



TESIS DE DOCTORADO

**PESCADO CONGELADO: DESARROLLO Y
APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL ÍNDICE DE
CALIDAD (QIM) A DIFERENTES ESPECIES Y
ESTUDIO DE HÁBITOS DE COMPRA Y
CONSUMO**

María del Mar López García

ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN INNOVACION EN SEGURIDAD Y TECNOLOGÍAS ALIMENTARIAS

LUGO

2021





DECLARACIÓN DEL AUTOR DE LA TESIS

Pescado congelado: desarrollo y aplicación del Método del Índice de Calidad (QIM) a diferentes especies y estudio de hábitos de compra y consumo

Dña. María del Mar López García

Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento adecuado al Reglamento, y declaro que:

- 1) La tesis abarca los resultados de la elaboración de mi trabajo.*
- 2) En su caso, en la tesis se hace referencia a las colaboraciones que tuvo este trabajo.*
- 3) La tesis es la versión definitiva presentada para su defensa y coincide con la versión enviada en formato electrónico.*
- 4) Confirmando que la tesis no incurre en ningún tipo de plagio de otros autores ni de trabajos presentados por mí para la obtención de otros títulos.*

En Lugo, 18 de mayo de 2021

Fdo. María del Mar López García



AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR / TUTOR DE LA TESIS

Pescado congelado: desarrollo y aplicación del Método del Índice de Calidad (QIM) a diferentes especies y estudio de hábitos de compra y consumo

Dña. M^a Ángeles Romero Rodríguez

Dña. M^a Lourdes Vázquez Odériz

Don Luis Alberto Ramil Novo

INFORMAN:

Que la presente tesis, se corresponde con el trabajo realizado por Dña. **María del Mar López García**, bajo nuestra dirección, y autorizamos su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como director/as de esta no incurre en las causas de abstención establecidas en la Ley 40/2015.

De acuerdo con lo indicado en el Reglamento de Estudios de Doctorado, declaramos también que la presente tesis doctoral es idónea para ser defendida en base a la modalidad de Monográfica con reproducción de publicaciones, en los que la participación de la doctoranda fue decisiva para su elaboración y las publicaciones se ajustan al Plan de Investigación.

En Lugo, 18 de mayo de 2021





Dña. María del Mar López García declara no tener ningún conflicto de interés en relación con la tesis doctoral titulada:

Pescado congelado: desarrollo y aplicación del Método del Índice de Calidad (QIM) a diferentes especies y estudio de hábitos de compra y consumo



En Lugo, 18 de mayo de 2021

Fdo. María del Mar López García



Es un gran pez y tengo que convencerlo –pensó–. No debo permitirle jamás que se de cuenta de su fuerza ni de lo que podría hacer si echara a correr. Si yo fuera él emplearía ahora toda la fuerza y seguiría hasta que algo se rompiera. Pero, a Dios gracias, los peces no son tan inteligentes como los que los matamos, aunque son más nobles y más hábiles.

Ernest Hemingway (1952). *El viejo y el mar*



AGRADECIMIENTOS

Con estas líneas finaliza la redacción de este documento de tesis. Aprovecho este momento para expresar mi más sincero agradecimiento a todos/as aquellos/as que de alguna forma contribuyeron a que este trabajo llegase a su fin.

En primer lugar, quería dar las gracias a las Directoras y Director del presente trabajo, Dra. M^a Ángeles Romero Rodríguez, Dra. M^a Lourdes Vázquez Odériz y Dr. Luis Alberto Ramil Novo, por brindarme esta oportunidad y poner a mi alcance los medios necesarios, el buen hacer a la hora de dirigir este barco y llevarlo a puerto, y la calidad humana mostrada.

A los miembros de los demás grupos de investigación que participaron en el proyecto “*Establecimiento de umbrales de calidad (sensoriales y químicos) para especies objetivo pesquero no contempladas en el marco legislativo*” (Referencia IOTAL010CT) pertenecientes al: Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR, Departamaneto de Química Analítica, Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia (USC) y Grupo Ingeniería Química (EQ10) de la Escuela de Ingeniería Industrial (UVigo).

A Alejandro, Cristina A., Cristina V., De la Iglesia, Gonzalo, Jos, Matilde, Mónica, Pablo y Raúl, miembros del panel de cata y parte fundamental de este proyecto, por su colaboración desinteresada y profesional.

