



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE POSGRADO EN ALIMENTOS DEL CENTRO
DE LA REPÚBLICA (PROPAC)**

MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN FISCOQUÍMICA, SENSORIAL Y MICROBIOLÓGICA PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE 17 ESPECIES DE PESCADOS DEL SURESTE DE MÉXICO ALMACENADOS EN HIELO

T E S I S

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de

MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Presenta:

Q.A. BLANCA ESTELA SÁNCHEZ GARCÍA

CENTRO UNIVERSITARIO

Querétaro, Qro.; Septiembre del año 2000

No. Reg. #65116

Clas. 664.07
S211e



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PROGRAMA DE POSGRADO EN ALIMENTOS DEL CENTRO DE LA
REPÚBLICA (PROPAC)

“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL Y MICROBIOLÓGICA PARA
DETERMINAR LA CALIDAD DE 17 ESPECIES DE PESCADOS DEL SURESTE
DE MÉXICO ALMACENADOS EN HIELO”

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:
MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Presenta:

Q.A. BLANCA ESTELA SÁNCHEZ GARCÍA

Dirigido por:

DR. HUGO SERGIO GARCÍA GALINDO

SINODALES

DR. HUGO SERGIO GARCÍA GALINDO

Presidente

DR. CARLOS REGALADO GONZÁLEZ

Secretario

DRA. CLARA ESCAMILLA SANTANA

Vocal

M.C. JORGE ÁLVAREZ DOMÍNGUEZ

Suplente

M.C. BLANCA GARCÍA ALMENDÁREZ

Suplente

M. en C. GUSTAVO REDRAZA ABOYTES

Director de la Facultad

DR. SERGIO QUESADA ALDANA

Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Septiembre de 2000, México

Resumen

Es una práctica frecuente, tanto en el Estado de Veracruz, como en otras zonas costeras o interiores de nuestro país, que una vez obtenidas las capturas de pescado a un enhielado inicial para su conservación en las playas, a bordo de las embarcaciones o en el momento de recolectar la cosecha en las instalaciones acuícolas. Esta etapa previa se puede extender desde horas hasta varios días, dependiendo de los métodos de captura o recolección, de las facilidades para la comercialización ó de las características y autonomía de las embarcaciones disponibles para la pesca. Posterior a este período el pescado es sometido al proceso de conservación definitivo para su consumo final; previo análisis de su calidad, la cual en el pescado es una propiedad que se ve notablemente afectada por la pérdida de la frescura. Ésta es consecuencia de una serie de cambios indeseables post-mortem en los tejidos del pescado, debido a diferentes factores, entre otros, el arte de pesca empleado, la concentración de substratos en el pez vivo, actividad de enzimas endógenas y las condiciones post-captura a la que se somete. La evaluación de frescura en pescado se basa en la medición de estos cambios deteriorativos. En el presente trabajo se evaluó la calidad de 17 especies de pescado, tanto marinas como de aguas naturales que tienen importancia económica y comercial en nuestro país y en el Estado de Veracruz. Se determinó su frescura y se desarrolló su perfil de descomposición en almacenamiento en hielo. Se emplearon los métodos de la evaluación sensorial descriptiva, el Torrymetro, el contenido de trimetilamina, bases volátiles totales, hipoxantina en el músculo de pescado y la cuenta en placa de bacterias aerobias mesófilas y psicrófilas. Con los resultados obtenidos se estableció para cada especie el esquema de evaluación sensorial descriptivo para el pescado crudo y la correlación que presenta cada prueba durante el almacenamiento en hielo, con el fin de determinar los métodos más apropiados, fáciles y rápidos para evaluar la frescura satisfactoriamente y el tiempo máximo de almacenamiento en hielo para establecer finalmente el límite para consumo humano.

Palabra clave: Frescura de pescado; calidad enhielado en refrigeración.

Summary

It is very common in the state of Veracruz as well as in some other coastal as well inland areas of our country that as soon as the fish is captured it is subjected to some kind of preservation treatment icing whether in the beach, on board of the fishing vessels or in the site of a aquacultural farm. This treatment can be extended from a few hours up to several days depending on the method of capture, on the distribution facilities or in the characteristics and autonomy of the fishing vessels. After this stage the fish undergoes a secondary preservation method until its final consumption. Prior to this point quality analyses have to be made. Quality in fish is greatly affected by the loss of freshness which is a consequence of a series of undesirable post-mortem changes in the fish tissue due to different factors such as the method of fishing used, substrates concentration and the presence of metabolites in living fish, the activity of endogenous enzymes and post capture handling. The evaluation of freshness is based on a measurement of such degrading changes. In the present research, the quality of seventeen fish species were evaluated on its quality (marine and fresh water), that have commercial and economic importance in both the state of Veracruz and the whole country. Their freshness was determined and a profile was developed to assess the decomposition of fish on ice storage. Methods of descriptive sensory evaluation were used. In addition the Torrymeter as a freshness indicator was utilized and trimethylamine, total volatile bases and hypoxanthine content in the fish muscle and the mesophyle and psychophyle bacterial plate count were determined. With the results obtained, a scheme of descriptive sensory evaluation parameters was established for raw fish and correlations with each test during the ice cold storage were established with the purpose to determine the most appropriate, accurate and quick methods to satisfactorily assess the freshness of fish and determine the maximum ice storage time of the fish for human consumption.

Keywords: Fish freshness; quality in refrigeration.

Índice general.

Resumen.....	i
Summary.....	ii
Índice general.....	iii
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1. Características generales de las especies estudiadas.....	5
2.1.1. Bagre.....	7
2.1.2. Carpas.....	8
2.1.3. Cojinuda.....	11
2.1.4. Corvina.....	12
2.1.5. Chucumite.....	13
2.1.6. Guachinango.....	15
2.1.7. Jurel.....	16
2.1.8. Lebrancha.....	17
2.1.9. Mojarra blanca.....	18
2.1.10. Mojarra tilapia.....	19
2.1.11. Pámpano.....	21
2.1.12. Ronco.....	22
2.1.13. Rubia.....	23
2.1.14. Tigre.....	24
2.1.15. Trucha arco iris.....	25
2.1.16. Villajaiba.....	27
2.2. Métodos de captura.....	28
2.2.1. Red de tiro.....	28
2.2.2. Palangres calados.....	30
2.2.3. Redes de arrastre de media agua.....	30
2.2.4. Trampas.....	31
2.2.5. Método de red de estanque.....	31
2.3. Características generales del tejido muscular del pescado.....	33

2.3.1. Composición química del pescado.....	33
2.3.2. El músculo del pescado y su diferencia con otras especies.....	36
2.3.3. Clasificación y estructura del músculo del pescado.....	38
2.3.4. Procesos de contracción y relajación muscular.....	46
2.3.5. Cambios bioquímicos en el músculo postmortem.....	46
2.3.5.1. Cambios bioquímicos relacionados con el metabolismo energético.....	46
2.3.5.2. Consecuencias del agotamiento del ATP.....	51
2.3.5.3 Descenso de dureza durante el post-rigor.....	58
2.3.5.4. Degradación de ATP a hipoxantina.....	52
2.3.6. Cambios en compuestos nitrogenados.....	54
2.3.6.1. Degradación del oxido de trimetilamina a trimetilamina.....	54
2.3.6.2. Compuestos nitrogenados no proteícos.....	56
2.3.7. Microorganismos en el músculo del pescado.....	58
2.3.7.1. Microflora natural.....	58
2.3.7.2. Crecimiento de bacterias en productos marinos.....	59
2.3.7.3. Microflora deterioradora.....	60
2.3.7.4. Organismos patógenos.....	61
2.4. Métodos de evaluación de frescura en pescado.....	63
2.4.1. Evaluación sensorial.....	63
2.4.2. Métodos físicos: Torrymetro.....	65
2.4.3. Métodos químicos.....	66
2.4.3.1. Métodos para evaluación de trimetilamina.....	66
2.4.3.2. Bases volátiles nitrogenadas totales.....	67
2.4.3.3. Hipoxantina.....	69
2.4.4. Métodos microbiológicos.....	71
3. OBJETIVOS.....	73
3.1. Objetivo general.....	74
3.2. Objetivos específicos.....	74
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	75
4.1. Obtención de la materia prima.....	76
4.2. Métodos de evaluación de frescura.....	77
4.2.1. Evaluación sensorial descriptiva.....	77

4.2.2. Lectura del Torrymetro.....	78
4.2.3. Determinación de Trimetilamina.....	78
4.2.4. Determinación de Bases volátiles totales.....	78
4.2.5. Determinación de Hipoxantina.....	78
4.2.6. Cuenta de bacterias aerobias en placa.....	79
4.3. Análisis de los resultados obtenidos.....	79
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	81
5.1. Evaluación sensorial descriptiva.....	82
5.2. Lectura del Torrymetro.....	120
5.3. Relación de la evaluación sensorial con la lectura del Torrymetro.....	124
5.4. Evaluación de trimetilamina.....	128
5.5. Evaluación de bases volátiles totales.....	134
5.6. Evaluación de Hipoxantina.....	138
5.7. Cuenta en placa de bacterias mesófilas aerobias.....	142
5.8. Cuenta en placa de bacterias psicrófilas aerobias.....	145
6. CONCLUSIONES.....	148
6.1. Conclusiones.....	149
6.2. Principales aportes del trabajo.....	150
6.3. Recomendaciones para trabajos futuros.....	151
7 REFERENCIAS.....	152

Índice de tablas.

Tabla	Página
2.1. Nombre común y científico de las especies estudiadas y métodos de pesca empleados en su captura.....	5
2.2. Producción y valor comercial nacional y del estado de Veracruz de las especies estudiadas.....	6
2.3. Principales componentes del músculo de algunas especies de pescado de importancia comercial.....	35
2.4. Clasificación de pescados de acuerdo a su contenido de grasa y proteína.....	35
2.5. Resumen del desarrollo histórico de los principales métodos empleados para evaluar TMA.....	68
2.6. Valores propuestos como límites de aceptabilidad para consumo humano de los productos de la pesca según su contenido de bases volátiles totales (BVT).....	70
2.7. Valores propuestos como límites de aceptabilidad para consumo humano de los productos de la pesca según su contenido de Hipoxantina.....	70
4.1. Escala empleada para la evaluación sensorial de frescura en pescado crudo.....	80
5.1. Resultados del análisis de regresión lineal para la prueba de Evaluación Sensorial Descriptiva en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0- 1°C.....	85
5.2. Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Bagre (<i>Ictalurus punctatus</i>).....	86
5.3. Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Carpa Herbívora (<i>Ctenopharingodom idella</i>).....	88
5.4. Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Carpa plateada (<i>Hipophtalmichthys molitrix</i>).....	90
5.5. Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Cojinuda (<i>Caranx crysos</i>).....	92
5.6. Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Corvina (<i>Micropogon furnieri</i>).....	94
5.7. Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Chucumite (<i>Centropomus parallelus</i>).....	96
5.8. Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Guachinango (<i>Lutjanus campechanus</i>).....	98

5.9	Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Jurel (<i>Caranx hippos</i>).....	100
5.10.	Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Lebrancha (<i>Mugil curema</i>).....	102
5.11	Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Mojarra blanca (<i>Diapterus olisthostomus</i>).....	104
5.12.	Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Mojarra tilapia (<i>Oreochromis mossambica</i>).....	106
5.13.	Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Pámpano (<i>Trachinotus carolinus</i>).....	108
5.14.	Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Ronco (<i>Conodon nobillis</i>).....	110
5.15.	Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Rubia (<i>Ocyurus chrysurus</i>).....	112
5.16.	Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Tigre (<i>Calamus nodosus</i>).....	114
5.17.	Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	116
5.18.	Esquema sensorial propuesto para evaluar la frescura en Villajaiba (<i>Gonioplectrus hispanus</i>).....	118
5.19.	Resultados del análisis de regresión lineal para la prueba de Lectura del Torrymetro en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0- 1°C.....	123
5.20.	Resultados del análisis de regresión lineal para la relación de la prueba de Lectura del Torrymetro con la Evaluación Sensorial Descriptiva en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0- 1°C.....	127
5.21.	Resultados del análisis de regresión lineal para la prueba de Trimetilamina en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0- 1°C.....	131
5.22.	Resultados del análisis de regresión lineal para la prueba de Trimetilamina realizando una transformación logarítmica (TMAI) en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0- 1°C.....	133
5.23.	Resultados del análisis de regresión lineal para la prueba de Bases Volátiles Totales en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0 - 1°C.....	137
5.24.	Resultados del análisis de regresión lineal para la prueba de Hipoxantina en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0- 1°C.....	141

Índice de figuras.

Figura	Página
2.1. Esquema general del bagre.	7
2.2. Esquema general de la carpa herbívora.....	10
2.3. Esquema general de la carpa plateada:	10
2.4. Esquema general de la cojinuda.	11
2.5. Esquema general de la corvina.	12
2.6. Esquema general del chucumite.....	14
2.7. Esquema general del guachinango.....	15
2.8. Esquema general del jurel.	16
2.9. Esquema general de la lebrancha.....	17
2.10. Esquema general de la mojarra blanca.	18
2.11. Esquema general de la mojarra tilapia.	20
2.12. Esquema general del pámpano.	21
2.13. Esquema general del ronco.	22
2.14. Esquema general de la rubia.	23
2.15. Esquema general del tigre.	24
2.16. Esquema general de la trucha.	26
2.17. Esquema general de la villajaiba.	27
2.18. Diagrama general de las redes de tiro (Chinchorro playero).....	29
2.19. Diagrama general de diferentes tipos de palangres calados.....	29
2.20. Diagrama general de la red de arrastre de media agua.....	32
2.21. Diagrama general de una trampa (almadraba).	32
2.22. Representación macroscópica y microscópica del músculo del pescado.	40
2.23. Estructura del miotomo de la musculatura de peces óseos.....	41
2.24. Corte de una fibra muscular:	41
2.25. Estructura del músculo estriado.	43
2.26. Sección longitudinal de una fibrilla de músculo estriado.....	43
2.27. Tipos de músculo rojo en distintas especies de pescado.....	45
2.28. Sección transversal del bacalao en el punto de máxima flexión.....	45
2.29. Efecto del fallo circulatorio sobre el tejido muscular.....	49

2.30.	Esquema de degradación del ATP.....	53
2.31.	Degradación del óxido de trimetilamina.....	57
5.1	Determinación Sensorial Descriptiva en pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración 0 – 1°C.....	84
5.2	Cambios físicos en bagre durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	87
5.3	Cambios físicos de la carpa herbívora durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	89
5.4	Cambios físicos de la carpa plateada durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	91
5.5	Cambios físicos de la cojinuda durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	93
5.6.	Cambios físicos de corvina durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	95
5.7.	Cambios físicos del chucumite durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	97
5.8.	Cambios físicos del guachinango durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	99
5.9.	Cambios físicos del jurel durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	101
5.10.	Cambios físicos de la lebrancha durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	103
5.11.	Cambios físicos de la mojarra blanca durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	105
5.12.	Cambios físicos de la mojarra tilapia durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	107
5.13.	Cambios físicos del pámpano durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	109
5.14.	Cambios físicos del ronco durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	111
5.15.	Cambios físicos de la rubia durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	113
5.16.	Cambios físicos del tigre durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	115
5.17	Cambios físicos de la trucha arco iris durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	117
5.18.	Cambios físicos de la villajaiba durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	119

5.19.	Resultados de la lectura del Torrymetro en pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración 0-1°C.....	122
5.20 ^a	Resultados de la correlación de la prueba de Lectura del Torrymetro con la Evaluación Sensorial Descriptiva en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0-1°C.....	125
5.20 ^b	Resultados de la correlación de la prueba de Lectura del Torrymetro con la Evaluación Sensorial Descriptiva en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0-1°C.....	126
5.21.	Resultados de la determinación de Trimetilamina en músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	130
5.22.	Resultados de la transformación logarítmica de la determinación de Trimetilamina en músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	132
5.23.	Resultados de la determinación de bases volátiles totales en músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	136
5.24.	Resultados de la determinación de hipoxantina en músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.....	140
5.25.	Resultados de la cuenta en placa de bacterias mesófilas aerobias en el músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C. (Temperatura de incubación 35° ± 2°C).....	144
5.26.	Resultados de la cuenta en placa de bacterias psicrófilas aerobias en el músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C. (Temperatura de incubación 5° ± 2°C).....	147

1. INTRODUCCIÓN.

El modelo de vida moderna de la sociedad contemporánea ha provocado un cambio en las actitudes de los individuos. Cada día son más las personas que se preocupan por la salud, nutrición y otros factores que les permitan tener una mejor calidad de vida. Esto a su vez ha conducido a un incremento en el consumo de alimentos que cumplan con estas expectativas; a su vez la industria alimentaria ha experimentado un período de crecimiento e innovación tecnológica debido a una mayor demanda del consumidor por una gran variedad de alimentos que les brinden una nutrición adecuada y tengan un corto tiempo de preparación. Bajo este contexto, el pescado y los productos de la pesca constituyen un grupo de alimentos que reúnen características nutrimentales importantes y han despertado el interés de los consumidores y tecnólogos. Sin embargo, el crecimiento en la demanda mundial de alimentos marinos y las limitaciones de los recursos pesqueros han generado cuestionamientos sobre su disponibilidad, precios y calidad. Los productos que son exportados o importados por un país requieren cumplir con estándares de calidad cada vez más rígidos.

En México resulta fundamental regular la comercialización de los productos de la pesca independientemente de que se traten de especies para exportación o para consumo interno y crear índices que definan la calidad de este alimento.

En las costas del Estado de Veracruz, se destina la mayor parte de las capturas a su conservación en hielo en cámaras refrigeradas como etapa previa a su procesamiento final o consumo. Esta práctica también es común en otras regiones de nuestro país y es el procedimiento más común para el transporte de la producción pesquera a los principales centros de consumo en el interior del país.

Por los motivos anteriores se realizó un estudio para proponer estándares de frescura para 17 especies de pescado que tienen un importante movimiento económico y comercial en México, con la finalidad de evitar las altas pérdidas post-captura debidas a la mala conservación, manejo y almacenamiento; además de la falta de control de calidad en un producto altamente perecedero.

La frescura es una propiedad del pescado que afecta notablemente la calidad del mismo; su medición no es fácil y su pérdida va seguida de una serie de cambios complejos de tipo microbiológico, químico y físico que finalmente ocasionan el deterioro del pescado. Una práctica común para evaluar frescura consiste en medir la aparición o descomposición de algún compuesto particular que sea resultado del proceso deteriorativo del pescado y que sea usado como índice de la etapa en que se encuentra el daño.

De los muchos procedimientos que han sido propuestos para evaluar frescura, se seleccionaron para realizar este trabajo, seis de los métodos más empleados y confiables. Así, la evaluación de frescura se realizó utilizando los métodos de evaluación sensorial descriptiva en pescado crudo (ESD), el método físico del Torrymetro (LT), los métodos químicos para evaluar en el músculo del pescado como el contenido de trimetilamina (TMA), bases volátiles totales (BVT) e hipoxantina (Hx) y finalmente la cuenta de bacterias aerobias (CBA).

Con los resultados obtenidos se propone establecer el límite para consumo humano para cada especie estudiada en función del tiempo máximo de almacenamiento en hielo. Se estableció además para cada especie el esquema de evaluación sensorial descriptivo para el pescado crudo, que incluye los principales cambios físicos que ocurren durante el deterioro del pescado enhielado, el cual es una herramienta muy útil en la práctica para la toma de decisiones para el destino final de los productos de la pesca. Finalmente, se encontraron las mejores correlaciones entre el tiempo de almacenamiento en hielo y las diferentes pruebas que se realizaron para determinar cuales son las más adecuadas para evaluar la frescura.

2. ANTECEDENTES.

2.1. Características generales de las especies estudiadas.

A continuación se indican las características biológicas importantes de las especies que se estudiaron. Adicionalmente se incluye la relación completa de todas las especies; junto con sus nombres comunes y científicos, y métodos de captura en la Tabla 2.1. Los datos disponibles de la producción nacional y del estado de Veracruz de las especies estudiadas con sus correspondientes valores comerciales se indican en la Tabla 2. 2.

Tabla 2.1. Nombre común y científico de las especies estudiadas y métodos de pesca empleados en su captura.

Nombre común	Nombre científico	Método de captura
Bagre	<i>Ictalurus punctatus</i>	Chinchorro playero y cordel
Carpa herbívora	<i>Ctenopharingodom idella</i>	Red de estanque
Carpa plateada	<i>Hipophthalmichthys molitrix</i>	Red de estanque
Cojinuda	<i>Caranx crysos</i>	Almadraba
Corvina	<i>Micropogon furnieri</i>	Chinchorro playero
Chucumite	<i>Centropomus parallelus</i>	Método de cordel
Guachinango	<i>Lutjanus campechanus</i>	Método de cordel
Jurel	<i>Caranx hippos</i>	Chinchorro playero
Lebrancha	<i>Mugil curema</i>	Chinchorro playero
Mojarra blanca	<i>Diapterus olisthostomus</i>	Chinchorro playero
Mojarra tilapia	<i>Oreochromis mossambica</i>	Red de estanque
Pámpano	<i>Trachinotus carolinus</i>	Chinchorro playero
Ronco	<i>Conodon nobillis</i>	Chinchorro playero
Rubia	<i>Ocyurus chrysurus</i>	Red de escama de media agua
Tigre	<i>Calamus nodosus</i>	Red de escama de media agua
Trucha arco iris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Red de estanque
Villajaiba	<i>Gonioplectrus hispanus</i>	Red de escama de media agua

Tabla 2.2. Producción y valor comercial nacional y del estado de Veracruz de las especies estudiadas.

Especie	Producción Nacional	Producción del Estado de Veracruz (% de la participación nacional)	Valor de la Producción Nacional.	Valor de la Producción Estatal (% de la participación nacional)
	(Toneladas)		(miles de pesos)	
Bagre	4,649	1925 (41 %)	31,272	12,948 (41 %)
Carpa	31,191	3,697 (11.8 %)	90,335	10,707 (11 %)
Corvina	6,496	289 (4.4 %)	49,143	2,186 (4.4 %)
Chucumite	4,269	1,800 (42 %)	103,328	43,568 (42 %)
Guachinango	6,544	650 (9.9 %)	136,833	13,591 (9.9 %)
Jurel y cojinuda	10,879	4,320 (39.7 %)	38,132	15,142 (39.7 %)
Lebrancha	6,631	6,125 (92 %)	21,648	19,996 (92 %)
Mojarras	75,637	27,055 (35.7%)	513,817	18,379 (35.7%)
Pámpano	879	454 (51.6%)	9,141	4,721(51.6%)
Ronco	3,059	1,645 (53.7 %)	13,012	6,997 (53.7 %)
Rubia y Villajaiba	2,370	979 (41%)	32,153	13,281 (41%)
Tigre	N/D	N/D	N/D	N/D
Trucha	5,908	3,340 (56.5 %)	80,892	45,731 (56.5 %)
TOTAL	158,512	52,279 (33 %)	1,119,706	194,299 (17.35%)

Fuente: Anuario de Pesca 1998. Semamap. (N/D: no disponible)

2.1.1. **Bagre** *Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818).

Familia: Ictaluridae
Orden: Siluriformes
Clase: Actinopterygii

Nombre en inglés: Gafftopsail sea catfish; Channel catfish

Distribución: Se encuentra distribuido desde el Cabo Cod hasta Quintana Roo, incluso en las Antillas. A México fué introducido en 1943 y actualmente su distribución se ha ampliado a Sinaloa, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila.

Biología: Tanto marino como dulceacuícola, se encuentra también en estuarios salobres, de hábitos bentónicos, predominantemente carnívora, consumidor de segundo y tercer orden que se alimenta de peces pequeños, crustáceos, almejas, caracoles, detritus y materia orgánica, vegetales y sedimentos vegetales y inorgánicos. Prefiere el agua bien oxigenada.

Talla máxima: 132 cm longitud total.

Ambiente: Demersal, agua natural; pH de 6.0 a 8.0;

Zona climática: Subtropical

Importancia: pesquería comercial; de importancia en acuicultura y pesca deportiva.

Peligrosidad: Las aletas dorsales y pectorales están provistas con una espina eréctil dentada venenosa.

Referencia principal: Robins y Ray, (1986).

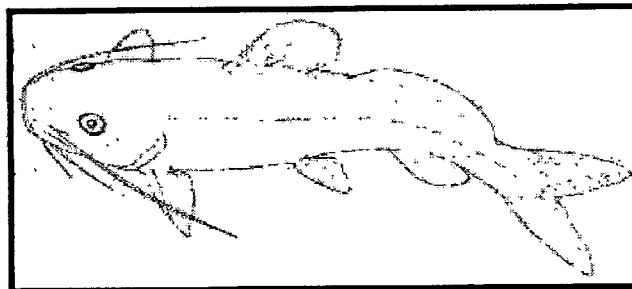


Figura 2.1. Esquema general del bagre.

2.1.2. Carpas.

	Carpa herbívora	Carpa plateada
Familia:	Cyprinidae	Cyprinidae
Orden:	Cypriniformes	Cypriniformes
Clase:	Actinopterygii	Actinopterygii
Nombre científico:	<i>Ctenopharingodon idella</i>	<i>Hipophthalmichthys molitrix</i>
Nombre en inglés:	Grass carp	Silver carp

Distribución:

Carpa herbívora: originaria de China y Siberia Oriental. Ha sido transportada ampliamente alrededor del mundo, llevando con ella el parásito nemátodo *Bothriocephalus opsarichthydis*. Varios países informan de impacto ecológico adverso después de la introducción.

Carpa plateada: originaria de Asia, China y Siberia Oriental. Fue introducida alrededor del mundo para su cultivo y control de crecimiento de algas. Varios países informan impacto ecológico adverso después de la introducción.

Biología:

Carpa herbívora: se encuentra en lagos y remansos de ríos grandes, prefiriendo flujos lentos de agua. Tolerancia a una gama amplia de temperaturas desde 0° a 38°C y hasta 10 ‰ de salinidad y niveles de oxígeno por debajo de 0.5 mg-O₂/litro. Pez fitoplanctófago, de plantas acuáticas y terrestres; su poco tubo digestivo poco desarrollado hace que mucho del alimento que come no lo digiera y lo arroje al fondo del estanque, formando una capa de materia orgánica que permite la formación de zoobentos y además fertiliza el agua permitiendo la formación del fitoplancton. También consume el detrito, insectos y otros invertebrados.

Carpa plateada: requiere los flujos lentos de agua en ríos. Se alimenta de micro zooplancton y fitoplancton, además de forrajes y aprovecha los desechos orgánicos de la carpa herbívora. En su ambiente natural emigra para su reproducción río arriba y los huevos y larvas flotan corriente abajo a zonas bajas inundadas. Vive en la capa media de los estanques, es apreciada porque limpia los estanques más que por su valor alimenticio.

Talla máxima:

Carpa herbívora: 150 cm de longitud total.

Carpa plateada: 100 cm de longitud total.

Ambiente:

Carpa herbívora: demersal de agua natural.

Carpa plateada: bentopelágico de aguas naturales.

Zona climática:

Carpa herbívora: templado de 10 a 20° C.

Carpa plateada: templado de 6 a 24° C.

Importancia:

Carpa herbívora: pesquería de importancia comercial en acuicultura, en la pesca deportiva y en los acuarios de exhibición.

Carpa plateada: de importancia piscícola mundial.

Peligrosidad:

Carpa herbívora: potencialmente se puede volver una plaga. Inofensiva

Carpa plateada: potencialmente se puede volver una plaga. Inofensiva.

Referencia principal:

Carpa herbívora: Shireman y Smith, (1983).

Carpa plateada: Skelton, (1993).

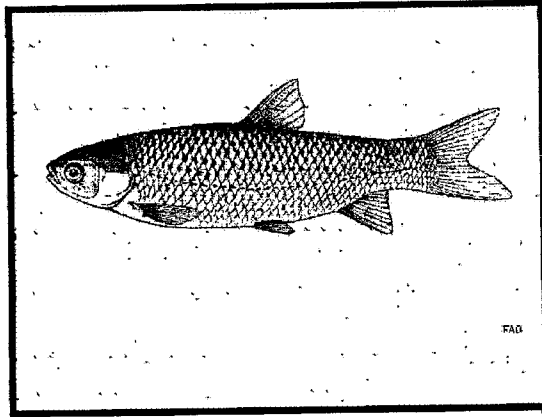


Figura 2.2. Esquema general de la carpa herbívora.

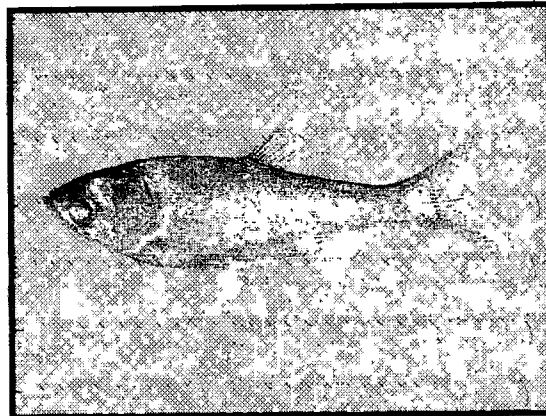


Figura 2.3. Esquema general de la carpa plateada.

2.1.3. Cojinuda *Caranx crysos* (Mitchill, 1815)

Familia: Carangidae
Orden: Perciformes
Clase: Actinopterygii
Nombre en inglés: Blue runner

Distribución: Desde Nueva Escocia, Canadá, hasta Sao Paulo, Brasil (Robins y Ray, 1986); Mar Caribe y Golfo de México (Cervigón, 1993).

Biología: La especie forma cardúmenes generalmente no lejos de la costa. Los especímenes juveniles se encuentran frecuentemente asociados a *Sargassum* flotante (Cervigón y col., 1992). Se alimenta de peces, camarones y otros invertebrados. Excelente para consumo humano, se comercializa fresco, congelado y salado (Böhlke y Chaplin, 1993):

Talla máxima: 70.0 cm de longitud total.

Ambiente: pelágico, marino.

Zona climática: Subtropical.

Importancia: Pesquería comercial menor, para pesca deportiva y para acuario de exhibición.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Smith-Vaniz y col., (1990).

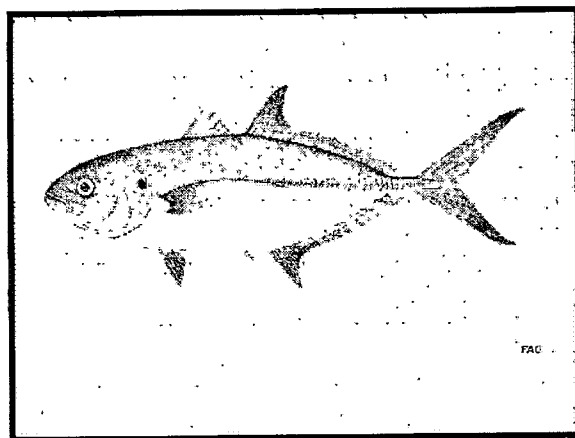


Figura 2.4. Esquema general de la Cojinuda.

2.1.4. Corvina *Micropogon furnieri* (Desmarest, 1823)

Familia: Sciaenidae
Orden: Perciformes
Clase: Actinopterygii
Nombre en inglés: Whitemouth croaker

Distribución: Antillas mayores y de Costa Rica a Argentina (Cervigón, 1993).

Biología: Se encuentra sobre fondos fangosos y arenosos en aguas costeras y estuarios, donde se localizan sus áreas de reproducción y alimentación. Forma cardúmenes. Sus hábitos alimenticios varían con su desarrollo ontogénico y con la estación; los juveniles se alimentan de crustáceos migratorios bentónicos y de moluscos sésiles, mientras que los adultos se alimentan de bentos y ocasionalmente capturan peces (Isaac, 1988). Realizan migraciones estacionales. Es una especie importante para consumo humano; comercializado principalmente fresco y salado.

Talla máxima: 60.0 cm de longitud total.

Ambiente: Demersal, salobre, marino.

Zona climática: Subtropical.

Importancia: Pesquerías: altamente comercial.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Isaac (1988)

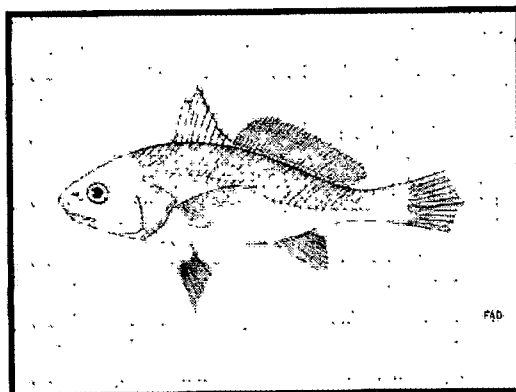


Figura 2.5. Esquema general de la corvina.

2.1.5. Chucumite *Centropomus parallelus* (Poey, 1860)

Familia:	Centropomidae
Orden:	Perciformes
Clase:	Actinopterygii
Nombre en inglés:	Fat snook, common snook, robalo, thin snook

Distribución: se le localiza desde el sur de Florida a Santos, Brasil, en el Golfo de México desde la Reforma, en el extremo norte de la Laguna Madre de Tamaulipas hasta la Laguna de Mecoaacán, Tabasco. Dentro del estado de Veracruz en lugares como Tamiahua, Veracruz, Tlacotalpan, Alvarado, y Coatzacoalcos.

Biología: Cuerpo alargado y moderadamente comprimido, el perfil de la cabeza es recto, boca moderadamente oblicua, mandíbulas desiguales sobresaliendo la inferior; ojos grandes; escamas pequeñas; dorso oscuro, costados del cuerpo amarillos, cubre todo por debajo de la línea lateral, presenta una mancha negra por detrás del espacio interorbital y otra en la primera aleta dorsal, las aletas también son amarillas, así como la maxilar y la membrana opercular, una banda negra y delgada a lo largo de la línea lateral.

Talla máxima: 70 cm de longitud total.

Ambiente: aguas marinas, salobres o en aguas dulces, en el mar se les captura cerca de las costas especialmente en las playas arenosas; con mayor frecuencia se pescan en aguas interiores; generalmente en las de naturaleza salobre o en aguas naturales. Su hábitat principal son los esteros.

Zona climática: subtropical

Importancia: pesquería comercial de gran importancia; actualmente es una alternativa su cultivo, de importancia en la pesca deportiva en otros países

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Frazer, (1978) y Heemstra y Randall, (1993)

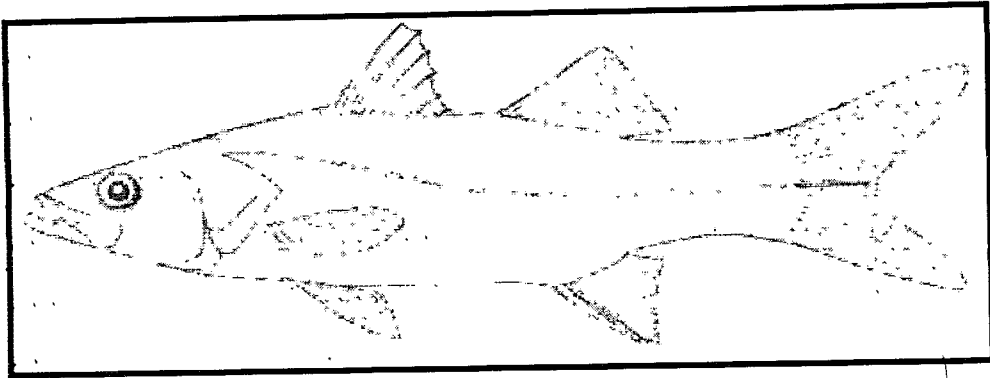


Figura 2.6. Esquema general del chucumite.

2.1.6. Guachinango *Lutjanus campechanus* (Poey, 1860).

Familia: Lutjanidae
Orden: Perciformes
Clase: Actinopterygii
Nombre en inglés: Northern red snapper

Distribución: Golfo de México y la costa este de Estados Unidos, extendiéndose al norte hasta Massachusetts, pero raramente más al norte de las Carolinas.

Biología: Los adultos se encuentran sobre fondos rocosos. Los juveniles habitan aguas someras, comúnmente sobre fondos lodosos o arenosos. Se alimenta principalmente de peces, camarones, cangrejos, gusanos, y algunos organismos planctónicos incluyendo urocordados y gasterópodos. Se comercializa fresco (Frimodt, 1995). Debido a la fuerte explotación en aguas americanas, sus capturas están siendo controladas. La pesquería del camarón, responsable de destruir juveniles de guachinango, también está siendo restringida.

Talla máxima: 100 cm de longitud total.

Ambiente: Asociado a arrecifes, marino.

Zona climática: Subtropical.

Importancia: Pesquería de importancia comercial y en la pesca deportiva.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Allen, (1985).

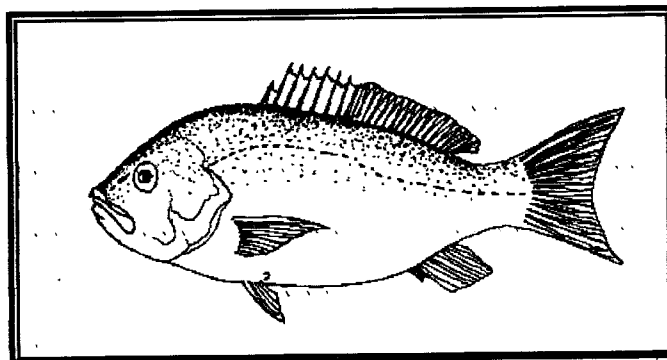


Figura 2.7. Esquema general del Guachinango.

2.1.7. Jurel: *Caranx hippos* (Linnaeus, 1766)

Familia: Carangidae
Orden: Perciformes
Clase: Actinopterygii
Nombre en inglés: Crevalle jack

Distribución: Desde Nueva Escocia, Canadá y el norte del Golfo de México, hasta Uruguay (Robins y Ray, 1986), incluyendo las Antillas mayores (Cervigón, 1993).

Biología: Generalmente en aguas neríticas sobre la plataforma continental. Los juveniles abundan en estuarios salobres con fondos lodosos, cerca de playas arenosas y sobre lechos de pastos marinos (Cervigón y col., 1992). Forman cardúmenes de movimientos rápidos, aunque animales grandes pueden presentarse de manera solitaria (Böhlke y Chaplin, 1993).

Talla máxima: 124 cm de longitud total.

Ambiente: pelágico, salobre, marino.

Zona climática: Subtropical.

Importancia: Pesquería comercial menor, de importancia en la pesca deportiva y sirve para acuario en exhibición.

Peligrosidad: Reportes de envenenamiento por ciguatera.

Referencia principal: Smith-Vaniz y col., (1990).

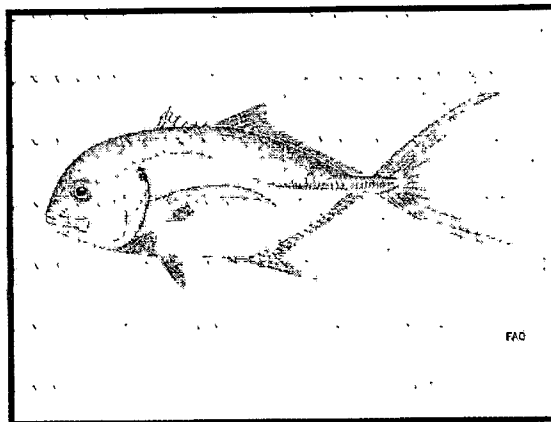


Figura 2.8. Esquema general del jurel.

2.1.8. Lebrancha *Mugil curema* (Valenciennes, 1836)

Familia: Mugilidae
Orden: Perciformes
Clase: Actinopterygii
Nombre en inglés: White mullet

Distribución: Se encuentra en ambas costas de América, en el Atlántico, desde Cabo Cod y Golfo de México a Brasil y de las Costas del Golfo de California a Chile en el Pacífico.

Biología: es una especie detritívora vegetal correspondiendo a una consumidor primario. Se agrupan en cardúmenes y es frecuente encontrarlos en playas, puertos, en las desembocaduras de los ríos y laguna salobres, alcanzan su madurez en aguas protegidas, ya que son peces eurihalinos. Se consume fresco y salado.

Talla máxima: 90 cm de longitud total.

Ambiente: bentopelágico de aguas naturales salobres o marinas.

Zona climática: Subtropical

Importancia: Pesquería comercial.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Robins y Ray, (1986).

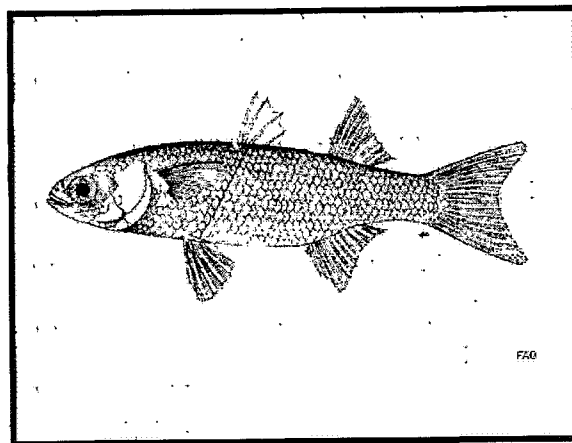


Figura 2.9. Esquema general de la lebrancha.

2.1.9. Mojarra blanca: *Diapterus olisthostomus* (Ranzani, 1842).

Familia: Gerreidae

Orden: Perciformes

Clase: Actinopterygii

Nombre en inglés: Irish mojarra

Distribución: Desde Carolina del Norte y las Antillas Mayores hasta Bahía, Brasil.

Biología: Habita en aguas costeras someras, especialmente en lagunas y ensenadas con manglar, pero también se encuentra en fondos arenosos cubiertos de vegetación en aguas marinas. Los juveniles tienen una mayor dispersión que los adultos. Se alimenta de invertebrados bentónicos. Se consume fresco.

Talla máxima: 34 cm de longitud total.

Ambiente: demersal, salobre, marino.

Zona climática: Tropical.

Importancia: Pesquería comercial menor.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Cervigón y col., (1992).

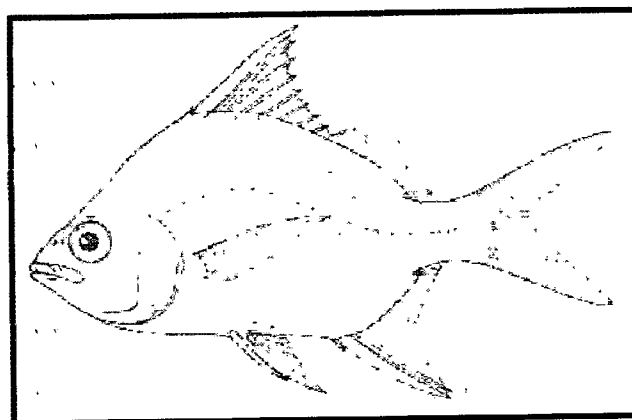


Figura 2.10. Esquema general de la mojarra blanca.

2.1.10. Mojarra tilapia *Oreochromis mossambica* (Peters, 1852)

Familia: Cichlidae

Orden: Perciformes

Clase: Actinopterygii

Nombre en inglés: Mozambique tilapia

Distribución: Se distribuye en las regiones tropicales de África. Ha sido introducida a diversos países de América y Asia en donde ha encontrado ambientes propicios para su desarrollo. A partir de su introducción en nuestro país (1964–1987), las especies han sido ampliamente diseminadas.

Biología: Debido a que es una especie híbrida presenta una coloración roja. Esta hibridación entre mojarra albina *Oreochromis nilotica* y normal *Oreochromis mossambica*, da como resultado ejemplares de un solo sexo machos y con estructuras genéticas mejoradas, resistencia, conversión alimentaria, tamaño, coloración. Se considera como cíclido omnívoro, puesto que su alimentación se basa en el consumo de zooplancton, insectos y vegetales acuáticos así como de alimentos artificiales como harinas y granos.

Talla máxima: 39 cm de longitud total.

