62	111	98	39
Tabasco	902	1,156	1,062	1,805
Tamaulipas	123	101	88	89
Veracruz	1,844	2,056	1,770	1,279
Yucatán	51	70	60	72
<b>ENTIDADES SIN LITORAL O AGUAS CALIENTES</b>	<b>31</b>	<b>8</b>	<b>31</b>	<b>17</b>
Chihuahua	-	-	-	-
Coahuila	-	-	-	-
Durango	10	1	6	15
Guerrero	-	-	-	-
Guerrero	-	-	-	-
Hidalgo	-	-	-	-
México	-	-	-	-
México	-	-	-	-
Nuevo León	-	-	-	-
Puebla	-	-	-	-
Querétaro	-	-	-	-
San Luis Potosí	2	4	5	2
Tlaxcala	-	-	-	-
Zacatecas	-	-	-	-

A. INSTITUTO FEDERAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEGI)  
BOQUES DE ROBALO

Figura 6. Producción regional de Robalo durante el periodo de 1998 a 2001

SERIE HISTÓRICA DE LA PRODUCCIÓN DE HUACHINANGO EN PENINSULA,  
SEGUN ENTIDAD FEDERATIVA, (1998-2001)  
(Toneladas)

ENTIDAD	1998	1999	2000	2001
<b>TOTAL</b>	<b>11,215</b>	<b>13,643</b>	<b>11,878</b>	<b>11,276</b>
<b>LITORAL DEL PACIFICO</b>	<b>3,896</b>	<b>4,265</b>	<b>6,261</b>	<b>5,998</b>
Baja California	264	312	375	176
Baja California Sur	274	245	106	214
Chiapas	65	128	106	136
Colima	71	70	151	95
Guerrero	116	125	65	15
Jalisco	40	96	132	150
Michoacán	63	92	143	164
Nayarit	219	278	245	133
Oaxaca	21	69	141	136
Sinaloa	421	706	1,018	1,131
Nuevo León	2,057	2,605	2,509	2,157
<b>LITORAL DEL GOLFO Y CARIBE</b>	<b>7,810</b>	<b>8,282</b>	<b>5,717</b>	<b>5,228</b>
Campeche	2,801	3,674	1,781	1,248
Quintana Roo	20	20	11	11
Tabasco	1,947	1,574	1,016	901
Tamaulipas	842	815	610	702
Veracruz	2,156	1,678	2,048	2,196
Yucatán	66	80	27	-
<b>ENTIDADES SIN LITORAL O AGUAS CALIENTES</b>	<b>494</b>	<b>80</b>	<b>27</b>	<b>17</b>
Chihuahua	-	-	-	-
Coahuila	-	-	-	-
Durango	-	-	-	-
Guerrero	-	-	-	-
Hidalgo	-	-	-	-
México	-	-	-	-
México	-	-	-	-
Nuevo León	-	-	-	-
Puebla	-	-	-	-
Querétaro	-	-	-	-
San Luis Potosí	-	-	-	-
Tlaxcala	-	-	-	-
Zacatecas	-	-	-	-

Figura 7. Producción regional de Huachinango durante el periodo de 1998 a 2001

**SERIE HISTÓRICA DE LA PRODUCCIÓN DE CAZÓN Y TIBURÓN EN PISO VIVO,  
SEGUN ENTIDAD FEDERATIVA, 1998-2001**  
(Toneladas)

ENTIDAD	1998	1999	2000	2001
<b>TOTAL</b>	<b>34,343</b>	<b>39,093</b>	<b>37,443</b>	<b>35,666</b>
<b>LITORAL DEL PACÍFICO</b>	<b>15,668</b>	<b>15,391</b>	<b>19,965</b>	<b>18,513</b>
BAJA CALIFORNIA	3 514	2 645	4 126	3 979
BAJA CALIFORNIA SUR	3 014	3 491	3 733	2 838
CHIHUAHUA	2 939	2 792	3 377	4 313
COLIMA	1 474	1 298	964	1 064
GUERRERO	313	105	117	114
JALISCO	66	2	36	6
MICHOACÁN	82	12	40	53
NAYARIT	663	415	1 431	1 129
OAXACA	596	272	830	682
SONORA	1 684	1 935	2 608	2 202
SONDURA	1 610	2 384	2 822	2 136
<b>LITORAL DEL GOLFO Y CARIBE</b>	<b>8,443</b>	<b>6,740</b>	<b>7,478</b>	<b>7,182</b>
CAMPESHE	1 362	483	1 320	1 640
QUINTANA ROO	226	205	276	125
TABASCO	557	188	371	506
TAMAULIPAS	2 210	784	1 657	1 787
VERACRUZ	2 495	1 414	3 164	2 291
YUCATÁN	1 498	1 578	1 418	927

Figura 8. Producción regional de Cazón y Tiburón durante el periodo de 1998 a 2001