A mis compañeras de laboratorio, en especial a Vanesa y Belén, por el tiempo compartido, su amistad y compañerismo, y su inestimable colaboración en la realización de las catas. A María López Novo, Beatriz Rielo Ledo y Ester Fernández López, que colaboraron activamente en la fase de investigación de esta tesis cuando realizaban sus trabajos fin de carrera y fin de máster. Al Dr. Juan Mesas, Dr. Manuel Vázquez y Dra. Esther Guerra, *vecinos* de laboratorio, por su comprensión ante la molestias ocasionadas (olores desagradables, ruido, visita de un gato callejero,...). También agradecer al Dr. Juan Mesas por las agradables charlas compartidas.

A los buenos compañeros/as de trabajo que tuve a lo largo de esta etapa, porque el reto de compaginar trabajo y tesis sería aún más complicado sin su colaboración. En especial a Tesalia, Yolanda y Miguel, que fueron lo bueno de un mal año, por su apoyo, guía y buenos consejos. Y a los actuales en el CRAEGA, por la buena acogida, el buen ambiente y su valiosa ayuda que hacen que el trabajo se lleve mejor.

A mis amigos/as, especialmente a Sheila, Carlos y Carmen por su amistad incondicional, su disponibilidad cuando necesito desahogarme o simplemente desconectar, en fin,... por estar presentes dando igual si es una veintena o cientos de kilómetros los que nos separan.

A mi familia, por soportar mis humores y mis nervios y ayudarme a poner las cosas en perspectiva. Por su cariño, ánimos y comprensión en los momentos difíciles y ser partícipes de los buenos momentos, porque, en definitiva, siempre están ahí. Mención especial merece mi prima María José, mi referente en este proceso, por su paciencia infinita y sus respuestas reconfortantes al expresarle mis dudas.

Y un querido recuerdo a mi padrino.

MUCHAS GRACIAS.



RESUMEN

Esta Tesis Doctoral se divide en dos partes. En la primera parte el objetivo principal es utilizar un panel de catadores entrenado para desarrollar y validar un esquema sensorial basado en el Método del Índice de Calidad (QIM) específico para diferentes especies de pescado congelado, de gran importancia comercial y capturadas por buques gallegos congeladores, cuyo destino final es su utilización como materia prima en la industria y/o la venta directa al consumidor final tras la descongelación. El esquema QIM desarrollado para cada especie está diseñado para proporcionar un método eficaz de evaluación de la calidad del pescado una vez descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración. Su aplicabilidad está garantizada mediante un estudio sensorial de validación del esquema QIM específico para cada tipo de pescado. Tras la validación de cada esquema QIM se muestra su aplicación para la estimación de la vida útil y la valoración de su precisión. Por último, se aborda la aplicación de los esquemas QIM para conocer si el tiempo de congelación previo a la descongelación afecta a la calidad sensorial del pescado. Con este fin, se lleva a cabo un estudio sensorial en el cual el pescado, antes de ser evaluado, permanece almacenado en congelación durante un tiempo de hasta un año de duración. Tanto el desarrollo de los esquemas QIM como las aplicaciones examinadas requieren el uso de diversos métodos estadísticos.

En la segunda parte de la Tesis Doctoral el objetivo es realizar un estudio de consumidores para investigar los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos, congelados y descongelados. Para ello, se utiliza el método de la entrevista personal, previo diseño y validación de un cuestionario. Los datos obtenidos se analizan en función de factores demográficos y socioeconómicos utilizando técnicas estadísticas.

RESUMO

Esta Tese Doutoral dividise en dúas partes. Na primeira parte o obxectivo principal é utilizar un panel de catadores adestrado para desenvolver e validar un esquema sensorial baseado no Método do Índice de Calidade (QIM) específico para diferentes especies de peixe conxelado, de grande importancia comercial e capturadas por buques galegos conxeladores, cuxo destino final é a súa utilización materia prima na industria e/ou a venda directa ao consumidor final tras a desconxelación. O esquema QIM desenvolvido para cada especie está deseñado para proporcionar un método eficaz de avaliación da calidade do peixe unha vez desconxelado e almacenado a temperaturas de refrixeración. A súa aplicabilidade está garantida mediante un estudo sensorial de validación do esquema QIM específico para cada tipo de peixe. Tras a validación de cada esquema QIM móstrase a súa aplicación para a estimación da vida útil e a valoración da súa precisión. Por último, abórdase a aplicación dos esquemas QIM para

coñecer se o tempo de conxelación previo á desconxelación afecta á calidade sensorial do peixe. Con este fin lévase a cabo un estudo sensorial no cal o peixe, antes de ser avaliado, permanece almacenado en conxelación durante un tempo de ata un ano de duración. Tanto o desenvolvemento dos esquemas QIM como as aplicacións examinadas requiren o uso de diversos métodos estatísticos.