Ambiente: demersal de agua natural y salobre

Zona climática: tropical; Sus poblaciones se han adaptado a las zonas tropicales de los estados de Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Sinaloa.

Importancia: pesquería muy comercial y de importancia en acuicultura sobre todo en los cuerpos de agua interiores del estado de Veracruz.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Trewavas, (1982).

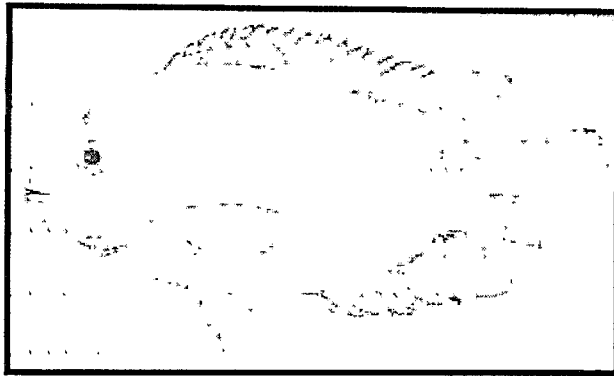


Figura 2.11. Esquema general de la mojarra tilapia.

2.1.11. Pámpano *Trachinotus carolinus* (Linnaeus, 1766)

Familia:	Carangidae
Orden:	Perciformes
Clase:	Actinopterygii
Nombre en inglés:	Florida pompano

Distribución: Desde Massachusetts y el Golfo de México, hasta el sur de Brasil. Ausente en las aguas claras de las Bahamas e islas similares (Robins y Ray, 1986).

Biología: Ocurre en aguas costeras, comúnmente entrando a bahías y estuarios. Los juveniles se encuentran en playas arenosas expuestas a la acción de las olas. Ausente en áreas insulares con hábitats coralinos (Cervigón y col., 1992). Generalmente forma de pequeños a grandes cardúmenes. Se alimenta de moluscos y crustáceos, así como de otros invertebrados y peces. Excelente para consumo humano (Cervigón, 1993). Producto marino de alto precio en los Estados Unidos (Coppola y col., 1994).

Talla máxima: 64cm de longitud total.

Ambiente: Bentopelágico, salobre, marino.

Zona climática: Subtropical.

Importancia: Pesquería altamente comercial; actualmente es una alternativa su cultivo comercial, importante para la pesca deportiva y para acuarios en exhibición.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Robins y Ray, (1986)

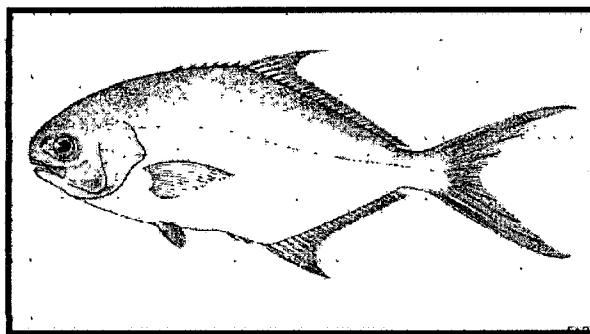


Figura 2.12. Esquema general del pámpano.

2.1.12. Ronco *Conodon nobillis* (Linnaeus, 1758)

Familia: Haemulidae
Orden: Perciformes
Clase: Actinopterygii
Nombre en inglés: Barred grunt

Distribución: Desde Texas, el este de Florida y Jamaica, hasta Brasil.

Biología: Se encuentra a lo largo de las costas arenosas y sobre fondos lodosos someros. Se alimenta en las noches de crustáceos y peces pequeños. Se comercializa fresco (Courtenay y Sahlman, 1978).

Talla máxima: 34 cm de longitud total.

Ambiente: demersal, marino.

Zona climática: Subtropical.

Importancia: Pesquería comercial y para acuario de exhibición.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Robins y Ray (1986)

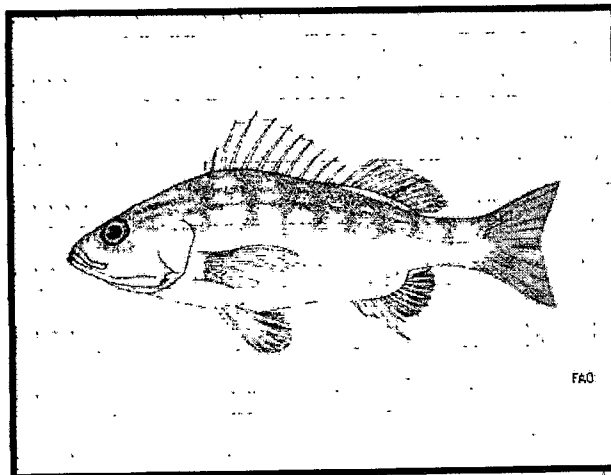


Figura 2.13. Esquema general del ronco.

2.1.13. Rubia *Ocyurus chrysurus* (Bloch, 1791)

Familia:	Lutjanidae
Orden:	Perciformes
Clase:	Actinopterygii
Nombre en inglés:	Yellowtail snapper

Distribución: Desde el norte de Massachusetts y Bermudas, hasta el sureste de Brasil, más común en las Bahamas, sur de Florida y todo el Caribe.

Biología: Habita en aguas costeras, principalmente alrededor de arrecifes coralinos. Usualmente se encuentran asociados al fondo, de manera agregada. Los juveniles generalmente se encuentran sobre techos de algas. Se alimenta principalmente de noche. Se alimenta de una combinación de organismos planctónicos y bentónicos que incluyen peces, crustáceos, gusanos, gasterópodos y cefalópodos. Los juveniles se alimentan primordialmente de plancton (Lieske y Myers, 1994). Se comercializa fresco y congelado (Frimodt, 1995).

Talla máxima: 86 cm de longitud total.

Ambiente: Asociado a arrecifes, marino.

Zona climática: Subtropical.

Importancia: Pesquería muy comercial; se emplea en la pesca deportiva y en acuario para exhibición.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Allen, (1985)

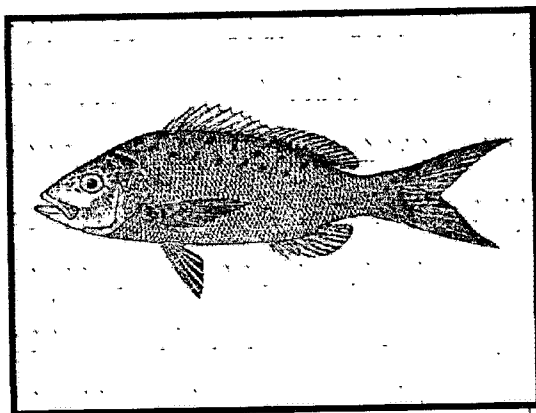


Figura 2.14. Esquema general de la rubia.

2.1.14. Tigre *Calamus nodosus* (Randall y Caldwell, 1966)

Familia:	Sparidae
Orden:	Perciformes
Clase:	Actinopterygii
Nombre en inglés:	Knobbed porgy

Distribución: Desde Carolina del Norte hasta el sur de Florida y en todo el Golfo de México.

Biología: Se encuentra sobre fondos rocosos y profundidades de hasta 100 metros. Su crecimiento es lento, y su talla máxima la puede llegar a alcanzar hasta los diecisiete años. Es apreciado por los aficionados a los acuarios por los colores iridiscentes y su piel plateada brillante. Se comercializa fresco y su carne es apreciada por su blancura y en forma de hojuelas; es especial para el horno y la parrilla.

Talla máxima: 54 cm de longitud total.

Ambiente: demersal, marino.

Zona climática: Subtropical.

Importancia: Pesquerías: comercial menor.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Robins y Ray, (1986)

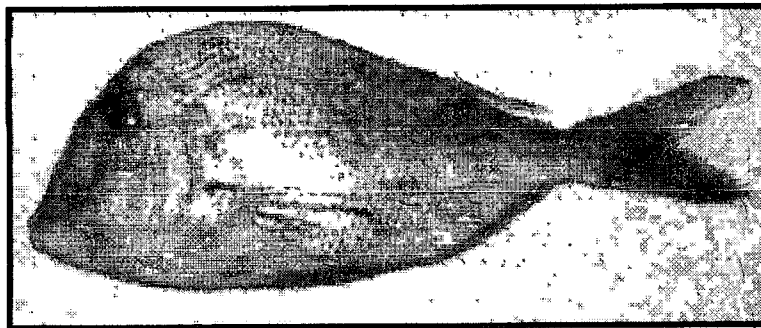


Figura 2.15. Esquema general del tigre.

2.1.15. Trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792).

Familia:	Salmonidae
Orden:	Salmoniformes
Clase:	Actinopterygii
Nombre en inglés:	Rainbow trout

Distribución: Es originaria de Norte América. En nuestro país en forma natural se le encuentra en las corrientes de las aguas frías y cristalinas de las zonas montañosas, valles y depresiones.

Biología: tiene numerosos y pequeños puntos estrellados. Cuando es adulta la especie se caracteriza por los círculos de la aleta caudal y las bandas que posee en los flancos de reflejos iridiscentes. El cuerpo es de forma hidrodinámica fusiforme, alargado ligeramente comprimido y cubierto de escamas cicloideas. La coloración varía según el medio, talla, sexo y madurez sexual. Desova en los meses de noviembre a febrero.

Talla máxima: 40 cm de longitud total.

Ambiente: en cautiverio se comporta como carnívora entomófaga, ligeramente ictiófaga. Requiere aguas frías y de corriente rápida con elevada concentración de oxígeno disuelto.

Zona climática: Habita en lagos y arroyos de altitudes mayores a 1200 metros sobre el nivel del mar.

Importancia: pesquería de importancia comercial en acuicultura. Su capacidad de adaptarse tanto a los cuerpos de agua fría como templadas amplía el área para su cultivo en México. Sirve también para pesca deportiva y acuario.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Gall y Crandell, 1992.

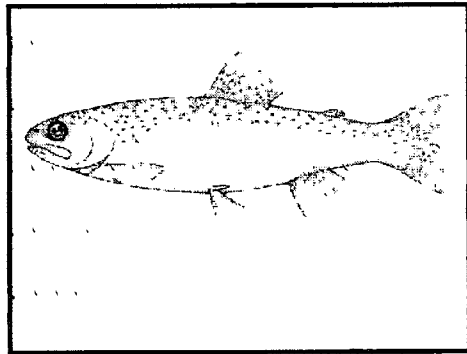


Figura 2.16. Esquema general de la trucha.

2.1.16. Villajaiba: *Gonioplectrus hispanus* (Cuvier, 1828)

Familia: Serranidae
Orden: Perciformes
Clase: Actinopterygii
Nombre en inglés: Spanish flag

Distribución: Desde Carolina del Norte (postlarvas pelágicas, posiblemente arrastradas desde el norte de la Florida o las Bahamas), hasta el Golfo de México, el Caribe y el sur de Vitoria, Brasil.

Biología: Una especie solitaria reportada en fondos rocosos. No hay información disponible sobre su biología. Debido a sus bellos colores, podría ser una especie atractiva para el mercado de peces de ornato; sin embargo, sus hábitos de vida a grandes profundidades hacen que sea difícil mantenerlo vivo después de ser capturado (Claro, 1994).

Talla máxima: 30 cm de longitud total.

Ambiente: demersal, marino.

Zona climática: Subtropical.

Importancia: Pesquería comercial menor, tiene potencial para acuario.

Peligrosidad: Inofensivo.

Referencia principal: Heemstra y Randall, (1993).

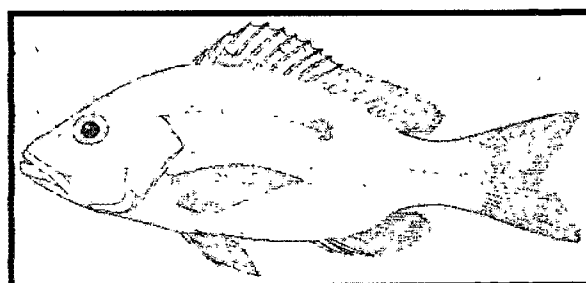


Figura 2.17. Esquema general de la villajaiba.

Estas 17 especies que se analizaron representan en total una importante participación en la producción nacional como se indica en la Tabla 2. 2 (Anuario de pesca 1998).

2.2. Métodos de captura.

A continuación se realiza una breve descripción que se complementa con ilustraciones de las principales características de las artes de pesca empleadas para capturar las especies de pescado empleadas en este trabajo. En todos los casos la clasificación empleada es de la International Standard Statistical Classification of Fishing Gear (ISSCFG). Esta sección se incluye debido a la importancia que tiene el método de captura empleado en la calidad de la especie. En la Tabla 2. 1, se presenta un resumen de los métodos de captura que se utilizaron para cada una de las especies que se estudiaron.

2.2.1. Red de tiro.

Conocida en México como "**Chinchorro playero**", estas redes se calan desde una embarcación, se maniobra desde la playa (arte de playa), o bien desde la misma embarcación. El procedimiento para la captura consiste en cercar una extensión de agua con una red muy larga, que puede llevar un copo en el centro. Se suele maniobrar la red con dos cabos fijados en sus extremos, que se utilizan para recogerla desde la orilla de la playa y para concentrar a los peces. En esta categoría están comprendidas las redes de cerco maniobradas desde tierra, que normalmente se emplean en aguas de poca profundidad cercanas a la costa. El fondo y la superficie del agua hacen de barreras naturales que impiden a los peces escapar de la zona cercada a la red (Nédelec y Prado; 1990).

El funcionamiento de este método es muy sencillo; cuando se cerca una determinada área, los peces siempre tratan de buscar una salida hacia mar abierto; por lo tanto; nadan en dirección al bolso siguiendo un camino paralelo al chinchorro, o en el último de los casos se agallan en este mismo, esto lo hacen por instinto. Todo pez que ha sido atrapado en el bolso trata de atravesarlo pero nunca trata de regresarse, El pescado se recoge en la playa, el producto obtenido posee buena calidad e higiene ya que hasta el momento en que se recoge la captura aún se encuentra viva. Un diagrama de un chinchorro playero se indica en la Figura 2.18.

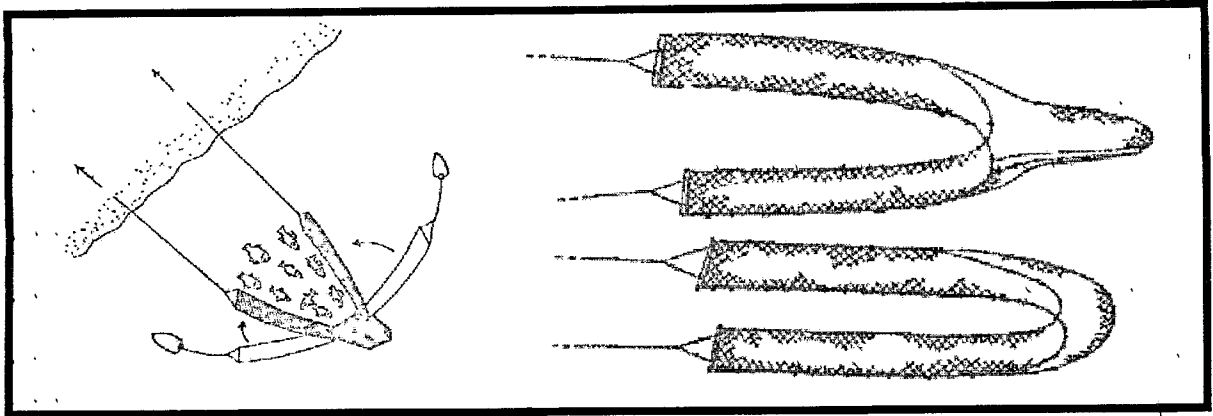


Figura 2.18. Diagrama general de las redes de tiro (Chinchorro playero). (Modificada de Nédelec y Prado; 1990)

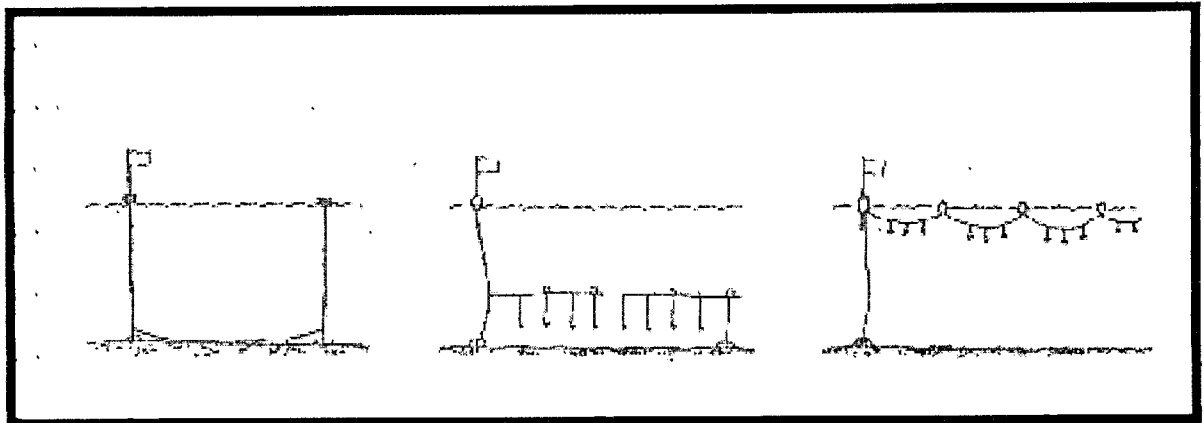


Figura 2.19. Diagrama general de diferentes tipos de palangres calados. (Modificada de Nédelec y Prado; 1990)

2.2.2. Palangres calados.

Estos métodos corresponden a los de las líneas y anzuelos. En México es conocido como "**palangre huachinanguero**" o "**rosario campechano**". Se atrae a los peces colocando cebo natural en el anzuelo fijado al final de un sedal o tanza, en el cual quedan enganchados. También se utilizan anzuelos sencillos y múltiples para capturar los peces al tirón cuando pasan junto a ellos. Los palangres consisten en una línea principal a menudo de gran longitud, sobre la cual se fijan los ramales provistos de anzuelos con o sin cebo, a intervalos regulares, generalmente de poca distancia. La línea principal es calada o bien horizontalmente sobre o cerca del fondo; o (lo que es menos frecuente) cerca de la superficie. Un diagrama de este tipo de arte de pesca se presenta en la figura 2.19. El pescado que se recoge en muchas ocasiones ha fallecido al intentar librarse del anzuelo, y este tiempo puede llegar a ser prolongado (Nédelec y Prado; 1990).

2.2.3. Redes de arrastre de media agua.

Son redes o traínas que comprenden un cuerpo en forma de cono, cerrado por un copo o saco, que se ensancha en la boca mediante alas. Pueden ser remolcadas por una o dos embarcaciones y según el tipo se utilizan en el fondo o profundidad media (pelágica). Se mantienen abiertas en sentido horizontal mediante puertas relativamente pesadas y armadas con una solera de acero. Se diseñan para trabajar a profundidad media e incluso aguas de superficie. La sección delantera de la red está hecha a menudo por una malla muy ancha o de cabos, que conduce a los peces hasta el fondo de la red. La profundidad de pesca se controla generalmente por medio de una ecosonda de red.

La duración de un viaje normal de pesca es de 15 a 20 días, dependiendo de algunos factores como son las capturas diarias efectuadas o la presencia de averías u otras novedades a bordo. Un diagrama de este arte de pesca se presenta en la figura 2.20.

2.2.4. Trampas.

Conocidas en México con el nombre de “**almadrabas**” o “**redes caladas**”: Son de redes grandes, ancladas o sujetas a estacas, abiertas en la superficie y provistas de sistemas para dirigir y retener a los peces. Está constituida por tres secciones fundamentales: red o guía espantadora, corral o chiquero y matadero ó cámara de muerte. Las dimensiones de estas secciones son muy variables dependiendo de las características de la zona de pesca. La fijación de este arte de pesca se realiza a fin de interceptar el paso de los cardúmenes que se mueven desde el fondo hasta cerca de la superficie. La red guía es la que se encarga de interceptar los cardúmenes, por lo que está atravesada en la ruta que recorren los peces y por el instinto natural que tienen éstos a dirigirse las profundidades, se introducen al cuerpo de la red y concentrarse en el matadero de donde se les extrae, durante su recorrido hacia la trampa, el arte está dispuesto de tal manera que los peces son guiados casi de modo natural, de ahí el detalle de su alta eficacia (Nédelec y Prado; 1990).

La captura se colecta en embarcaciones menores de una o dos toneladas dos veces al día. Por su cercanía a la costa, el producto obtenido en la almadraba posee gran calidad ya que hasta el momento en que se recoge la captura, ésta se encuentra nadando dentro del copo. Un diagrama de este arte de pesca se presenta en la Figura 2.21.

2.2.5. Método de red de estanque.

Este método se utiliza para capturar las especies que se cultivan en forma controlada por técnicas de acuicultura. La red utilizada en las capturas de los estanques varía de tamaño dependiendo de las dimensiones del estanque. Este tipo de arte de pesca es una especie de chinchorro estacionario a escala. Su operación es muy sencilla; se introduce al estanque por un extremo y se corre hasta el otro. La cosecha queda atrapada entre la pared del estanque y la red. La captura de pescados se encuentra aún viva cuando se recuperan de la red y se someten a conservación.

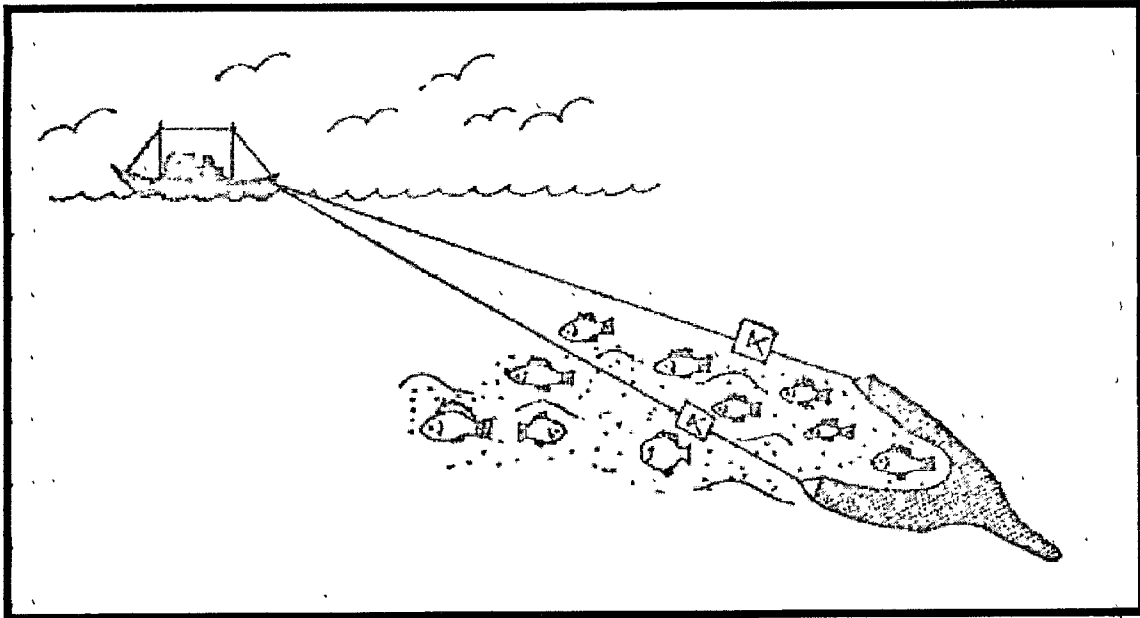


Figura 2.20. Diagrama general de la red de arrastre de media agua. (Modificada de Nédelec y Prado; 1990)

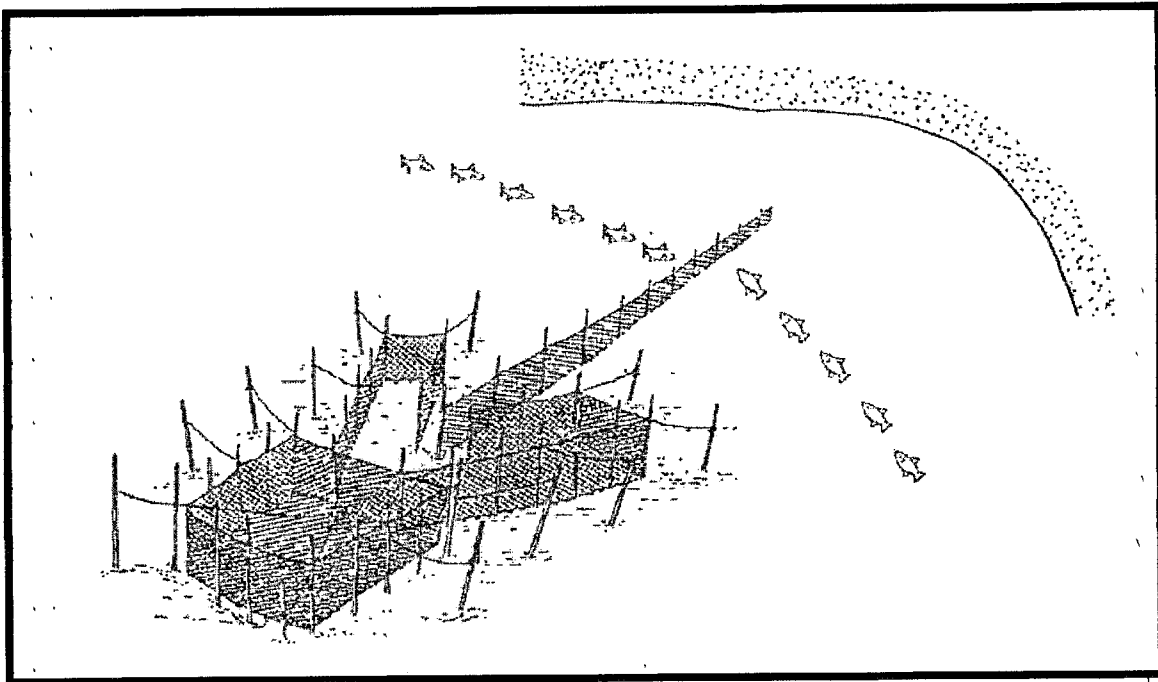


Figura 2.21. Diagrama general de una trampa (almadraba). (Modificada de Nédelec y Prado; 1990)

2.3. Características generales del tejido muscular del pescado.

A continuación se indican algunas características del músculo del pescado que son importantes para establecer su valor nutritivo y comercial así como para evaluar su frescura. Lo anterior depende en gran medida de la estructura del músculo y sus proporciones con otras partes comestibles del pescado, como el hígado, la gónada, aletas, con relación a su peso total; la composición química de todas las partes, las condiciones en que se efectuó la captura y los procedimientos de conservación a los que se sometió posteriormente.

2.3.1. Composición química del pescado.

Se considera que una de las necesidades primarias de los seres humanos ha sido la satisfacción del hambre con alimentos de origen animal. Son diversos los tejidos animales que se han utilizado como alimento para este fin. El término "carne" se refiere al músculo, especialmente al de los mamíferos que han sufrido cambios químicos y bioquímicos después de la muerte. Algunos tejidos musculares, por lo general no se acostumbra mencionarlos o considerarlos como carne, como el caso del músculo del pescado. Los términos "músculo" y "carne" se utilizan como sinónimos, reconociendo que el término "músculo" es considerado más apropiado para el tejido funcional y el vocablo carne para el tejido después que ha sufrido los cambios consecutivos a la muerte del animal.

La importancia del pescado se debe a su atractivo sensorial y la calidad de su valor nutritivo. Su composición se modifica por diferentes factores, como es el caso de su contenido de lípidos. Para los peces en su tejido muscular se observan grandes variaciones estacionales de la concentración de este componente, que está relacionado en gran medida con su ciclo reproductor. El ajuste de la composición total del pez se realiza aumentando o disminuyendo el contenido de agua; así en los peces grasos el porcentaje de lípidos y agua permanece prácticamente constante. La composición del pescado varía considerablemente dependiendo de su cantidad de grasa, hueso y piel. En la Tabla 2.3 se indica la composición típica de algunas especies de pescado.

La proteína representa en general, del 18 al 23 % de la porción del músculo del pescado. Una excepción significativa ocurre en los peces sometidos a largos períodos de ayuno en ciertas fases del ciclo reproductor. En este período no se puede aportar proteína suficiente para compensar las síntesis protéica en el tejido gonadal. Durante esta etapa utilizan parte del tejido muscular que es sustituido por agua, así pues en los pescados magros el porcentaje de proteína más agua permanece esencialmente constante. El músculo de bacalao vivo pero intensamente desnutrido, contiene hasta un 95% de agua (Love, 1980). La importancia nutritiva del músculo no deriva sólo de su contenido en proteína sino también de que la calidad de la proteína es muy alta pues contiene todos los aminoácidos en proporciones muy similares a las requeridas para el mantenimiento y desarrollo de los tejidos humanos. Del contenido total de nitrógeno del músculo, el 95% aproximadamente es proteína y el 5% son péptidos más pequeños, aminoácidos y otros compuestos nitrogenados.

El componente lipídico del tejido muscular varía más ampliamente que los aminoácidos. En la Tabla 2.4 se presenta la clasificación de las principales pesquerías comerciales de acuerdo a su contenido de proteínas y grasa. Se ha encontrado para 153 especies de pescado la siguiente relación con respecto al contenido de agua (W), proteína (P) y lípidos (L), en porcentaje en peso (Sikorski y col., 1990).

$$(W) + (L) = 98.8 - 1.01(P)$$

En el músculo de pescado las diferencias se han conceptualizado en pescado blanco o magro y pescado graso. En el pescado magro la grasa se almacena en el hígado. El músculo del pescado blanco o magro contiene menos del 1% de lípidos, principalmente fosfolípidos, localizados en las membranas. En el pescado graso, el depósito de grasa ocurre en forma de vesículas extracelulares en el seno del tejido muscular (Ke y col., 1970). Además de las variaciones de la especie, los componentes lipídicos del músculo pueden estar claramente influidos por la dieta.

Tabla 2.3. Principales componentes del músculo de algunas especies de pescado de importancia comercial.

Especie	Proteína	Grasa	Humedad
	% en peso húmedo.		
Arenque (Atlántico)	18.2 (13.2-21.9)	15.7 (2.4-29.1)	60.1(52.6-78)
Boquerón	17.5	6.0	74.4
Bacalao	17.9 (13.5-20.7)	0.3 (0.1-0.8)	81.1 (78.2-82.6)
Atún aleta azul	24.7 (23.3-27.5)	3.9 (1.2-8.0)	70.4 (67.7-72.6)
Atún aleta amarilla	24.7	3.0	71.5
Carpa	18.0	4.2	77.8
<Lenguado	19.5	1.2	77.7
Merluza	18.3	0.1	80.5
Salmón	19.4 (17.2-20.6)	5.3 (2.0-9.4)	74.0 (69.0-78.3)
Trucha	18.3	10.0	70.6

Valores promedio. Rangos más frecuentes entre paréntesis. Fuente: Sikorski y col. 1990.

Tabla 2.4. Clasificación de pescados de acuerdo a su contenido de grasa y proteína.

Tipo		Contenido en el músculo. (% en peso húmedo)		Ejemplo de especies
Grasa	Proteína	Grasa	Proteína	
Baja	Alta	<5	15-20	Bacalao
Media	Alta	5-15	15-20	Anchoveta, Salmón
Alta	Baja	>5	<15	Trucha
Baja	Muy alta	<5	>20	Atún
Baja	Baja	<5	<15	Almejas

Fuente: Sikorski y Col., 1990.

El tipo de ácidos grasos presentes en el tejido muscular también depende de la especie. El grado de insaturación de los ácidos grasos de los peces de sangre fría es mucho mayor que el de los ácidos grasos de los músculos de aves y mamíferos. Probablemente, la elevada insaturación de los ácidos grasos poliinsaturados de los peces es necesaria para mantener fluidos los lípidos a las bajas temperaturas a las que el músculo se ve sometido en algunas ocasiones. El contenido de colesterol en el pescado de aproximadamente 75 mg/100 g (Tu y col., 1967), se encuentra muy por debajo del que se considera indeseable para el hombre.

El tejido muscular es una fuente excelente de algunas vitaminas del complejo B, especialmente de tiamina, riboflavina, niacina, B₆ y B₁₂. El contenido de vitamina B depende de la especie y del tipo de músculo de que se trate. Los niveles de vitamina dependen también de la raza, edad, sexo y estado de salud de los animales. Los niveles de vitaminas liposolubles A, D, E y K son generalmente más bajos, si bien el contenido de vitamina E (tocoferoles) depende de la dieta del animal.

Es buena fuente de hierro (1 mg/100g de pescado) y fósforo (310 mg/100g de pescado) y es más bien pobre en calcio (aproximadamente 35 mg/100 g de pescado). El aporte de sodio es de 60 - 90 mg y unos 300 mg de potasio/100 g de tejido magro.

2.3.2. El músculo del pescado y su diferencia con otras especies.

La función del músculo es similar en todo el reino animal: posibilitar la locomoción. Existen, no obstante, importantes diferencias interespecíficas y naturalmente, intermusculares especialmente cuando la función del músculo es diferente. La variación interespecífica resulta más notable al comparar los peces con los animales terrestres y aves. Las diferencias observadas se deben a tres factores básicos: primero el cuerpo de los peces está soportado por agua, así los peces no necesitan un tejido conectivo abundante para mantener y soportar los músculos. Segundo, la mayor parte de los peces importantes desde el punto de

vista comercial son poiquiloterms y viven en un entorno frío, las proteínas de los músculos de pescados tienen propiedades diferentes a las de los animales de sangre caliente. Finalmente, la organización estructural del músculo de los pescados es marcadamente diferente de la de los animales terrestres y las aves. Esta organización está relacionada con el particular movimiento de los peces.

Las propiedades del tejido muscular que influyen sobre su valor como alimento han sido bien estudiadas. En los animales terrestres y las aves, la textura es la principal propiedad que se puede controlar mediante técnicas de sacrificio y tratamientos posteriores postmortem. Se han realizado diversos estudios para comprender las causas de la contracción postmortem de estos músculos. Las proteínas de estos animales también se ven afectadas con los cambios de pH postmortem por lo que este problema ha sido atendido considerablemente. Las propiedades texturales del pescado fresco son un problema de mucha importancia y sin embargo, se dispone de una información mucho menor entre la bioquímica postmortem y la textura final del producto. Cuando se consideran los tejidos de los animales congelados el cuadro es completamente diferente; durante la conservación por congelación de los pescados se producen cambios texturales importantes que son el resultado de la alteración de sus proteínas en las condiciones creadas por la congelación, tales como el aumento de la concentración salina y el descenso de los valores del pH.

En lo que se refiere al comportamiento del colágeno, en el pescado éste es fácilmente ablandado por los procedimientos culinarios normales, y no es un factor que hay que tomar en cuenta en el producto final, mientras que en animales terrestres y en aves, tanto la cantidad como el tipo de colágeno ejerce gran influencia sobre las propiedades texturales del músculo.

Además; los cambios en el sabor del pescado son muy importantes y en consecuencia se han realizado extensos estudios sobre la degradación postmortem de lípidos y compuestos aminos; ya que estos compuestos de degradación contribuyen de manera importante en el sabor. Para el caso de los

animales terrestres y aves esta área tiene menos interés y por tanto ha recibido menor atención.

2.3.3. Clasificación y estructura del músculo del pescado.

Existen dos tipos de músculo el liso y el estriado. El primero es llamado no estriado, plano o involuntario. No contiene estriaciones transversales como las otras clases de tejido muscular y no está bajo control voluntario. Se le encuentra principalmente en órganos internos; forma las porciones contráctiles de la pared del tracto intestinal digestivo desde la porción media del esófago hasta el esfínter interno del ano. También se encuentran en los ductos de las glándulas relacionadas al intestino y en los conductos respiratorios desde la tráquea hasta los ductos alveolares; así como los ductos genitales y urinarios. Los músculos forman en gran parte las paredes de las arterias, venas y de algunos de los grandes vasos linfáticos. Está disperso a través del tejido conectivo.

Los músculos estriados se encuentran bajo el control voluntario y en su mayor parte están unidos al esqueleto. Existen dos tipos de músculo estriado: músculo esquelético y músculo cardíaco. Los miofilamentos del músculo cardíaco se disponen en forma tal que no forman miofibrillas, al contrario de lo que acontece con el músculo esquelético. Sin embargo, cuando se observan al microscopio se aprecian filamentos gruesos (miosina) y delgados (actina) que disponiéndose alineados le dan una apariencia idéntica a la del esquelético.

En el músculo esquelético la organización de las fibras musculares del pescado se basa en la necesidad de flexionar el cuerpo para la propulsión en el agua. La organización típica del tejido muscular de los peces óseos se muestra en las Figuras 2.22 y 2.23. Los segmentos en forma de W que descansan sobre la cola se denominan miotomos o miómeros y tienen una curvatura hacia delante y dos hacia atrás. Los miotomos no son perpendiculares a la vertical del plano medio del pescado; sino que interceptan de modo típico a este plano en ángulos agudos (Leu y col., 1981). Así si se realiza un corte en ángulo recto con respecto al esqueleto central se afectan múltiples miotomos. Los miotomos están

conectados entre sí por capas delgadas de tejido conectivo colagenosos denominados mioseptos (miocommata), como se observa en la Figura 2.22.

La Figura 2.24 es una visión esquemática de una fibra muscular típica, cuyos principales componentes son el sarcolema, las fibrillas contráctiles (miofibrillas), el líquido celular (sarcoplasma) y los organelos. A la superficie de la fibra muscular se le denomina "sarcolema". El sarcolema está formado por tres capas: una red más exterior formada por fibras de colágeno, una capa media o amorfa y la membrana plasmática interna. Las invaginaciones de la membrana plasmática forman en sistema (T) transverso. Los extremos de este sistema T convergen en el interior de la célula en la proximidad de los dos sacos terminales del retículo sarcoplásmico, que es un sistema membranoso localizado en la célula (fibra) y generalmente su situación es paralela al eje principal de la célula.

Todos los componentes celulares están inmersos en el sarcoplasma, un material semifluido que contiene componentes solubles tales como la mioglobina, algunas enzimas e intermediarios metabólicos de la célula. Los principales constituyentes de la fibra muscular son las fibrillas o miofibrillas que constituyen el aparato contráctil. Las miofibrillas están bañadas por el sarcoplasma y rodeadas por algunos de los elementos tales como las mitocondrias, el sistema T y el retículo sarcoplásmico.

El aspecto estriado, característico del músculo esquelético se debe a la ordenación repetitiva específica de las proteínas de las miofibrillas. Esta disposición se indica en las Figuras 2.25 y 2.26.

Las bandas oscuras de las miofibrillas son anisótropas o birrefringentes cuando se observan con luz polarizada. Las bandas más claras son isótropas y se les denomina, por tanto, bandas I. Las bandas oscuras, por ser anisótropas, se les denomina bandas A. En el centro de cada una de las bandas I existe una línea oscura llamada Z o disco Z. En el centro de cada banda A existe una zona clara que se denomina zona H. Frecuentemente en el centro de la zona H existe una línea M más oscura.

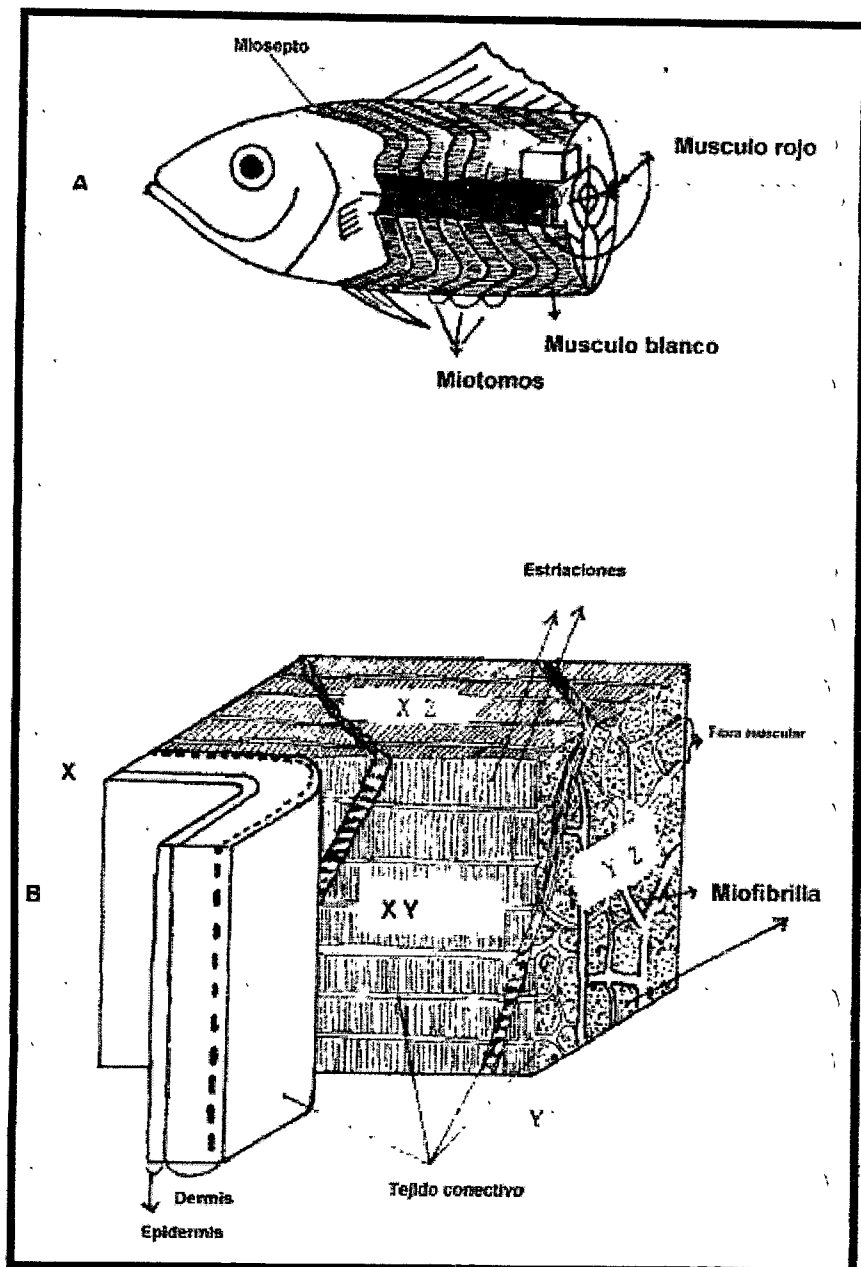


Figura 2.22. Representación macroscópica y microscópica del músculo del pescado (Modificada de Suzuki, 1981).

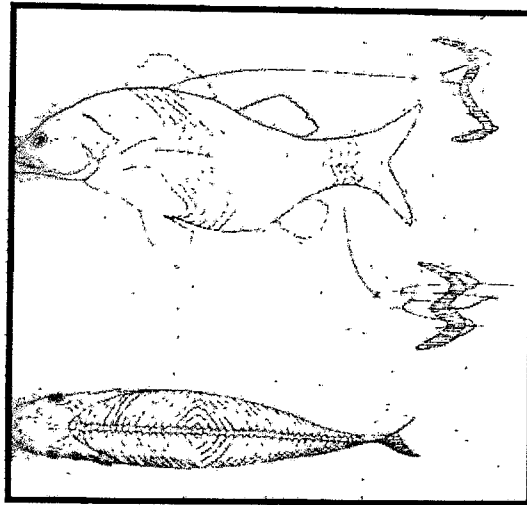


Figura 2.23. Estructura del miotomo de la musculatura de peces óseos (Modificada de Hultin, 1992).