Na segunda parte da Tese Doutoral o obxectivo é realizar un estudo de consumidores para investigar os hábitos de compra e consumo de produtos pesqueiros frescos, conxelados e desconxelados. Para iso, utilízase o método da entrevista persoal, previo deseño e validación dun cuestionario. Os datos obtidos analízanse en función de factores demográficos e socioeconómicos utilizando técnicas estatísticas.

ABSTRACT

The PhD Thesis is divided into two parts. In the first part the main aim is to use a trained panel of tasters to develop and validate a sensory scheme based on the Quality Index Method (QIM) specific for different species of frozen fish, of great commercial importance and caught by Galician freezer fishing vessels, whose final destination is its use as raw material in the industry and / or direct sale to the final consumer after thawing. The QIM scheme developed for each species is designed to provide an effective method of assessing the quality of fish after thawing and storage at refrigerated temperatures. Its applicability is guaranteed by a sensory validation study of the specific QIM scheme for each type of fish. After the validation of each QIM scheme, its application is shown for the estimation of the self life and the assessment of its precision. Finally, the application of QIM schemes is tackled to determine if freezing time prior to thawing affects the sensory quality of the fish. for this purpose, a sensory study is carried out in which the fish, before being evaluated, remains stored frozen for a period of up to one year. Both the development of the QIM schemes and the applications examined require the use of various statistical methods.

In the second part of the PhD Thesis the aim is to carry out a consumer study to investigate the purchase and consumption habits of fresh, frozen and thawed fishery products. For this, the method of personal interview is used, after designing and validating a questionnaire. The data obtained is analyzed in function of demographic and socioeconomic factors using statistical techniques.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

RESUMEN EXTENSO1

1 INTRODUCCIÓN7

1.1 PRODUCTOS PESQUEROS7

1.1.1 Evolución histórica de la pesca7

1.1.2 Clasificación de las especies de pescado9

1.1.3 Los productos pesqueros como alimento10

1.1.3.1 Agua11

1.1.3.2 Proteínas y otros compuestos nitrogenados11

1.1.3.3 Lípidos11

1.1.3.4 Minerales12

1.1.3.5 Vitaminas13

1.1.3.6 Hidratos de carbono13

1.2 MÉTODOS DE CONSERVACIÓN13

1.2.1 Conservación del pescado en hielo15

1.2.2 Congelación del pescado16

1.2.2.1 Cadena de procesado del pescado congelado17

1.3 EVALUACIÓN SENSORIAL19

1.3.1 Desarrollo histórico del análisis sensorial19

1.3.2 Campo de aplicación del análisis sensorial22

1.3.3 La percepción y los sentidos22

1.3.3.1 La vista23

1.3.3.2 El olfato24

1.3.3.3 El gusto24

1.3.3.4 El tacto25

1.3.3.5 El oído26

1.3.4 Aspectos metodológicos del análisis sensorial26

1.3.4.1 El entorno de la medida sensorial26

1.3.4.2 El director del panel28

1.3.4.3 Las muestras29

1.3.4.4 El grupo de sujetos30

1.3.4.5 Pruebas sensoriales32

1.3.4.5.1 Pruebas afectivas o hedónicas32

1.3.4.5.2 Pruebas discriminativas32

1.3.4.5.3 Pruebas descriptivas.....	33
1.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PESCADO.....	33
1.5 REFERENCIAS.....	34
2. OBJETIVOS.....	41
3. DESARROLLO Y VALIDACIÓN DEL ESQUEMA QIM Y DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL PARA PESCADO CONGELADO.....	43
3.1 INTRODUCCIÓN	43
3.2 OBJETIVOS	46
3.3 MATERIAL Y MÉTODOS	47
3.3.1 Muestras.....	47
3.3.1.1 Procesado y transporte de las muestras	63
3.3.1.2 Preparación de las muestras para el análisis sensorial	67
3.3.2 Análisis sensorial	70
3.3.2.1 Sesiones de cata para el desarrollo del esquema QIM	71
3.3.2.2 Sesiones de cata para la validación del esquema QIM y determinación de la vida útil.....	72
3.3.3 Análisis estadístico	73
3.3.3.1 Tratamiento estadístico para la selección de descriptores.....	73
3.3.3.2 Métodos de validación del esquema QIM.....	76
3.3.3.3 Determinación de la vida útil	77
3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	79
3.4.1 Halibut negro entero	80
3.4.1.1 Desarrollo del esquema QIM	80
3.4.1.2 Validación	90
3.4.1.3 Vida útil.....	93
3.4.2 Halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola.....	96
3.4.2.1 Desarrollo del esquema QIM por adaptación.....	96
3.4.2.2 Validación	99
3.4.2.3 Vida útil.....	101
3.4.3 Platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola	104
3.4.3.1 Desarrollo del esquema QIM por adaptación.....	104
3.4.3.2 Validación	108
3.4.3.3 Vida útil.....	110
3.4.4 Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel.....	112
3.4.4.1 Desarrollo del esquema QIM	112
3.4.4.2 Validación	119
3.4.4.3 Vida útil.....	121
3.4.5 Filetes de talismán sin piel.....	122
3.4.5.1 Desarrollo del esquema QIM por adaptación.....	122
3.4.5.2 Validación	125

3.4.5.3 Vida útil	127
3.4.6 Pez sable negro entero sin piel.....	129
3.4.6.1 Desarrollo del esquema QIM	129
3.4.7 Pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	136
3.4.7.1 Desarrollo del esquema QIM por adaptación	136
3.4.7.2 Validación	139
3.4.7.3 Vida útil	141
3.4.8 Pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola.....	143
3.4.8.1 Desarrollo del esquema QIM	143
3.4.8.2 Validación	148
3.4.8.3 Vida útil	150
3.4.9 Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola	152
3.4.9.1 Desarrollo del esquema QIM por adaptación	152
3.4.9.2 Validación	155
3.4.9.3 Vida útil	157
3.4.10 Alas de raya sin piel.....	159
3.4.10.1 Desarrollo del esquema QIM	159
3.4.10.2 Validación	163
3.4.10.3 Vida útil	165
3.4.11 Nuevas propuestas para la determinación de la vida útil	167
3.4.11.1 Evaluación de las nuevas propuestas en otros contextos	173
3.5 CONCLUSIONES.....	176
3.6 REFERENCIAS	178
4. APLICACIÓN DEL ESQUEMA QIM EN PESCADO CONGELADO A LO LARGO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	189
4.1 INTRODUCCIÓN	189
4.1.1 Alteraciones en la calidad del pescado producidas por la congelación	189
4.2 OBJETIVOS.....	191
4.3 MATERIAL Y MÉTODOS.....	191
4.3.1 Muestras	191
4.3.2 Análisis sensorial.....	193
4.3.3 Esquemas QIM	193
4.3.4 Análisis estadístico	193
4.3.4.1 Análisis de regresión y análisis de la covarianza para el estudio de la evolución del QI tras la descongelación.....	194
4.3.4.2 Análisis de la varianza para el estudio del efecto del tiempo previo en congelación sobre el QI.....	198
4.4 RESULTADOS.....	199
4.4.1 Halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola	201
<i>a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio</i>	<i>202</i>
<i>b. Evolución del QI en el periodo de vida útil</i>	<i>202</i>

4.4.2 Platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola	203
<i>a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio</i>	<i>204</i>
<i>b. Evolución del QI en el periodo de vida útil</i>	<i>204</i>
4.4.3 Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	205
<i>a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio</i>	<i>206</i>
<i>b. Evolución del QI en el periodo de vida útil</i>	<i>209</i>
4.4.4 Filetes de talismán sin piel	210
<i>a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio</i>	<i>211</i>
<i>b. Evolución del QI en el periodo de vida útil</i>	<i>214</i>
4.4.5 Pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	216
<i>a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio</i>	<i>217</i>
<i>b. Evolución del QI en el periodo de vida útil</i>	<i>217</i>
4.4.6 Pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola	218
<i>a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio</i>	<i>218</i>
<i>b. Evolución del QI en el periodo de vida útil</i>	<i>219</i>
4.4.7 Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola	220
<i>a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio</i>	<i>220</i>
<i>b. Evolución del QI en el periodo de vida útil</i>	<i>221</i>
4.4.8 Alas de raya sin piel	222
<i>a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio</i>	<i>223</i>
<i>b. Evolución del QI en el periodo de vida útil</i>	<i>223</i>
4.5 CONCLUSIONES	224
4.6 REFERENCIAS	225
5 ANÁLISIS DE LOS HÁBITOS DE COMPRA Y CONSUMO DE PRODUCTOS PESQUEROS.....	227
5.1 INTRODUCCIÓN	227
5.2 OBJETIVOS	230
5.3 MATERIAL Y MÉTODOS	230
5.3.1 Cuestionario.....	230
5.3.2 Técnicas de análisis de datos	235
5.3.2.1 Análisis exploratorio de los datos demográficos y socioeconómicos y de los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros.....	235
5.3.2.2 Asociación entre hábitos de compra y consumo y factores demográficos y socioeconómicos	235
5.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	239
5.4.1 Análisis exploratorio de los datos demográficos y socioeconómicos y de los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros	239
5.4.1.1 Datos demográficos y socioeconómicos del hogar	239
5.4.1.2 Hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos, congelados y descongelados	241