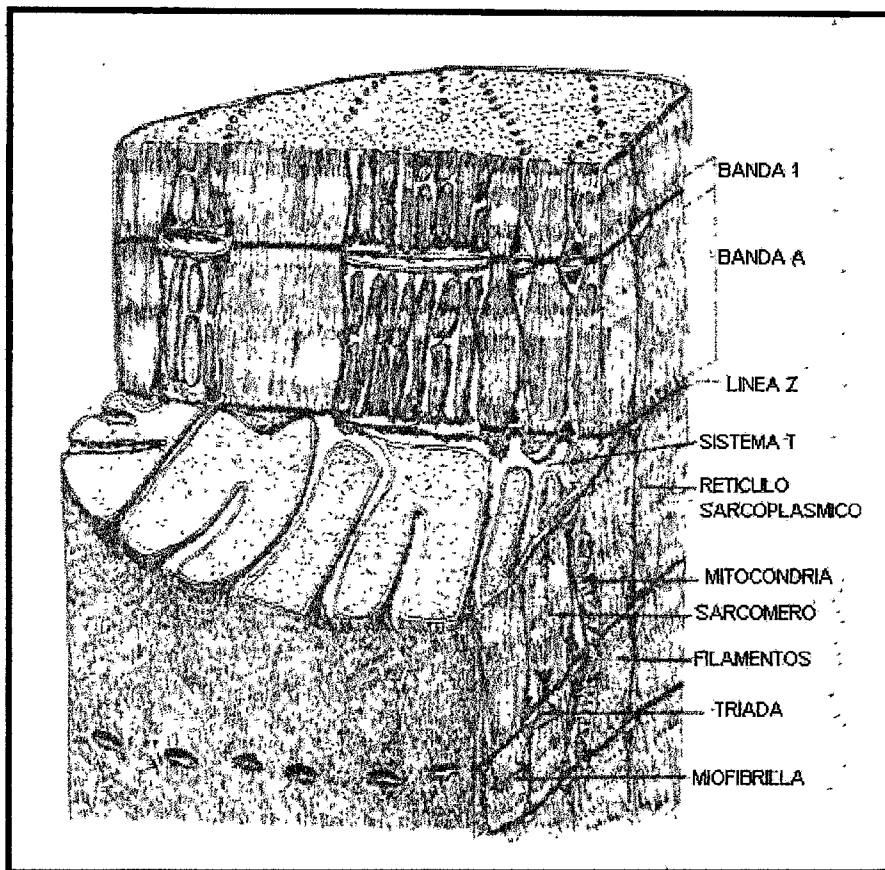


Figura 2.24. Corte de una fibra muscular (Modificada de Hultin, 1992).

La unidad contráctil de la miofibrilla se denomina sarcómero, definida como la parte de la fibrilla localizada entre dos discos Z adyacentes incluyendo estos.

Un sarcómero está formado por filamentos gruesos y delgados. La banda A está formada por filamentos gruesos (principalmente miosina), en tanto que la banda I está compuesta por filamentos delgados (principalmente actina). Los filamentos delgados parten de los discos Z en ambas direcciones y en la banda A se traslapan los filamentos delgados con los gruesos. La zona más clara de la banda A, la zona H, es el área donde los filamentos no se traslapan con los filamentos gruesos. El estado contráctil del músculo tiene gran importancia sobre el tamaño de estas bandas y zonas, ya que durante la contracción los filamentos gruesos y delgados se deslizan los unos sobre los otros. Durante la contracción permanece constante la longitud de la banda A, pero se acortan la banda I y la zona H.

Considerando los tipos de músculo de las especies animales, las diferencias de pigmentación entre los músculos son obvias y de acuerdo a ellas se clasifican en blancos y rojos. Las fibras rojas tienden a ser más pequeñas, contienen más mitocondrias, poseen mayores concentraciones de mioglobina y lípidos y una irrigación sanguínea más abundantes que las fibras blancas. En cambio, el glucógeno y muchas de las enzimas relacionados con la glicólisis tienden ser menos abundantes en las fibras rojas que en las blancas.

Los músculos rojos y blancos del pescado tienen ciertas características que son importantes. Así, en el músculo de pescado las fibras musculares rojas, blancas e intermedias se encuentran más nítidamente separadas. En pocos peces, como el atún, que es un nadador muy activo y rápido, también existen músculos rojos situados profundamente. En ciertas especies de peces especialmente salmónidos, algunas fibras oscuras aisladas están esparcidas por toda la masa principal del músculo blanco.

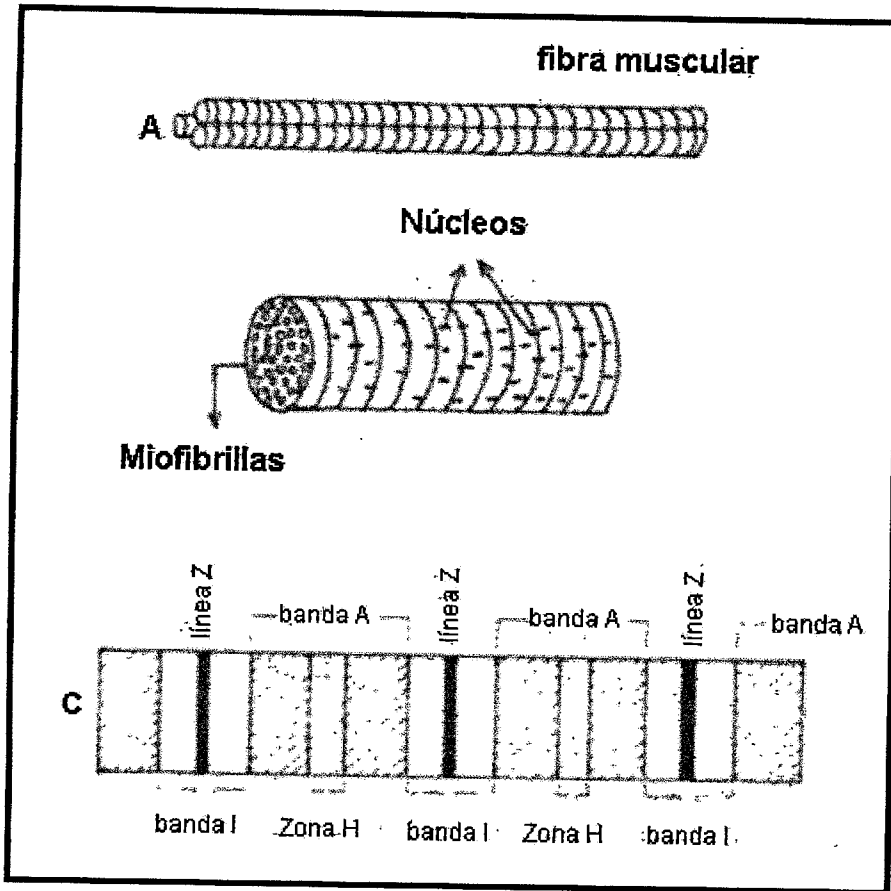


Figura 2.25. Estructura del músculo estriado. A: fibras musculares. B: conjunto de miofibrillas unidas para formar una fibra muscular. C: estructura de la miofibrilla (Modificada de Suzuki, 1981).

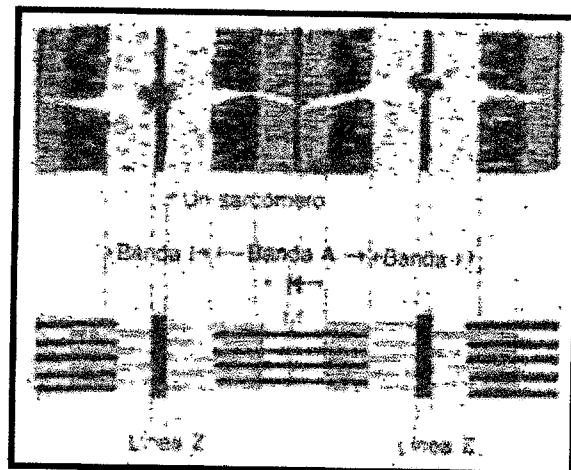


Figura 2.26. Sección longitudinal de una fibrilla de músculo estriado (Modificada de Hultin, 1992).

En la mayor parte de los peces se presentan modificaciones de este tipo de músculos como se indican en la figura 2.27 que incluso sirven para distinguir a las especies. En la Figura 2.28, se presenta la ordenación de estos músculos en el bacalao.

Los peces migratorios (grasos) tienen abundante tejido rojo. En una zona situada a un tercio del camino hacia la cola, la cantidad de fibras rojas es el 15 – 30% del total. Para los peces magros que se alimentan del fondo, el porcentaje de fibras rojas es bajo, oscilando del 2 al 12% (Geer-Walker y Pull, 1975). El músculo blanco de los pescados es de composición muy uniforme cualquiera que sea su localización. La composición del músculo oscuro, sin embargo, varía en función de su localización, conteniendo más lípidos en la parte anterior del cuerpo del pescado y más agua y proteína en la parte posterior (Love, 1980).

Como en otros animales, el músculo blanco de los peces parece ser utilizado principalmente, para consumo energético breve e intenso, en tanto que el músculo oscuro se usa para un esfuerzo prolongado en este caso para nadar, razón por la cual existe más tejido muscular oscuro en los peces migratorios. El contenido de glucógeno es mayor en el tejido muscular rojo que en el blanco. Otra característica digna de tener en cuenta es que el óxido de trimetilamina de los peces migratorios es mayor en el músculo oscuro que en el blanco, siendo una relación inversa en el músculo de los peces magros no migratorios (Love, 1980). Estos conceptos son importantes, ya que muchas de las características post-mortem están en función del tipo de fibra muscular. Así, el color del músculo y la susceptibilidad al acortamiento por el frío se ven afectadas notablemente por el tipo de fibra.

Los músculos en los que predominan las fibras blancas, en general, son mucho menos propensos al acortamiento por el frío que los músculos en los que predominan las fibras rojas.

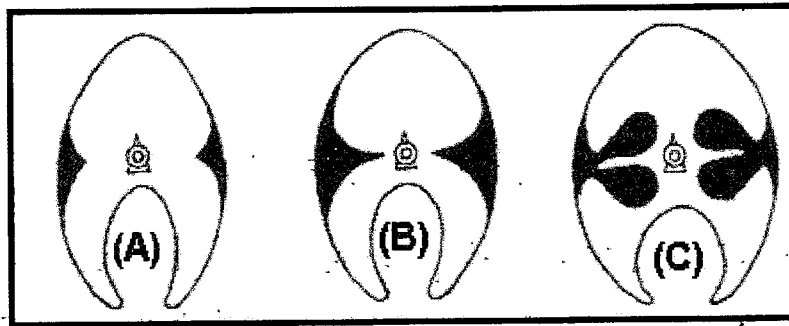


Figura 2.27. Tipos de músculo rojo en distintas especies de pescado. (A) bacalao; (B) caballa; (C) melva (Modificada de Suzuki, 1981).

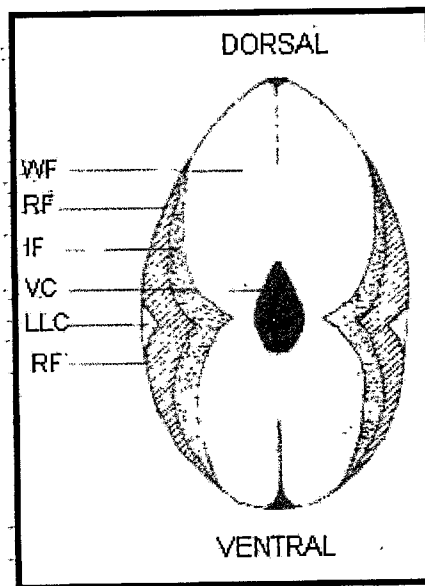


Figura 2.28. Sección transversal del bacalao en el punto de máxima flexión. Clave de abreviaturas: WF: fibras blancas; RF: fibras rojas; IF: fibras intermedias; VC: columna vertebral; LLC: línea del canal interior. (Modificada de Hultin, 1992).

2.3.4. Procesos de contracción y relajación muscular

El músculo es estimulado por un impulso nervioso eléctrico responsable de la despolarización de la membrana de la célula muscular. La función del sistema tubular es la de transmitir el estímulo (despolarización) al interior de la célula muscular para que ésta reaccione. Esta despolarización produce que se liberen los iones calcio del sistema sarcoplásmico y se libere el adenosin trifosfato (ATP) del complejo inerte ATP-Mg. La actividad ATPásica de la miosina entra en función liberando ADP y la energía necesaria para que los filamentos delgados de la actina se desplacen a lo largo de la banda I y se pongan en contacto con la miosina presente en la banda A con lo que se forma actomiosina compuesto resultante de la contracción muscular.

El proceso de relajación es lo inverso a la contracción por lo que es necesario sacar los iones calcio del sistema o del sarcoplasma, lo que tiene lugar por transporte activo con gasto de energía por el secuestro de calcio por el retículo sarcoplásmico. Cuando el ión calcio se reduce a una concentración inferior a $0.5\mu\text{mol}$ las miofibrillas pierden la capacidad para hidrolizar el ATP. El ATP entonces funciona como agente plastificante que disocia la actina y la miosina y el sarcómero se relaja a su longitud de reposo.

2.3.5. Cambios bioquímicos en el músculo postmorten.

2.3.5.1. Cambios bioquímicos relacionados con el metabolismo energético.

El músculo requiere un gran aporte de energía para un rápido funcionamiento del aparato contráctil. Esta energía se deriva inmediatamente del compuesto de alta energía. El fosfato de creatina, a continuación, transfiere rápidamente su fosfato de alta energía al ADP para evitar el excesivo descenso de los niveles de ATP durante los períodos de actividad muscular vigorosa.

Para la actividad a largo plazo, el músculo tiene que recurrir a la oxidación de sustratos, de ordinario carbohidratos o lípidos, para mantener el nivel adecuado de ATP. El metabolismo lipídico parece ser una fuente especialmente importante de energía utilizable por los músculos que manifiestan una actividad sostenida. Los carbohidratos son también una fuente importante de energía. El glucógeno es

la reserva energética más importante de este tipo, pero el músculo también utiliza glucosa libre.

El sistema mitocondrial necesita oxígeno y en algunos casos, como ocurre cuando el músculo se encuentra bajo estrés intenso el oxígeno disponible no es suficiente para mantener el funcionamiento mitocondrial. El sistema glicolítico anaerobio puede ser entonces el predominante. Esto es especialmente probable en el músculo blanco que generalmente está comprometido en choques esporádicos de actividad que requieren grandes cantidades de energía. Durante la glicólisis anaeróbica el glucógeno es convertido por a través de una serie de intermediarios fosforilados de 6 a 3 carbonos a piruvato, el cual es reducido a lactato. En la glicólisis anaerobia la producción de ATP es menos eficiente que en la respiración aerobia. La glicólisis anaerobia produce solamente dos o tres moléculas de ATP por mol de glucosa en comparación con las 37 que se producen cuando opera la respiración aerobia. Además la glicólisis anaerobia tiene como resultado la oxidación incompleta de los sustratos y la acumulación de lactato. El lactato puede penetrar la membrana celular y en gran parte ser arrastrado por la sangre donde llega al hígado para la resíntesis de glucosa. La glucosa es transportada de nuevo al músculo donde finalmente se convierte en glucógeno. El transporte de lactato en el músculo de pescado es muy lento y se necesita un período de tiempo largo para agotarlo (Love, 1980). La hidrólisis de ATP durante la contracción puede conducir a un descenso temporal de pH de la célula muscular viva.

Estas reacciones son importantes porque continúan después de la muerte y tienen gran repercusión en la calidad alimentaria del músculo.

Cuando con la muerte se detiene la circulación sanguínea, en el tejido muscular se inician una serie compleja de cambios, los más importantes se indican en la Figura 2.29. La velocidad e intensidad de las modificaciones experimentadas a consecuencia del fallo circulatorio diferirán de unos músculos a otros. En el momento que muere el animal los diversos tejidos continúan su actividad metabólica bajo control local. Aunque el músculo no se contrae

activamente después de la muerte, consume energía para mantener la temperatura y mantener su integridad estructural de sus células frente a la espontánea tendencia a la degradación.

La célula muscular post-mortem intenta mantener una elevada carga energética, pero existen restricciones que le son impuestas por el fallo del sistema circulatorio. En poco tiempo cesa de funcionar el sistema mitocondrial de todas las células con excepción de las superficiales, puesto que el oxígeno interno se agota rápidamente. En este momento cesa el metabolismo de algunos sustratos, tales como los lípidos. El ATP se agota gradualmente por la acción de diversas ATPasas. Algunas presentes en las proteínas contráctiles pero la mayoría proceden de sistemas de membrana. Se genera algo de ATP por conversión de fosfato de creatina y transferencia de su fosfato al ADP. Después de agotarse el fosfato de creatina, lo que ocurre rápidamente, continúa la glicólisis anaerobia que genera algo de ATP, pero conduce a la acumulación de su producto final, lactato. La actividad glicolítica puede cesar por agotamiento del sustrato o, más probablemente, debido al descenso del pH causado por la hidrólisis del ATP. A medida que la actividad glicolítica disminuye, desciende la concentración de ATP agotándose casi todo en 24 horas o menos. El tiempo de agotamiento depende de la especie y otros factores. Aunque los iones hidrógeno generados en el músculo proceden de la hidrólisis de ATP y no de la producción de lactato, existe una correlación entre la cantidad de lactato producido y el descenso de pH. Esta correlación es debida a la relación casi lineal que existe entre el ATP producido por el sistema glicolítico (y por tanto el ATP puede ser hidrolizado más tarde) y del lactato producido (Fennema, 1993).

El descenso del pH acompaña a la glucólisis post-mortem tiene gran importancia sobre la calidad de la carne. Es importante la velocidad de la glicólisis y el descenso de pH. La velocidad de descenso puede verse afectada por la capacidad buffer o tampón del músculo.

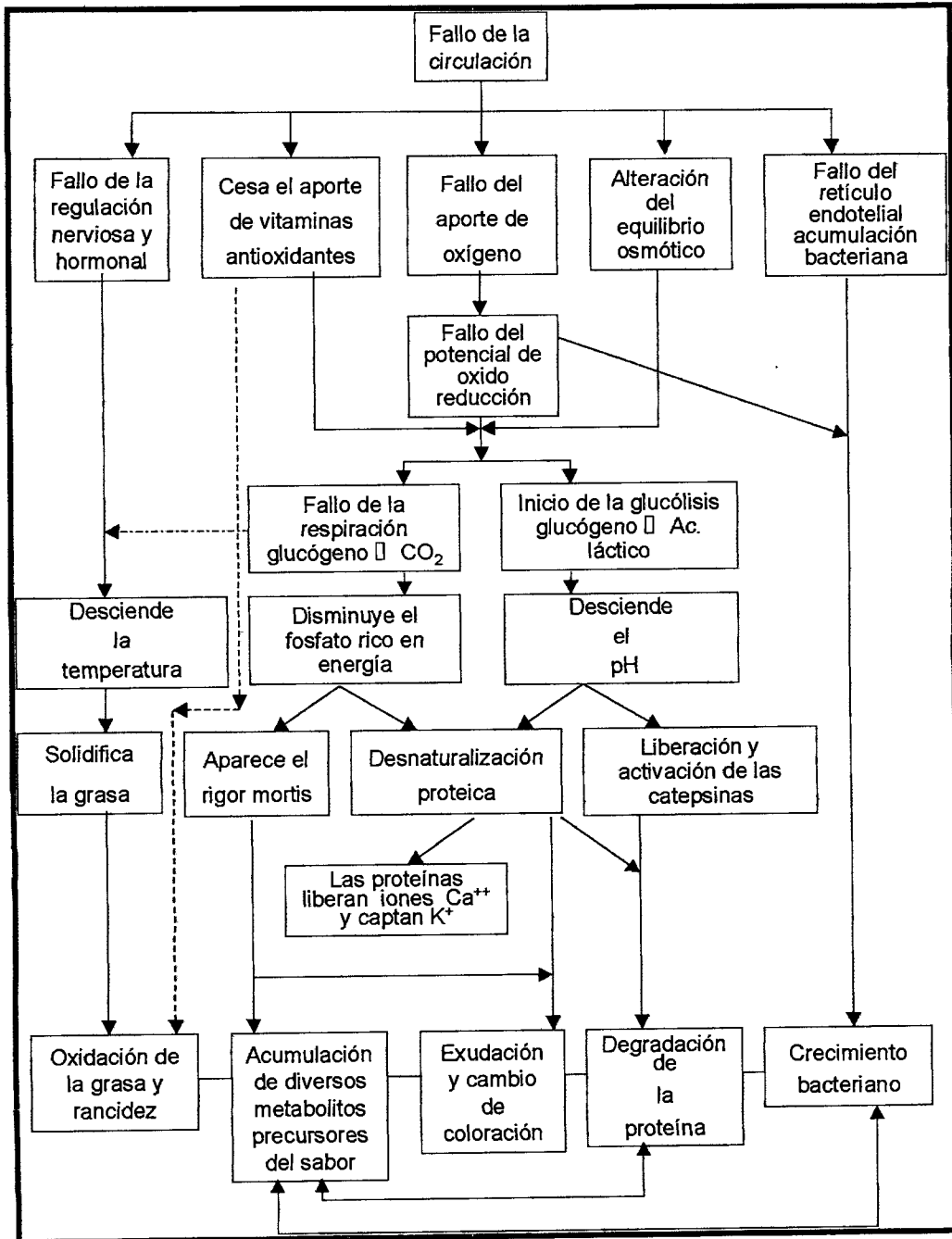


Figura 2.29. Efecto del fallo circulatorio sobre el tejido muscular (Modificada de Haard, 1995).

Generalmente los músculos blancos contienen cantidades relativamente grandes de aminoácidos y de los péptidos carnosina y anserina, que probablemente funcionan como agentes tampón de la célula muscular.

Otro aspecto importante en el músculo post-mortem es la magnitud de la glicólisis. En circunstancias ordinarias, el factor que limita la magnitud de la glicólisis es el pH. Cuando el pH es suficientemente bajo ciertas enzimas críticas, especialmente la fosfofructoquinasa, son inhibidas y la glicólisis cesa. En general, el pH al que esto ocurre es 5.1 a 5.5. El pH alcanzado se le denomina "pH final", valor que tiene una importante influencia sobre la calidad de la textura de la carne, la capacidad de retención de agua, la resistencia al desarrollo microbiano y en el color. Si con anterioridad al sacrificio el animal se ve sometido a estrés o ejercicio intenso el contenido de glucógeno desciende sustancialmente resultando un pH final elevado, puesto que no existe el sustrato suficiente para que la glicólisis se prolongue. El pH final del pescado no está relacionado con el estrés o ejercicio a que se ve sometido el pescado antes de su muerte. En los pescados vivos, el lactato producido durante el ejercicio, tal como el que realiza durante la pesca, es drenado lentamente del músculo; así pues cuando un pez lucha duramente antes de su muerte, se produce mucho lactato la mayor parte del cual permanece en el músculo post-mortem. Por otro lado, un pez que apenas lucha antes de su captura contendrán solo una pequeña cantidad de lactato al momento de su muerte, pero la glicólisis post-mortem normal hará que el lactato aumente esencialmente al mismo nivel que existe en el pescado que luchó vigorosamente y de manera proporcional a la cantidad de ATP producido por vía glicolítica anaeróbica y puesto que todo el ATP del pescado post-rigor es degradado para producir iones hidrógeno, el efecto neto de la lucha o el estrés del pescado con anterioridad a la muerte no afecta a su pH final. El pH final de pescado como el bonito o la caballa, es de alrededor de 5.5 y el de la carne de pescado blanco es de 6.2 a 6.8. Estos pH finales tan altos explican la alterabilidad del pescado después de su muerte.

2.3.5.2. Consecuencias del agotamiento de ATP.

Las consecuencias del agotamiento del ATP se manifiesta en que se paralizan las reacciones biosintéticas y se produce la pérdida de la capacidad de la célula para mantener su integridad, especialmente con respecto a los sistemas de membrana. Si se agotan el ATP y el ADP, la actina y la miosina interaccionan y el músculo pasa a una situación conocida como rigor mortis; término que significa literalmente "rigidez cadavérica". La tensión se debe a la presión desarrollada por los músculos antagónicos y formación de actomiosina. Esta tensión no puede evitarse debido a que no existe ATP ó ADP. Algunos músculos pueden estar en rigor y otros no, pero todos son inextensibles cuando se agota el ATP (Fennema, 1993).

La velocidad de agotamiento del ATP está directamente relacionada con el descenso del pH y se ve afectada por la especie, tipo de músculo y temperatura de la carne. En el momento del sacrificio o de la captura, el contenido medio de ATP de muchos músculos se encuentra en rangos entre 3-5 mg/g de tejido fresco. El tiempo que transcurre desde el sacrificio o captura hasta la iniciación del rigor mortis puede ser desde pocas horas (2 hr para pollo) hasta de más de un día para la ballena (Hultin, 1992).

2.3.5.3 Descenso de dureza durante el post-rigor.

Un acontecimiento importante durante el proceso de ablandamiento post-rigor es la desintegración del disco Z. La desintegración del disco Z hace a las miofibrillas más susceptibles a la fragmentación durante la homogeneización. Existe evidencia de que la destrucción de los discos Z se produce por la acción de las enzimas proteolíticas del músculo. De diversas especies de animales se ha aislado una proteasa activa por el calcio, denominada factor activado por el calcio (CAF), que provoca la desintegración de los discos Z in vitro. También se ha observado que el CAF es activo frente a la troponina, la tropomiosina y la proteína C pero no hidroliza la actina, la miosina, la alfa actinina o la conectina. También se ha demostrado que la presencia de Ca^{2+} a concentraciones fisiológicas conduce al debilitamiento post-rigor de los discos Z del músculo. La eficacia del calcio

depende de la tensión desarrollada durante la contracción post-mortem de los músculos. Además de este debilitamiento de los discos Z el Ca^{2+} también causa la liberación de una de las proteínas de las miofibrillas, posiblemente un componente del disco Z que debilita la acción de la actina y miosina (Hulrin, 1985).

Otro grupo de proteasas presentes en el tejido muscular son las catepsinas. Las catepsinas pueden estar localizadas en los lisosomas de la propia célula muscular (catepsinas B, D, H y L) o pueden estar asociadas a los lisosomas de componentes del tejido conectivo o del sistema circulatorio. Dependiendo del pH final la catepsina B hidroliza diversas proteínas miofibrilares.

2.3.5.4. Degradación de ATP a hipoxantina.

Otra consecuencia de importante de la pérdida de ATP en el músculo post-mortem es su conversión en hipoxantina. Ciertos 5'-mononucleótidos intermediarios en la producción de hipoxantina, son importantes potenciadores del sabor.

El mecanismo de la degradación del ATP se muestra en la Figura 2.30. El IMP es un potenciador del sabor y se puede degradar a inosina y finalmente a hypoxantina. La hypoxantina tiene un sabor amargo y se ha sugerido que es la causa de los olores anormales en el pescado almacenado. La producción de IMP a partir de ATP (vía AMP) es rápida, la de inosina lo es menos y la producción de hypoxantina es lenta. Así la determinación de los diversos productos de degradación en un momento determinado puede ser un índice del grado de alteración. Los productos de degradación se pueden determinar individualmente; sin embargo, en algunos casos, es conveniente conocer la concentración de más de un componente. Así el valor K determina la relación entre inosina, hypoxantina y la cantidad total de los compuestos relacionados con el ATP. Se utiliza con frecuencia para determinar la frescura del pescado. Estos compuestos también son significativos en los enlatados de pescado. Aunque el tratamiento térmico aplicado inactiva las reacciones enzimáticas, el análisis de estos compuestos en los productos enlatados indicará la calidad del pescado crudo que ha sido utilizado.

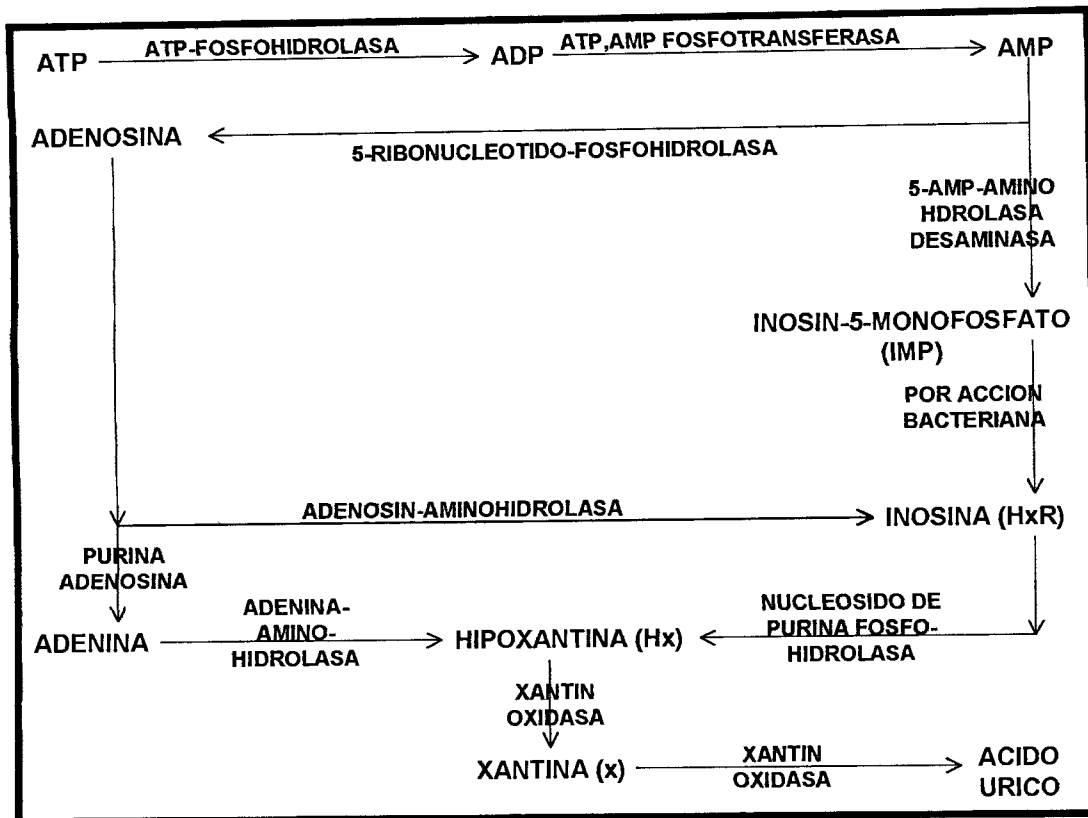


Figura 2.30. Esquema de degradación del ATP (Modificada de Haard, 1995).

2.3.6. Cambios en compuestos nitrogenados.

Los cambios post-mortem en el pescado después de su captura ocasionan la pérdida gradual de calidad así como de su apariencia natural y el desarrollo de signos evidentes de descomposición se deben principalmente a la descomposición de los compuestos nitrogenados no proteícos, los cuales contribuyen a modificar el aroma natural de los productos del mar por la formación de compuestos volátiles aromáticos, intervienen en la degradación parcial de proteínas que ocasionan cambios indeseables en la textura, las propiedades reológicas y cambios de color.

Durante los primeros días de almacenamiento las enzimas endógenas son las principales responsables y el proceso es denominado autólitico. Posteriormente los productos del metabolismo bacteriano predominan y producen el deterioro final. Muchas de las reacciones de descomposición pueden ser catalizadas ya sea por enzimas bacterianas o endógenas. No es posible distinguir precisamente estos cambios (Sikorski y col., 1990).

2.3.6.1. Degradación del óxido de trimetilamina a trimetilamina.

Los músculos de muchos peces marinos tanto teleósteos como elasmobranqueos contienen altos niveles de óxido de trimetilamina (OTMA), que es uno de los constituyentes más abundantes de origen no proteico que se ha encontrado en el músculo de peces, en los elasmobranqueos es mayor que en los teleósteos. Su contenido varía desde 156 mg OTMA/100g en músculo del pez globo, a 400 mg OTMA/100g en el lenguado y de 1000 mg OTMA/100g en pollack de Alaska y bacalao, a 750 a 1480 mg OTMA /100g en el músculo de tiburones y rayas (Sikorski y col., 1990). La presencia de este compuesto se cree que está relacionado a la osmorregulación, la estabilización enzimática y la neutralización de los efectos perturbadores de la urea en los organismos que la acumulan. Por este motivo disminuye el contenido de OTMA en el músculo de organismos que se encuentran en aguas con bajos contenidos de sal. Así el contenido de OTMA en teleósteos de aguas naturales es despreciable. Además de la condición anterior el

OTMA también varía con el tamaño del pescado, profundidad y la estación del año en que se captura.

Entre los cambios que conducen a la formación de compuestos volátiles aromáticos se encuentra la reducción bacteriana de OTMA a trimetilamina (TMA). Esta es una amina volátil con olor y sabor característico similar al amoníaco. La reducción post-mortem del OTMA a TMA por el deterioro bacteriano está bien establecido (Laycock y Regier, 1971). La reducción de OTMA a TMA se efectúa así:



Esta reacción es común que se presente cuando el pescado se almacena en hielo y forma altos niveles de TMA. Mientras que pequeñas cantidades de dimetilamina (DMA), monometilamina (MMA) y amoníaco también han sido encontrados (Shewan y col., 1971). El olor picante característico de la descomposición del pescado ha sido correlacionado con niveles de TMA en el tejido, como también con un buen número de microorganismos deterioradores que están presentes en muchas especies de pescado (Wong y Gill, 1987; Wong y col., 1988).

La reacción propuesta para el rompimiento del OTMA por enzimas endógenas produce dimetilamina (DMA) y formaldehído (FA):



Ambas reacciones han sido estudiadas ampliamente y también contribuyen al aumento gradual de bases volátiles totales en el músculo post-mortem. En la reacción 2, la enzima que participa es la oxido de trimetilamina reductasa positiva. Esta enzima puede ser producida por los microorganismos deterioradores más comunes Gram negativos, tiene la capacidad de reducir el OTMA a TMA. Debido a su relación directa al crecimiento bacteriano y a la descomposición del pescado se ha empleado al contenido de TMA en el músculo del pescado como indicador de deterioro (Finne, 1992).

Las bacterias de tipo metiltróficas, como *Bacillus* PM6 y *Pseudomonas aminovorans* son organismos que sintetizan todo su material celular a partir de unidades de C₁ derivadas de sustratos de crecimiento, como la trimetilamina que sería su única fuente de energía y carbono. Estas bacterias producen DMA y FA por cualquiera de las vías enzimáticas que se indican en la Figura 2.31. Esta reacción puede ser posible por una vía no enzimática oxidativa de N-demetilación. Otros microorganismos que se han encontrado capaces de convertir OTMA en TMA son *Citrobacter freundii* y *Aeromonas hydrophilia* (Haard, 1990; Hultin, 1992).

Los productos de la demetilización de OTMA que son DMA y FA han sido identificados en más de 30 especies de pescado de 10 familias y 8 especies de invertebrados (Sikorski y col., 1990)

En la reacción 2, la producción de DMA y FA en pescado enhielado se efectúa bajo condiciones anaeróbicas. El FA reacciona con los aminoácidos de proteína y ocasiona la pérdida de textura. (Lundstrom y col., 1982).

2.3.6.2. Compuestos nitrogenados no proteicos.

Comparados con otros alimentos, el músculo de pescado presenta contenidos muy altos de compuestos orgánicos nitrogenados de bajo peso molecular. Estos compuestos se clasifican en aminoácidos libres, péptidos, compuestos de guanidina, nucleótidos, urea, bases cuaternarias de amonio. La concentración y composición de las fracciones de compuestos no proteicos depende de factores tales como la especie, la estación del año, la maduración, la etapa de reproducción, las condiciones ambientales, la migración, la dieta, la frescura, las partes de los tejidos en donde se evalúa. La fracción de nitrógeno no proteica es una parte muy importante en la composición y es responsable del sabor y aroma delicado y característico de estos productos. Estos mismos compuestos son a su vez sustratos ideales para muchos tipos comunes de microorganismos psicrófilos. Estos organismos pueden rápidamente convertir las sustancias nitrogenadas no proteicas en amonio, trimetilamina y otros bases volátiles de olores desagradables (Sikorski, 1990).

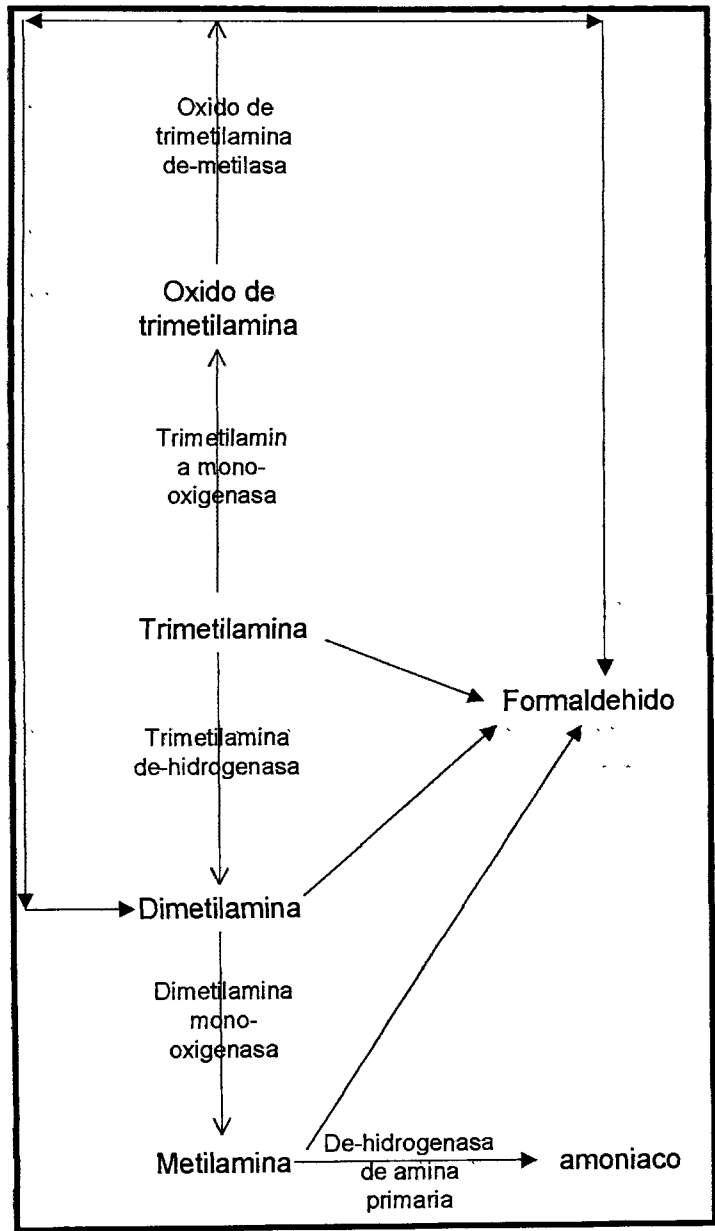


Figura No. 2.31. Degradación del oxido de trimetil amina (Modicado de Haard, 1990).

2.3.7. Microorganismos en el músculo del pescado.

Los alimentos marinos son más perecederos que otros alimentos de alta proteína. En los productos marinos, los cambios en sabor, olor, textura y color reflejan el grado de frescura contra la descomposición causada primeramente por la actividad microbiana. La velocidad de la descomposición está influida por el número y tipo de bacterias y las condiciones de almacenamiento como la temperatura, humedad y atmósfera gaseosa. Ciertos alimentos marinos contienen altos niveles de osmorreguladores en la forma de nitrógeno no proteico (aminoácidos, óxido de trimetilamina y urea) que son rápidamente disponibles para las bacterias.

La seguridad de los productos marinos es relacionada con la contaminación bacteriana y normalmente considerada por el daño potencial del alimento. Sin embargo, a simple vista, productos de pobre calidad, dañados o descompuestos raramente son responsables de un daño debido a que generalmente se descartan antes de su consumo.

2.3.7.1. Microflora natural:

En el pescado proveniente de aguas limpias, justo después de la captura, la magnitud de la contaminación microbiana es comparable a la que se presenta en carne de res, cerdo y aves. Esta depende principalmente de la contaminación y temperatura ambiente, del método de captura y de las condiciones de manejo a bordo. El agua del océano contiene un pequeño número de bacterias, por ejemplo, pocas bacterias formadoras de colonias (UFC) por cm^3 , mientras que en regiones costeras los sedimentos pueden estar altamente contaminados, por arriba de 10^6 UFC por centímetro cúbico (Hobbs, 1987)

El pescado capturado individualmente en agua superficiales frías y limpias contiene en la piel de 1 a 10 bacterias por 1 cm^2 . Por otro lado, la cuenta total de la superficie de la piel en capturas de fondo puede resultar en números tan altos como $10^5 / \text{cm}^2$. El número de bacterias en crustáceos es similar a las encontradas en pescado. La carga bacteriana de las agallas es normalmente una o dos veces

más altas que en los intestinos, la cual es hasta de 10^9 , dependiendo del grado de alimentación del pez.

Se ha encontrado que en el estómago y en el intestino medio del bacalao del báltico capturado durante la época de desove, está libre de bacterias, mientras que la cuenta total en placa de los contenidos del intestino grueso y el esófago del mismo pescado presentó desde 10^1 hasta 10^4 /g.

Se presentan diferencias en el número y tipo de microorganismos debido a factores tales como: variaciones en salinidad, temperatura, materia orgánica y calidad del agua del área de captura (Zaleski y Lojkiewicz, 1970).

2.3.7.2. Crecimiento de bacterias en productos marinos.

El manejo y almacenamiento de la captura en hielo lleva consigo un cambio en el número, distribución y composición de la microflora en alimentos marinos. El crecimiento de las bacterias en pescado puede generalmente estar representado por un patrón típico. El período inicial lag generalmente es el último hasta la resolución del rigor mortis y aunque no se incrementa el total de las bacterias de la superficie, han sido reportadas en *Chrosophys auratus* durante 10 días de enfriamiento en hielo, con un notable decremento en la frescura del pescado. Durante los primeros días de almacenamiento en hielo, la población se concentra en la superficie. Una penetración lenta dentro del tejido del músculo ocurre principalmente en los lugares en donde la piel ha sufrido una abrasión, facilitando la migración. La velocidad de penetración dentro del músculo depende también de la propiedad de barrera de la piel. En pescado entero, sin eviscerar, los músculos son también invadidos, en la etapa de autólisis, por bacterias del canal alimentario. Los músculos de los filetes son especialmente vulnerables a la penetración bacteriana.

Más allá del origen del agua, los microorganismos son adicionados en varias etapas del proceso tales como el despielado, desconchado, eviscerado, el cocimiento y el consumo. En un estudio sobre filetes de merluza, la mayor contaminación microbiana fué encontrada durante el fileteado y el subsiguiente manejo previo al empaçado (Nickerson y Goldblith, 1964).

2.3.7.3. Microflora deterioradora.

El deterioro del pescado de agua marina y de agua dulce parece ocurrir esencialmente de la misma forma, con algunas diferencias importantes como los requerimientos propios de la flora de agua salada y la de agua dulce y las diferencias en la composición química de varias especies de pescado con relación a los constituyentes nitrogenados no proteicos. La parte más susceptible del pez es la región de las branquias incluyendo las agallas. Los signos iniciales del deterioro organoléptico se nota por la presencia de olores desagradables al examinar las agallas. Si el pescado no es eviscerado inmediatamente, las bacterias del tracto intestinal, pasan muy rápidamente las paredes del intestino y cavidad intestinal al músculo del pescado. Este proceso se cree que es acelerado por la acción de enzimas proteolíticas, las cuales están en el intestino y pueden ser propias del mismo, o enzimas de bacterias presentes en el interior del canal intestinal; o ambas. Las bacterias deterioradoras del pescado, aparentemente tienen poca dificultad para crecer en el limo y en otros sitios externos o superficiales del pescado. El limo en el pescado está compuesto por mucopolisacáridos, aminoácidos libres, óxido de trimetilamina y otros compuestos.