5.4.2 Asociación entre hábitos de compra y consumo y factores demográficos y socioeconómicos del hogar	251
5.4.2.1 Factores relacionados con el grado de decisión en la compra	253
5.4.2.2 Factores relacionados con el hábito de compra y consumo de productos pesqueros frescos.....	254
5.4.2.2.1 <i>Análisis de las relaciones mediante comparaciones por pares de grupos</i>	<i>262</i>
5.4.2.3 Factores relacionados con el hábito de compra y consumo de productos pesqueros congelados	266
5.4.2.3.1 <i>Análisis de las relaciones mediante comparaciones por pares de grupos</i>	<i>272</i>
5.4.2.4 Factores relacionados con el hábito de compra y consumo de productos pesqueros descongelados.....	276
5.4.2.4.1 <i>Análisis de las relaciones mediante comparaciones por pares de grupos</i>	<i>278</i>
5.4.2.5 Comparación de la edad media de los compradores de los diferentes productos	280
5.5 CONCLUSIONES.....	282
5.6 REFERENCIAS	283
6 CONCLUSIONES	291
APÉNDICE	



LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Utilización y consumo de pescado a nivel mundial 1950-2018 (adaptada de FAO, 2020).....	8
Figura 1.2. Utilización de la producción mundial de pescado 1962-2018 (adaptada de FAO, 2020).....	15
Figura 1.3. Cadena de procesado del pescado congelado desde la captura hasta el almacenamiento y la distribución (adaptada de Warm et al., 1998)	17
Figura 1.4. Esquema representativo de la idea sobre la medida de la calidad sensorial predominante en el periodo 1950-1970 de Costell y Durán (adaptada de Sancho et al., 1999)	21
Figura 1.5. Esquema del concepto actual de la calidad sensorial de Costell y Durán (adaptada de Sancho et al., 1999).....	21
Figura 1.6. Sensogama. Representación esquemática de las impresiones que se perciben a través del análisis sensorial (adaptada de Sancho et al., 1999)	23
Figura 1.7. Sala de cata y cabina de cata individual (Área de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de Lugo)	27
Figura 1.8. Proceso para la selección, entrenamiento y control de catadores expertos y catadores semientrenados (adaptada de UNE-EN ISO 8586:2014).....	31
Figura 3.1. Cadena productiva del pescado (adaptada de Cheng et al., 2015).....	45
Figura 3.2. De izquierda a derecha, buques de las compañías pesqueras Hermanos Gandón (B/C Esperanza Menduiña), Armadora Pereira (B/C Puente Sabarís) y Moradiña (B/C Playa Menduiña dos) (adaptada de https://www.balticshipping.com/ , 2021 y http://hermanosgandon.com/ , 2021).....	48
Figura 3.3. Caladeros: NAFO zona FAO nº 21, Hatton Bank zona FAO nº 27 y Zona FAO nº 41 (adaptada de FAO 2017a)	48
Figura 3.4. Mapa de distribución del halibut negro (adaptada de Froese y Pauly, 2017)	49
Figura 3.5. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas del halibut negro (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c).....	49
Figura 3.6. Mapa de distribución de la platija americana (adaptada de Froese y Pauly, 2017).....	51
Figura 3.7. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas de la platija americana (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)	51
Figura 3.8. Mapa de distribución del granadero de roca (adaptada de Froese y Pauly, 2017).....	53

Figura 3.9. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas del granadero de roca (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)	53
Figura 3.10. Mapa de distribución del talismán (adaptada de Froese y Pauly, 2017)	55
Figura 3.11. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas de talismán (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)	55
Figura 3.12. Mapa de distribución del pez sable (adaptada de Froese y Pauly, 2017)	56
Figura 3.13. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas del pez sable negro (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c).....	57
Figura 3.14. Mapa de distribución del pez palo (adaptada de Froese y Pauly, 2017)	58
Figura 3.15. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas del pez palo (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)	58
Figura 3.16. Mapa de distribución de la rosada (adaptada de Froese y Pauly, 2017).....	59
Figura 3.17. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas de la rosada (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)	60
Figura 3.18. Mapa de distribución de la <i>Amblyraja radiata</i> (adaptada de Froese y Pauly, 2017).....	61
Figura 3.19. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas de la Familia Rajidae en el Atlántico Norte (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)	62
Figura 3.20. Sistema laminado (a) y pez sable negro eviscerado laminado (b).....	63
Figura 3.21. Sistema interfoliado (a) y filetes de talismán interfoliado (b)	63
Figura 3.22. Platija americana envuelta (a) y rosada envuelta (b)	64
Figura 3.23. Platija americana (a) y pez palo (b) en caja de 10 kg	64
Figura 3.24. Rosada en caja con tapa.....	65
Figura 3.25. Alas de raya en caja grande	65
Figura 3.26. Muestras de granadero de roca almacenadas en el arcón congelador de la Facultad de Veterinaria a -18 °C	67
Figura 3.27. Bandeja de plástico alimentario con rejilla (a) y platija americana descongelándose en bandeja de plástico alimentario con rejilla y cubierta con film transparente (b).....	67
Figura 3.28. Rosada descongelada durante el almacenamiento refrigerado cubierta de hielo	68
Figura 3.29. Halibut negro eviscerado en bandeja de plástico cubierto de hielo (a) y rosada en bandeja de plástico cubierta de hielo y tapada con film transparente (b)	68

Figura 3.30. Ejemplos de calendarios de descongelación. Fase del desarrollo del esquema QIM del halibut negro entero (a). Fase de validación del esquema QIM del halibut negro eviscerado sin cabeza y sin cola (b). Fase inicial del estudio de almacenamiento a temperaturas de congelación durante un año del halibut negro eviscerado sin cabeza y sin cola (c)	69
Figura 3.31. Sala de cata (a) y catadores realizando una cata (b).....	71
Figura 3.32. Cabina preparada para la evaluación del halibut negro entero (a) y filete de talismán (b).....	73
Figura 3.33. Ejemplo de la posible estructura de un conjunto de 6 descriptores provisionales (DP) y su correspondiente modelo estadístico para el análisis factorial (adaptada de Pripp, 2013)	74
Figura 3.34. Galería fotográfica del halibut negro entero descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración.....	89
Figura 3.35. Puntuaciones medias de los descriptores del halibut negro entero evaluados con el esquema QIM	91
Figura 3.36. Valores medios del QI del halibut negro entero frente a los días en refrigeración y la correspondiente recta mínimo cuadrática con el coeficiente de correlación asociado.....	93
Figura 3.37. Estimación por el método de regresión inversa del número de días en refrigeración del halibut negro entero, utilizando la técnica de validación cruzada. La línea de referencia es la bisetriz.....	94
Figura 3.38. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales para el halibut negro entero.....	95
Figura 3.39. Ajuste mínimo cuadrático del modelo de regresión lineal por el origen, $Y=aX^*$, y procedimiento de cálculo del intervalo del 95% de confianza para el tiempo de vida útil del halibut negro entero en base al método de predicción inversa	95
Figura 3.40. Galería fotográfica del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración	98
Figura 3.41. Puntuaciones medias de los descriptores del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola evaluados con el esquema QIM	100
Figura 3.42. Valores medios del QI del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola frente a los días en refrigeración y la correspondiente recta mínimo cuadrática con el coeficiente de correlación asociado	101
Figura 3.43. Polinomio de grado dos ajustado por el método de mínimos cuadrados para el halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola.....	102
Figura 3.44. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales para el halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola.....	104
Figura 3.45. Galería fotográfica de la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración.....	107

Figura 3.46. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM	109
Figura 3.47. Recta de regresión del QI medio de la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado.....	110
Figura 3.48. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales para la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola	111
Figura 3.49. Galería fotográfica del granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración	118
Figura 3.50. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel con el esquema QIM	120
Figura 3.51. Recta de regresión del QI medio del granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado	121
Figura 3.52. Galería fotográfica de los filetes de talismán sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración	124
Figura 3.53. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en filetes de talismán sin piel con el esquema QIM	126
Figura 3.54. Recta de regresión del QI medio del talismán sin piel en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado	127
Figura 3.55. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales para filetes de talismán sin piel	128
Figura 3.56. Galería fotográfica del pez sable negro entero sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración	135
Figura 3.57. Galería fotográfica del pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración	138
Figura 3.58. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel con el esquema QIM	140
Figura 3.59. Recta de regresión del QI medio del pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado.....	141
Figura 3.60. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales en pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel.....	142
Figura 3.61. Galería fotográfica del pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración.....	147
Figura 3.62. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM	149
Figura 3.63. Recta de regresión del QI medio del pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado	150