Los microorganismos deterioradores primero utilizan compuestos simples y en este proceso se relaciona con varios componentes volátiles que producen olores indeseables (Shewan, 1971): El óxido de trimetilamina, creatina, taurina, anserina y compuestos relacionados como ciertos aminoácidos disminuyen durante el deterioro del pescado y con la producción de trimetilamina, amonio, histamina, sulfuro de hidrógeno, indol y otros compuestos. El músculo del pescado difiere del músculo de los mamíferos si se considera a la autólisis. Este tipo de músculo parece sufrir la autólisis a velocidades más altas aunque la ocurrencia a lo largo de este proceso con deterioro microbiológico se estima que ayuda ya sea la flora deterioradora o el proceso de descomposición, los intentos para separar y aislar estos eventos han sido difíciles.

Muchas bacterias son capaces de reducir al OTMA y producir TMA compuesto responsable del olor a pescado. La capacidad reductora ha sido

encontrada en muchas especies de *Enterobacterias*, en *V. Parahaemolyticus* y en ciertas especies de *Pseudomonas*, *Shewanella*, *Alteromonas* y *Campylobacter*.

El objetable olor pútrido desarrollado durante el deterioro de bacalao en refrigeración ha sido generado por *P. fragy*, *P. pútrida* y posiblemente por *Shewanella putrefaciens*,

La microflora de la piel de pescado fresco capturado en aguas frías está compuesta predominantemente por bacterias Gram negativas principalmente *Psychrobacter*, *Acinetobacter*, *Alteromonas*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium* y *Vibrio*. En krill recién congelado, la población de bacterias está compuesta por *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Arthrobacter* y *Moraxella* (Turkiewicz, 1982).

La microflora del pescado de aguas cálidas está dominada por bacterias Gram positivas, especialmente micrococci, coryneformes y bacilos. El contenido alimenticio del tracto intestinal contiene generalmente *Vibrio*, organismos identificados como *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas* y microflora Gram positiva principalmente *Clostridium* y otras bacterias formadoras de esporas.

El incremento en el tamaño de la población resulta en un rápido crecimiento de *Alteromonas* y *Pseudomonas* y éstas se adaptan muy bien a condiciones de refrigeración. En consecuencia, durante un largo período de almacenamiento en hielo, cerca del 90% de la población puede estar formada por *Alteromonas* y *Pseudomonas*. Los otro grupos principales son *Moraxella*, *Psychrobacter*, *Acinetobacter* y *Flavobacterium*. (Liston, 1980)

Muchas bacterias deterioradoras son capaces de crecer entre 0 y 1°C. Se ha encontrado que un gran número de *Pseudomonas spp.* son capaces de causar deterioro en el pescado a - 3°C aunque a una velocidad lenta (Shaw y Shewan, 1968).

2.3.7.4. Organismos patógenos.

Mucha atención ha recibido la incidencia de microorganismos de significancia para la salud pública en alimentos marinos. Aunque el pescado de

origen marino y crustáceos provenientes de áreas no contaminadas está generalmente libres de *salmonella* y estafilococos justo después de su captura, pueden ser contaminados con bacterias patógenas durante el manejo subsiguiente y el proceso.

La captura en aguas costeras puede acarrear patógenos de origen marino, algunos de ellos pueden ser de especies de *Vibrio*, principalmente *V. Parahaemolyticus* y una posibilidad de *V. Cholerae* O1, no O1 *V. Cholerae*, *V. Vulnificus*, y *V. mimicus*. Algunos de esos microorganismos están ampliamente distribuidos en bahías y estuarios. Su ocurrencia es conocida de acuerdo a la fluctuación de las estaciones. Aunque muchas cepas de *V. Parahaemolyticus* han sido aisladas de aguas costeras cálidas alrededor del mundo, menos del 1% de esas cepas han sido encontradas como virulentas. *Aeromona hydrophila* ha sido encontrada frecuentemente en muchos estuarios así como en pescado y mariscos. Es potencialmente un agente causante de gastroenteritis asociada con el consumo de alimentos marinos, especialmente si las *Aeromonas* son microorganismos anaerobios facultativos y psicrótrofos.

En los sedimentos marinos de zonas templadas el *C. botulinum* tipo E está ampliamente distribuido aunque en cantidades bajas. Normalmente no está presente en grandes cantidades en pescado recién capturado y mariscos, aunque su incidencia puede ocasionalmente ser alta. El crecimiento de este microorganismo y la producción de la toxina en el pescado es casi siempre debido a una falla en el manejo y procesamiento.

El daño causado por bacterias patógenas en alimentos marinos es generalmente asociado al consumo de ostiones crudos, mal cocinados, ahumados, fermentados y productos salados o recontaminación de alimentos marinos cocidos. Mariscos crudos o mal cocinados han sido también implicados con virus asociados a casos de gastroenteritis (Gerba, 1988).

2.4. Métodos de evaluación de frescura en pescado.

Los métodos que se han empleado para evaluar la frescura en pescado se han dividido por los principios empleados en cuatro grupos que son: los métodos sensoriales, químicos, instrumentales o físicos y bacteriológicos. Tradicionalmente el método de evaluación sensorial ha sido el más empleado en pescado. Una gran cantidad de métodos químicos han sido desarrollados y propuestos como indicadores útiles de frescura. Los métodos físicos o instrumentales presentan en la actualidad una alternativa importante en la evaluación de la frescura. A continuación se indican las características principales y principios de los métodos que se emplearon en la determinación de frescura.

2.4.1. Evaluación sensorial.

La prueba de evaluación sensorial, tradicionalmente empleada, es reconocida como uno de los métodos más importantes para determinar frescura y calidad en productos de la pesca; esta determinación es un contacto directo con el alimento y en función del avance de sus cambios pos-mortem se evalúan las reacciones de las personas y de acuerdo con sus preferencias hacia un alimento, se puede estimar si será aceptado y es adecuado para su consumo, (Sikorski y col., 1990).

Existe un gran número de técnicas para realizar las pruebas sensoriales de calidad en pescado que se han descrito y están en uso en diferentes partes del mundo. Estas técnicas varían tanto en su complejidad como en su objetividad, pero en general son de tres clases. La primera es la que considera solamente si el pescado es adecuado o no para consumo humano. La segunda clase considera que el pescado se debe clasificar en categorías tomando como base características de atributos bien definidas las cuales cambian durante el almacenamiento. Existe una tercera clase de pruebas que incluyen elementos de ambas pruebas (Baines y col., 1969).

Se han propuesto varios esquemas para realizar la evaluación de frescura en productos de la pesca mediante la percepción por los sentidos del olfato, tacto,

vista, y las propiedades que registran como el olor, sabor, aroma, textura apariencia y color, que se relacionan en un sencillo esquema con grados o criterios de calidad, para asignarle una calificación al producto (Burt y col., 1975; Burt y col., 1976). De esta forma y en especial en productos de la pesca, se pueden construir para cada especie a evaluar esquemas de calidad (Shewan, 1960).

Uno de los métodos sensoriales más comunes en productos de la pesca que ha sido empleado consiste en asignarle a los productos a evaluar una escala numérica para indicar los variados cambios en atributos sensoriales. Se ha demostrado que el aroma del pescado, particularmente, es uno de los índices de frescura más útiles (Shewan y col., 1953; Connell y Howgate, 1971).

Una de las técnicas de la segunda clase mas elaboradas y ampliamente utilizada es la descrita por Shewan (1953). La cual ha sido empleada en forma regular con ligeras modificaciones (Lone, 1990; Pérez-Villareal y Pozo, 1990; Pivarnik y col., 1990; Magnusson y Martinsdottir, 1995; Ben-Gigirey y col., 1999).

La importancia de la prueba de evaluación sensorial no puede ser ignorada como base para establecer el estado de los productos de la pesca. Sin embargo, las principales desventajas que presenta en algunas ocasiones es la falta de reproducibilidad de los resultados proporcionados por los jueces individuales. También el panel de evaluación sensorial puede llegar a ser muy costoso, especialmente por su entrenamiento además de que se requiere una interpretación estadística de los resultados (Babbitt, 1982; Sikorski y col., 1990).

En México desde las zonas costeras hasta el interior del país es una práctica común en la comercialización del pescado establecer su precio en función de las condiciones en las que se encuentra, evaluando el estado de frescura del mismo mediante observaciones visuales de su apariencia además del olor. En muchas ocasiones no se cuenta con las instalaciones adecuadas y la evaluación está sujeta al juicio de una sola de persona, quien decide el rechazo o la aceptación del producto sin someterlo a otra prueba que apoye la decisión tomada.

2.4.2. Métodos físicos: Torrymetro.

Los métodos de análisis electrónicos instrumentales tienen sus principales ventajas en su rapidez y en que no son destructivos (Jason y Richards, 1975). La evaluación de los cambios en las propiedades dieléctricas de la piel de pescado tiene la ventaja de que están ampliamente relacionadas con la velocidad de descomposición, y han sido empleadas como indicadores de calidad desde las primeras versiones comerciales de un instrumento que apareció en 1970 llamado Fish Tester Mark V. Sin embargo, el primer instrumento que se empleó en la práctica fué el Torrymetro, que ha sido modificado con el tiempo haciéndolo cada vez mas sofisticado (Burt y col., 1976).

El Torrymetro reportado por Jason y Richards en 1975, mide los cambios en las propiedades dieléctricas que ocurren cuando se presenta la degradación del músculo del pescado. Las propiedades eléctricas de la piel de pescado y del músculo debajo de ella se alteran en forma sistemática conforme se presenta el deterioro y se degradan los tejidos. Se ha demostrado que estos cambios se han asociado fuertemente con modificaciones en la apariencia y en el aroma (Cheyne, 1975; Jason y Richards 1975; Connel, y col., 1976; Damoglou, 1980; Hoffman, 1981; Townley y Lanier, 1981; Pivarnik y col., 1990).

El Torrymetro presenta grandes posibilidades para ser empleado como instrumento de control en la industria pesquera comercial. Se ha reportado su utilidad para especies tropicales en otros países. En la mayoría de las investigaciones se ha encontrado una relación lineal durante el período de almacenamiento estudiado y la evaluación del pescado con el Torrymetro (Hoffman, 1981). En otros casos no se examinaron las relaciones estadísticas que se pueden llegar a presentar entre la evaluación sensorial y la del Torrymetro (Pivarnik y col.,1990). También se ha estudiado la relación entre la descomposición del ATP y los valores obtenidos del Torrymetro de acuerdo a la posición anatómica del pescado en donde se realiza la toma de muestra (Hattula y col., 1993).

Han aparecido otros equipos, como el RT Freshmeter en 1985 construido en Islandia, este equipo usa el mismo principio con la diferencia que en lugar de realizar una sola medida sobre la piel del pescado, como en el Torrymetro, este dispositivo puede realizar un gran número de mediciones en el corto tiempo. Una comparación entre estos dos equipos fué realizada en Portugal para trucha en almacenamiento en hielo (Vaz-Pires y col., 1995).

No existen suficientes estudios en nuestro país para evaluar la aplicación del Torrymetro en las especies comerciales del Golfo de México. Esto se debe principalmente al desconocimiento del sector empresarial sobre las bondades de este instrumento, además del costo que representa su adquisición.

2.4.3. Métodos químicos.

De los métodos químicos disponibles, se revisan en esta sección tres de los que han demostrado su eficiencia y más empleados como indicadores de la frescura en el pescado, estos son: la evaluación del contenido en el músculo del pescado de trimetilamina, bases volátiles nitrogenadas totales e hipoxantina.

2.4.3.1. Métodos para evaluación de trimetilamina.

Los métodos que se han empleado para la determinación de TMA se resumen en la Tabla 2.5.

El método de Dyer, (1945) modificado por Tozawa y col., (1971) ha sido empleado por muchos años para medir TMA en pescado. El método está basado en la reacción del TMA con el ácido pícrico para formar una sal la cual absorbe fuertemente a 410 nm. La desventaja método consiste en que el ácido pícrico reacciona con la mayoría de las aminas primarias secundarias y terciarias, además es importante tomar medidas de precaución ya que el ácido pícrico es extremadamente inflamable (Wong y col., 1988).

Los valores obtenidos de TMA en el músculo de pescado en almacenamiento, han sido correlacionados con las cuentas bacterianas y con la evaluación sensorial, y son especialmente asociados con el olor del pescado crudo.

Los límites del contenido de TMA en el músculo de pescado que se han establecido para su rechazo son del orden de 5 a 10 mg TMA-N/100g. Connel (1980) propuso como límites de rechazo valores hasta de 10 a 15 mg TMA-N/100g. Estudios en gádidos indicaron que el contenido de TMA fue un buen indicador de calidad (Sikorski y col. 1990). Estos investigadores también encontraron que en numerosos peces grasos y en mariscos la concentración de TMA nunca alcanzó el límite de 5 mg TMA-N/100g; en otros casos, se alcanzó este valor mucho antes de que se presentara una descomposición evidente.

La determinación de TMA presenta algunas desventajas, entre estas es que únicamente se puede aplicar para especies marinas y no para especies que se capturan en aguas naturales. No se puede aplicar como la única prueba indicadora de frescura, especialmente en las etapas iniciales de deterioro del pescado, que corresponden a los cambios autolíticos por lo que, debe complementarse con la determinación de hipoxantina (Martín y col., 1978).

2.4.3.2. Bases volátiles nitrogenadas totales.

Las bases volátiles nitrogenadas totales evalúan la cantidad de nitrógeno volátil que es liberado por el organismo post-mortem, como resultado de la acción bacteriana o autolítica. El contenido de nitrógeno total puede determinar el tiempo máximo de aceptabilidad para consumo humano, durante el almacenamiento a bajas temperaturas. Estas sustancias son el producto de la descomposición de compuestos nitrogenados, e incluyen al amonio, mono, di y trimetilamina y sustancias reductoras volátiles (VRS). Ha sido reconocido que el amonio es producido por la actividad bacteriana, así como también, por enzimas en los tejidos. Se ha encontrado que las sustancias nitrogenadas volátiles y volátiles reductoras aumentan al iniciarse la descomposición, haciéndolo a partir de la urea, que es el mayor contribuyente como sustancia extractiva muscular libre.

Tabla 2.5. Resumen del desarrollo histórico de los principales métodos empleados para evaluar TMA.

Beatty y Gibbons (1937)	Modificaron el método de microdifusión de Conway para TMA, empleando un buffer ácido. El método es simple económico y razonablemente seguro. Se puede difundir DMA y ser evaluado como TMA.
Dyer (1945, 1959)	Midió TMA colorimetricamente con la sal de picrato. Las muestras se alcalinizan en presencia de formaldehído, y se extraen con tolueno y se evalúa el picrato-TMA de color amarillo. Este método y el anterior muestran seguridad en la evaluación de TMA hasta valores de 60 a 80 mg TMA-N/100g.
Dyer y Monwnsey, (1945)	Desarrollaron un método directo para medir TMA empleando di-tio-carbamato de cobre
Hashimoto y Okaichi, (1957)	Encontraron que la interferencia de DMA puede ser reducida grandemente sustituyendo la solución de álcali originalmente empleada de carbonato de potasio por una solución al 25% de KOH.
Murray y Burt (1964)	Desarrollaron un método automatizado para TMA, empleando extractos de músculo con ácido tricloroacético tratados con formaldehído y KOH en un Autoanalyzer Technicon.
Nonaka y col., (1967)	Desarrollaron un método de cromatografía gas-líquido para TMA en el que no interfieren otras aminas volátiles y no volátiles. La recuperación promedio de TMA es del orden del 98%. El método es rápido y muy seguro, la desventaja es el costo del instrumento.
Castell y col., (1974)	Conociendo informes previos de las diferencias reportadas por el uso de soluciones de álcali en el método del ácido pícrico, indirectamente midieron la concentración de DMA. Emplearon una solución de carbonato de potasio y de hidróxido de potasio.
Chang y col., (1978)	Reportaron el desarrollo de un electrodo específico para TMA, convirtiendo un electrodo Orion para amoniaco que fué seguro para realizar lecturas de concentraciones de TMA en soluciones acuosas. Encontraron interferencias por el amoniaco, si está presente en el músculo del pescado.

Fuente: Martín y col., (1978).

La determinación de Bases Volátiles Nitrogenadas Totales (TVBN) fue uno de los primeros métodos establecidos para evaluación de frescura por su razonable correlación con los cambios percibidos sensorialmente con el producto fresco. La ventaja que ofrece es su simplicidad, es relativamente barato y rápido, sus desventajas son la destrucción de la muestra, la estandarización del método, especialmente para la volatilización y no es específico para la inicial de descomposición.

Algunos valores que se han propuesto como límites de aceptabilidad de pescado y productos de la pesca se pueden observar en la Tabla 2.6.

2.4.3.3. Hipoxantina.

Uno de los indicadores más empleados para evaluar la pérdida de frescura es la hipoxantina (Hx), que se ha identificado por ser responsable del sabor amargo post-mortem en el músculo de pescado. De acuerdo al contenido de hipoxantina presente en el músculo de las especies marinas, se ha logrado determinar el grado de descomposición del producto, debido a que su valor se incrementa con el tiempo, ya sea por la degradación enzimática o por el deterioro bacteriano. Algunos valores propuestos como límites de aceptabilidad de pescado y productos de la pesca se pueden observar en la Tabla 2.7.

En general las reacciones del $ATP \rightarrow IMP$ tienen lugar en las etapas tempranas después de la muerte o antes de que el pH del músculo alcance su nivel constante, las primeras reacciones de esta secuencia son de naturaleza autolítica. En este periodo las reacciones $IMP \rightarrow Inosina \rightarrow HxR \rightarrow Hx$ ocurren más lentamente que las del $ATP \rightarrow IMP$. Por lo tanto el IMP es acumulado en la carne del pescado en las etapas inmediatas a la muerte. HxR y Hx incrementan su concentración al mismo tiempo en el que se pierde la frescura, se consideran que las enzimas bacterianas empiezan progresivamente a tener actividad bacteriana en estas últimas etapas. Es importante establecer la velocidad de acumulación de la Hx en la carne de pescado que se va a evaluar, antes de que se aplique como índice de frescura y calidad (Haard, 1995)..

Tabla 2.6. Valores propuestos como límites de aceptabilidad para consumo humano de los productos de la pesca según su contenido de bases volátiles totales (BVT).

Especie	Límite sugerido	Referencia.
Pescado	30 mg N/100 g	Barile y col., (1968)
Pescado graso	20 mg N/100 g	
Ostión	17 mg N/100 g	Murata y col., 1975
Calamar	45 mg N/100 g	Woyewoda y Ke, 1980

Tabla 2.7. Valores propuestos como límites de aceptabilidad para consumo humano de los productos de la pesca según su contenido de Hipoxantina.

Especie	Limite sugerido	Referencia
Bacalao	2 a $\mu\text{molHx/g}$	Barile 1968
Sardina	2-2.5 $\mu\text{molHx/g}$	Barile 1968
Macarela	1-1.2 $\mu\text{molHx/g}$	Barile 1968
Camarones	2 $\mu\text{molHx/g}$	Fatimae, 1969
Calamar	2-4 $\mu\text{molHx/g}$	Liciardello, 1970

2.4.4. Métodos microbiológicos.

La actividad bacteriana se complementa con la de las enzimas autolíticas ya que las bacterias usan como alimento compuestos simples que son los obtenidos por la degradación de proteínas resultado de la actividad autolítica. Estas dos actividades son en conclusión las causantes del deterioro que puede ser captado sensorial y visualmente. En algunos casos el resultado de la actividad bacteriana ocasiona productos de desecho que pueden dañar grandemente el tejido y hacerlo inaceptable sin que sea visible el daño. (Dainty y col., 1983). Para una amplia variedad de productos marinos es prácticamente imposible establecer una pauta o directriz que defina la calidad y seguridad del producto. Por años se ha aceptado que una cuenta en placa de 10^6 /g produce un deterioro en el alimento marino. Reportes en la literatura ahora indican cuentas tan altas como 10^8 /g sin cambios desagradables en la calidad. Esas diferencias se presentan debido a la composición de la flora natural de bacterias deterioradoras y patógenas, de la temperatura de incubación de la placa y la historia del producto. *Salmonella* tiene significancia en la salud pública en el consumo de productos marinos. Sin embargo, se dan cuestionamientos en el caso de productos como las ancas de rana en los que la *Salmonella* es una de las bacterias de la flora natural de este animal sano (Jay, 1996).

No existe una directriz única que pueda ser empleada para interpretar los resultados de las pruebas bacteriológicas en los productos de la pesca, en cambio cada producto debe ser evaluado de acuerdo a sus propias características y la pauta deberá ser establecida sobre los principios de las buenas prácticas de manufactura (Nickelson y Finne, 1992).

Los estándares microbiológicos y las especificaciones de la inspección sanitaria de los productos de la pesca han sido motivo de controversia y confusión. Lo anterior se centra sobre 6 puntos básicos (Spencer, 1988).

- La definición y la filosofía: no hay un acuerdo general, lógico y consistente que pueda ser observado para establecer un criterio microbiológico para productos del mar.

- La seguridad del producto: el análisis microbiológico es un procedimiento caro y consume mucho tiempo; aquí la controversia se centra en que los responsables del procesamiento de pescado, prefieren en la práctica emplear las pruebas microbiológicas en los productos cocinados y listos para su consumo, más que en pescado crudo o en sus productos intermedios, ya que estos van a recibir un proceso posterior de cocción por el consumidor final.
- La calidad del producto: la determinación de la calidad del producto a través de criterios regulatorios en forma de estándares de calidad microbiológicos es uno de los puntos más discutidos. Los estándares propuestos no están dirigidos hacia la seguridad del producto, más que nada indican su contenido microbiológico y su empleo sirve como un criterio de regulación.
- Procedimientos del muestreo: se emplean una gran variedad de planes de muestreo y criterios de decisión que se utilizan para determinar el estado de los productos del mar desde un punto de vista microbiológico.
- Metodología analítica: la sensibilidad de la metodología generalmente representa un asunto polémico. En la planta de producción se requiere un método rápido que se pueda correlacionar con los métodos regulatorios.
- Las coincidencias entre los microbiólogos investigadores: en la década de los 70's se dieron puntos de vista muy divergentes entre los investigadores, quienes daban conclusiones incorrectas, que se comprobaron más adelante (Spencer, 1988).

3. OBJETIVOS.

3.1. Objetivo General.

Evaluar y correlacionar con el tiempo de almacenamiento en hielo, los parámetros de calidad físicos, químicos microbiológicos y sensoriales para 17 especies comerciales de pescado.

3.2. Objetivos específicos.

Evaluar la calidad de 17 especies de pescado de importancia económica en el Estado de Veracruz, durante su almacenamiento en hielo y en refrigeración a $0-1^{\circ}\text{C}$.

Evaluar la frescura de cada especie mediante los análisis de evaluación sensorial descriptiva en pescado crudo, el método físico del Torrymetro, los métodos químicos para evaluar en el músculo del pescado el contenido de trimetilamina, bases volátiles totales e hipoxantina y finalmente la cuenta de bacterias aerobias a $35^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y a $5^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Establecer las correlaciones que se presentan durante el tiempo de almacenamiento en hielo del pescado y las pruebas que se emplearon para evaluar su pescado.

Proponer los esquemas de evaluación sensorial descriptiva en el pescado crudo de cada una de las especies estudiadas.

Establecer la vida útil del pescado en almacenamiento en hielo para cada especie.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Obtención de la materia prima.

Para la realización de esta investigación se capturaron ejemplares de 17 especies de pescado que han mostrado un importante valor comercial en México, las cuales fueron: bagre, carpa herbívora, carpa plateada, cojinuda, corvina, chucumite, guachinango, jurel, lebrancha, mojarra blanca, mojarra tilapia, pámpano, ronco, rubia, tigre, trucha arco iris y villajaiba. Los métodos de captura empleados para obtener cada una de estas especies se indican en la Tabla 2.2 y los sitios en donde se capturaron se describen a continuación. Las dos especies de carpa y la mojarra tilapia fueron capturadas en el sistema de estanquería en el Instituto Tecnológico del Mar No. 1 (ITMAR) en Boca del Río, Ver. La trucha arco iris se obtuvo en los estanques de producción del Rancho El Cristo en Orizaba, Ver. El bagre y el chucumite fueron capturados por el método del cordel en el estero de la Laguna de Alvarado, Ver. La villajaiba, el tigre y la rubia fueron capturados en la zona del Noroeste de la Península de Yucatán mediante una embarcación de pesca de escama de arrastre en popa, de la Sociedad Cooperativa de Pescadores Unidos de Alvarado, Ver. La cojinuda fue capturada por el arte de pesca fijo denominado almadraba tipo Ben-Aven en la región ubicada entre Bajos del Ingeniero y Punta Penacho en las playas de Mocambo, Ver. La corvina, jurel, pámpano, lebrancha, ronco y la mojarra blanca, fueron capturados usando el chinchorro playero frente a la costa comprendida entre Playa Norte y Boca del Río, Ver. El guachinango se capturó por el método del cordel en la zona costera entre el puerto de Veracruz y la Antigua, Ver.

Una vez capturados los ejemplares se procedió en todos los casos a seleccionarlos por tallas uniformes y sin daños físicos. Esto se realizó en el mismo sitio de la captura, en ocasiones cuando los pescados aún estaban vivos. Estos fueron estibados en cajas de plástico, colocando alternadamente una cama de hielo y una cama de pescado, de manera similar a como se manejan en la industria pesquera. De esta forma fueron trasladadas para su almacenamiento a la cámara de conservación del ITMAR, en donde se mantuvieron hasta por un período máximo de 24 días a una temperatura constante de 0-1° C, controlada por

inspección continua con termopares en su interior. El agua producida por el deshielo se drenó continuamente. El hielo perdido se repuso en los días de muestreo, solo si era necesario, evitando el manipuleo excesivo del pescado.

Se obtuvieron al menos 30 ejemplares por cada especie para asegurar la disponibilidad de muestras para realizar las pruebas de evaluación de frescura, las cuales se efectuaron cada tercer día tomando como día 0, el de la captura hasta completar 24 días, o antes si la especie mostraba signos evidentes de descomposición que la hicieran inaceptable.

4.2. Métodos de evaluación de frescura.

La evaluación de la frescura de cada una de las especies se llevó a cabo en el laboratorio de especialidades del ITMAR No. 1, realizando los siguientes análisis: evaluación sensorial descriptiva (**ESD**), lectura del Torrymetro (**LT**), contenido en el músculo del pescado de trimetilamina (**TMA**), Bases Volátiles Totales (**BVT**) e Hipoxantina (**Hx**) y la cuenta en placa de bacterias mesófilas y psicrófilas aeróbicas. En todos los casos las determinaciones se efectuaron en el pescado fresco y en el almacenado en hielo y refrigeración a 0°-1° C cada tercer día. En los métodos químicos las determinaciones se realizaron por triplicado y se reporta el promedio de los valores obtenidos. Los métodos microbiológicos se realizaron por duplicado. La metodología empleada en cada una de las pruebas se describe a continuación.

4.2.1. Evaluación sensorial descriptiva.

La evaluación se efectuó en el pescado fresco y en el almacenado en hielo y refrigeración a 0°-1° C. La descripción de la calidad del pescado crudo fué evaluada individualmente por un panel entrenado de 20 jueces en productos pesqueros, los cuales fueron seleccionados del personal docente, técnico y estudiantes del último grado del departamento de Ingeniería en Pesquerías del Instituto Tecnológico del Mar en Boca del Río, Ver.

En pescado crudo se evaluó por inspección visual la apariencia general y aspecto de ojos; la apariencia general de la piel, desprendimiento de escamas o

piel y limo superficial; apariencia general y olor de agallas; apariencia general de la carne en filete y la elasticidad que presenta por la presión con el dedo índice.

Para realizar estas evaluaciones se elaboró una escala estructurada de uno a diez, con descriptores para cada una de estas propiedades. La escala está fundamentada en la de Torry Research originalmente diseñada según los principios propuesto por Shewan (1953), en donde valores adyacentes en la escala pueden ser igualmente perceptibles, y ha sido empleada por diferentes autores, con ligeras modificaciones. La escala inicial seleccionada para expresar la frescura del pescado crudo se indica en la Tabla 4.1. La escala está diseñada para obtener un valor máximo de 10, que correspondería al pescado totalmente fresco y mínimo de 1 que se considera para el pescado completamente deteriorado. Se establecieron cuatro categorías generales de pescado clase: I, II, III y IV. El límite para consumo humano se estableció en la clase II.

4.2.2. Lectura del Torrymetro.

Las propiedades dieléctricas del pescado fueron registradas con el Torrymetro construido por G. R. International Electronics, Ltd., Perth, Escocia. Las mediciones fueron hechas de acuerdo a las instrucciones del fabricante y se tomó el promedio de 16 lecturas cada tercer día.

4.2.3. Determinación de trimetilamina.

Se determinó colorimétricamente empleando el método propuesto por Woyewoda y Ke, (1986). El método se fundamenta en la reacción de la trimetilamina con el ácido pícrico para formar una sal la cual absorbe a 410 nm.

4.2.4. Determinación de bases volátiles totales.

La determinación de las bases volátiles totales se efectuó macerando 25 gramos de músculo de pescado con ácido tricloroacético. Mediante una solución saturada de carbonato de potasio se liberan las bases volátiles de la muestra, que se fijan en ácido bórico, para ser cuantificadas por titulación con una solución valorada de ácido sulfúrico, en una cámara de Conway. Se empleó el método propuesta por Woyewoda y Ke, (1986).

4.2.5. Determinación de hipoxantina.

La hipoxantina se determinó por el método propuesto por Burt y col., en 1976, modificado por Woyewoda y Ke en 1986. Este método se fundamenta en someter 10 gramos de músculo de pescado a extracción con ácido perclórico. La hipoxantina en la muestra por acción de la xantin-oxidasa se convierte a xantina y posteriormente a ácido úrico que es cuantificado espectrofotométricamente a 290 nm.

4.2.6. Cuenta de bacterias aerobias en placa.

Se empleó la Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994 Bienes y Servicios, para la cuenta de bacterias aerobias en placa. La técnica consiste en contar las colonias, que se desarrollan en el medio de elección después de un tiempo y temperatura de incubación determinados. Se realizó el conteo de microorganismos en el Laboratorio de Microbiología del ITMAR.

4.3. Análisis de los resultados obtenidos.

Los datos de las pruebas de frescura se analizaron estadísticamente mediante un análisis de regresión lineal. Esta técnica se emplea usualmente para demostrar la pérdida de frescura de los productos de la pesca conforme transcurre el tiempo de almacenamiento en hielo. Se empleó el paquete estadístico Statgraphics Plus 6.0. En todos los casos la variable independiente estuvo representada por el tiempo de almacenamiento en hielo. La variable dependiente correspondió a cada una de las pruebas que se realizaron para evaluar la frescura. Se efectuó el análisis de varianza estableciendo para todos los casos la Hipótesis nula $H_0: \beta_1 = 0$, y la hipótesis alternativa $H_a: \beta_1 \neq 0$. Esta hipótesis se relaciona con la significancia ($\alpha = 0.05$) de la regresión lineal, no rechazar $H_0: \beta_1 = 0$, equivale a concluir que no existe una relación lineal entre las variables analizadas. Se rechaza si $F_c > F_t$. Se evaluó el coeficiente de correlación con el cual se intentó medir la fuerza de la relación entre las dos variables analizadas (Montgomery, 1991; Walpole y Myers, 1990).

Tabla 4.1. Escala empleada para la evaluación sensorial de frescura en pescado crudo.

	Clase I			Clase II		Clase III			Clase IV	
Categorías	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano			Pescado descompuesto	
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y cornea translúcida globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos Muy ligeramente turbios Cornea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Poco hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la cornea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Demasiado turbias Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos. r	Hinchados Opacos Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular	hinchados Muy opacos Totalmente cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular
Aspecto de la piel	Brillante Iridiscente Con colores metálicos definidos y característicos	Brillante Las escamas dan brillantez a al piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento	Ligera pérdida de brillantez Ligera pérdida de color. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento	Poco brillante Ligera pérdida de color Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto	Pérdida de brillantez Colores sin lustre Ligera pérdida de escamas y piel al tacto	Sin lustre Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas	Ligeramente rojo oscuros Mucus transparente Húmedas	Rojo oscuras Mucus blanco Con poca humedad	Rojo opaco Mucus amarillento Resecas	Café rojizo, opacas Mucus opaco Secas	Café Exceso Mucus muy opaco Muy secas	Café grisáceas y verdoso Exceso de mucus amarillento	Café parduzco descoloridas Exceso de mucus café amarillento	Café o negras o sin color. Mucus café amarillento y espeso
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta Agrios	Olor rancio picante Olores añejos y a cerveza agria Nauseabundos	Olores muy rancios picante Olores añejos y a fruta podrida agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores añejos y a fruta podrida Fecales	Olores nauseabundos agrios Amoniacales Fecales	Olores pútridos, rancios y a amoniaco
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo Húmedo y muy brillante	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante.	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca	Ligera perdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco	Perdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café	Carne flácida y blanda, pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café

5. RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1. Evaluación sensorial descriptiva.

En la Figura 5.1 se presentan los resultados de la ESD para las especies estudiadas en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C. Para todas las especies se observa un comportamiento similar que está dado por la disminución de los atributos del pescado que fueron evaluados por los panelistas. El promedio de los valores obtenidos para cada especie se relacionaron con el tiempo de almacenamiento expresado como días en hielo. Mediante el método regresión lineal por mínimos cuadrados se obtuvieron las ecuaciones que se indican en la Tabla 5.1. Para cada ecuación la abscisa representa los días en almacenamiento en hielo y la ordenada el valor estimado de la evaluación correspondiente en el pescado, en este caso la ESD. La pendiente representa la tasa de descomposición expresada en unidades de descomposición por día. Las pendientes que se obtuvieron son negativas ya que los valores de la ESD disminuyen conforme transcurre el tiempo. Los coeficientes de correlación (r) para estas ecuaciones que también se indican en la Tabla 5.1, mostraron valores elevados en general lo que indica una buena correlación de la ESD con los días de almacenamiento en hielo. En estudios semejantes, para evaluar el deterioro de atún, *Tunnus albacore* y *Tunnus alalunga* (Pérez-Villareal y Pozo, 1990; Ben-Gigirey y col., 1999) reportaron ecuaciones similares a las obtenidas en este trabajo. En otro estudio sobre salmonete *Adricheta forsteri* (Fletcher y Statham, 1988) se obtuvieron resultados comparables al evaluar el pescado con un esquema de ESD, en pescado crudo en almacenamiento a diferentes temperaturas. En un trabajo sobre trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* en almacenamiento en hielo se obtuvieron coeficientes de regresión similares (Vas-Pires y col., 1995). En estos estudios emplearon esquemas de evaluación parecidos al utilizado en este trabajo, con ligeras modificaciones, que consistieron en variaciones de las escalas de calificación o las clases de pescado. En México se reporta un trabajo similar con especies del pacífico con una metodología parecida. (Valdés-Buratti y Morrisey, 1986).

El límite para consumo humano se estableció en un valor superior a 5. Las especies que más rápidamente alcanzaron este valor fueron la carpa herbívora, la carpa plateada y el bagre, mientras que para tigre, villajaiba, rubia y guachinango el tiempo para que alcanzaran este valor fue mas prolongado. Las demás especies alcanzaron este valor en un periodo de tiempo intermedio.

Un aporte del presente trabajo sobre los resultados de las evaluaciones sensoriales, es el esquema específico propuesto para las especies estudiadas. Los atributos que sugirieron los jueces se conjuntaron y se incluyeron para calificar a cada una de ellas. La síntesis de esta evaluación por especie se presentan de la Tablas 5.2 a la 5.18. Estas tablas se complementan con las Figuras 5. 2 a la 5.18 en las que con fotografías se indican los cambios que sufren las especies a través del tiempo. La utilidad de estas dos herramientas sirve para, identificar las especies de pescado, ya que por la variedad de ellas que se encuentran en el mercado, es muy común la confusión, por ejemplo chucumite con róbalo, jurel con cojinuda, villajaiba con rubia. Estos datos son útiles porque proporcionan una primera referencia del estado de frescura del pescado, que puede ser empleada como guía de trabajo para los encargados de verificar la calidad del pescado, como el consumidor final.

Estos tipos de esquema también han sido propuestos para otras especies de pescado, para apoyar su comercialización por mayoristas, caracterizando también para cada pescado sus propiedades de textura, aroma tacto, apariencia (Chambers y Robel, 1993).

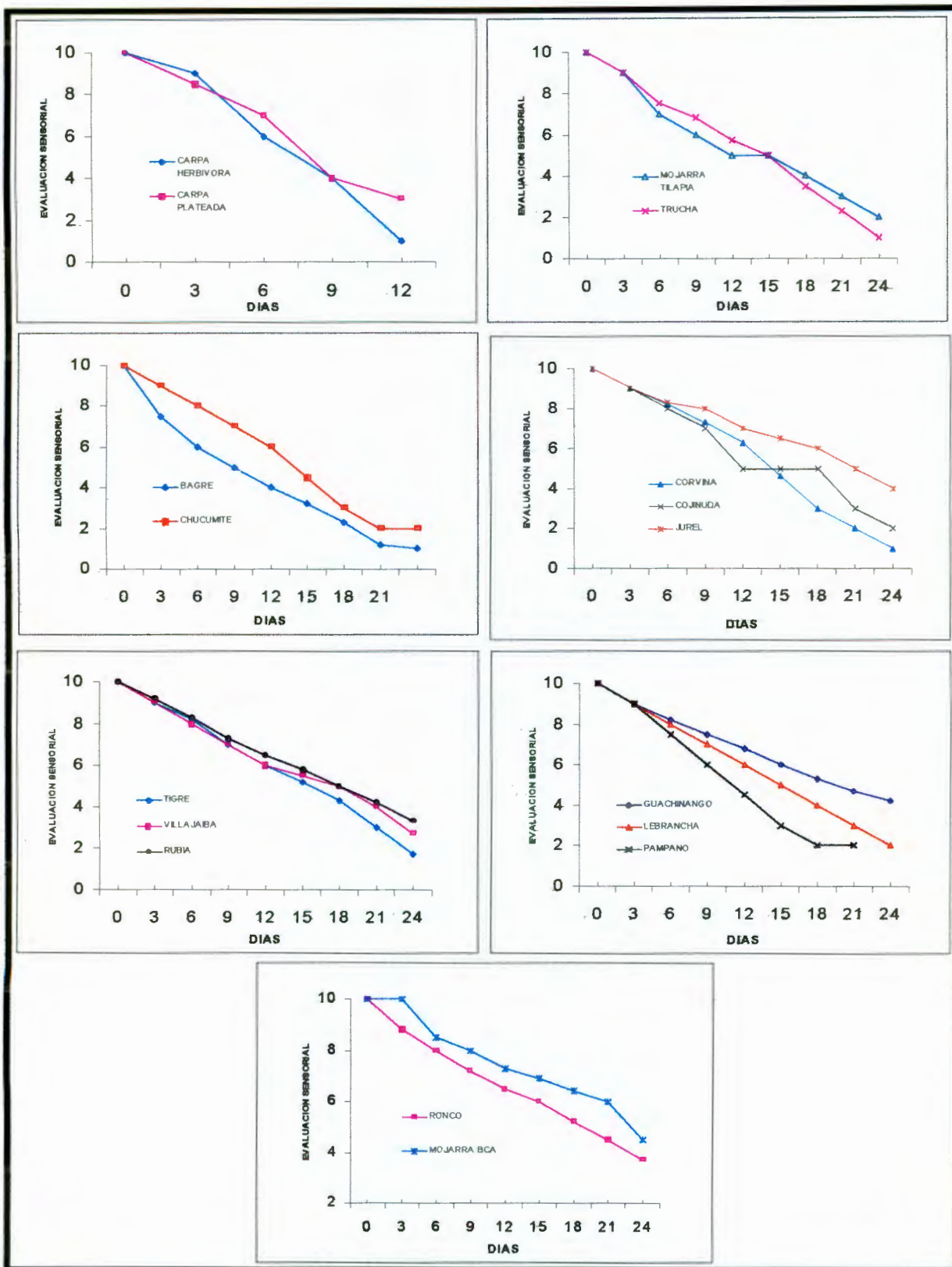


Figura 5.1. Determinación Sensorial Descriptiva en pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración 0 – 1°C

Tabla 5.1. Resultados del análisis de regresión lineal para la prueba de Evaluación Sensorial Descriptiva en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0- 1°C

Nombre común	Ordenada al origen	Pendiente	r	R ²	F _c	Regla de decisión	Nivel probabilidad
					F _{t(α,1,n-2)}		
Bagre	8.740	-0.356	-0.977	95.56	150 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.000001
Carpa herbívora	10.6	-0.766	-0.989	97.96	144 10.13	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00124
Carpa plateada	10.2	-0.616	-0.988	97.79	132 10.13	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.000141
Cojinuda	9.866	-0.322	-0.983	96.67	203 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
Corvina	10.384	-0.389	-0.994	98.88	617 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
Chucumite	10.088	-0.363	-0.992	98.55	476 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0000
Guachinango	9.748	-0.241	-0.997	99.46	129 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
Jurel	9.895	-0.233	-0.9940	98.90	629 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
Lebrancha	10.164	-0.335	-0.996	99.25	920 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0000
Mojarra blanca	10.131	-0.218	-0.983	96.74	207 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
Mojarra tilapia	9.466	-0.316	-0.983	96.70	204 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
Pámpano	9.916	-0.420	-0.988	97.64	247 5.99	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0000
Ronco	9.648	-0.249	-0.996	99.28	971 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
Rubia	9.948	-0.277	-0.999	99.87	5244 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
Tigre	10.097	-0.337	-0.996	99.63	1862 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0000
Trucha arco iris	10.037	-0.366	-0.997	99.45	1260 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
Villajaiba	9.802	-0.287	-0.994	98.99	686 5.59	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0000

Variable independiente: días en refrigeración

r: coeficiente de correlación, R²: coeficiente de determinación en porcentaje.

F_c = F_(α,1,n-2) = F_(0.05, 1, n-2) para todos los casos: (F_c > F_t).

Tabla 5.2. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Bagre (*Ictalurus punctatus*).

Categorías	Clase I Excelente			Clase II Buena		Clase III Pescado no apto para consumo humano		Clase IV Pescado descompuesto		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra con aro dorado alrededor y cornea translúcida globo ocular completo	Muy ligeramente turbios Cornea muy clara globo ocular completo. Pupila con aro dorado.	Ligeramente hinchados Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo. Ligero deavaneamiento de aro en pupila	Pérdida de brillo. Pupila todavía negra. Pérdida del aro dorado. Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular.	Hinchados, flácidos y turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hinchados flácidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos. Cornea con aspecto lechoso.	Hinchados Demasiado turbia y lechosa la córnea, secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hinchados Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos. Limo bacteriano escaso	Muy hinchados Opacos Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Limo bacteriano regular	Muy hinchados y Muy opacos Totalmente cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Limo bacteriano abundante
Aspecto de la piel	Brillante, Iridiscente. Superficie lisa sin escamas, coloración muy blanca en pecho. Partes dorsales negras - gris oscuro, con colores metálicos plateados, azules y amarillo verdoso bien definidos	Brillante Superficie lisa, sin escamas, coloración blanca en pecho. Partes dorsales negras - gris oscuro, con colores metálicos plateados, azules y amarillo verdoso definidos	Ligera pérdida de brillantez. Lisa coloración blanca en el pecho. Partes dorsales aún negras, ligera pérdida de los colores metálicos.	Poco brillante, lisa color blanco en el pecho. Ligera pérdida de color en las partes dorsales. Ligera alteración de la piel, ligera pérdida de los colores metálicos.	Pérdida de brillantez. Color de pecho aún blanco. Colores grises sin lustre en las partes dorsales. Pérdida de los colores metálicos	Sin lustre Color gris claro en las partes dorsales. Ligera pérdida del color blanco del pecho. Ligero desprendimiento de la piel.	Reseca Sin lustre Color gris muy claro en las partes dorsales. Ligero color amarillo del pecho. Ligero desprendimiento de la piel. Presencia escasa de limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo.	Reseca Sin lustre Color gris muy claro en las partes dorsales. Color amarillo en pecho Desprendimiento de la piel. Limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo.	Desprendimiento Generalizado de piel. Color gris muy claro en las partes dorsales. Color muy amarillo en pecho. Cubierta totalmente con limo bacteriano	Partes dorsales sin coloraciones grises. Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de piel
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas, aspecto carnoso limpias.	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas	Ligeramente rojo oscuras Mucus transparente Húmedas	Rojo oscuras Mucus blanco Con poca humedad	Rojo opaco Mucus amarillento Resecas	Café rojizo, opacas Mucus opaco Secas	Café Exceso Mucus muy opaco Muy secas	Café grisáceas y verdoso Exceso de mucus amarillento	Café pardusco descoloridas Exceso de mucus café amarillento	Café o negras o sin color. Mucus café amarillento y espeso
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta Agrios parecido a leche cortada.	Olor rancio picante Olores añejos y a cerveza agria Nauseabundos	Olores muy rancios picantes Olores añejos y a fruta podrida, agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores añejos y a fruta podrida	Olores nauseabundos agrios Amoniacales Fecales	Olores pútridos, rancios y a amoníaco
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica a la presión del dedo Húmedo y muy brillante, color blanco-rosa.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante, color blanco-rosa.	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Color blanco-rosa	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Color blanco- grisáceo	No tan firme Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Color blanco-grisáceo	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco Color blanco-grisáceo opaco.	Pérdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Color blanco grisáceo muy opaco.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Se rompe con facilidad.	Carne flácida y blanda. Consistencia pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café muy aceitosas	Carne flácida y blanda. pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café muy aceitosas.