Figura 3.64. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales en pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola	151
Figura 3.65. Galería fotográfica de la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración.....	154
Figura 3.66. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM.....	156
Figura 3.67. Recta de regresión del QI medio de la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado.....	157
Figura 3.68. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales en rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola.....	158
Figura 3.69. Galería fotográfica de las alas de raya sin piel descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración.....	162
Figura 3.70. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en alas de raya sin piel con el esquema QIM	164
Figura 3.71. Recta de regresión del QI medio de alas de raya sin piel en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado	165
Figura 3.72. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales en alas de raya sin piel	166
Figura 3.73. Ajustes mínimo cuadráticos del modelo de regresión lineal $Y = a + bX^*$, en donde Y es el QI medio y X^* es la raíz cuadrada de los días en refrigeración	171
Figura 3.74. Funciones de regresión estimadas, $f(x) = a + b\sqrt{X}$, que se derivan de los correspondientes ajustes mínimo cuadráticos de la Figura 3.73	172
Figura 3.75. Ajustes mínimo cuadráticos de un modelo potencial $Y = aX^b$ (izquierda) y un modelo lineal del tipo $Y = a + b\sqrt{X}$ (derecha) en especies frescas.....	176
Figura 4.1. Esquema del procedimiento utilizado para la comparación de rectas de regresión de las cuatro fases.....	195
Figura 4.2. Esquema del procedimiento utilizado para la comparación de las fases mediante modelos de regresión y de análisis de la covarianza	197
Figura 4.3. Esquema del procedimiento utilizado para la comparación de las fases mediante modelos de análisis de la varianza.....	199
Figura 4.4. Halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4).....	201
Figura 4.5. Platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4).....	204

Figura 4.6. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)	206
Figura 4.7. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel (periodo del esquema QIM): ajustes de las tendencias de evolución del QI en función del número de días en refrigeración basados en el modelo ANCOVA	207
Figura 4.8. Filetes de talismán sin piel: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2) y 8 meses (fase3).....	210
Figura 4.9. Filetes de talismán sin piel: ajustes de las tendencias de evolución del QI medio en función del número de días en refrigeración basados en el modelo ANCOVA en términos de $\ln(Y)$ y $\ln(X)$ (izquierda) y ajustes potenciales que se derivan de los anteriores (derecha)	212
Figura 4.10. Pez sable eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)	216
Figura 4.11. Pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)	218
Figura 4.12. Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)	220
Figura 4.13. Alas de raya sin piel: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)	222
Figura 5.1. Evolución anual de compra de productos pesqueros (millones kg) 2008-2019 (adaptada de MAPA, 2020)	229
Figura 5.2. Cuestionario para la evaluación de hábitos de compra y consumo de productos pesqueros.....	234
Figura 5.3. Distribución de los encuestados por grado de decisión y sexo.....	239
Figura 5.4. Distribución de los encuestados en función de los factores personales: sexo y edad (a), nivel de estudios (b) y situación laboral (c).....	240
Figura 5.5. Distribución de los encuestados en función de los factores socioeconómicos del hogar: número de personas (a), personas con ingresos (b) y nivel de ingresos (c).....	241
Figura 5.6. Porcentaje de encuestados que compra cada tipo de producto pesquero	242
Figura 5.7. Motivos de compra de productos pesqueros congelados (a) y motivos de no compra de productos pesqueros congelados (b)	243

Figura 5.8. Porcentaje de encuestados que cambian o no su respuesta al preguntarles de nuevo si compran productos pesqueros descongelados (a). Porcentaje de encuestados que cambian su respuesta en función de la respuesta dada al preguntarles por primera vez si compran productos pesqueros descongelados (b).....	244
Figura 5.9. Motivos de compra de productos pesqueros descongelados (a) y motivos de no compra de productos pesqueros descongelados (b)	244
Figura 5.10. Relación de especies de pescado que compran los encuestados: fresco (a), congelado (b) y descongelado (c).....	247
Figura 5.11. Relación de especies de crustáceos y moluscos frescos (a) y (d), congelados (b) y (e) y descongelados (c) y (f) entre los que compran dichos productos (frescos, congelados y descongelados).....	248
Figura 5.12. Lugar de compra de productos pesqueros frescos (a), congelados (b) y descongelados (c)	250
Figura 5.13. Formato de compra de productos pesqueros congelados	251
Figura 5.14. Distribución del grado de decisión en la compra en función del sexo.....	254
Figura 5.15. Factores personales sociodemográficos relacionados con el hábito de compra de productos pesqueros frescos. Sexo (a), grupos de edad (b) y situación laboral (c).....	255
Figura 5.16. Factores socioeconómicos del hogar relacionados con el hábito de compra de productos pesqueros frescos. Personas con ingresos en el hogar (a) y nivel de ingresos en el hogar (b)	257
Figura 5.17. Factores personales demográficos relacionados con los hábitos de compra de productos pesqueros frescos. Grupos de edad (a) y situación laboral de la persona (b).....	259
Figura 5.18. Relación entre la situación laboral de los compradores y el tipo de producto fresco que se compra	259
Figura 5.19. Factores relacionados con la frecuencia de consumo de productos pesqueros frescos. Grupos de edad (a), número de personas con ingresos (b) y nivel de ingresos del hogar (c).....	261
Figura 5.20. Relación entre el tipo de producto fresco que se compra y el lugar de compra.....	262
Figura 5.21. Resultados de la compra de productos pesqueros frescos en función de los factores personales demográficos con los que está relacionada o hay indicios de relación. Sexo (a), grupos de edad (b) y situación laboral (c)	263
Figura 5.22. Resultados de la compra de productos pesqueros frescos en función de los factores socioeconómicos del hogar con los que está relacionada o hay indicios de relación. Número de personas que reciben ingresos en el hogar (a) y nivel ingresos del hogar con respecto a 1.888€ (b).....	264
Figura 5.23. Resultados de la compra de crustáceos frescos y de pescado fresco en función de los factores con los que están relacionados o hay indicios de relación. Grupos de edad (a) y situación laboral (b)	266