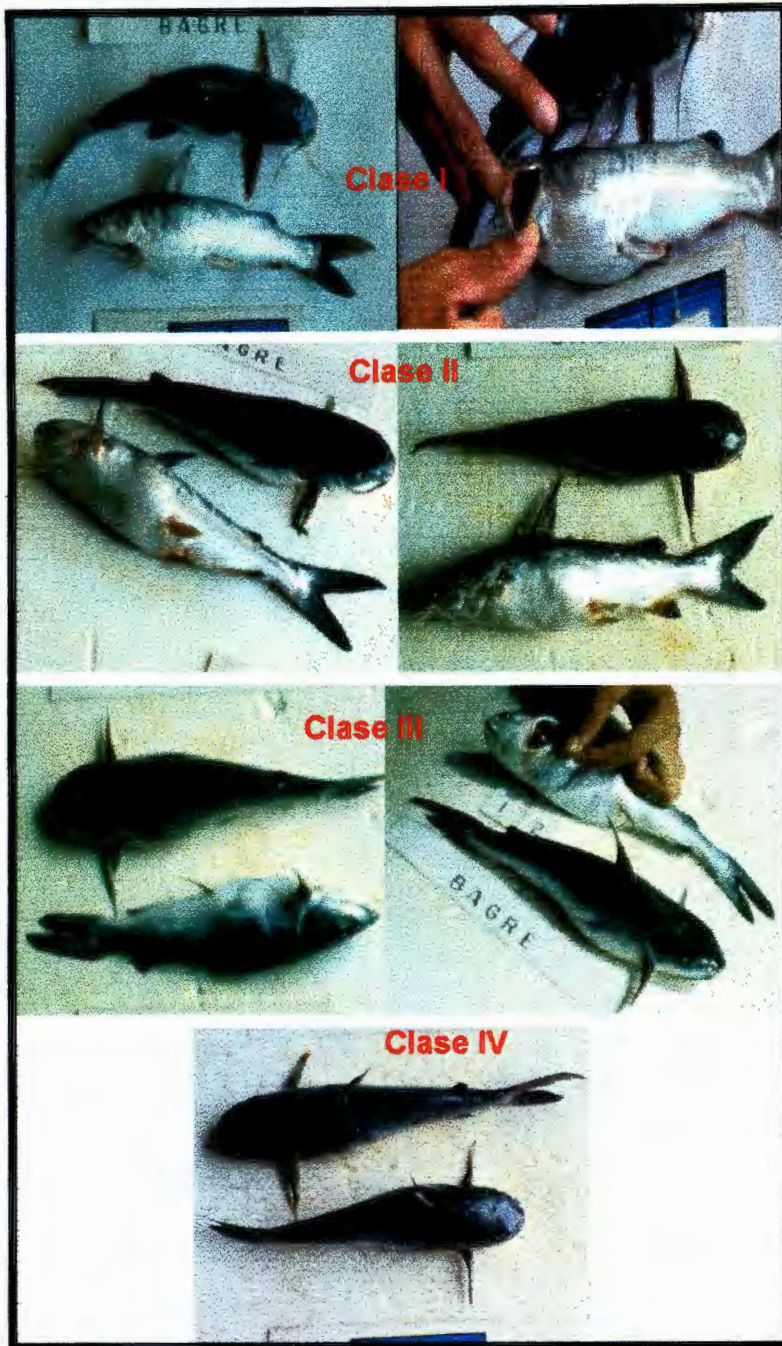


Figura 5.2. Cambios físicos en bagre durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.3. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Carpa Herbívora (*Ctenopharingodom idella*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y cornea translúcida globo ocular completo	Convexos Muy ligeramente turbios Cornea negra aún translúcida globo ocular completo	Ojos planos Ligeramente turbios Cornea negra clara no translúcida globo ocular completo	Pérdida de brillo Ligeramente hundidos Poco turbios. Pupila gris azulada Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la cornea. Pupila gris. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris opaca. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Demasiado turbias Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos. r	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos. r	Muy hundidos Opacos Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Limo bacteriano escaso. Cornea ensangrentada	Muy hundidos, Muy opacos Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Limo bacteriano abundante. Cornea muy ensangrentada
Aspecto de la piel	Brillante Iridiscente Con tonos azulados en la parte dorsal, opérculos amarillos dorado, escamas fijas	Brillante. Tonos azulados. Las escamas dan brillantez a la piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento	Ligera pérdida de brillantez. Permanecen tonos azulados. Ligera pérdida de color. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento	Poco brillante Ligera pérdida de color. Aún permanecen tonos azulados. Muy poco desprendimiento de escamas.	Pérdida de brillantez Colores sin lustre. Opérculos amarillos. Ligera pérdida de escamas y piel al tacto	Sin lustre Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión. Opérculos enrojecidos. Abdomen flácido.	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo. Opérculos muy enrojecidos. Abdomen muy flácido	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano. Opérculos muy enrojecidos. Abdomen muy flácido	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano. Abdomen abultado	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel Opérculos muy enrojecidos. Abdomen muy flácido abultado y purulento
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas. Las láminas branquiales se separan con facilidad. Branquiespinas de color blanco	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas. Las láminas branquiales aún se separan con facilidad.	Ligeramente rojo oscuras Mucus transparente Húmedas. Las láminas branquiales no se separan fácilmente.	Rojo oscuras Mucus blanco viscoso. Con poca humedad. Las branquiespinas aún permanecen blancas	Rojo opaco Mucus amarillento Resecas. Láminas branquiales pegajosas. Branquiespinas de color crema.	Café rojizo, opacas Mucus opaco abundante. Secas. Branquiespinas empiezan a enrojecerse.	Café Exceso Mucus muy opaco Muy secas. Branquiespinas rojas	Café grisáceas y verdosas Exceso de mucus amarillento. branquiespinas rojas	Café pardusco descoloridas Exceso de mucus café amarillento y sanguinolento. branquiespinas rojas	Café o negras o sin color. Mucus café sanguinolento y espeso. Reducen su volumen. branquiespinas totalmente enrojecidas
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta Agrios	Olor rancio picante Olores afejos y a cerveza agria Nauseabundos	Olores muy rancios picante Olores afejos y a fruta podrida agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores afejos y a fruta podrida	Olores nauseabundos agrios Amoniacales Fecales	Olores pútridos, rancios y a amoníaco
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo Húmedo y muy brillante	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante.	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. Coloración rojiza a lo largo de la espina dorsal.	Perdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Olor a pescado.	Carne flácida y blanda. Pegajosa y pastosa. Sin integridad al tacto. Con manchas amarillentas y orillas café. Olor putrefacto.	Carne flácida y blanda. Pegajosa, muy pastosa, sin integridad al tacto. Con manchas amarillentas y orillas café. Olor putrefacto.

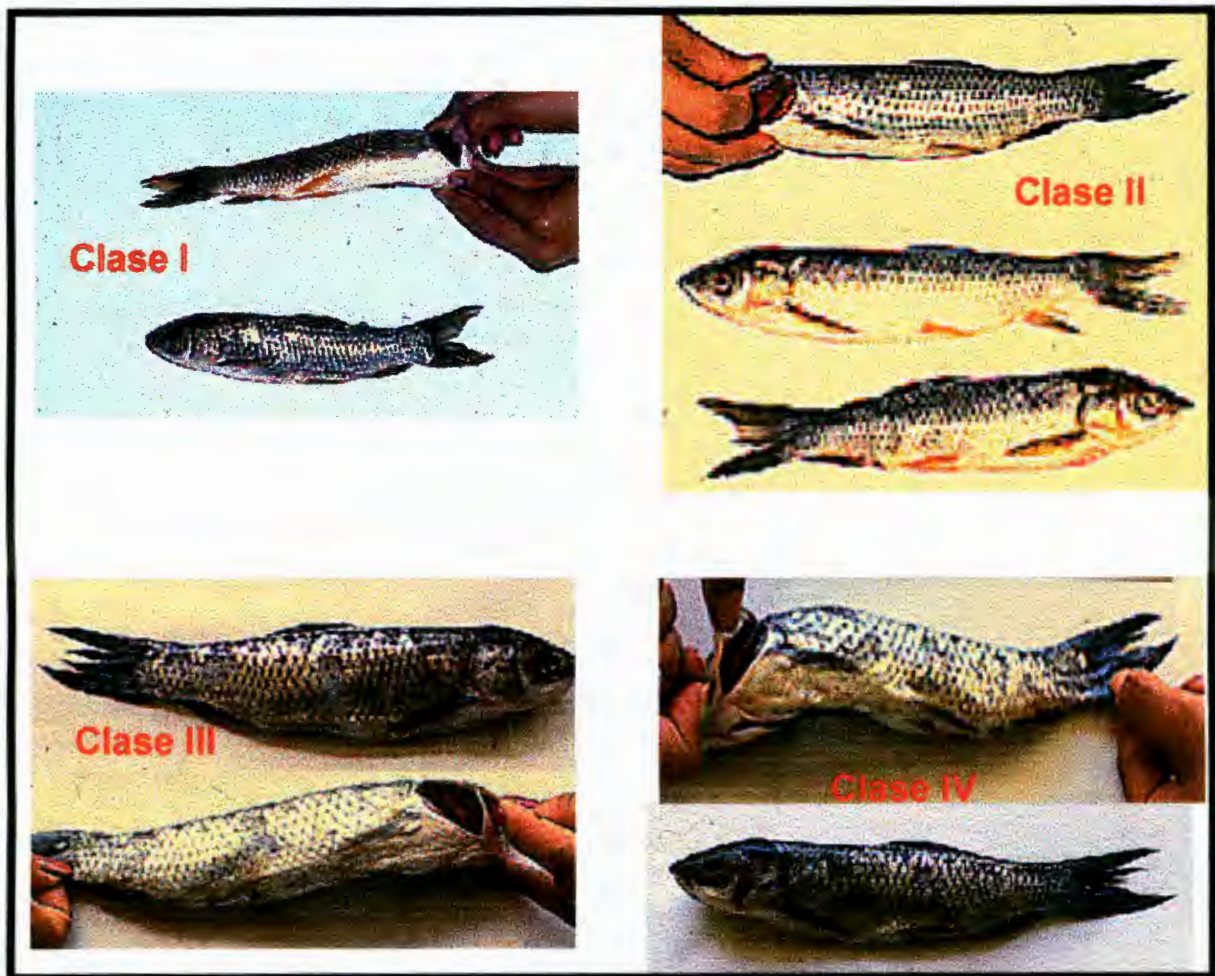


Figura 5.3. Cambios físicos de la carpa herbívora durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.4. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Carpa plateada (*Hipophthalmichthys molitrix*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y cornea translúcida globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos Muy ligeramente turbios Cornea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Poco hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios inicia una coloración rojiza alrededor de la cornea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos alrededor de la cornea	Hundidos Demasiado turbias Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos alrededor de la cornea	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes muy rojos alrededor del ojo	Totalmente hundidos y Opacos Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Apariencia pútrida	Hinchados Muy opacos Totalmente cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Apariencia pútrida
Aspecto de la piel	Brillante Iridiscente Con colores azulados y definidos a lo largo del dorso. El abdomen brillante	Brillante Las escamas dan brillantez a la piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Colores definidos.	Ligera pérdida de brillantez Ligera pérdida de color. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento	Poco brillante Ligero cambio de color, los tonos azules se tornan oscuros. Aun las escamas permanecen adheridas a la piel.	Pérdida de brillantez Colores sin lustre, oscuros Ligera pérdida de escamas y piel al tacto. Enrojecimiento de labios y opérculos.	Sin lustre Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión. El color rojo de los opérculos y aletas pectorales es más intenso	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Aparición de limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo. El color rojo es muy intenso en los opérculos.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano. Cambio de los colores rojos a café	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano. Aspecto general deteriorado	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel. El aspecto es de total deterioro.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas. Las láminas branquiales claramente separadas.	Rojas libre de mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales separadas.	Ligeramente rojo oscuras Ligera presencia de mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales poco separadas	Rojo oscuras Mucus blanco Con poca humedad. Láminas branquiales empiezan a aglutinarse	Rojo opaco Mucus amarillento Resecas. Láminas branquiales aglutinadas.	Café rojizo, opacas Mucus opaco Secas. Las láminas branquiales disminuyen de tamaño.	Café Exceso Mucus muy opaco Muy secas. Continúa la disminución del tamaño de las láminas.	Café grisáceas y verdosas Exceso de mucus amarillento. El aspecto general es de descomposición.	Café pardusco descoloridas Exceso de mucus café amarillento, aspecto pútrido.	Café o negras o sin color. Mucus café amarillento y espeso. Total aspecto de putrefacción.
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas.	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Intenso olor a hierbas y olor a pescado aún agradable.	Olor intenso a hierbas podridas. Olores afejos. Nauseabundos	Olores muy rancios picante Olores afejos y a fruta podrida agrios	Olores nauseabundos. Olores afejos y a fruta podrida	Olores nauseabundos agrios Amoniacales Fecales	Olores pútridos, a amoniaco.
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo Húmedo y muy brillante. Color rosa del filete.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante, color rosa.	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Color rosa- pálido.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Desaparece el color rosa.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Color crema opaco.	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. Ligero enrojecimiento de la carne a lo largo de la espina dorsal.	Pérdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Enrojecimiento mayor de la carne a lo largo de espina dorsal	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Color rojo pardusco a lo largo de la espina dorsal. Carne de color amarillento.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café a lo largo de la espina dorsal.	Carne muy flácida y blanda. muy pegajosa o viscosa Con manchas amarillentas y orillas café a lo largo de la espina dorsal.



Figura 5.4. Cambios físicos de la carpa plateada durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.5. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Cojinuda (*Caranx crysos*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y cornea transúcida globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos Muy ligeramente turbios Cornea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Poco hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la cornea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Demasiado turbias Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hinchados Opacos Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular	Hinchados Muy opacos Totalmente cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular
Aspecto de la piel	Brillante Iridiscente Con colores metálicos definidos y característicos en tonos gris verdoso perfectamente delineada la línea transversal	Brillante Las escamas son muy pequeñas y dan brillantez a la piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Colores bien definidos.	Ligera pérdida de brillantez Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Colores definidos aunque sin brillo.	Poco brillante Ligera pérdida de color. Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto. Coloración gris acero donde no hay escamas y amarillo donde las hay.	Pérdida de brillantez Colores sin lustre Ligera pérdida de escamas y piel al tacto. Se aumentan las coloraciones grises por ausencia de escamas.	Sin lustre Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión. Mayor cantidad de zonas sin escamas.	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano. Zonas grisáceas opacas	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano. Coloraciones gris opacas especialmente en aleta caudal.	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel Coloraciones grises muy opacas especialmente en aleta caudal.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas. Láminas branquiales muy separadas.	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales separadas.	Ligeramente rojo oscuras Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales aún separadas.	Rojo oscuras Mucus blanco Con poca humedad. Láminas pegadas con mucus.	Rojo opaco Mucus amarillento Resecas. Láminas aglutinadas, con mucus interior.	Café rojizo, opacas Mucus opaco Secas. Láminas branquiales aglutinadas.	Café Exceso Mucus muy opaco Muy secas. Láminas branquiales muy aglutinadas.	Café grisáceas y verdoso Exceso de mucus amarillento.	Café pardusco descoloridas Exceso de mucus café amarillento. Se modifica el volumen de las branquias	Café o negras o sin color. Mucus café amarillento y espeso en toda la región branquial.
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta Agrio.	Olor rancio picante Olores añejos y a cerveza agria Nauseabundos	Olores muy rancios picante Olores añejos y a fruta podrida agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores añejos y a fruta podrida	Olores nauseabundos agrios Amoniacales Fecales	Olores pútridos, rancios y a amoniaco
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo Húmedo brillante. Carne oscura y ligeramente grisácea. Tono azulado en la región dorsal.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Carne oscura y ligeramente grisácea. Tono azulado en la región dorsal	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Carne oscura y grisácea. Tono azulado en la región dorsal	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Ligero ennegrecimiento de la carne.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. La carne continúa ennegrecida.	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. El color de la carne se torna marrón.	Pérdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Aparecen zonas blancas en carne.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Ligera aparición de zonas aceitosas.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café. Zonas aceitosas. Extendidas.	Carne flácida y blanda. pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café. Se observa aceite rebosando.



Figura 5.5. Cambios físicos de la cojinuda durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.6. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Corvina (*Micropogon furnieri*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y córnea translúcida globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos Muy ligeramente turbios Córnea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos Ligeramente turbios Córnea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Poco hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la córnea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Demasiado turbias Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hinchados Opacos Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular	Hinchados Muy opacos Totalmente cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular
Aspecto de la piel	Brillante Iridiscente Con franjas delgadas transversales en colores grises metálicos definidos y característicos.	Brillante Las escamas dan brillantez a la piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Colores característicos bien definidos	Ligera pérdida de brillantez Ligero oscurecimiento de color de las franjas. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento	Poco brillante Ligera pérdida de color, aunque las franjas se presentan oscuras. Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto	Pérdida de brillantez Colores sin lustre, franjas oscuras. Ligera pérdida de escamas y piel al tacto	Sin lustre Ligeramente opaca franjas oscuras y opacas Desprendimiento de escamas y piel sin presión	Reseca, permanecen franjas oscuras y opacas. Desprendimiento de piel y escamas Escaso limo bacteriano sobre la cabeza.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano	Permanecen franjas oscuras y muy opacas. Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta con limo bacteriano	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas. Láminas branquiales muy separadas e íntegras.	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales muy separadas e íntegras.	Ligeramente rojo oscuras Mucus transparente Húmedas Láminas branquiales aún separadas e íntegras.	Rojo oscuras Mucus blanco Con poca humedad. Láminas branquiales ligeramente pegadas por mucus.	Rojo opaco Mucus amarillento Resecas. Láminas branquiales pegadas por mucus.	Café rojizo, opacas Mucus opaco Secas. Láminas branquiales se aglutinan.	Café Exceso Mucus muy opaco Muy secas. Láminas branquiales aglutinadas, con mucus.	Café grisáceas y verdoso. Exceso de mucus amarillento. Las láminas branquiales se encuentran totalmente aglutinadas	Café pardusco descoloridas Exceso de mucus café amarillento	Blancuzcas sin color. Mucus café amarillento y espeso. Aspecto pútrido.
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta Agrios	Olor rancio picante Olores añejos y a cerveza agria Nauseabundos	Olores muy rancios picante Olores añejos y a fruta podrida agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores añejos y a fruta podrida	Olores nauseabundos agrios Amoniacales	Olores pútridos, rancios y fuertemente amoniacal
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica ja presión del dedo Húmedo y muy brillante carne blanca.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante.	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Color de la carne blanca poco brillante	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. La carne blanca con algunas zonas rojizas.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. La carne blanca con zonas rojizas	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. Carne color crema opaca con zonas café - rojizas	Pérdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masudo. Carne de color crema con áreas verdosas.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Carne de color verdosa	Carne flácida y blanda. Pegajosa. Con coloraciones azules- verdosas.	Carne flácida y blanda. Totalmente pegajosa. Con coloraciones fuertes azul - verdosas.

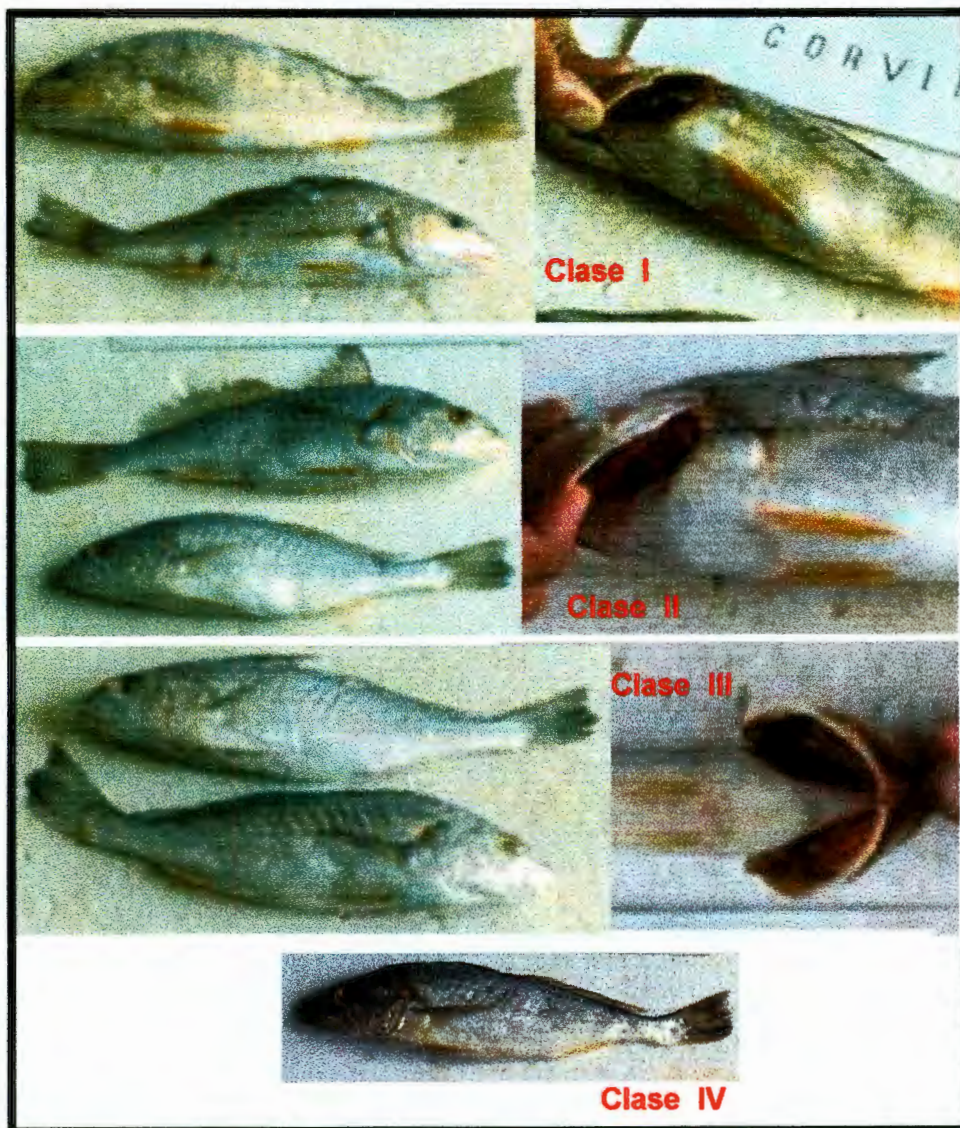


Figura 5.6. Cambios físicos de corvina durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.7. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Chucumite (*Centropomus parallelus*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y cornea translúcida globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos Muy ligeramente turbios Cornea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Poco hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la cornea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Demasiado turbios Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos. Inicia la aparición de limo.	Hinchados Opacos Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Pronunciado el sangrado de la córnea	Hinchados Muy opacos Totalmente cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Cubierto de limo bacteriano. c
Aspecto de la piel	Brillante Iridiscente Con colores plateados definidos y característicos. Línea lateral brillante característica de color café. Aletas dorsales de color amarillo- dorado.	Brillante Las escamas dan brillantez a la piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Línea lateral brillante característica de color café. Aletas dorsales de color amarillo- dorado	Ligera pérdida de brillantez Ligera pérdida de color plateado. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Línea lateral menos brillante, color café.	Poco brillante Ligera pérdida de color plateado. Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto. Línea lateral color café. Aletas dorsales amarillas.	Pérdida de brillantez Colores sin lustre Ligera pérdida de escamas y piel al tacto. Ligeras manchas amarillas en la región ventral. Ligera pérdida de color amarillo en aletas dorsales.	Sin lustre Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión. Manchas amarillas en la región ventral. Ligera pérdida de color amarillo en aletas dorsales.	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo. Aumento en las manchas amarillas en la región ventral. Color pálido de aletas dorsales.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano. Decoloración de la piel y mayor proporción de manchas amarillas.	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano. Decoloración de la piel y mayor proporción de manchas amarillas	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel. Decoloración de la piel región ventral amarilla. Pérdida de color café de la línea lateral.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas. Láminas branquiales íntegras y muy separadas.	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales íntegras y separadas.	Ligeramente rojo oscuras Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales íntegras y aún separadas.	Rojo oscuras Mucus blanco Con poca humedad. Láminas branquiales se vuelven pegajosas.	Rojo opaco Mucus amarillento Reseca. Láminas branquiales se aglutinan, con mucus en el interior.	Café rojizo, opacas Mucus opaco Secas. Láminas branquiales se aglutinan, con mayor mucus en el interior.	Café Exceso Mucus muy opaco. Muy secas, se disminuye el volumen de las agallas.	Café grisáceas y verdoso Exceso de mucus amarillento. agallas en franca descomposición.	Café pardusco descoloridas Exceso de mucus café amarillento	Sin color. Mucus café amarillento y espeso. Cubriendo la totalidad de las agallas.
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Faito de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta Agrios. Olor a levadura.	Olores añejos y a cerveza agria Nauseabundos. Olor agrio de levadura.	Olores muy picantes. Olores añejos y a fruta podrida agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores añejos y a fruta podrida	Olores nauseabundos agrios Amoniacales Fecales	Olores pútridos, rancios y fuertemente amoniacales.
Apariencia de la carne en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo Húmedo y muy brillante. Carne azulada translúcida.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Carne azulada translúcida.	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Carne azulada.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Carne blanca ligeramente opaca.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Carne blanca ligeramente opaca.	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seca. Carne blanca opaca.	Pérdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Carne blanca con ligero enrojecimiento a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Carne blanca – crema opaca con enrojecimiento a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Carne blanca – crema opaca con enrojecimiento a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Carne crema opaca con enrojecimiento a lo largo de la espina dorsal. Con manchas amarillentas y orillas café

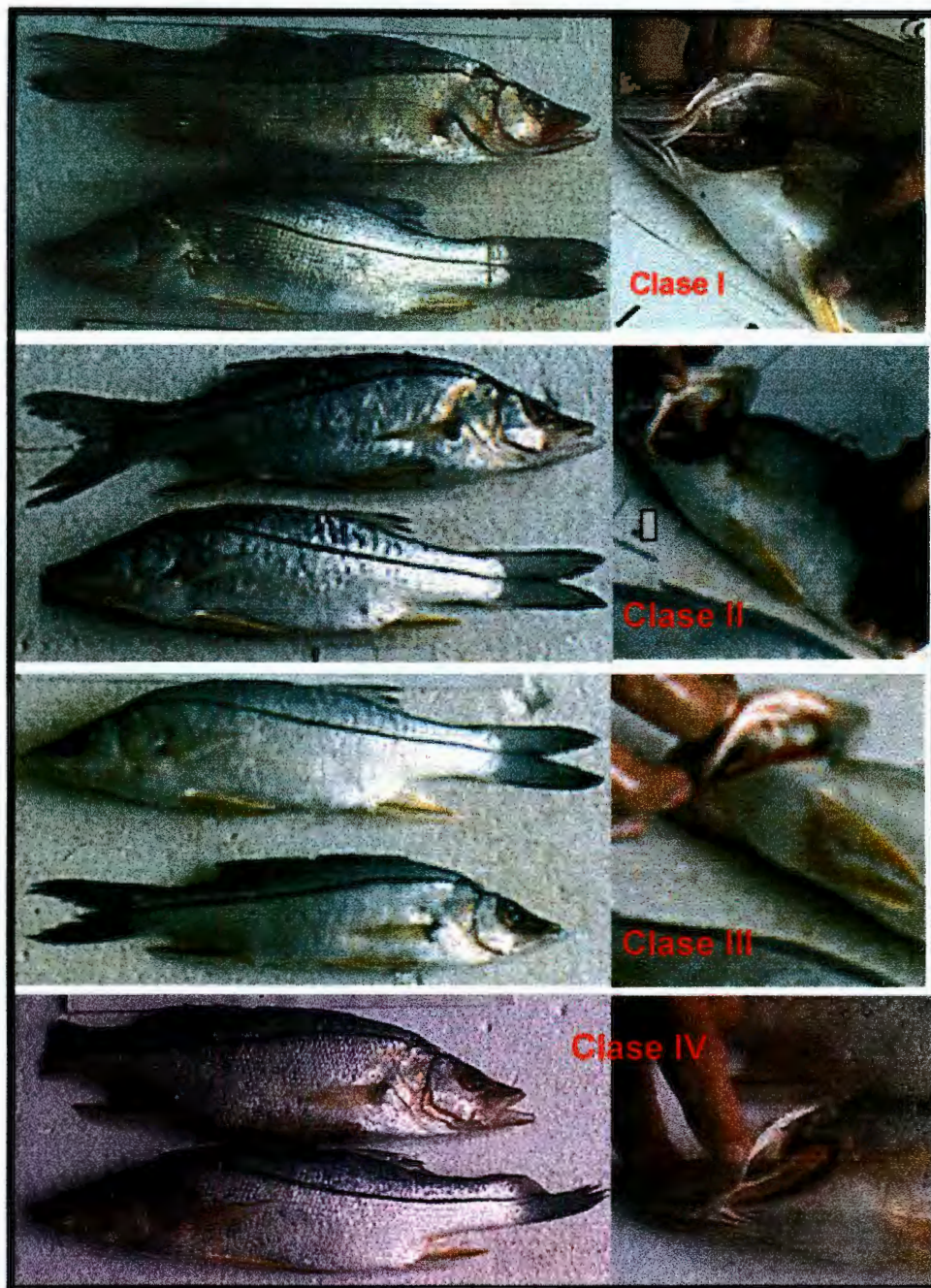


Figura 5.7. Cambios físicos del chucumite durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.8. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Guachinango (*Lutjanus campechanus*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra con destello brillante y cornea translúcida globo ocular completo	Ojos saltones menos convexos. Muy ligeramente turbios. Pupila negra. Cornea muy clara globo ocular completo	Ojos saltones. Ligeramente turbios. Pupila negra. Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Ojos planos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Ojos planos y turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular. Color rojizo alrededor de la córnea.	Ojos planos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Color rojizo alrededor de la córnea	Ojos hinchados Demasiado turbios Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Ojos hinchados Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Ojos muy hinchados Opacos Desaparece por completo la integridad del globo ocular	Ojos muy hinchados. Muy opacos Desaparece por completo la integridad del globo ocular
Aspecto de la piel	Brillante Iridiscente Con colores metálico plateados y rojos definidos y característicos, color rojo brillante en línea lateral más intenso en la parte superior. Aletas color rojo brillante. Franja oscura brillante debajo de aleta dorsal	Brillante Las escamas dan brillantez a la piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Color rojo en línea lateral. Colores plateados y rojo característicos. Aletas color rojo. Franja oscura debajo de aleta dorsal	Ligera pérdida de brillantez. Ligera pérdida de color. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Color rojo en línea lateral. Ligera pérdida de colores plateados y rojo característicos. Aletas color rojopardo. Franja más oscura debajo de aleta dorsal	Poco brillante. Ligera pérdida de color. Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto. Continúa la disminución de colores plateado y rojo. Aletas color rosa. Franja oscura sin lustre debajo de aleta dorsal.	Pérdida de brillantez Colores plateado y rojo sin lustre. Ligera pérdida de escamas y piel al tacto. Aletas color rosa pálido opacas, aparece una línea gris oscura alrededor.	Sin lustre. Los colores rojos se toman café. Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión. Franja oscura debajo de la aleta dorsal pierde color ligeramente. Aletas color rosa pálido opacas, aparece una línea gris oscura alrededor.	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo. La piel presenta apariencia marrón. La franja oscura debajo de la aleta se toma marrón. Aletas color café con línea negra alrededor.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano. La piel presenta zonas descoloridas. Aletas color café pálido con zona negra - marrón alrededor.	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano. Aletas color café pálido, se pierde la zona negra- marrón alrededor.	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel. Color de la piel café descolorido. Aletas de color blanco con zonas café.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas.	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales separadas.	Ligeramente rojo oscuras Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales aún separadas.	Rojo oscuras Mucus blanco Con poca humedad. Láminas branquiales empiezan a pegarse.	Rojo opaco Mucus amarillento Secas. Láminas branquiales aglutinadas con mucus interior.	Café rojizo, opacas Mucus opaco. Secas. Láminas branquiales aglutinadas con mucus interior.	Café Exceso de mucus en el interior muy opaco Muy secas. Láminas branquiales aglutinadas	Café grisáceas y verdoso Exceso de mucus amarillento. El volumen de la zona de agallas se disminuye.	Café pardusco descoloridas Exceso de mucus café amarillento. Las agallas se presentan encogidas.	Café muy pálidas. Mucus café amarillento y espeso. Agallas pequeñas y totalmente aglutinadas y plegadas.
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas.	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a malta Pero no desagradable	Olor rancio picante Olores añejos y a cerveza agria Olor fuerte a pescado	Olores picantes Olores añejos y a fruta podrida Olor muy fuerte a pescado.	Olores excesivamente rancios, picantes Olores añejos y a fruta podrida. nauseabundos	Olores nauseabundos agrios Amoniacales	Olores pútridos, rancios y a amoníaco
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo Húmedo y muy brillante. Carne muy blanca y translúcida.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Carne muy blanca y translúcida.	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Carne blanca, sin brillo.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Carne blanca, aparece zona color rosa a lo largo de la espina dorsal.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Carne blanca opaca con tonalidad roja a lo largo de la espina dorsal.	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. Carne blanca - crema con tonalidad roja pálido a lo largo de la espina dorsal.	Pérdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Carne color crema con tonalidad roja a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Carne color crema con marcada tonalidad roja en espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café. Coloración rojo-marrón en la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café. Coloración marrón a lo largo de la espina dorsal.



Figura 5.8. Cambios físicos del guachinango durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.9. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Jurel (*Caranx hippos*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y cornea translúcida globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos Muy ligeramente turbios Cornea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Poco hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la cornea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Demasiado turbias Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hinchados Opacos Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Bordes muy rojos.	Hinchados Muy opacos Totalmente cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Bordes café.
Aspecto de la piel	Brillante. Iridiscente. Con colores gris metálicos y plateados en el dorso bien definidos. Aleta dorsal gris, aleta caudal café oscura con orilla en amarillo dorado que se extiende al cuerpo, aleta anal amarilla, vientre blanco con manchas doradas hacia zona caudal.	Brillante Las escamas dan brillantez a la piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Con colores gris metálicos y plateados en el dorso bien definidos, se conservan las demás características en aletas.	Ligera pérdida de brillantez. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Se atenúan ligeramente los tonos grisáceos y plateados de dorso y el café de aleta dorsal. Colores amarillos-dorados ligeramente acentuados en zona y aleta caudal.	Poco brillante Ligera pérdida de color. Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto. Los tonos grisáceos más atenuados. El abdomen con manchas amarillas si brillo dorado. Ligera pérdida del color amarillo en la punta de aleta caudal. Aleta anal amarilla tenue.	Pérdida de brillantez Colores sin lustre Ligera pérdida de escamas y piel al tacto. Los tonos grisáceos sin lustre muy atenuados. El abdomen con manchas amarillas que inician cambio a color pardo. Pérdida del color amarillo en la punta de aleta caudal. Aleta anal amarilla tenue.	Sin lustre Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión. Zonas café en abdomen. Aleta dorsal en café claro opaco. Aleta anal amarilla clara.	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo. Zonas café extendidas en abdomen. Aleta dorsal en café claro opaco. Aleta anal amarilla clara.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano amarillento. Zonas café claras extendidas en abdomen. Aleta dorsal café muy claro. Aleta anal amarillo-cremoso.	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano amarillento que da esta coloración desagradable a todo el cuerpo del pez.	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel. Coloración amarillenta y aspecto viscoso en el cuerpo del pez muy desagradable. La aleta dorsal se presenta color crema.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes. Libre de mucus. Muy húmedas. Las láminas branquiales totalmente separadas.	Rojas. Ligera presencia de Mucus transparente. Húmedas. Las láminas branquiales totalmente separadas.	Ligeramente rojo oscuras. Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales separadas.	Rojo oscuras. Mucus blanco. Con poca humedad. Láminas branquiales aún permanecen separadas	Rojo opaco. Mucus amarillento. Resecas. Las láminas branquiales empiezan a pegarse. Mucus interior de las paredes.	Café rojizo, opacas. Mucus opaco. Secas. Láminas branquiales aglutinadas con mucus intermedio.	Café Exceso Mucus muy opaco. Muy secas. Las láminas branquiales aglutinadas y encogidas.	Café grisáceas y verdosas. Exceso de mucus amarillento se disminuye el volumen de las agallas.	Café – verdosas. Exceso de mucus café amarillento. Las láminas branquiales muy aglutinadas y pegueñas.	Verdosas pálidas. Mucus café amarillento y espeso. El mucus ocupa gran parte de la cavidad branquial.
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a mariscos. Agnos	Olor rancio picante Olores añejos y a mariscos. Nauseabundos	Olores muy rancios picante Olores añejos y a mariscos descompuestos. agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores añejos y fuertemente a mariscos.	Olores nauseabundos agrios Amoniacales Fecales	Olores pútridos, rancios y fuertemente amoniacales.
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo. Húmedo y muy brillante. Carne translúcida azulada.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Translúcida azulada.	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Translúcida blanca.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Carne blanca poco brillante.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Blanca opaca.	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seca. Blanca – crema.	Pérdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Color crema.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seca. Demasiado masuda. Coloración crema opaca.	Carne flácida y blanda. Pegajosa, opaca. Con manchas amarillentas, café y orillas café.	Carne flácida y blanda. Pegajosa, viscosa. Con manchas amarillentas y café orillas café oscuro.

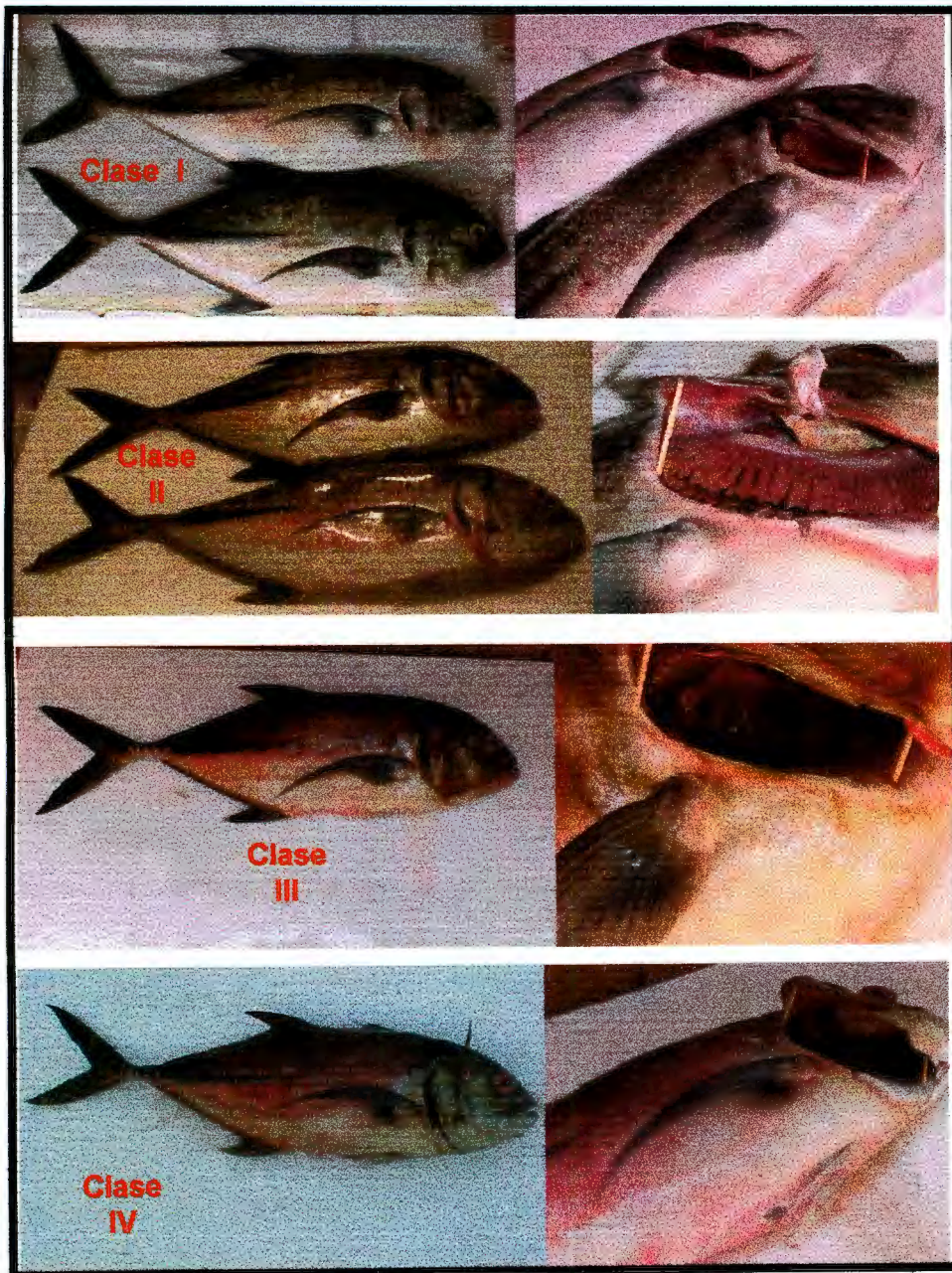


Figura 5.9. Cambios físicos del jurel durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.10. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Lebrancha (*Mugil curema*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y cornea translúcida globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos Muy ligeramente turbios Cornea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Poco hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la cornea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Demasiado turbias Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hinchados Opacos Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular	Hinchados Muy opacos Totalmente cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular
Aspecto de la piel	Brillante Iridiscente Con estola plateada en cada costado del cuerpo con tonos azul verdoso a lo largo de la parte dorsal. Aletas negras brillantes.	Brillante Las escamas dan brillantez a la piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Colores plateados. aletas negras brillantes	Ligera pérdida de brillantez. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Colores permanecen. Aletas negras.	Poco brillante Ligero cambio del color del dorso que se torna oscuro sin las tonalidades azul verdosa. Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto. Aletas grises.	Pérdida de brillantez Colores sin lustre. Ligera pérdida de escamas y piel al tacto. Aletas grises claras.	Sin lustre Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión. Se presentan coloraciones amarillentas en abdomen.	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo. Se incrementan las coloraciones amarillas.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano. La coloración amarillenta se acentúa en la parte ventral.	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano. Los opérculos se presentan amarillos.	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel. Los opérculos se presentan muy amarillos.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes. Libre de mucus. Muy húmedas. Láminas branquiales claramente separadas.	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales claramente separadas	Ligeramente rojo oscuras. Mucus transparente. Húmedas Láminas branquiales aún separadas. s	Rojo oscuras. Mucus blanco. Con poca humedad. Láminas branquiales empiezan a aglutinarse.	Rojo opaco. Mucus amarillento. Resecas. Láminas branquiales aglutinadas.	Café rojizo, opacas. Mucus opaco. Secas. Láminas branquiales aglutinadas	Café Exceso Mucus muy opaco. Muy secas. Las láminas branquiales totalmente aglutinadas	Café grisáceas y verdoso. Exceso de mucus amarillento. Disminuye el volumen de las agallas.	Café parduzco descoloridas las láminas branquiales. Exceso de mucus café amarillento.	Café. Mucus café amarillento y espeso.
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Olores dulces.	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta Agrios	Olor rancio picante Olores afejos. Nauseabundos	Olores muy rancios picante Olores afejos y a fruta podrida agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores afejos y a fruta podrida	Olores nauseabundos agrios Amoniacales Fecales	Olores pútridos, rancios y fuertemente amoniacales.
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo Húmedo y muy brillante. Carne azulada translúcida.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Carne azulada translúcida.	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Carne azulada translúcida.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. La carne se torna opaca con enrojecimiento en espina dorsal.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Se acentúa enrojecimiento.	Ligera perdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. Carne crema opaca.	Perdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Carne color rosa	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café	Carne flácida y blanda. pegajosa Con gran cantidad de zonas café y orillas café

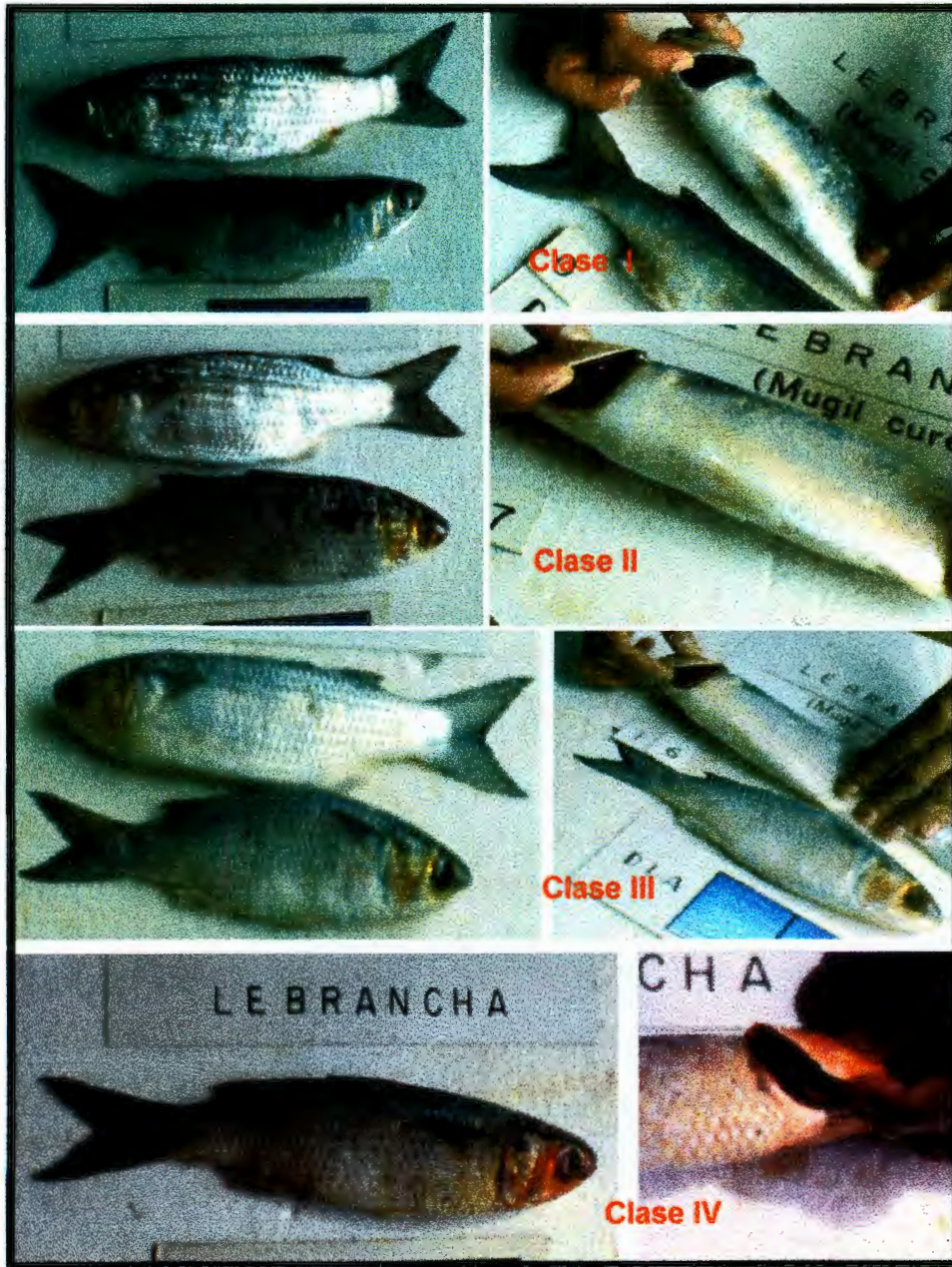


Figura 5.10. Cambios físicos de la lebrancha durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.11. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Mojarra blanca (*Diapterus olisthostomus*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y cornea translúcida globo ocular completo	Convexos. Muy ligeramente turbios Cornea muy clara globo ocular completo	Planos. Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Ligeramente hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la cornea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Demasiado turbios Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hinchados Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hinchados Opacos Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Bordes muy rojos.	Hinchados Muy opacos Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Bordes muy rojos.
Aspecto de la piel	Brillante. Iridiscente. Con colores metálicos plateados definidos y característicos. Las aletas presentan ligeros tonos amarillos y negros brillantes	Brillante Las escamas dan brillantez a al piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Con colores metálicos plateados definidos y característicos. Las aletas presentan ligeros tonos amarillos y negros brillantes	Ligera pérdida de brillantez. Ligera pérdida de color. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Permanecen los colores plateados metálicos y los colores amarillos y negros de las aletas.	Poco brillante Ligera pérdida de color. Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto. Se colorean muy ligeramente de rojo los labios y las uniones de las aletas.	Pérdida de brillantez. Colores sin lustre. Ligera pérdida de escamas y piel al tacto. Se acentúa la coloración roja de los labios y las aletas.	Sin lustre Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión. La coloración roja de labios y aletas se torna parda.	Reseca Desprendimiento de piel y escamas. Limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo. Se atenúa la coloración parda de labios y aletas.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano. Se atenúa aún más la coloración parda de labios y aletas. La cabeza se torna rojiza.	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano Desaparece la coloración parda de labios y aletas.	Exceso de limo bacteriano. Desprendimiento generalizado de escamas y piel. Cabeza rojiza de aspecto repugnante.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes. Libre de mucus. Muy húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas.	Rojas. Ligera presencia de Mucus transparente. Húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas.	Ligeramente rojo oscuras. Mucus transparente. Húmedas. Láminas branquiales separadas.	Rojo oscuras. Mucus blanco. Con poca humedad. Las láminas branquiales empiezan a pegarse.	Rojo opaco. Mucus amarillento. Resecas. Algunas láminas branquiales presentan tonalidades grises se aglutinan.	Café rojizo, opacas. Mucus opaco. Secas. Las láminas branquiales se presentan más aglutinadas.	Café. Exceso Mucus muy opaco. Muy secas. El interior de las láminas con exceso de mucus.	Café grisáceas y verdoso. Exceso de mucus amarillento. Se disminuye el volumen de las agallas.	Café parduzco descoloridas Exceso de mucus café amarillento. Se disminuye considerablemente el volumen de las agallas.	Café con tonalidades negras Mucus café amarillento y espeso ocupando toda la cavidad y las láminas branquiales.
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas.	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a malta Agrios	Olores afejos y a cerveza agria Nauseabundos	Olores como a leche cortada. Olores afejos y a fruta podrida agrios	Olores amoniacales. Olores afejos y a fruta podrida	Olores nauseabundos agrios Amoniacales	Olores pútridos, rancios y a amoniaco
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo. Húmedo y muy brillante. Carne blanca azulosa.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Carne blanca azulosa	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Carne blanca azulosa.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Carne blanca.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Carne blanca con aparición de tonalidades rojas a lo largo de la espina dorsal.	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. La carne es blanca-cremosa presenta un ligero aspecto céreo. Se acentúan las coloraciones rojizas a lo largo de la espina dorsal.	Perdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. La carne con aspecto céreo con coloraciones rojas a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Se torna café la coloración de la carne a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa con manchas oscuras a lo largo de la espina dorsal y orillas café.	Carne flácida y blanda. pegajosa viscosa. Con manchas amarillentas en el centro, oscuras en espina dorsal y orillas café. Aspecto muy desagradable.

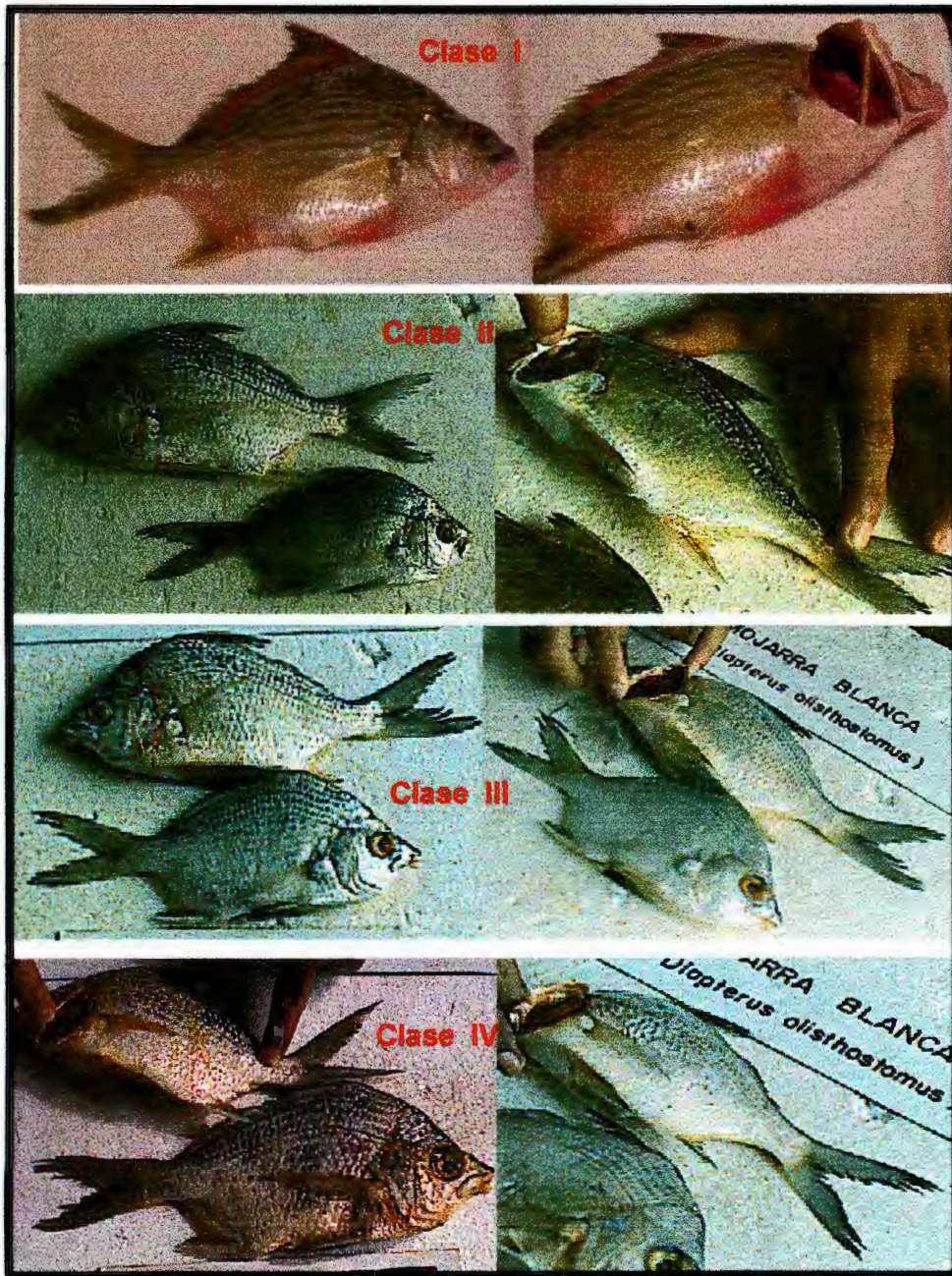


Figura 5.11. Cambios físicos de la mojarra blanca durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.12. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Mojarra tilapia (*Oreochromis mossambica*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y cornea translúcida. Globo ocular completo.	Muy ligeramente hundidos Muy ligeramente turbios Cornea muy clara globo ocular completo.	Ligeramente hundidos Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo.	Pérdida de brillo Poco hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular.	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la cornea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular.	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Demasiado turbios Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hinchados Opacos Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular.	Hinchados Muy opacos Totalmente cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular.
Aspecto de la piel	Brillante. Iridiscente. Con colores definidos y característicos metálicos rojos con pequeñas manchas doradas. Zona de la cabeza con manchas negras características. Aletas rojas oscuras con algunas zonas negras. Labios rojos.	Brillante. Las escamas dan brillantez a la piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Colores rojo metálicos y manchas doradas. Zona de la cabeza con manchas negras características. Aletas rojas oscuras con zonas negras.	Ligera pérdida de brillantez. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Colores rojo metálicos y manchas amarillas. Zona de la cabeza con manchas negras-grisáceas. Aletas rojas oscuras con zonas negras.	Poco brillante Ligera pérdida de colores rojo y amarillo Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto. Zona de la cabeza con manchas grisáceas. Aletas rojas claras menos con zonas negras. Los labios presentan ligero color amarillo.	Pérdida de brillantez Colores sin lustre Ligera pérdida de escamas y piel sin presión. Se observan pequeñas áreas sin piel. Zona de la cabeza con manchas grisáceas. Aletas rojas claras con muy pocas zonas negras. Los labios presentan color amarillo.	Sin lustre Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión. Se observan pequeñas áreas sin piel. Zona de la cabeza con manchas grisáceas pálidas Aletas rojas con muy pocas zonas negras. Los labios presentan color amarillo.	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo. En la zona de la cabeza desaparecen las manchas grisáceas. Aletas rosas. Los labios presentan color amarillo intenso.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano en cabeza. La zona de agallas y la ventral aparecen grises. Las aletas rosa - pálido presentan zonas blancas.	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano. La zona de agallas y la ventral aparecen gris oscura. Las aletas rosa - pálido presentan zonas blancas y negras.	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel la zona de agallas y la ventral aparecen negras. Las aletas rosa - pálido presentan muchas zonas blancas.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas.	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas	Ligeramente rojo oscuros Mucus transparente Húmedas Láminas branquiales separadas.	Rojo oscuras. Mucus blanco. Con poca humedad. Láminas branquiales juntas.	Rojo opaco Mucus amarillento Resecas. Láminas branquiales pegadas y pegajosas.	Café rojizo, opacas Mucus opaco Secas. Láminas branquiales aglutinadas con mucus en el interior.	Café oscuras. Exceso Mucus muy opaco. Muy secas. Láminas branquiales muy aglutinadas.	Café grisáceas Exceso de mucus café amarillento. El tamaño de las agallas disminuye.	Café parduzco. Exceso de mucus café amarillento. El tamaño de las agallas disminuye considerablemente.	Negras. Mucus café amarillento y espeso. Agallas pequeñas viscosas y muy pegajosas.
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta Agrios, como a leche cortada.	Olor rancio a pescado. Olores añejos y a fruta podrida Nauseabundos	Olores muy rancios picante Olores añejos y a fruta podrida Agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores añejos y a fruta podrida	Olores nauseabundos agrios Amoniacales Fecales	Olores pútridos, rancios y a amoníaco, ácidos.
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo Húmedo y muy brillante. Carne blanca translúcida.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Carne blanca translúcida.	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Carne blanca translúcida.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Carne blanca ligeramente opaca.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Carne blanca opaca.	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. Carne blanca - crema. Opaca.	Perdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Carne beige.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Carne beige muy opaca. Tonalidades rojas en línea dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café. Carne beige con coloraciones rojas - parduzcas en línea dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa. Con manchas amarillentas y orillas café. Aspecto muy desagradable.

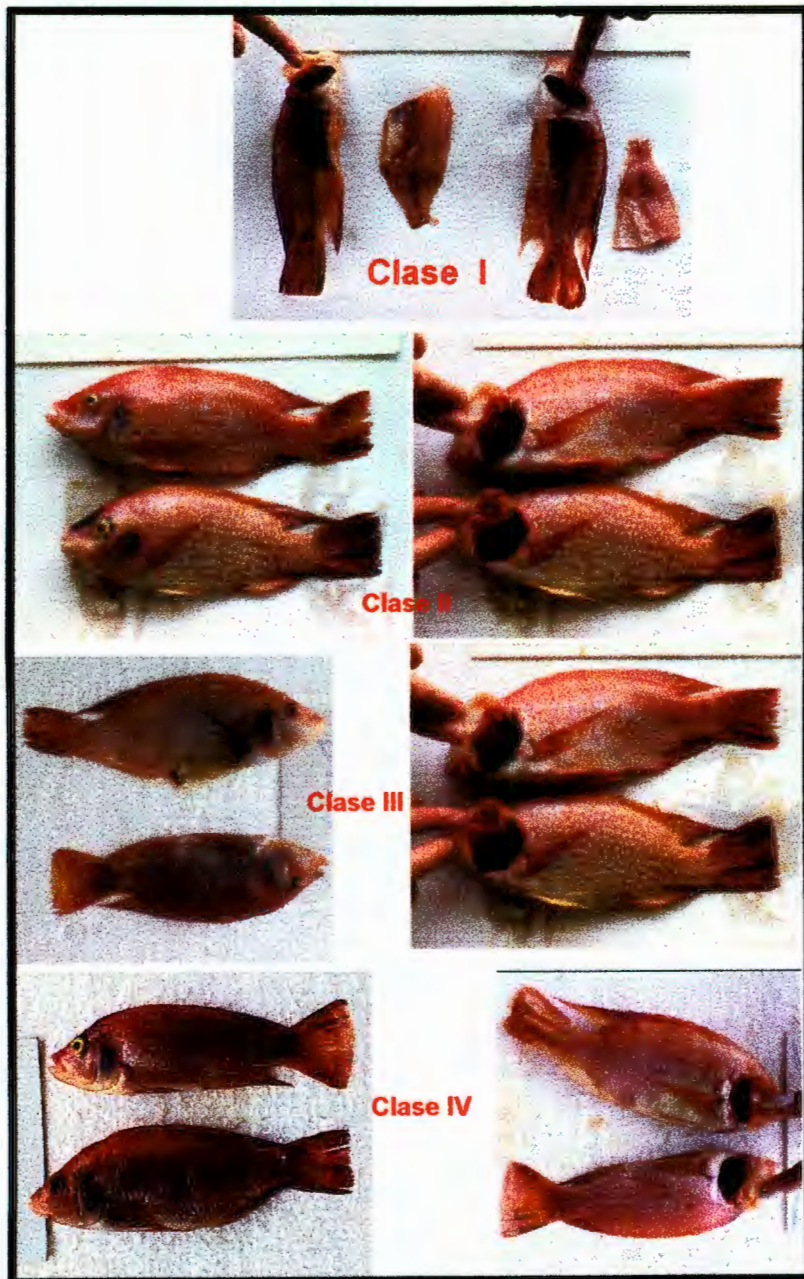


Figura 5.12. Cambios físicos de la mojarra tilapia durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.13. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Pámpano (*Trachinotus carolinus*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y cornea translúcida globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos Muy ligeramente turbios Cornea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Poco hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la cornea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Demasiado turbias Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hinchados Opacos Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular	Muy opacos Totalmente cóncavos, pero hinchados. Desaparece por completo la integridad del globo ocular
Aspecto de la piel	Brillante. Iridiscente. Con colores metálicos definidos y característicos, dorso gris oscuro hacia la zona del ojo, gris claro y plateado hacia el abdomen. Manchas amarillas- doradas en el vientre, labios muy amarillos y dorados. Aletas gris oscura delimitadas con línea negra.	Brillante. Las escamas dan brillantez a la piel. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Los colores característicos en cuerpo y aletas permanecen metálicos y brillantes.	Ligera pérdida de brillantez. Ligera pérdida de colores característicos aunque están bien definidos. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento.	Poco brillante Ligera pérdida de color Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto. Las manchas amarillas en el abdomen y el color de los labios se atenúan ligeramente.	Pérdida de brillantez. Colores sin lustre Ligera pérdida de escamas y piel al tacto. Las manchas en abdomen se vuelven más claras. Los labios se tornan amarillo pálidos sin lustre. Las aletas se vuelven gris clara se pierde ligeramente la línea negra.	Sin lustre. Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión. Desaparecen manchas amarillas claras en el abdomen. Zonas grises en la parte anal.	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Limo amarillento sobre la cabeza y en el cuerpo. La zona anal ennegrecida. Dorso gris pálido.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano en la cabeza y en el cuerpo. Zona anal negra. La línea circundante de las aletas se pierde en varios sitios.	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano. Las aletas presentan algunas zonas o manchas blancas.	Exceso de limo bacteriano en toda la superficie. El cuerpo se siente baboso o jabonoso. Desprendimiento generalizado de escamas y piel Las aletas presentan algunas zonas o manchas blancas.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas.	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas.	Ligeramente rojo oscuras Mucus transparente. Húmedas. Láminas branquiales separadas.	Rojo oscuras. Mucus blanco. Con poca humedad. Láminas branquiales ligeramente pegadas.	Rojo opaco. Mucus amarillento. Resecas. Láminas branquiales aglutinadas.	Café rojizo, opacas. Mucus opaco. Secas. Láminas branquiales muy aglutinadas.	Café. Exceso Mucus muy opaco. Muy secas. El volumen de las agallas se disminuye.	Café grisáceas y verdoso Exceso de mucus amarillento	Café parduzco descoloridas Exceso de mucus café amarillento.	Café. Mucus café amarillento y espeso. Aspecto putrefacto.
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta Agrios. A leche agria.	Olor rancio picante Olores afejos y a Nauseabundos	Olores muy rancios picante Olores afejos y a fruta podrida agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores afejos y a fruta podrida	Olores nauseabundos agrios Amoniacales	Olores pútridos, rancios y a amoniacos
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo. Húmedo y muy brillante. Carne muy blanca translúcida y muy brillante.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Carne muy blanca translúcida.	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Carne muy blanca translúcida.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Carne blanca.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Carne blanca con ligero enrojecimiento a lo largo de espina dorsal.	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. Carne blanca con ligera tonalidad crema. Se acentúa el enrojecimiento a lo largo de la espina dorsal.	Perdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Carne blanca - crema opaca.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Coloración marrón a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café.	Carne totalmente flácida y blanda. Pegajosa. Con manchas amarillentas y orillas café. Coloraciones café pálido a lo largo de espina dorsal.

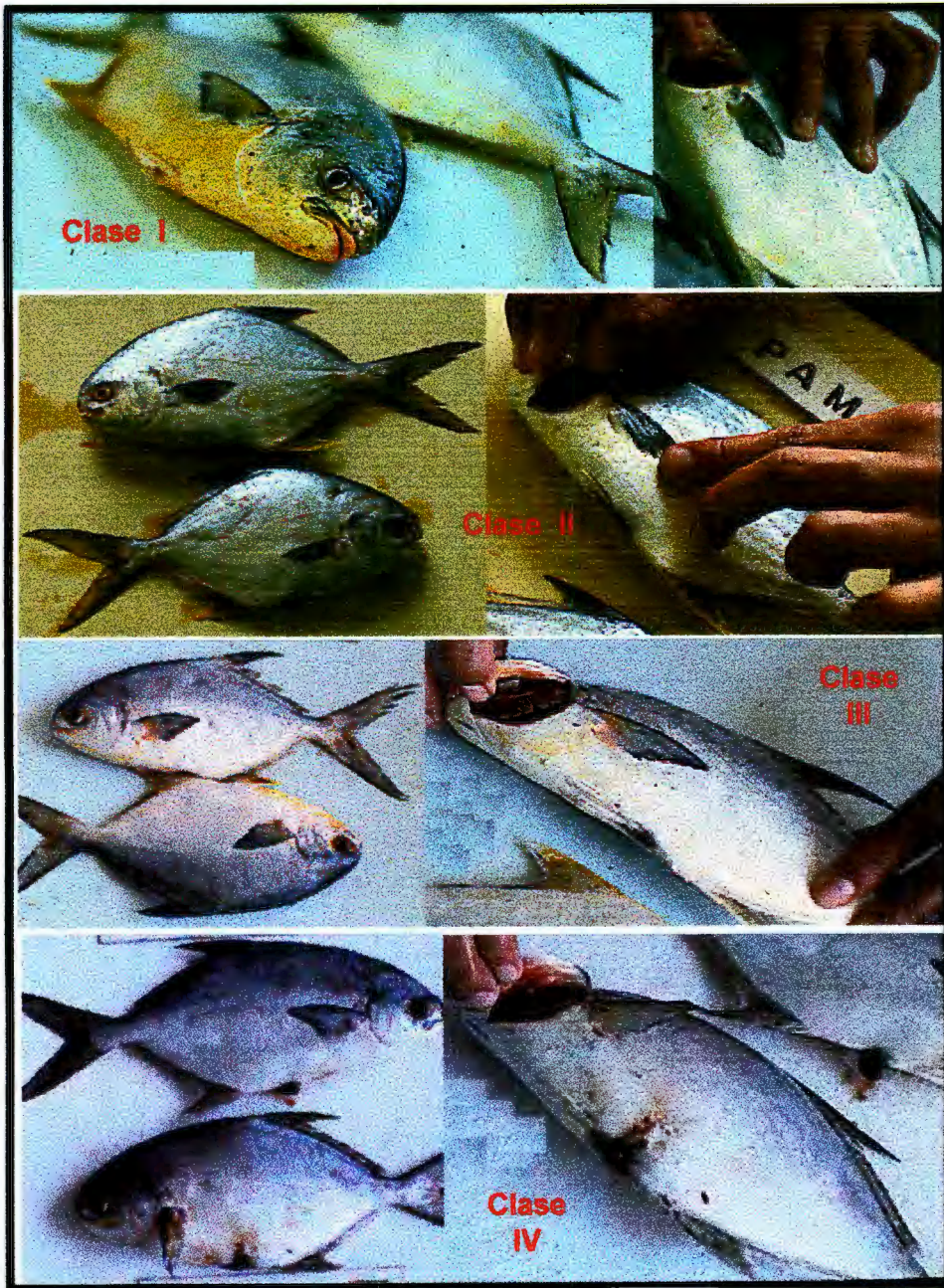


Figura 5.13. Cambios físicos del pámpano durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.14. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Ronco (*Conodon nobillis*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y cornea translúcida globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos Muy ligeramente turbios Comea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Poco hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la cornea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Demasiado turbias Secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Bordes rojos.	Hinchados Muy opacos Desaparece por completo la integridad del globo ocular	Hinchados Totalmente opacos Desaparece por completo la integridad del globo ocular
Aspecto de la piel	Brillante. Iridiscente. Parte superior del dorso oscuro, blanco hacia el abdomen con pequeñas manchas doradas, hacia zona de los labios, manchas doradas. Franjas negras brillantes transversales y longitudinales, aleta dorsal y caudal negras, aleta pectoral y anal amarillas.	Brillante Las escamas dan brillantez a la piel Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Los colores característicos bien definidos y brillantes.	Ligera pérdida de brillantez Ligera pérdida de color. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Los colores característicos definidos.	Poco brillante. Ligera pérdida de color, en las franjas oscuras tanto transversales como longitudinales. Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto	Pérdida de brillantez Colores sin lustre Ligera pérdida de escamas y piel al tacto. Se observan zonas claras en la parte superior del dorso. Las aletas pectorales amarillo pálido. La aleta caudal más clara. Ligera pérdida de los colores dorados del abdomen.	Sin lustre Ligeramente opaca Desprendimiento de escamas y piel sin presión. El dorso es gris con mas zonas claras o blancas. En el abdomen desaparecen algunas manchas doradas otras son amarillas pálidas. Los tonos dorados de la zona de labios se vuelven amarillos pálidos.	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Limo amarillento sobre la cabeza y cuerpo. Las franjas transversales y longitudinales se presentan gris muy claro. La aleta caudal y dorsal café muy clara.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano amarillo principalmente en zona caudal, abdomen y hacia la zona de labios.	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano en abdomen, cola y cabeza, menos abundante en la zona superior del dorso.	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel. Todo el cuerpo presenta color amarillento muy desagradable debido al limo bacteriano.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas.	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas.	Ligeramente rojo oscuras Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales separadas.	Rojo oscuras. Mucus blanco en el interior de las agallas. Con poca humedad. Las láminas branquiales ligeramente pegadas.	Rojo opaco Mucus blanco. Resecas. Láminas branquiales pegadas, con mucus en el interior.	Café rojizo, opacas. Mucus amarillento. Secas. Las láminas branquiales se aglutinan.	Café Exceso Mucus muy opaco Muy secas y con apariencia arrugada debido a la aglutinación de las láminas branquiales.	Café grisáceo y verdoso Exceso de mucus amarillento. Láminas branquiales totalmente aglutinadas viscosas.	Café parduzco descoloridas Exceso de mucus café amarillento. Láminas branquiales totalmente aglutinadas viscosas y pegajosas.	Café muy descoloridas. Mucus café amarillento y espeso. Láminas branquiales totalmente aglutinadas muy viscosas y pegajosas.
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta Agrios	Olor rancio picante Olores afejos y a cerveza agria Nauseabundos	Olores muy rancios picante Olores afejos y agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores afejos y amoniacales	Olores nauseabundos agrios Amoniacales.	Olores pútridos, rancios y a amoniaco
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo. Húmedo y muy brillante. Carne blanca translúcida.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Carne blanca translúcida	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Carne blanca menos translúcida	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Carne blanca.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Carne blanca crema opaca.	Ligera perdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. Ligero enrojecimiento a lo largo de la espina dorsal.	Perdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Mayor enrojecimiento a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Carne color café céreo, color café oscuro a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Con manchas amarillentas y beige y orillas café, color café pálido a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café. Ligeras coloraciones pardas a lo largo de la espina dorsal.

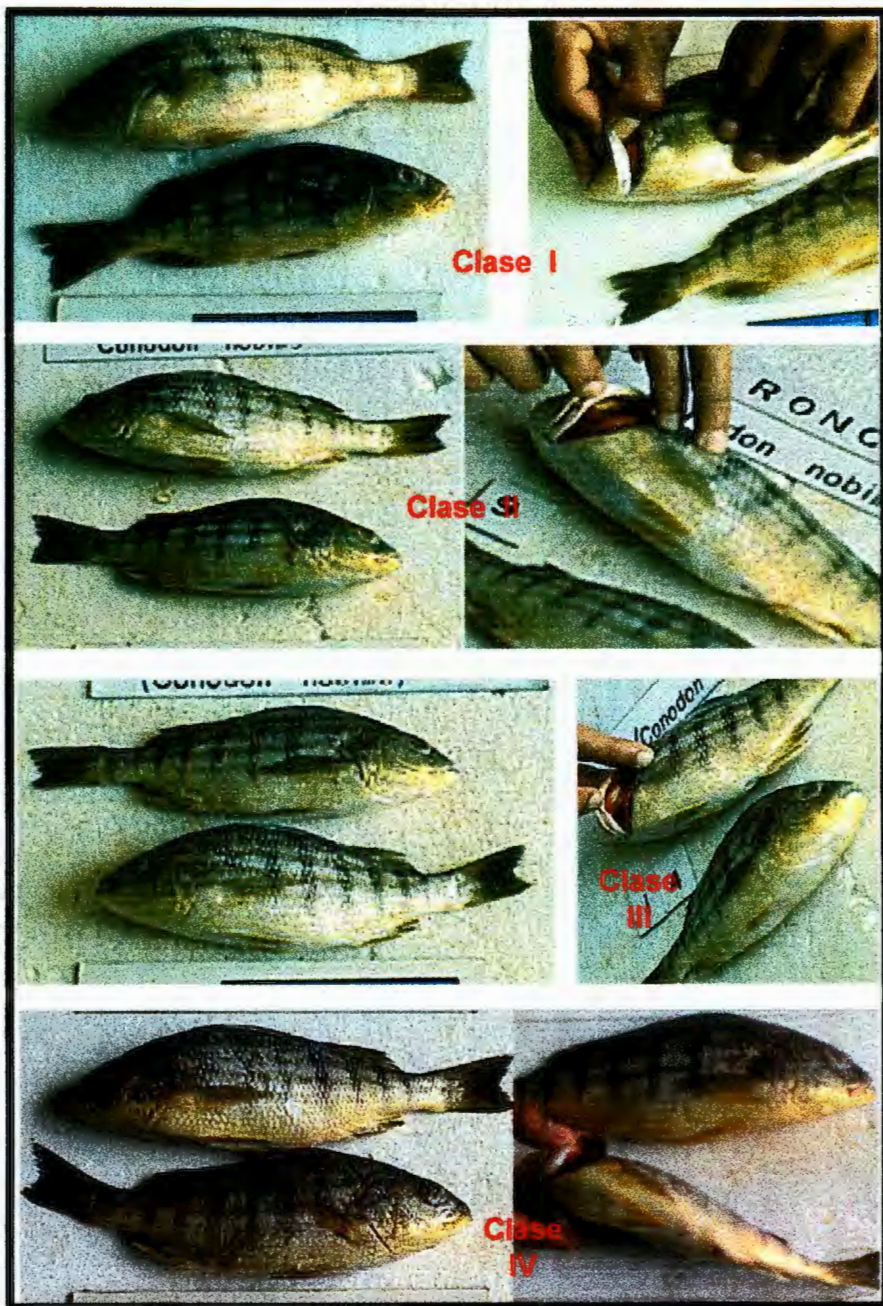


Figura 5.14. Cambios físicos del ronco durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.15. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Rubia (*Ocyurus chrysurus*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y córnea translúcida. globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos Muy ligeramente turbios Cornea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos Ligeramente turbios Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo Poco hundidos Poco turbios Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios Coloración rojiza alrededor de la córnea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular.	Hundidos Demasiado turbios Secos. Desaparece la integridad del globo ocular.	Hundidos Opacos Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Presencia de limo bacteriano en todo el ojo.	Opacos Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. mayor cantidad de limo bacteriano en todo el ojo.	Muy opacos Totalmente cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Se muestran plegados cubiertos con limo.
Aspecto de la piel	Brillante. Iridiscente. Dorso plateado oscuro. Vientre y boca color blanco brillante. Parte media del dorso rosa metálico. Línea gruesa dorada metálica que se extiende de la cabeza hasta la cola por la mitad del cuerpo. Líneas similares pero delgadas en la parte media del dorso bien definidas. Aletas caudal y dorsal rosadas, pectorales y anal blancas.	Brillante. Las escamas dan brillantez a la piel. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Los colores característicos de cuerpo y aletas brillantes y bien definidos.	Ligera pérdida de brillantez Ligera pérdida de colores rosas en cuerpo los demás colores característicos bien definidos. Los colores en aletas bien definidos. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento.	Poco brillante. Ligera pérdida de color de la línea dorada longitudinal de mitad del cuerpo. Aletas pierden color. Abdomen y boca blancos. Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto.	Pérdida de brillantez. Colores sin lustre, pero definidos. Aletas dorsal y caudal color pardo. Ligera pérdida de escamas y piel al tacto.	Sin lustre. Ligeramente opaca. La línea dorada longitudinal de mitad del dorso se vuelve amarilla. Las líneas delgadas doradas pierden continuidad y se ven como manchas amarillas. Se pierde el color rosa del dorso. Desprendimiento de escamas y piel sin presión	Reseca Desprendimiento de piel y escamas Limo amarillento sobre la cabeza, cuerpo y aletas pectorales y anal. La línea gruesa amarilla longitudinal se vuelve verde. Manchas amarillas se cambian a grises. Aleta caudal gris.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano. Aleta caudal gris – verdosa. Abdomen se torna gris.	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano. Se oscurecen el abdomen, dorso y cabeza. Desaparecen las manchas amarillas. La línea gruesa longitudinal gris oscura.	Exceso de limo bacteriano Desprendimiento generalizado de escamas y piel. Se oscurecen más el abdomen, dorso y cabeza. Desaparecen las manchas amarillas. La línea gruesa longitudinal negra.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes Libre de mucus Muy húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas	Rojas Ligera presencia de Mucus transparente Húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas	Ligeramente rojo oscuras. Mucus blanco. Con poca humedad. Láminas branquiales aún separadas.	Rojo opaco Mucus blanco Resecas. Láminas branquiales pegadas.	Café rojizo, opacas Mucus opaco Secas, láminas branquiales aglutinadas.	Café. Exceso Mucus muy opaco. Muy secas. Láminas branquiales muy aglutinadas.	Café grisáceas y verdoso Exceso de mucus café amarillento. Se disminuye el volumen de las agallas.	Café parduzco descoloridas Exceso de mucus café amarillento. Agallas se ven arrugadas, muy aglutinadas.	Café o negras. Mucus café amarillento y espeso. Agallas se ven muy arrugadas, muy aglutinadas	
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta Agrios	Olor rancio picante. Olores afejos y a cerveza agria Nauseabundos	Olores muy rancios picante Olores afejos y a fruta podrida Agrios	Olores excesivamente rancios, picantes Olores afejos y a fruta podrida.	Olores nauseabundos agrios Amoniacales	Olores pútridos, rancios y a amoniaco.
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo Húmedo y muy brillante. Carne blanca translúcida.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Carne blanca translúcida	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Carne blanca.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Carne blanca.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Carne opaca.	Ligera perdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. Carne color crema opaca.	Perdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Carne beige cérea. Ligero enrojecimiento a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Carne beige con mayor enrojecimiento a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café, color café oscuro a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. pegajosa Con manchas amarillentas y orillas café. Con color café claro a lo largo de la espina dorsal.

Tabla 5.16. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Tigre (*Calamus nodosus*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y córnea translúcida. globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos. Muy ligeramente turbios. Cornea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos. Ligeramente turbios. Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo. Poco hundidos. Poco turbios. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios. Coloración rojiza alrededor de la córnea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios. Pupilas grises. Desaparece la integridad del globo ocular.	Hundidos. Demasiado turbios. Secos. Desaparece la integridad del globo ocular.	Hinchados. Opacos. Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Presencia de limo bacteriano amarillento en todo el ojo.	Muy hinchados y muy opacos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Mayor cantidad de limo bacteriano en todo el ojo.	Muy opacos. Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Cubierto con limo pardo.
Aspecto de la piel	Muy brillante. Iridescente. Dorso plateado uniforme. Vientre y boca color blanco brillante. Aletas caudal y dorsal café, pectorales y anal blancas. Coloración gris oscura y brillante en la parte superior de la boca.	Brillante. Las escamas dan brillantez a la piel. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Los colores característicos de cuerpo y aletas bien definidos.	Ligera pérdida de brillantez. Ligera pérdida de color plateado. Color de abdomen y boca blancos. Los colores en aletas bien definidos. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento.	Poco brillante. Ligera pérdida de color. Aletas pierden color. Abdomen y boca blancos. Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto.	Pérdida de brillantez. Colores sin lustre, pero definidos. Aletas dorsal y caudal color gris con manchas negras. Ligera pérdida de escamas y piel al tacto.	Sin lustre. Ligeramente opaca. Aparecen manchas azulosas cerca de los opérculos. Desprendimiento de escamas y piel sin presión	Reseca. Desprendimiento de piel y escamas. Limo sobre la cabeza, cuerpo. Manchas muy pequeñas negras en todo el cuerpo. La boca se torna color beige. Aleta pectoral café.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano. Manchas más grandes negras en todo el cuerpo y acentuadas en parte superior del dorso. Aleta caudal con manchas negras.	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano. Abdomen café. Cuerpo cubierto con manchas negras.	Exceso de limo bacteriano. Desprendimiento generalizado de escamas y piel. Se oscurecen más el abdomen, dorso y cabeza. línea café oscura alrededor de los opérculos.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes. Libre de mucus. Muy húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas	Rojas. Ligera presencia de Mucus transparente. Húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas	Ligeramente rojo oscuras. Mucus blanco. Con poca humedad. Láminas branquiales aún separadas.	Rojo opaco. Mucus blanco. Resecas. Láminas branquiales pegadas.	Café rojizo, opacos. Mucus opaco. Secas, láminas branquiales aglutinadas.	Café. Exceso Mucus muy opaco. Muy secas. Láminas branquiales muy aglutinadas.	Café - verdoso. Exceso de mucus amarillento. Se disminuye el volumen de las agallas.	Café parduzco descoloridas. Exceso de mucus amarillento. Agallas se ven, muy aglutinadas.	Café oscuras. Mucus café amarillento y espeso. Agallas se ven muy arrugadas, muy aglutinadas	
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta. Agrios	Olor rancio picante. Olores afejos y a cerveza agria. Nauseabundos	Olores muy rancios picante. Olores afejos y a fruta podrida. Agrios.	Olores excesivamente rancios, picantes. Olores afejos y a fruta podrida. Amoniacales	Olores rancios y a amoniaco.	
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo. Húmedo y muy brillante. Carne blanca - azulada translúcida.	Bastante firme y elástica a la presión con el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Carne blanca - azulada translúcida	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Carne blanca - azulada.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Carne blanca.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Carne blanca opaca. Ligero enrojecimiento en espina dorsal	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. Carne color crema opaca. Mayor enrojecimiento en espina dorsal.	Pérdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Carne beige cerosa. Enrojecimiento a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa. Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Carne beige coloración café - rojiza a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. Pegajosa. Con manchas amarillentas y orillas café, color café oscuro a lo largo de la espina dorsal.	Carne flácida y blanda. pegajosa. Con manchas amarillentas y orillas café. Con color café claro a lo largo de la espina dorsal.

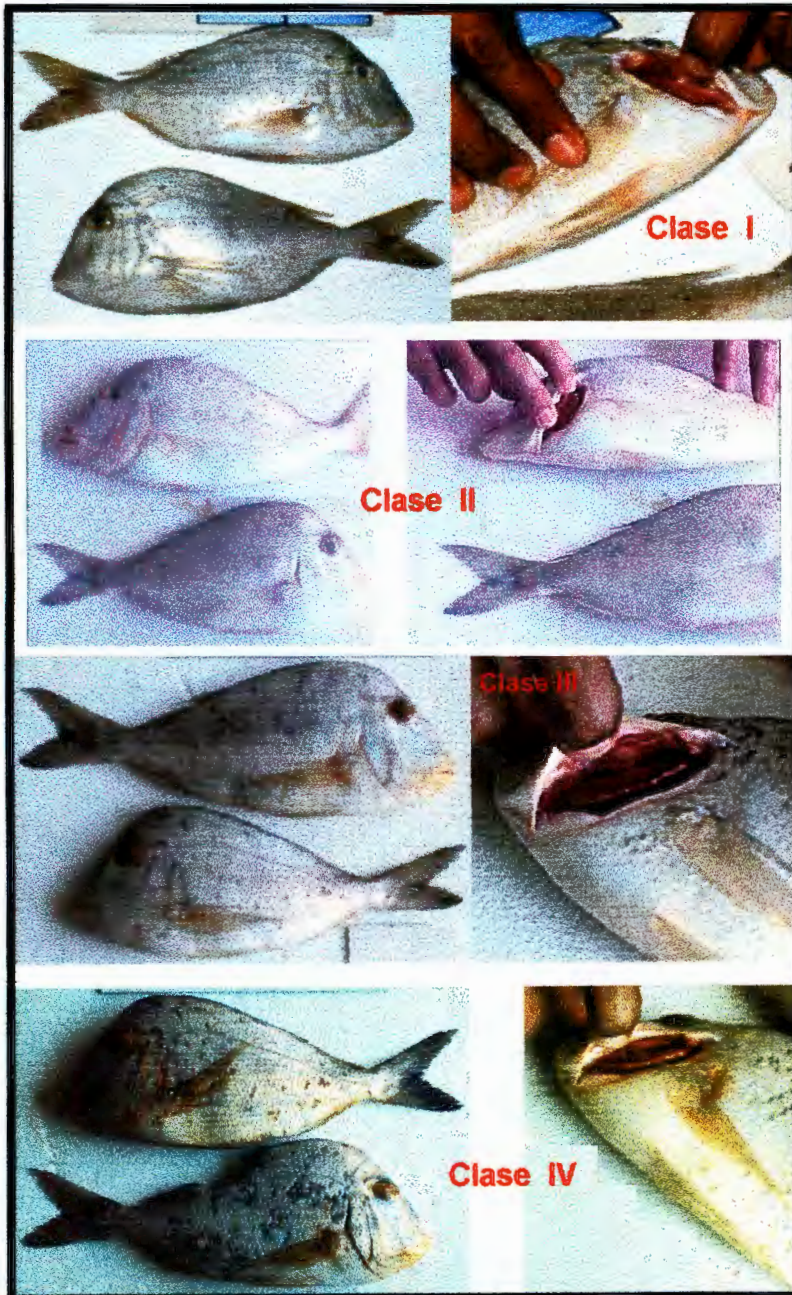


Figura 5.16. Cambios físicos del tigre durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

Tabla 5.17. Esquema Sensorial propuesto para evaluar la frescura en Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Categorías	Clase I			Clase II		Clase III		Clase IV		
	Excelente			Buena		Pescado no apto para consumo humano		Pescado descompuesto		
Calificación	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Aspecto de los ojos	Como "in vivo" convexos, saltones y brillantes, pupila negra y córnea translúcida. globo ocular completo	Muy ligeramente hundidos. Muy ligeramente turbios. Cornea muy clara globo ocular completo	Ligeramente hundidos. Ligeramente turbios. Cornea clara globo ocular completo	Pérdida de brillo. Poco hundidos. Poco turbios. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos y turbios. Coloración rojiza alrededor de la cornea. Se mantiene aun la integridad del globo ocular	Hundidos muy turbios. Pupila gris. Desaparece la integridad del globo ocular.	Hundidos. Demasiado turbios. Secos. Desaparece la integridad del globo ocular.	Hundidos. Opacos. Muy secos. Desaparece la integridad del globo ocular. Presencia de limo bacteriano amarillento en todo el ojo.	Muy hundidos y muy opacos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Mayor cantidad de limo bacteriano en todo el ojo.	Muy hundidos y muy opacos. Cóncavos. Desaparece por completo la integridad del globo ocular. Cubierto con limo pardo.
Aspecto de la piel	Muy brillante. Iridescente. Dorso oscuro uniforme. Abdomen plateado, dorado hacia la cabeza. Cabeza café- negruzca metálica. Manchas de tamaño uniforme negras en todo el cuerpo. Aletas caudal y dorsal negras pectorales y anal gris oscuro	Brillante. Las escamas dan brillantez a la piel. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento. Los colores característicos de cuerpo y aletas bien definidos.	Ligera pérdida de brillantez. Ligera pérdida de color plateado en abdomen. Los colores en aletas bien definidos. Escamas y piel fijas y resistentes al desprendimiento.	Poco brillante. Ligera pérdida de color en dorso. Aletas pierden color. Ligera pérdida de color plateado en abdomen. Escaso desprendimiento de escamas y piel al tacto.	Pérdida de brillantez. Colores sin lustre, pero definidos en el dorso. El abdomen y zona de opérculos pierden coloración dorada, se tornan opacos. Aletas dorsal y caudal color gris oscuro. Ligera pérdida de escamas y piel al tacto.	Sin lustre. Ligeramente opaca. Desprendimiento de escamas y piel sin presión. El abdomen se presenta gris opaco.	Reseca. Desprendimiento de piel y escamas. Limo sobre la cabeza, cuerpo. El abdomen se presenta gris con limo blanco. Las manchas negras características se vuelven difusas y opacas. Aleta pectoral café.	Mayor desprendimiento de piel y escamas. Con mayor limo bacteriano. Se observan zonas sin piel. El vientre muy opaco y limo en todo lo largo del vientre y cola.	Desprendimiento Generalizado de piel y escamas. Cubierta totalmente con limo bacteriano. El dorso se vuelve más oscuro de aspecto desagradable. Manchas negras difusas y muy opacas.	Exceso de limo bacteriano. Desprendimiento generalizado de escamas y piel. Se oscurecen más el abdomen, dorso y cabeza. Aspecto desagradable.
Aspecto de agallas	Rojas brillantes. Libre de mucus. Muy húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas	Rojas. Ligera presencia de Mucus transparente. Húmedas. Láminas branquiales totalmente separadas	Ligeramente rojo oscuros. Mucus transparente. Húmedas. Láminas branquiales separadas	Rojo oscuras. Mucus blanco. Con poca humedad. Láminas branquiales aún separadas.	Rojo opaco. Mucus blanco. Resecas. Láminas branquiales pegadas.	Café rojizo, opacas. Mucus opaco. Secas, láminas branquiales aglutinadas.	Café. Exceso Mucus muy opaco. Muy secas. Láminas branquiales muy aglutinadas.	Café - verdoso. Exceso de mucus amarillento. Se disminuye el volumen de las agallas.	Café parduzco descoloridas. Exceso de mucus amarillento. Agallas se ven, muy aglutinadas.	Café oscuras. Mucus café amarillento y espeso. Agallas se ven muy arrugadas, muy aglutinadas
Olor de agallas	Olor fresco a algas marinas. Falto de aroma o neutro	Ligero olor a algas marinas. Aceite fresco	Muy ligero olor a algas marinas	Olor neutro. Característico del pescado. Agradable	Ligero olor a rancio. A malta. Agrios	Olor rancio picante. Olores afejos y a cerveza agria. Nauseabundos	Olores muy rancios picante. Olores afejos y a fruta podrida. Agrios.	Olores excesivamente rancios, picantes. Olores afejos y a fruta podrida.	Olores nauseabundos agrios. Amoniacaes	Olores pútridos, rancios y a amoníaco.
Apariencia de la carne cruda en filete	Muy firme y elástica la presión del dedo. Húmedo y muy brillante. Carne blanca - azulada translúcida.	Bastante firme y elástica a la presión cort el dedo. Muy húmedo y semi-brillante. Carne blanca - azulada translúcida	Firme y elástica a la presión con el dedo. Semi-húmedo. Carne blanca- azulada.	Firme con poca elasticidad a la presión con el dedo. Grumosa y húmeda. Carne blanca.	No tan firme. Elasticidad negativa a la presión con el dedo. Grumosa y gomosa. Seca. Carne blanca opaca. Liger enrojecimiento en espina dorsal	Ligera pérdida de firmeza y elasticidad a la presión con el dedo. Gomosa tipo masa. Seco. Carne color crema opaca. Mayor enrojecimiento en espina dorsal.	Pérdida total de la firmeza y elasticidad. Pero resiste aún a la presión con el dedo. Muy seco. Masuda. Carne beige cerosa. Enrojecimiento a lo largo de la espina dorsal. Aparecen coloraciones rojas en la zona ventral	Carne flácida y blanda. Pegajosa. Ya no resiste la presión con el dedo. Muy seco. Demasiado masuda. Carne beige coloración café - rojiza a lo largo de la espina dorsal. Coloración café en zona ventral.	Carne flácida y blanda. Pegajosa. Con manchas amarillentas y orillas café, color café oscuro a lo largo de la espina dorsal y zona ventral.	Carne flácida y blanda. pegajosa. Con manchas amarillentas y orillas café. Con color café claro a lo largo de la espina dorsal.



Figura 5.17. Cambios físicos de la trucha arco iris durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a $0-1^{\circ}\text{C}$.

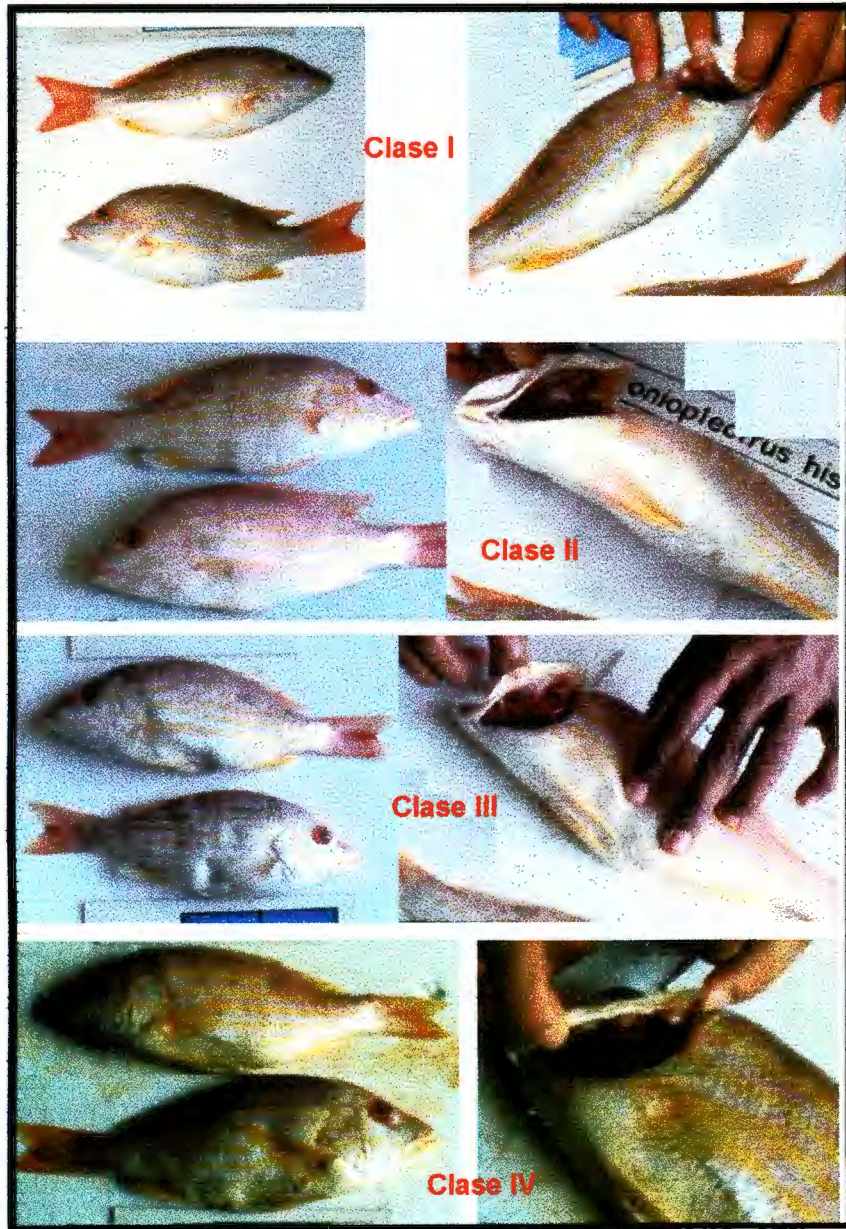


Figura 5.18. Cambios físicos de la villajaiba durante su almacenamiento en hielo y refrigeración a 0-1° C.

5.2. Lectura del Torrymetro.

Los valores que resultaron de la evaluación de las LT para todas las especies de pescado, disminuyen conforme transcurre el tiempo de almacenamiento, como se puede observar en la Figura 5.19. El promedio de los valores obtenidos para cada especie se relacionaron con el tiempo de almacenamiento expresado como días en hielo. Mediante el método de regresión lineal por mínimos cuadrados se obtuvieron las ecuaciones que se indican en la Tabla 5.19. Para cada ecuación la abscisa representa los días en almacenamiento en hielo y la ordenada el valor estimado de la evaluación correspondiente en el pescado, en este caso la LT. La pendiente representa la tasa de descomposición expresada en unidades de descomposición por día. Las pendientes que se obtuvieron son negativas ya que los valores de la LT disminuyen conforme transcurre el tiempo.

En general para todas las especies, los valores mostraron un comportamiento similar, ya que presentaron una pendiente negativa y en los primeros 4 a 6 días mostraron una disminución lineal en unidades de LT desde 14 ó 13 hasta llegar a nueve; posteriormente la variación ya no fué tan pronunciada, por lo que es evidente, que presentaron dos etapas durante el transcurso de la descomposición del pescado en almacenamiento. Por esta causa las gráficas mostraron, dos regiones con pendientes diferentes.

En un estudio sobre pescado blanco europeo (*Coregonus wartmanni*) durante almacenamiento en hielo empleando la LT, Hattula y col., (1993), encontraron una disminución importante en la lectura del Torrymetro en los primeros 3 días después de los cuales la variación fué menor. Igualmente Vas-Pires y col., (1995), en un trabajo sobre trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en almacenamiento en hielo, encontraron que las gráficas obtenidas presentaban dos regiones con pendientes diferentes. Este fenómeno no fué explicado por Pivarnik, y col., en 1990. Sin embargo Vas-Pires y col., (1995), indicaron que la pérdida de la calidad en dos etapas puede ser explicada por dos diferentes mecanismos de degradación. El primero es debido principalmente a una autólisis enzimática que

se presenta normalmente en los primeros 6 días en almacenamiento en hielo y la segunda fase es debida a la acción microbiológica. Esta explicación es soportada por las coincidencias en las pendientes de las lecturas obtenidas. Es conveniente mencionar que Vas-Pires y col., (1995), empleó el RT Frehsmeter que utiliza el mismo principio que el Torrymetro, e igualmente comparó sus resultados con evaluaciones sensoriales.

Considerando los resultados reportados por Vas-Pires y col., (1995) se analizó el comportamiento que mostraron las especies estudiadas en este trabajo, encontrándose similitudes en las siguientes especies: Para bagre, chucumite y trucha, con 2 regiones de pendientes diferentes, en las LT; el crecimiento de los microorganismos resultó acelerado después del día 9 en las 3 especies. La corvina, jurel, rubia, ronco y mojarra blanca presentaron un comportamiento similar tanto en las LT como en el crecimiento de los microorganismos en días diferentes dependiendo de cada especie.

Los coeficientes de correlación (r) para estas ecuaciones que también se indican en la Tabla 5.19 mostraron valores elevados en general, lo que indica una buena correlación de la LT con los días de almacenamiento en hielo.

A pesar de que para la mayoría de los casos se alcanzaron coeficientes de correlación elevados, mayores al 90 %, el hecho de presentar la línea dos pendientes diferentes, la variación se ajustaría mejor a un modelo polinomial de segundo grado. En Inglaterra, Pivarnik, (1990) realizó un estudio con 6 especies de pescado en almacenamiento en hielo utilizando el Torrymetro, encontró que el patrón de variación de las lecturas del Torrymetro sigue un modelo de regresión polinomial, pero las curvas tienen una porción lineal, con coeficientes de correlación significativos entre los 7 y 8 días de almacenamiento. También encontró que la velocidad de deterioro de los pescados grasos expresada en la LT es mayor que los magros. Las LT pueden variar por cualquier daño físico que sufra el pescado en su piel o en los tejidos subcutáneos. Por lo que generalmente se recomienda usar la prueba de la LT apoyada con evaluaciones sensoriales (Pivarnik 1990).

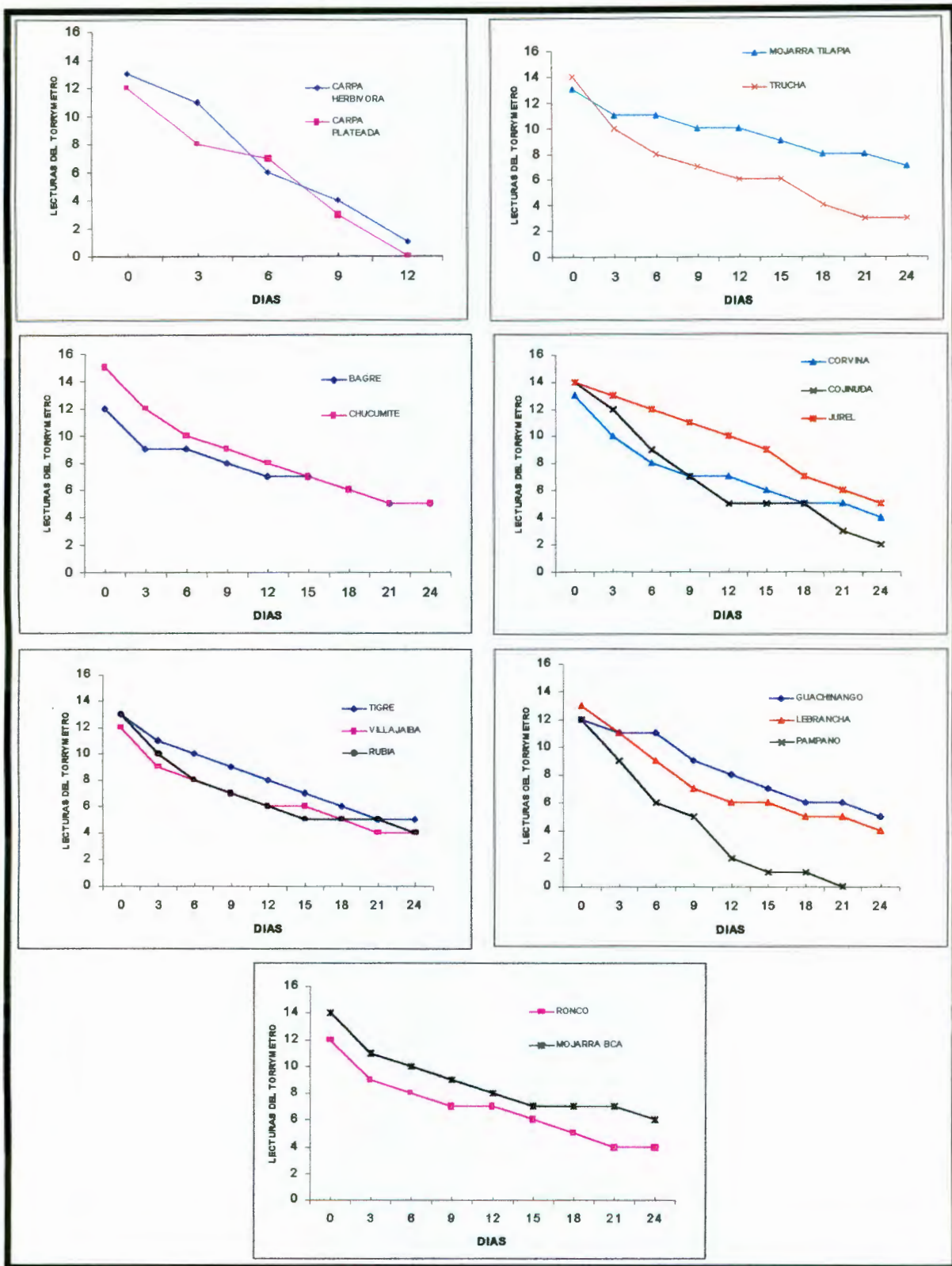


Figura 5.19. Resultados de la lectura del Torrymetro en pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración 0-1°C.

Tabla 5.19. Resultados del análisis de regresión lineal para la prueba de Lectura del Torrymetro en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0- 1°C

Nombre común	Ordenada al origen	Pendiente	r	R ²	F _c	Regla de decisión	Nivel probabilidad
					F _{t(α,1,n-2)}		
Bagre	10.688	-0.261	-0.956	91.53	75	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00005
					5.59		
Carpa herbívora	13.2	-1.033	-0.990	98.06	151	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00115
					10.33		
Carpa plateada	11.6	-0.9	-0.987	97.46	115	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.000173
					10.33		
Cojinuda	12.555	-0.472	-0.959	92.00	80	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00004
					5.59		
Corvina	11.088	-0.322	-0.939	88.22	52	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00017
					5.59		
Chucumite	13.288	-0.394	-0.964	93.12	94	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0003
					5.59		
Guachinango	12	-0.305	-0.984	96.96	222	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
					5.59		
Jurel	14.266	-0.383	-0.995	99.19	854	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
					5.59		
Lebrancha	11.533	-0.35	-0.945	89.39	58	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00012
					5.59		
Mojarra blanca	12.243	-0.288	-0.934	87.41	48	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00022
					5.59		
Mojarra tilapia	12.333	-0.222	-0.975	95.24	140	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00001
					5.59		
Pámpano	10.25	-0.535	-0.943	89.01	48	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0043
					5.99		
Ronco	10.488	-0.3	-0.958	91.89	79	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00005
					5.59		
Rubia	10.93	-0.327	-0.923	85.32	40	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00038
					5.59		
Tigre	12.222	-0.333	-0.987	97.47	270	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0000
					5.59		
Trucha arco iris	11.711	-0.411	-0.947	89.87	62	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00010
					5.59		
Villajaiba	10.377	-0.3	-0.952	90.75	68	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0007
					5.59		

Variable independiente: días en refrigeración

r: coeficiente de correlación, R²: coeficiente de determinación en porcentaje.

F_t = F_(α,1,n-2) = F_(0.05, 1, n-2) = para todos los casos: (F_c > F_t)

5.3. Relación de la evaluación sensorial con la lectura del Torrymetro.

Otro resultado que se reporta en el presente trabajo es la correlación entre la ESD y la LT. Para esto se analizaron los resultados obtenidos con la ESD y la LT como sugieren las investigaciones realizadas por Pivarnik, (1990) y Vas-Pires y col., (1995).

En las Figuras 5.20^a y 5.20^b, se muestran los resultados obtenidos al graficar la lectura del LT en el eje de abscisas y la ESD en el eje de ordenadas. Mediante el método de regresión lineal por mínimos cuadrados se obtuvieron las ecuaciones que se indican en la Tabla 5.20 para cada especie, y su correspondiente coeficiente de correlación. Para todos los casos estos valores fueron elevados, lo que indica una buena correlación de la ESD con la LT. Si se considera que de acuerdo a la a la ESD, el valor mínimo para consumo humano es 5, fácilmente se puede estimar, mediante la gráfica el valor correspondiente de la LT.

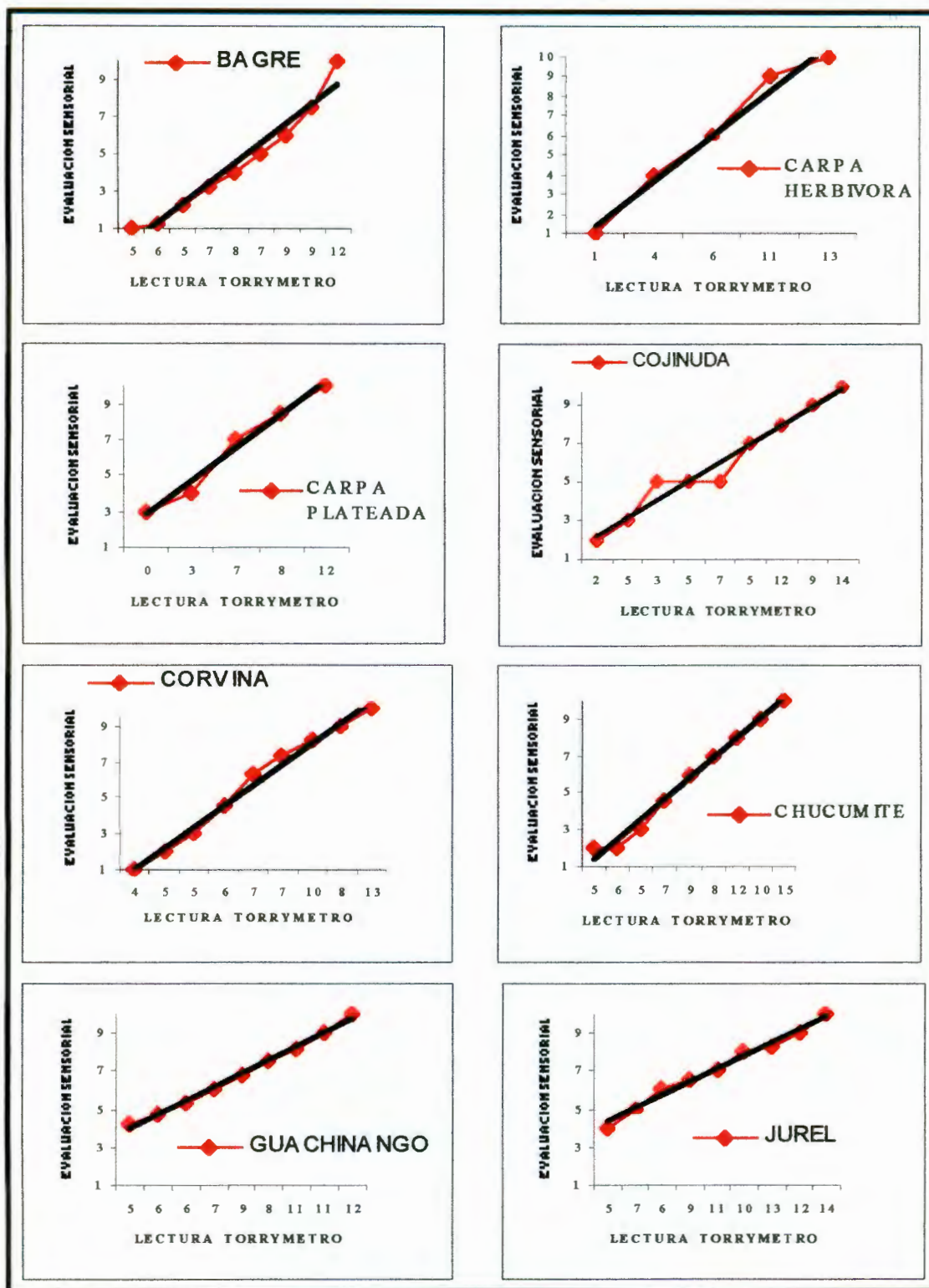


Figura 5.20^a. Resultados de la correlación de la prueba de Lectura del Torrymetro con la Evaluación Sensorial Descriptiva en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0-1°C

Tabla 5.20. Resultados del análisis de regresión lineal para la relación de la prueba de Lectura del Torrymetro con la Evaluación Sensorial Descriptiva en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0- 1°C

Nombre común	Ordenada al origen	Pendiente	R	R ²	F _c	Regla de decisión	Nivel probabilidad
					F _{t(α,1,n-2)}		
Bagre	-5.482	1.316	0.986	97.33	255	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	.0.00000
					5.59		
Carpa herbívora	0.857	0.734	0.989	97.96	144	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00125
					10.33		
Carpa plateada	2.314	0.675	0.986	97.41	112	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00178
					10.33		
Cojinuda	1.526	0.649	0.975	95.17	137	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00001
					5.59		
Corvina	-1.809	1.041	0.912	83.19	34	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00061
					5.59		
Chucumite	-1.663	0.863	0.962	92.68	88	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00003
					5.59		
Guachinango	0.455	0.767	0.985	97.16	239	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
					5.59		
Jurel	1.244	0.604	0.989	97.90	326	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
					5.59		
Lebrancha	0.023	0.834	0.918	84.43	37	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00046
					5.59		
Mojarra blanca	1.701	0.661	0.921	84.87	39	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00042
					5.59		
Mojarra tilapia	-7.452	1.357	0.959	92.09	81	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00004
					5.59		
Pámpano	2.141	0.726	0.968	93.82	91	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0008
					5.99		
Ronco	1.281	0.780	0.975	95.09	135	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00001
					5.59		
Rubia	1.526	0.727	0.931	86.71	45	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00026
					5.59		
Tigre	-2.024	0.981	0.979	95.87	162	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0000
					5.59		
Trucha arco iris	0.212	0.801	0.946	89.62	60	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00011
					5.59		
Villajaiba	0.93	0.879	0.959	92.09	81	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0004
					5.59		

Variable independiente: lectura del torrymetro

r: coeficiente de correlación, R²: coeficiente de determinación en porcentaje.

F_t = F_(α,1,n-2) = F_(0.05, 1, n-2) = para todos los casos: (F_c > F_t).

5.4. Evaluación de trimetilamina.

La trimetilamina es el resultado de la reducción del óxido de trimetilamina (OTMA) por la actividad microbiana y en forma parcial, probablemente por la acción de las enzimas y es empleada normalmente como un índice de frescura de productos del mar. Los cambios en TMA en el músculo de pescado expresado como mg TMA-N/100 g se indican en la Figura 5.21 solamente para las especies marinas estudiadas en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.

En la mayoría de los casos se puede observar un comportamiento exponencial. Los valores para TMA se inician a valores muy cercanos a cero, el incremento en la concentración de TMA fué muy pequeño en los primeros 6 a 12 días de almacenamiento en hielo y en algunos casos como en el guachinango, lebrancha y pámpano hasta 15 días. Esto puede indicar una fase de rezago o lag antes del desarrollo de la actividad microbiana en el músculo. Esta fase de rezago, también puede verse influida por el pH final que alcanza el músculo del pescado. Las bacterias deterioradoras tienden a desarrollarse mejor a valores de pH altos. En el caso de las muestras que se analizaron en este trabajo no se verificó el pH final del músculo del pescado. Esta pudiera ser una de las razones por las que algunas especies tardaron más en producir TMA y presentan una fase lag más larga que en otras.

Los datos de TMA reportados como mg TMA-N/100g, pueden ser presentados en forma lineal mediante una transformación logarítmica y se expresan como un Índice de TMA (TMAI), como se muestra en la Figura 5.22.

El promedio de los valores obtenidos para cada especie se relacionó con el tiempo de almacenamiento. Mediante el método de regresión lineal se obtuvieron las ecuaciones que se presenta en la Tabla 5.21 para TMA y en la tabla 5.22 para la transformación logarítmica TMAI.

En un estudio realizado por Pérez-Villarreal y Pozo, (1990), sobre el deterioro del atún *Thunnus alalunga* en almacenamiento en hielo, reportan el comportamiento en la producción de TMA y la existencia de la fase de rezago en

los primeros días del almacenamiento en hielo. Los autores hacen referencia a la conversión logarítmica y al TMAI.

Magnusson y Martinsdottir, (1995), investigaron la calidad del pescado fresco y descongelado en muestras de bacalao *Gadus morhua* y reportan un comportamiento similar en la producción de TMA. Las gráficas presentan la fase de rezago como en el trabajo de Pérez-Villarreal y Pozo, aunque no hacen referencia a este comportamiento. La utilización de métodos diferentes al empleado en el presente no modifican el comportamiento de la producción de TMA como se muestra en el trabajo de Wong y col., (1988) que realizaron con métodos rápidos de determinación de TMA para bacalao y merluza.

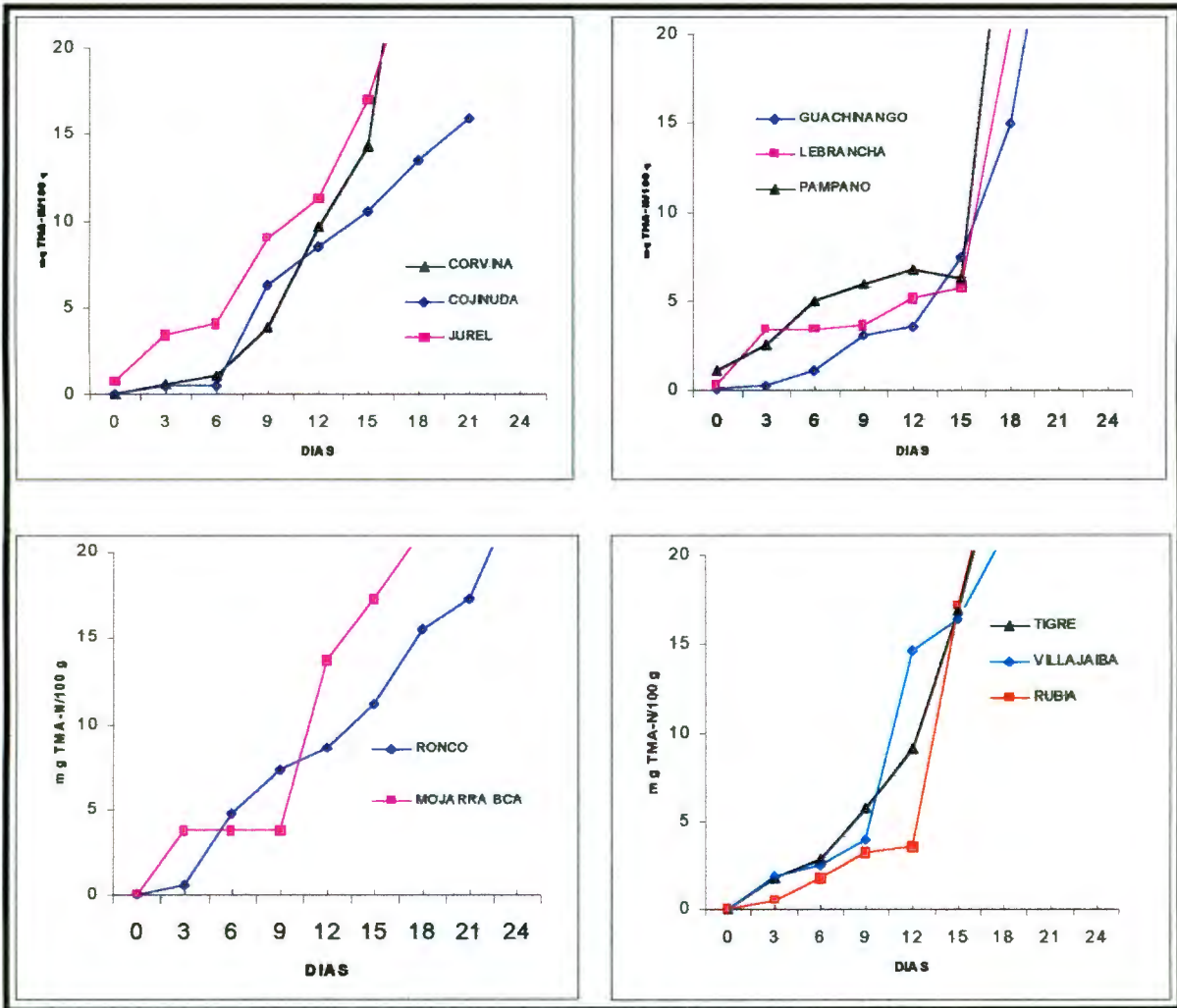


Figura 5.21. Resultados de la determinación de Trimetilamina en músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.

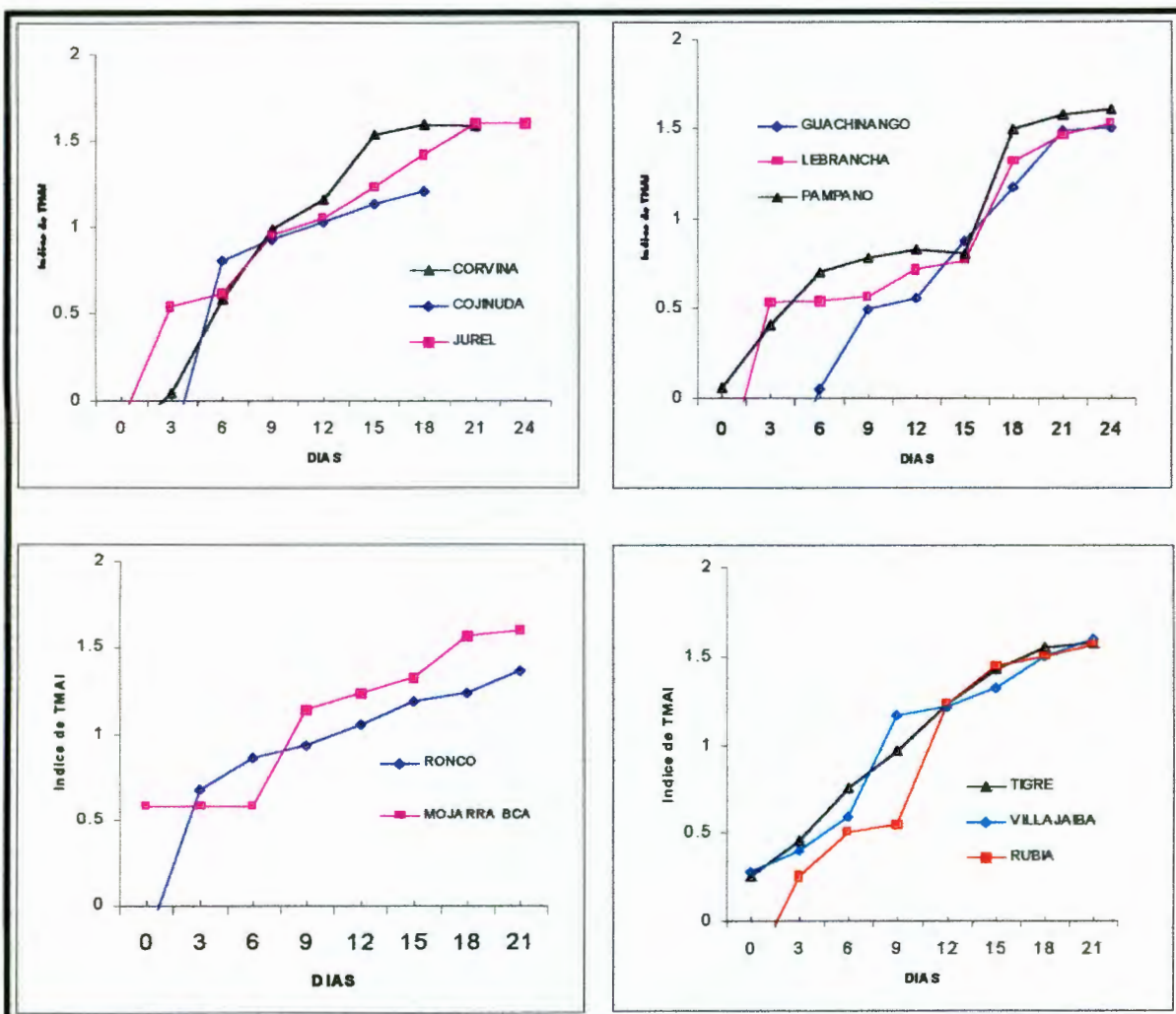


Figura 5.22. Resultados de la transformación logarítmica de la determinación de Trimetilamina en músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.

Tabla 5.22. Resultados del análisis de regresión lineal para la prueba de Trimetilamina realizando una transformación logarítmica (TMAI) en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0- 1°C

Nombre común	Ordenada al origen	Pendiente	r	R ²	F _c	Regla de decisión	Nivel probabilidad
					F _{t(α,1,n-2)}		
Cojinuda	-0.261	0.078	0.886	78.65	22	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00332
					5.59		
Corvina	-0.217	0.0851	0.960	92.30	83	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00004
					5.59		
Guachinango	-0.767	0.105	0.976	95.26	140	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00001
					5.59		
Jurel	0.186	0.066	0.961	92.51	86	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00003
					5.59		
Lebrancha	-0.070	0.069	0.926	85.92	42	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00032
					5.59		
Mojarra blanca	0.188	0.064	0.964	93.01	93	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00003
					5.59		
Pámpano	0.160	0.062	0.956	91.52	75	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00005
					5.99		
Ronco	0.051	0.061	0.913	83.38	35	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00058
					5.59		
Rubia	-0.236	0.082	0.958	91.93	79	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00004
					5.59		
Tigre	0.069	0.069	0.988	97.64	289	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
					5.59		
Villajaiba	0.059	0.069	0.977	95.48	147	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00001
					5.59		

Variable independiente: días en refrigeración

r: coeficiente de correlación, R²: coeficiente de determinación en porcentaje.

F_t = F_(α,1,n-2) = F_(0.05, 1, n-2) = para todos los casos: (F_c > F_t).

5.5. Evaluación de bases volátiles totales

Uno de los primeros parámetros químicos usados para el índice de frescura fué la medida de las aminas (dimetilamina y trimetilamina principalmente) y amoníaco, conocidas como bases volátiles totales. Los resultados de la evaluación de bases volátiles para las especies, expresadas como mg-N/100g se presentan en la Figura 5.23. Para la mayoría de las especies se observó un comportamiento similar que está representado por un incremento en la concentración de las bases volátiles conforme transcurre el almacenamiento en hielo. Sin embargo, para el bagre, que es una especie eurihalina y la mojarra tilapia (especie híbrida de agua dulce) se observó una producción irregular de las bases volátiles totales. Los hábitos alimenticios de ambas especies se asemejan en utilizar los compuestos hallados en los fondos de las aguas para su consumo y por lo tanto, su tracto digestivo está capacitado para producir cantidades de materia orgánica por lo que es probable que se den reacciones de autólisis que provoquen la formación inicial de los compuestos nitrogenados. Posterior a la autólisis, la presencia de microorganismos provoca que nuevamente se incremente la concentración de las bases volátiles totales, dando como resultado el comportamiento mostrado.

La velocidad de producción de las bases volátiles varió dependiendo de la especie. Las carpas herbívora y plateada mostraron altas velocidades de producción y concentraciones elevadas en pocos días de almacenamiento, mientras que para lebrancha, guachinango y pámpano las concentraciones de bases volátiles fueron menores y el tiempo de producción fue mayor.

Para cada especie se calculó la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de correlación que se presenta en la Tabla 5.23. Valores altos se observaron para la mayoría de las especies, con excepción del bagre y la mojarra tilapia, para las que esta prueba no fué un buen indicador de la frescura. Pérez-Villarreal, (1990) en un trabajo sobre la evaluación del atún (*Tunnus alalunga*) en almacenamiento en hielo, reportó un comportamiento diferente de la especie para

las bases volátiles totales al que fué encontrado en un trabajo anterior realizado en merluza (Pérez-Villarreal y Howgate, 1987).

En México, las bases volátiles son un requisito para la inspección sanitaria de los productos de la pesca. Para pescado fresco refrigerado y congelado se ha establecido como un límite para las bases volátiles totales de 30 mg N/100 g (NOM-027 SSA 1-1993).

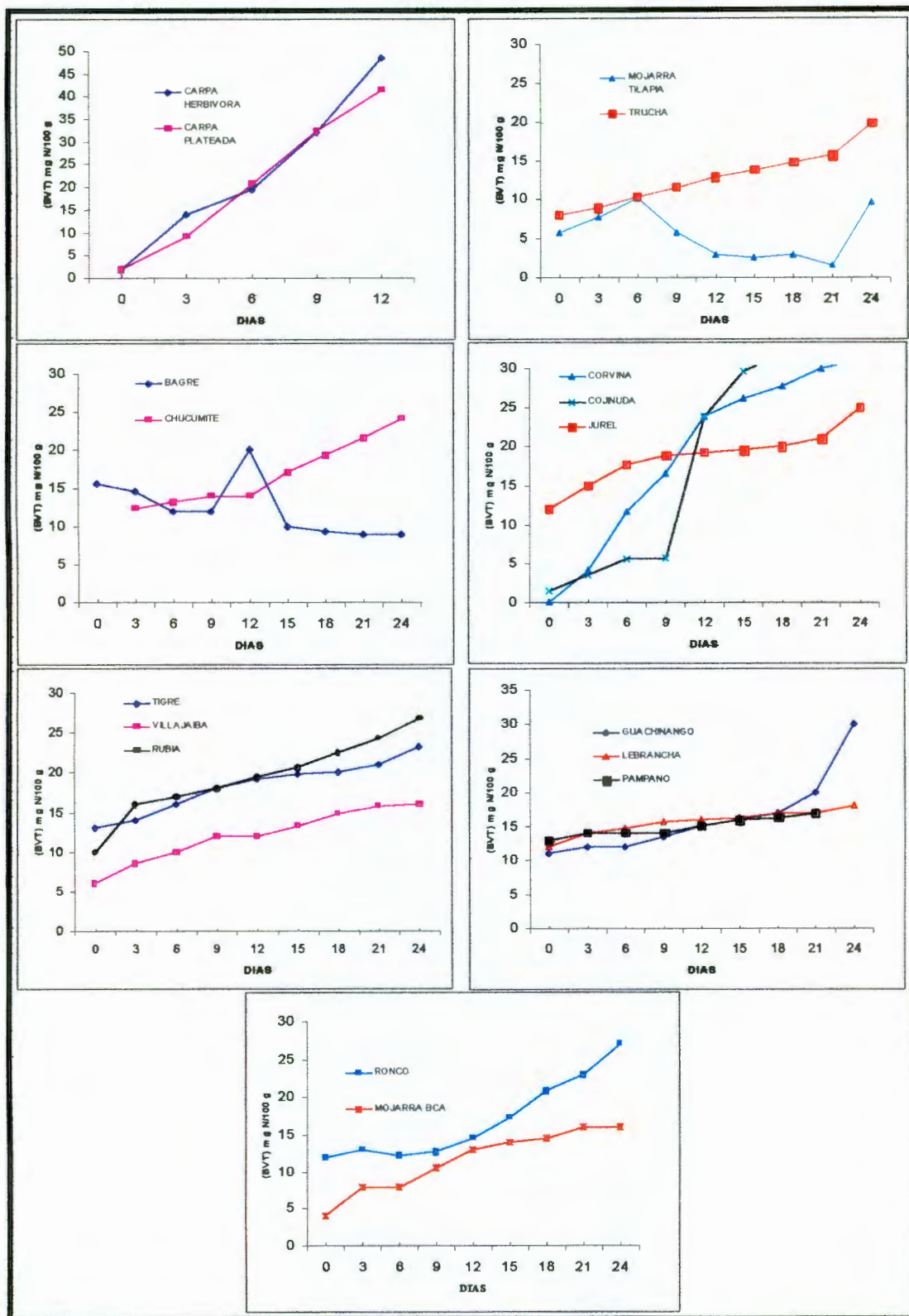


Figura 5.23. Resultados de la determinación de bases volátiles totales en músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C.

Tabla 5.23. Resultados del análisis de regresión lineal para la prueba de Bases Volátiles Totales en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0 - 1°C

Nombre común	Ordenada al origen	Pendiente	r	R ²	F _c	Regla de decisión	Nivel probabilidad
					F _{t (α,1,n-2)}		
Bagre	15.762	-0.281	-0.618	38.22	4	Acepto H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0759
					5.59		
Carpa herbívora	1	3.7	0.986	97.38	111	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00182
					10.33		
Carpa plateada	0.748	3.387	0.997	99.43	522	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00018
					10.33		
Cojinuda	-2.373	1.842	0.962	92.65	88	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00003
					5.59		
Corvina	2.746	1.352	0.966	93.39	98	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00002
					5.59		
Chucumite	5.800	0.770	0.914	83.64	35	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00055
					5.59		
Guachinango	8.777	0.625	0.873	76.27	22	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00210
					5.59		
Jurel	13.662	0.420	0.941	86.66	54	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00015
					5.59		
Lebrancha	13.091	0.211	0.955	91.26	73	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00006
					5.59		
Mojarra blanca	5.673	0.491	0.966	93.35	98	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00002
					5.59		
Mojarra tilapia	6.822	-0.114	-0.295	8.75	0.67	Acepto H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.439
					5.59		
Pámpano	12.979	0.183	0.971	94.37	100	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0006
					5.99		
Ronco	9.499	0.620	0.932	87.01	46	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00024
					5.59		
Rubia	12.372	0.587	0.971	94.36	117	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00001
					5.59		
Tigre	13.466	0.399	0.978	95.77	158	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.0000
					5.59		
Trucha arco iris	7.585	0.435	0.976	95.36	143	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00001
					5.59		
Villajaiba	7.197	0.403	0.978	95.79	159	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
					5.59		

Variable independiente: lectura del torrymetro

r: coeficiente de correlación, R²: coeficiente de determinación en porcentaje.

$$F_t = F_{(\alpha,1,n-2)} = F_{(0.05, 1, n-2)}$$

5.6. Evaluación de hipoxantina.

Los resultados de la concentración de hipoxantina expresados en $\mu\text{mol Hx/g}$ se presentan en la Figura 5.24. Para todas las especies la concentración se incrementa durante el almacenamiento en hielo. Sin embargo, en algunas especies como mojarra tilapia, rubia, trucha arco iris, corvina, cojinuda y jurel, la concentración mostró cambios bruscos en función del tiempo ya que aumenta y disminuye muy rápidamente. Lo que hace que la determinación de Hx no sea útil para estas especies. Mediante el método de regresión lineal por mínimos cuadrados se obtuvieron las ecuaciones que se indican en la Tabla 5.24. Para cada ecuación la abscisa representa los días en almacenamiento en hielo y la ordenada el valor estimado de la hipoxantina en el pescado. La pendiente representa la tasa de descomposición expresada en unidades de descomposición por día. Se observaron valores altos de R^2 , en la mayoría de las especies. Las excepciones se dieron para mojarra tilapia (44.77%), rubia (74.96%), trucha arco iris (75.84 %), corvina (30.28 %), cojinuda (78.37 %) y jurel (74.54 %), en las que como ya se indicó, la Hx no fue buen indicador.

En un estudio sobre el comportamiento del catabolismo de nucleótidos como indicadores de frescura en especies de lenguados de Alaska, Greene y Bernatt-Byrne, (1990), encontraron este comportamiento irregular.

Cuando la hipoxantina se incrementa en forma lineal y se forma rápidamente después de la muerte del pescado, es un indicador adecuado, lo cual se ha demostrado en diferentes especies. Sin embargo, si se presentan variaciones de la concentración de hipoxantina, se prefiere utilizar la relación de inosin monofosfato (IMP/Hx) en el músculo, ya que proporciona un estimado más seguro de los cambios post mortem.

En otras especies incluyendo las tropicales, el producto final que se acumula es la inosina, mientras que para otras especies es el inosín monofosfato. Debido a lo anterior se ha sugerido un valor K (Luong y col., 1988) para el catabolismo de nucleótidos el cual está dado por la siguiente relación:

$$K = \left(\frac{HxR + Hx}{HxR + Hx + IMP} \right) \times 100$$

El valor **K** ha sido un estimador de la frescura utilizado por investigadores japoneses desde 1983. En otras especies tropicales de pescados australianos examinadas por medio del catabolismo de nucleótidos y por la evaluación sensorial, se encontró que la velocidad de rompimiento del IMP estaba más relacionada al tiempo de almacenamiento que al deterioro bacteriano (Bremner y col., 1988). En otros trabajos realizados por Greene y col., (1990) en bacalao del pacífico y pollock se evaluó la formación de los productos de descomposición del ATP post-mortem en el pescado, y correlacionaron estos valores con pruebas sensoriales. Los autores encontraron que la formación de hipoxantina ha sido relacionada con el sabor amargo de los productos. En el presente trabajo no fué posible realizar la determinación del valor K.

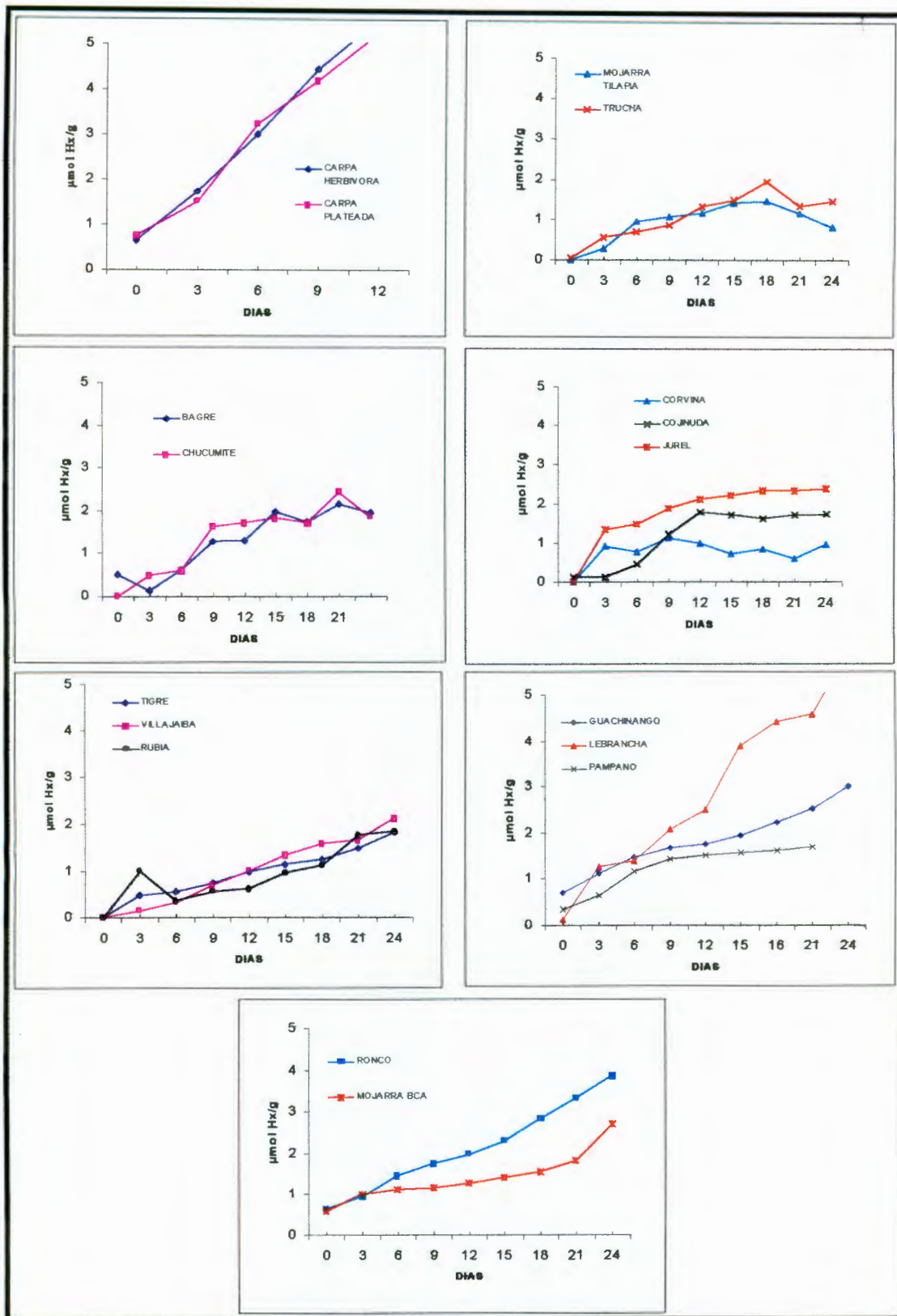


Figura 5.24. Resultados de la determinación de hipoxantina en músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a $0 - 1^{\circ}\text{C}$.

Tabla 5.24. Resultados del análisis de regresión lineal para la prueba de Hipoxantina en pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración 0- 1°C

Nombre común	Ordenada al origen	Pendiente	r	R ²	F _c	Regla de decisión	Nivel probabilidad
					F _{t(α,1,n-2)}		
Bagre	0.303	0.0825	0.925	85.71	41	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00034
					5.59		
Carpa herbívora	0.564	0.420	0.998	99.79	1415	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00004
					10.33		
Carpa plateada	0.652	0.391	0.993	98.65	219	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00067
					10.33		
Cojinuda	0.221	0.077	0.885	78.37	25	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00150
					5.59		
Corvina	-14.046	2.104	0.550	30.28	3	Acepto H ₀ ∴ β ₁ = 0	0.12473
					5.59		
Chucumite	0.312	0.0872	0.893	79.82	27	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00117
					5.59		
Guachinango	0.815	0.084	0.984	96.93	220	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
					5.59		
Jurel	0.810	0.080	0.863	74.54	20	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00271
					5.59		
Lebrancha	0.182	0.226	0.987	97.55	279	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
					5.59		
Mojarra blanca	0.602	0.066	0.916	83.93	36	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00052
					5.59		
Mojarra tilapia	0.440	0.040	0.669	44.77	5	Acepto H ₀ ∴ β ₁ = 0	0.04875
					5.59		
Pámpano	0.600	0.061	0.914	83.62	30	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00147
					5.99		
Ronco	0.565	0.129	0.992	98.55	475	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
					5.59		
Rubia	0.142	0.064	0.865	74.96	20	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00255
					5.59		
Tigre	0.133	0.066	0.988	97.72	300	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
					5.59		
Trucha arco iris	0.334	0.061	0.870	75.84	21	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00224
					5.59		
Villajaiba	-0.093	0.089	0.993	98.77	532	Rechazo H ₀ ∴ β ₁ ≠ 0	0.00000
					5.59		

Variable independiente: lectura del torrímetro

r: coeficiente de correlación, R²: coeficiente de determinación en porcentaje.

$$F_t = F_{(\alpha,1,n-2)} = F_{(0.05, 1, n-2)}$$

5.7. Cuenta en placa de bacterias mesófilas aerobias.

Los resultados de la cuenta en placa para bacterias aerobias mesófilas se presentan en la Figura 2.25. La mayoría de las especies presentaron valores de 10^2 a 10^4 unidades formadoras de colonias por gramo (ufc/g) al día cero de almacenamiento. Mojarra tilapia, corvina y chucumite mostraron valores superiores.

Para todas las especies es evidente el incremento de las cuentas al transcurrir los días de almacenamiento en hielo. Resulta interesante mencionar que las especies de carpas, tanto la herbívora como la plateada, presentaron valores bajos de bacterias al tiempo 0. Sin embargo, después del día 6 y 9 respectivamente, el crecimiento es muy rápido mostrando cuentas superiores a 10^6 ufc/g. Estas especies tuvieron una vida de almacenamiento muy corta. Mojarra tilapia mostró en los primeros días de almacenamiento, un comportamiento irregular en el crecimiento de los microorganismos, y después del día 15 se presentó un crecimiento uniforme. Para trucha, los valores se incrementaron uniformemente hasta el día 12. Del día 12 al 15 alcanzaron valores superiores a 10^6 ufc/g. Corvina mostró una disminución en el crecimiento de los microorganismos en los primeros 3 días, sin embargo, a los 6 días de almacenamiento alcanzó valores superiores a 10^6 ufc/g.

Para cojinuda, guachinango, pámpano y tigre se observó una fase de rezago o lag corta, lo que no ocurre de manera evidente para todas las demás especies.

En un estudio en especies tropicales australianas realizado por Bremner y col., (1988), reportaron que el crecimiento de bacterias mesófilas aerobias se incrementó durante los días de almacenamiento en hielo. Las especies fueron mantenidas hasta por 23 días. Realizaron las cuentas de bacterias mesófilas aerobias a los cero, nueve, y 23 días, a una temperatura de incubación de 37° C.

Bacterias deterioradoras como *Pseudomonas* y otras bacterias aeróbicas, son capaces de producir enzimas proteolíticas hasta el final de la fase logarítmica de crecimiento. La proteólisis ocurre solamente cuando las unidades

formadoras de colonias son mayores de 10^8 / cm^2 . Esto ocurre cuando la descomposición en el pescado es evidente y la densidad celular se aproxima a su máximo.

Es difícil distinguir entre la actividad autolítica debida a las enzimas que están presentes en el pescado y que contribuyen al deterioro, y la acción de enzimas de origen bacteriano que también son responsables del mismo. (Jackson y col., 1997).

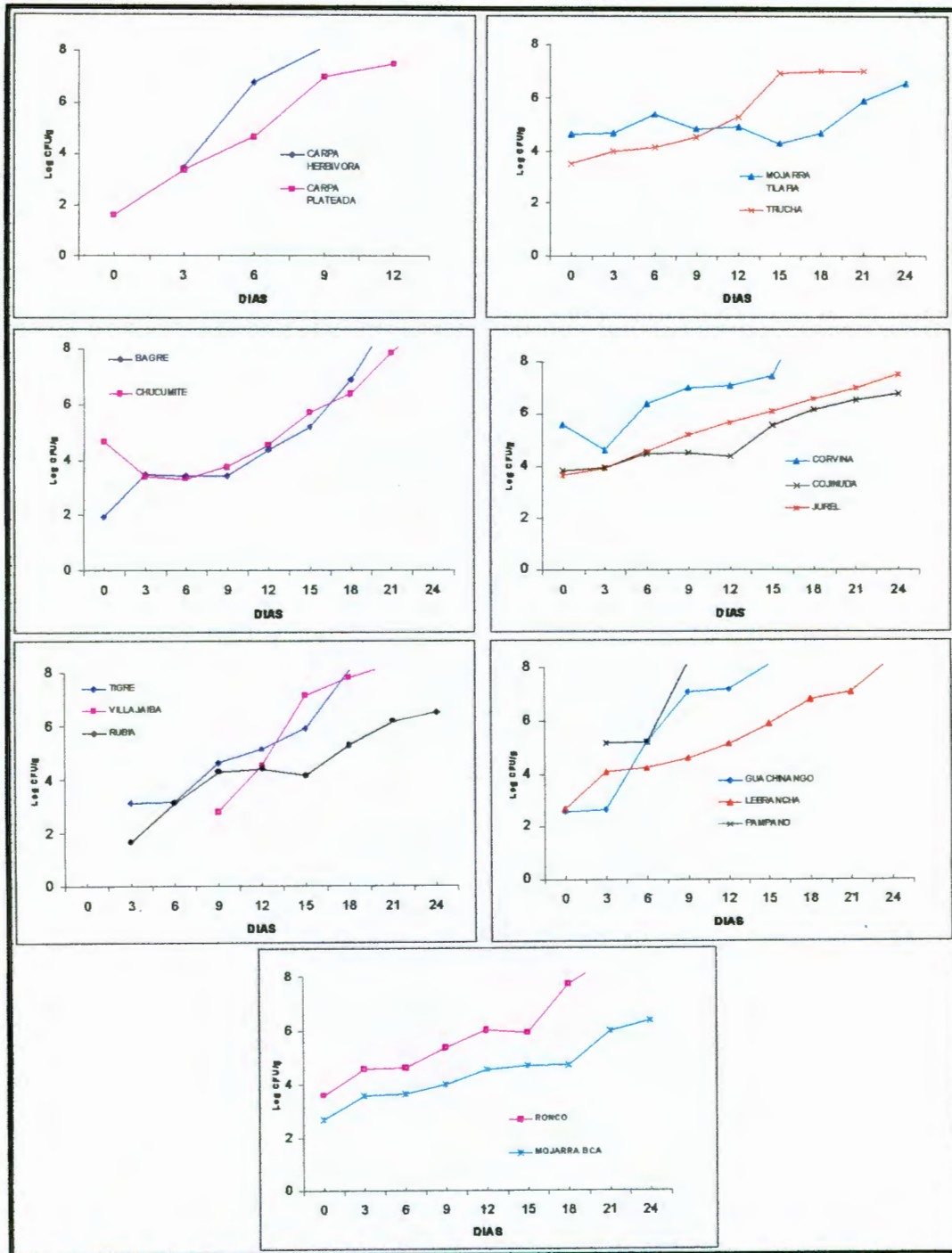


Figura 5.25. Resultados de la cuenta en placa de bacterias mesófilas aerobias en el músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a $0 - 1^{\circ}\text{C}$. (Temperatura de incubación $35^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$)

5.8. Cuenta en placa de bacterias psicrófilas aerobias.

Los resultados de la cuenta en placa para bacterias psicrófilas aerobias se presentan en la Figura 5.26. La mayoría de las especies presentan valores de 10^2 a 10^4 ufc/g al día 0 de almacenamiento. Para las especies de tigre, rubia y villajaiba no se reportan datos al tiempo cero, ya que no fué posible realizar los análisis a bordo de las embarcaciones destinadas para su captura. En el caso de la mojarra tilapia no se presentó crecimiento de bacterias psicrófilas sino hasta el día 24, por lo que en la gráfica se observa como un punto. Esta situación se presentó también en el caso del pámpano, que manifestó crecimiento a partir del día 3. En el caso de la cojinuda se observó crecimiento a partir del día 14 en el que se observan cuentas superiores a 10^5 ufc/g. Una posible explicación para este comportamiento es el hecho de la presencia de los psicrótrofos. Para todas las especies es evidente el incremento de las cuentas al transcurrir los días de almacenamiento en hielo.

Se ha indicado que peces tropicales tienen una prolongada vida en almacenamiento en hielo ya que su flora mesofílica inicial produce un deterioro menos objetable en olor y sabor que las floras psicrótróficas. Además el bajo número de bacterias psicrótróficas inicialmente presentes o adicionadas por contaminación, cuando el pescado está en hielo, indica que toman un mayor tiempo en producir un deterioro manifiesto o visible que en las especies de aguas templadas, en donde las cuentas iniciales de psicrótrofos son más altas. Un factor adicional es el hecho de que a temperatura tropical hay un lavado considerable de la superficie del pez debido al agua que se produce por el deshielo (Bremner y col., 1988). Estos investigadores realizaron un estudio de la vida de almacenamiento en hielo en especies tropicales de la costa noroeste de Australia y sometieron muestras a temperaturas de 4°C y 37°C , las unidades formadoras de colonias se identificaron a los 7 y 4 días respectivamente encontrando que las cuentas al día cero fueron superiores que a los 9 días y que nuevamente se elevaba a los 23 días de almacenamiento pero que estos valores para algunas especies no superaba el valor inicial al tiempo cero. Las bacterias dominantes al

inicio fueron *Moraxella*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Falvobacterium* y que después de 23 días de almacenamiento, la flora dominante fueron las *Pseudomonas* y *Moraxella* .

Wempe y Davidson, (1992), en un estudio sobre el perfil bacteriológico de carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*), observaron que al introducir esta especie, que era ampliamente comercializada en los países orientales, al mercado americano, el deterioro durante el procesamiento fué producido por contaminación microbiana, presentando valores altos en piel, mucus, vísceras, boca y agallas. Encontraron que la cuenta en placa de bacterias aerobias a 4°C y 32°C de incubación se incrementaron en las muestras que simulaban las condiciones de venta en supermercado.

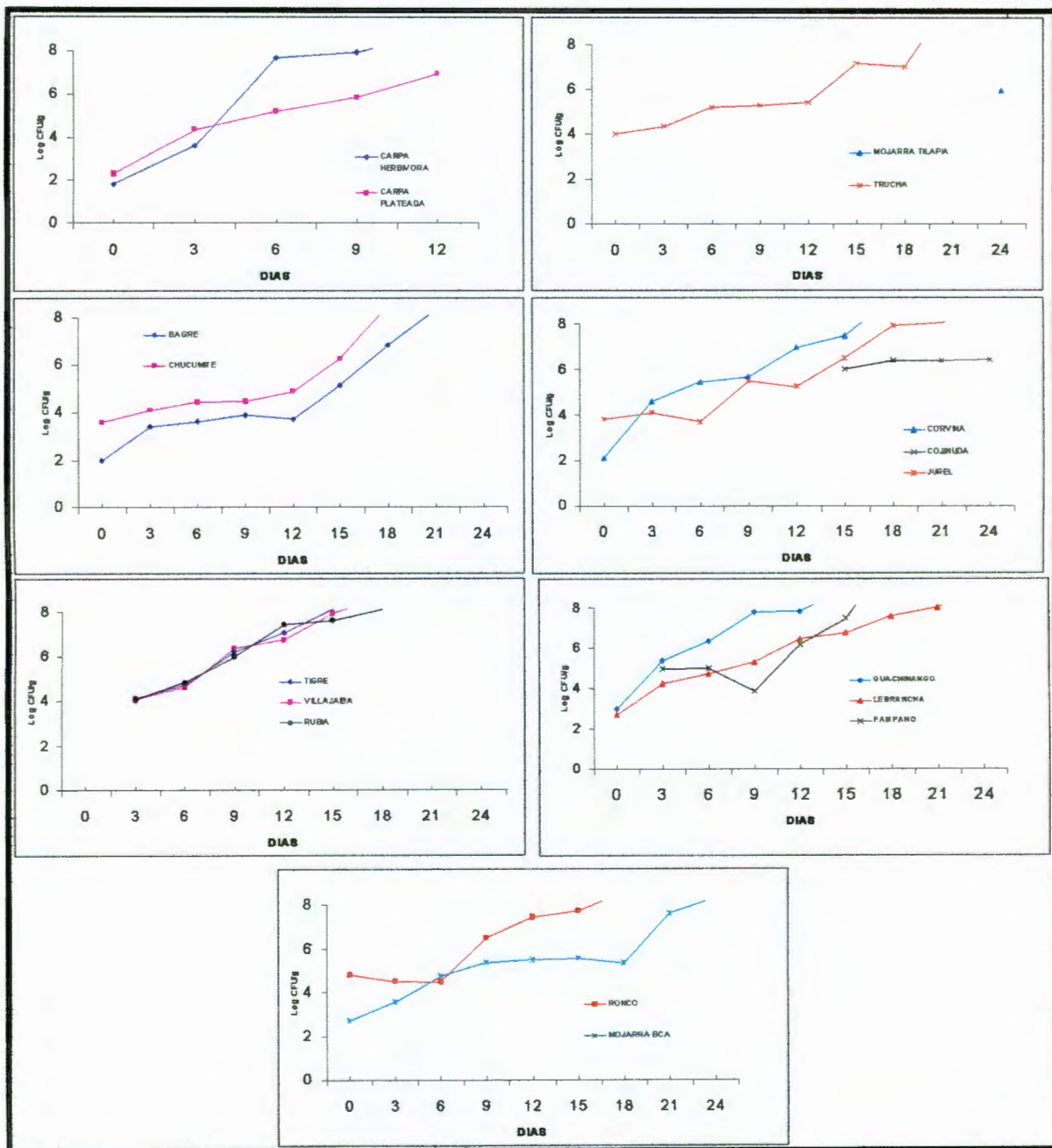


Figura 5.26. Resultados de la cuenta en placa de bacterias psicrófilas aerobias en el músculo de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración a 0 – 1°C. (Temperatura de incubación 5° ± 2°C)

6. CONCLUSIONES.

6.1. Conclusiones.

Mediante la evaluación de frescura se estableció el perfil de descomposición que presentaron 17 especies de pescado en almacenamiento en hielo y refrigeración por un período de 24 días. Cada especie de pescado mostró su propio perfil de descomposición y por lo tanto se proponen los límites para consumo humano, basados en los resultados de los métodos de evaluación sensorial descriptiva en pescado crudo, la lectura del Torrymetro, la evaluación en el músculo del contenido de trimetilamina, bases volátiles totales, hipoxantina y la cuenta en placa de bacterias aerobias mesófilas y psicrófilas.

La evaluación sensorial descriptiva y la lectura del Torrymetro demostraron ser pruebas satisfactorias para evaluar la frescura del pescado, ya que presentaron cada una de ellas, una tendencia lineal y una buena correlación con el tiempo de almacenamiento. Entre ambas pruebas, también se demostró que presentaron la misma tendencia lineal y una buena correlación. Tienen la ventaja de ser rápidas, por lo que es posible emplearlas como pruebas complementarias para evaluar la frescura del pescado.

En las pruebas químicas, la determinación del contenido de trimetilamina resultó ser un buen indicador de los cambios que sufre el músculo de pescado en almacenamiento en hielo. El contenido de bases volátiles también resultó ser un buen indicador del deterioro del pescado en la mayoría de las especies estudiadas. El contenido de hipoxantina fue buen indicador de los cambios que sufre el pescado, en aquellas especies en que las concentraciones se modificaron de la manera esperada.

La cuenta en placa de bacterias mesófilas aerobias resulta de gran ayuda para interpretar los resultados obtenidos a través de las otras pruebas, y bajo esta consideración, es un buen indicador. La cuenta de bacterias psicrófilas aerobias resultó ser una prueba que no es aplicable para todas las especies estudiadas.

6.2. Principales aportes del trabajo.

Se establecieron los esquemas específicos de evaluación sensorial descriptiva para pescado crudo de 17 especies de importancia comercial y económica en nuestro país. Esta información está soportada, para las clases propuestas de calidad, con extensa información gráfica de los cambios físicos que sufre el pescado en almacenamiento en hielo y en refrigeración. Estos esquemas sensoriales constituyen una de las principales aportaciones del presente trabajo, ya que pueden servir de apoyo a las evaluaciones de frescura que se realizan en la práctica comercial.

Otra aportación es la aplicación del Torrymetro, que demostró ser un método efectivo en todas las especies que se estudiaron. Además de que presenta ventajas para su uso comercial e industrial, es seguro, de fácil uso, no destruye la muestra, es rápido y puede evaluar grandes lotes de pescado.

6.3. Recomendaciones para trabajos futuros.

Con los modernos sistemas informáticos que actualmente se dispone, los resultados obtenidos pueden ser procesados por un programa de cómputo que permita disponer rápidamente de la información generada e introducir nuevos datos de especies que se estudien en un futuro y contar con otras utilidades como la evaluación computarizada de frescura por el método sensorial propuesto.

Se recomienda iniciar investigaciones dirigidas al desarrollo tecnológico para el diseño de un instrumento similar al Torrymetro, que utilizando el mismo principio de funcionamiento, sea de fabricación nacional.

Con relación a las pruebas químicas empleadas para evaluar frescura en pescado, se recomienda determinar el valor K, para medir la degradación de nucleótidos. También se recomienda la medición de las variaciones del pH durante el almacenamiento en hielo, para explicar el comportamiento de los productos de degradación de la especie.

Para las pruebas microbiológicas se recomienda realizar las cuentas en placa de bacterias aerobias a diferentes temperaturas para cuantificar microorganismos mesófilos, psicrótrofos y psicrófilos. También es recomendable identificar los diferentes grupos de bacterias que se presentan en las especies de pescados de aguas tropicales y subtropicales de nuestro país.

7. REFERENCIAS.

- Allen, G. R. 1985. Snappers of the world. En: An annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date. FAO Fish. Synop. Roma. pp. 208-210
- Anuario Estadístico de Pesca. 1998. Semarnap. pp. 1-244
- Babbitt, J. K. 1982. Blueing discoloration of Dungeness crabmeat. En: Chemistry and biochemistry of marine food products. Martin, R. E., Flick, G. J., Hebard C. E., y Ward, D. R. Ed. pp. 423-428
- Baines, C. R., Connell, J. J., Gibson, D. M., Howgate, P. F., Livingston, E. I., y Shewan, J. M. (1969). A taste panel technique for evaluating the eating quality of frozen cod. In: Freezing and irradiation of fish. Kreuzer, R. Ed. pp. 361-366
- Barile, L. E., Milla, A. D., Reilley, A, y Villadsen, A. 1968. Spoilage patterns of mackerel. En: Spoilage of tropical fish and products development. FAO Fish. Rep. 317. Rome. pp. 197
- Ben-Gigirey, B., De Sousa, V. B. J., Villa, G. T., y Barros-Velásquez, J. 1999. Chemical changes and visual appearance of albacore tuna as related to frozen storage. J. Food. Sci. 64: 20-24
- Böhlke, J. E., y Chaplin, C. C. G. 1993. Fishes of the Bahamas and adjacent tropical waters. University of Texas Press, Austin. pp. 4-16
- Bremner, H. A., Olley, J., Statham, J. A., y Vail, A. M. 1988. Nucleotide catabolism: influence on the storage life of tropical species of fish from the north west shelf of Australia. J. Food Sci. 53: 6-11
- Burt, J. R., Gibson, D. M., Jason, A. C., y Sanders, H. R. 1975. Comparison of methods of assessment of wet fish. Part I. Sensory assessments of boxed experimental fish. J. Food Technol. 10: 645-656
- Burt, J. R., Gibson, D. M., Jason, A. C., y Sanders, H. R. 1976. Comparison of methods of assessment of wet fish. Part II. Instrumental and chemical assessment of boxed experimental fish. J. Food Technol. 11: 73-82
- Cervigón, F. 1993. Los peces marinos de Venezuela. Ed. Fundación Científica Los Roques. Caracas. pp. 497
- Cervigón, F., Cipriani, R., Fischer, W., Garibaldi, L., Hendrickx, M., Lemus, A. J., Márquez, R., Poutiers, J. M., Robaina, G., y Rodríguez, B. 1992. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. FAO Ed. Roma. pp. 513.
- Claro, R. 1994. Características generales de la ictiofauna. En: Ecología de los peces marinos de Cuba. Instituto de Oceanología. Academia de Ciencias de Cuba. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Claro, R. Ed. pp. 55-70.

- Connel, J. J. 1980. Control of fish quality. Fishing News Books, Inglaterra. pp. 47-65
- Connell, J. J., Howgate, P. F., Mackie, M., Sanders, H. R., y Smith, G. L. 1976. Comparison of methods of freshness assessment of wet fish . Part IV. Assessment of commercial fish at port markets. J. Food Technol. 11: 297-299.
- Coppola, S. R., Fischer, W., Garibaldi, L., Scialabba, N., y Carpenter, K. E. 1994. Speciesdab: Global species database for fishery purposes. FAO Computerized Information Series. pp. 80-103
- Courtenay, W. R., y Sahlman, H.F. 1978. Pomadasyidae. En: FAO species identification sheets for fishery purposes. Fischer, W. Ed. Roma. pp. 42-56
- Chambers, E., y Robel, A. 1993. Sensory characteristics of selected species of freshwater fish in retail distribution. J. Food. Sci. 56: 508-512
- Cheyne, A. 1975. How the G. R. Torrymeter aids quality control in the fishing industry. Fishing News International. London. pp. 1-14
- Dainty, R. H., Saw, B. G., y Roberts, T. A. 1983. Microbial and chemical changes in chill- stored red meats. En: Food microbiology – Advances and Prospects. Roberts, T. A. y Skinner, F. A. Ed. Academic Press. London. pp. 151.
- Damoglou, A. P. 1980. A comparison of different methods of freshness assessment of herring. En: Advances in fish sciences and technology. Ed. Connell, J. J.. Fishing New Books LTD. England. pp. 394-399
- Dyer, W. J. 1945. Amines in fish muscles I. Colorimetric determination of trimethylamine as the picric acid salt. J. Fish. Res. Bd. Can. 5: 351
- Fatimae, R., Farooqui, B., y Quadri, B. R. 1981. Inosine Monophosphate y Hypoxanthine as indices of quality of shrimp (*Penaeus merguensis*). J. Food Sci. 46: 1125-1127
- Fennema, R. O. 1993. Química de los alimentos. Ed. Acribia. España. pp. 815-865
- Finne, G. 1992. Non protein nitrogen compounds in fish and shellfish. En: Advances in Sea Food Biochemistry. Flick, J. G. y Martin, E. R. Ed. pp 393-401.
- Fletcher, C. G., y Statham, A. J. 1988. Shelf life of sterile yellow-eyed mullet (*Aldricheta forsteri*) at 4° C. J. Food. Sci. 53: 1030-1035
- Frazer, T.H. 1978. Centropomidae. En: FAO species identification sheets for fishery purposes. Fischer, W. Ed. FAO. Rome. pp. 7-9
- Frimodt, C. 1995. Multilingual illustrated guide to the world's commercial coldwater fish. Fishing News Books. Ed. Oxford. pp. 201-215
- Gall, G. A. E., y Crandell, P.A. 1992. The rainbow trout. Aquaculture. 100:1-10

- Geer-Walker, M., y Pull, G. A. 1975. A survey of red and white muscle in marine fish. *J. Fish. Biol.* 7: 295-300.
- Gerba, C. P. 1988. Viral disease transmisión by seafoods. *Food Technology.* 42: 99
- Greene, D. H., Babbitt, J. K., y Reppond, R. D. 1990. Patterns of nucleotide catabolism as freshness indicators in flatfish from the gulf of Alaska. *J. Food Sci.* 55: 1236-1238.
- Greene, D. H., y Bernatt-Byrne. 1990. Adenosine triphosphate catabolites as flavor compounds and freshness in pacific cod and pollock. *J. Food Sci.* 55: 257-258
- Haard F. N. 1995. Foods as a cellular systems: Impact on quality and preservation. A review. *J. Food Biochemistry.* 19: 191-238
- Haard, F. N. 1990. Biochemical reactions in fish muscle during frozen storage. En: *Seafood science and technology.* Graham-Bligh, E. Ed. pp. 176-209
- Hattula, T., Kiesvaara, M., y Moran, M. 1993. Freshness evaluation in European whitefish (*Coregonus wartmanni*) during chill storage. *J. Food Sci.* 58: 1212-1215
- Heemstra, P. C., y Randall, J.E. 1993. FAO species catalogue. Groupers of the world. (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae). En: *An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date.* FAO Fish. Synop. Ed. pp- 47- 55
- Hobbs, G. 1987. Microbiology of fish. En: *Essays in Agricultural and food Microbiology.* Norris, J. R., y Pettifer, G. L., Ed. John Wiley & Sons. Londres. pp. 35-83
- Hoffman, A. 1981. The use of the G. R. Torrymeter for the assessment of freshness of iced tropical fish from the Indian Ocean. *Trop. Sci.* 23: 281-283
- Hultin H. O. 1992. Trimethylamine-N-Oxide (TMAO) demethylation and protein denaturation in fish muscle. In: *Sea Food Biochemistry.* Flick, J. G., y Martin, E. R. Ed. pp 25-42.
- Hultin, H. O. 1992. Characteristics of muscle tissue. En: *Principles of food science.* En: *Food chemistry.* Marcel Dekker. Ed. New York. pp. 577-677
- Isaac, V. J. 1988 Synopsis of biological data on the whitemouth croaker, *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823). FAO Fish. Synop. Ed. pp. 150.
- Jackson, C. T., Acuff, G. R., y Dickson S. J. 1997. Meat, poultry, and seafood. En: *Food microbiology. Fundamentals and Frontiers.* Doyle, P. M., Beauchat, R. L., y Montville, J. T. ed. ASM Press. Washington. pp. 83-94
- Jason, A. C., y Richards, J. C. S. 1975. The development of an electronic fish fresh meter. *J. Physics Scientific Instruments.* 8: 826-828
- Jay, J. M. 1996. *Modern food microbiology.* Ed. Food Sciences Texts Series. New York. pp. 118-130

- Ke, P. R., Ackman, R. G., Linke, B. A., y Nash, D. M. 1970. Differential lipid oxidation in various parts of frozen mackerel. *J. Food Tech.* 12:37-47
- Laycock, R. A., y Regier, L. W. 1971. Trimethylamine producing bacteria in haddock fillets during refrigerated storage. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 28: 305-308
- Leu, S. S., Jhaveri, S. N., Karakoltsidis, P. A., y Constantinides, S. M. 1981. Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*, L): seasonal variation in proximate composition and distribution of chemical nutrients. *J. Food. Sci.* 46:1635-1638
- Liciardello, J. J., Ravesi, E. M., Gerow, S. M., y D'Entremount, D. 1985. Storage characteristics of iced whole loligo squid. En: *Proc. Meet. storage lives of chilled and frozen fish and fish products.* Aberdeen. pp. 197
- Lieske, E., y Myers, R. 1994. Coral reef fishes. Indo-Pacific & Caribbean including the Red Sea. Haper-Collins Pub. pp. 200-231
- Liston, J. 1980. Microbiology in fishery science, En: *Advances in fish science and technology.* Connell, J. J. Ed. Fishing News Books. Inglaterra. pp. 138.
- Lone, G. 1990. Spoilage of three Senegalese fish species stored in ice and ambient temperature. En: *Seafood science and technology.* Graham-Bligh. E. Ed. pp. 225-238
- Love, R.M. 1980. The chemical biology of fishes. Academic Press. Ed. Londres. pp. 868-977
- Lundstrom, R. C., Correia, F. F., y Wilhelm, K. A. 1982. Dimethylamine production in fresh red hake (*Urophycis chuss*): the effect of packaging material, oxygen permeability and cellular damage. *J. Food Biochem.* 6: 229-231
- Luong, J. H. T., Male, K. B., y Nguyen, A. L. 1988. Development of a fish freshness sensor. *American Biotechnology laboratory.* Ed. pp. 1-4.
- Magnusson, H., y Martinsdottir, E. 1995. Storage quality of fresh and frozen-thawed fish in ice. *J. Food. Sci.* 60: 273-278
- Martín, E. R., Gray, J. H. R., y Pierson, D. M. 1978. Quality assessment of fresh fish and the role of naturally occurring microflora. *Food Technol.* 32: 188-198.
- Montgomery, C. D. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Ed. Grupo Iberoamerica. pp. 429-462
- Murata, N., y Sakagushi, M. 1975. Changes in content of free amino acids, trimethylamine and nonprotein nitrogen of oyster during ice storage. *Bull. Jpn. Soc. Fish.* 52: 1986-1988
- Nédélec, C., y Prado, J. 1990. Definition and classification of fishing gear categories. *FAO Fisheries technical paper.* 222. Roma. pp. 5-46.

- Nickelson, R., y Finne, G. 1992. Fish, crustacean, and precooked seafoods. En: Compendium of methods for the microbiological examination of foods. American Public Health Association (APHA). Ed: Washington D.C. pp. 875-895.
- Nickerson, J. T. R., y Goldblith, S. A. 1964. A study of the microbiological quality of haddock fillets and shucked, soft-shelled clams processed and marketed in the greater Boston area. *J. Milk Food Technol.* 27: 7-12
- Pérez-Villareal, B., y Pozo, R. 1990. Chemical composition and ice spoilage of albacore (*Thunnus alalunga*). *J. Food. Sci.* 55: 676-682
- Pérez-Villarreal, B., y Howgate, P. 1987. Spoilage of European hake (*Merluccius merluccius*) in ice. *J. Sci. Food Agric.* 41: 335
- Pivarnik, F. L., Kazantzis, D., Karakoltsidis, A. P., Constantinides, S., Jhaveri, N. S., y Rand, G. A. 1990. Freshness assessment of six New England fish species using the Torrymeter. *J. Food Sci.* 55: 79-82
- Robins, C. R., y Ray, G.C. 1986. A field guide to Atlantic coast fishes of North America. Houghton Mifflin Company. Ed. Boston. pp. 354
- Secretaria de salud. NOM-027-SSA1-1993. Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Productos de la Pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias. pp. 1-4
- Secretaria de salud. NOM-092-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana. Bienes y Servicios. Metodo para la cuenta de bacterias aeróbias. pp. 1-7
- Shaw, B. G., y Shewan, J. M. 1968. Psychrophilic spoilage bacteria of fish. *J. Appl. Bacteriol.* 31: 89-96
- Shewan, J. M. 1960. Fish as food. Vol 1. Borgstrom, G. Ed. Academic. Press, New York. 185-216
- Shewan, J. M. 1971. The microbiology of sea-water fish. In: Fish as food. G. Borgstrom. Ed.. Academic Press. New York. pp. 460-487.
- Shewan, J. M., Macintosh, R. G., Tucker, C. G., y Ehrenberg, A. S. C. 1953. The development of a numerical scoring systems for the sensory assessment of the spoilage of white fish stored in ice. *J. Sci. Food Agric.* 4: 283:298.
- Shireman, J. V., y Smith, C. R. 1983. Synopsis of biological data on the grass, *Ctenopharyngodon idella* (Cuvier and Valenciennes, 1884). FAO Fish. Ed. pp. 84-86
- Sikorski, E. Z., Kolakowka, A., y Burt, R. J. 1990. Postharvest biochemical and microbial changes. En: Seafood: resources, nutritional, composition and preservation. CRC Press Inc. Florida. pp. 55-75.
- Skelton, P. H. 1993. A complete guide to the freshwater fishes of southern. Southern Book Pub. Ltd. pp. 388