Figura 5.24. Hábito de compra de productos pesqueros congelados en función del nivel de ingresos del hogar	267
Figura 5.25. Relación de la situación laboral con la compra de productos pesqueros congelados. Compra de crustáceos congelados (a) y el lugar de compra (b)	269
Figura 5.26. Factores socioeconómicos relacionados con la compra de productos pesqueros congelados. Número de personas en el hogar (a) y personas con ingresos en el hogar (b).....	270
Figura 5.27. Relación entre el lugar de compra de productos congelados y el número de personas con ingresos en el hogar	270
Figura 5.28. Relación entre otros factores con la compra de productos congelados	272
Figura 5.29. Resultados de la compra de productos pesqueros congelados en función de los factores socioeconómicos del hogar con los que está relacionada o hay indicios de relación. Nivel ingresos del hogar con respecto a 1.888€.....	272
Figura 5.30. Resultados de la compra de crustáceos, pescado y moluscos congelados en función de los factores con los que están relacionados o hay indicios de relación. Situación laboral (a), número de personas que viven en el hogar (b) y número de personas que reciben ingresos en el hogar (c).....	273
Figura 5.31. Factores socioeconómicos relacionados con el hábito de compra de productos pesqueros descongelados	278
Figura 5.32. Resultados de la compra de crustáceos descongelados en función del nivel de estudios	279
Figura 5.33. Comparación de edades en relación con la compra de productos frescos.....	281
Figura 5.34. Comparación de edades en relación con la compra de productos congelados ..	282

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Producción, utilización y comercio de la pesca y la acuicultura, en millones de t, en el mundo entre 1986 y 2018 (FAO, 2020)	9
Tabla 3.1. Relación de estudios científicos en los que se desarrolla o revisa el método QIM.....	44
Tabla 3.2. Especies y presentaciones analizadas	47
Tabla 3.3. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para halibut negro (NARV 20014, 2009).....	50
Tabla 3.4. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para platija americana (NARV 20024, 2009).....	52
Tabla 3.5. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para granadero de roca (NARV 20019, 2009).....	54
Tabla 3.6. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para talismán (NARV 20027, 2009).....	56
Tabla 3.7. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para pez sable negro (NARV 20026, 2009)	57
Tabla 3.8. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para pez palo (NARV 20021, 2009).....	59
Tabla 3.9. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para rosada (NARV 20039, 2009).....	60
Tabla 3.10. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para <i>Raja</i> spp. (NARV 20025, 2009)	62
Tabla 3.11. Características de las muestras de las especies estudiadas	66
Tabla 3.12. Ejemplares y su uso en etapas del estudio para cada producto pesquero	70
Tabla 3.13. Media geométrica de los 34 descriptores iniciales del halibut negro entero	82
Tabla 3.14. Análisis Factorial con extracción de factores por el método de Análisis de Componentes Principales para el halibut negro entero.....	83
Tabla 3.15. Análisis Factorial con extracción de factores (rotados por el método Varimax) por el método de Análisis de Componentes Principales para el halibut negro entero	84
Tabla 3.16. Esquema QIM para el halibut negro entero descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración	87
Tabla 3.17. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en el halibut negro entero con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración.....	90

Tabla 3.18. Vida útil del halibut negro entero, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. Y= QI medio, X= el número de días descongelado, $X^*=X^{0,5972}$	96
Tabla 3.19. Esquema QIM para el halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración	97
Tabla 3.20. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración.....	99
Tabla 3.21. Vida útil del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. Y= QI medio, X= el número de días descongelado, $X^*=X^{0,5785}$	104
Tabla 3.22. Esquema QIM para la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración.....	106
Tabla 3.23. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración...	108
Tabla 3.24. Vida útil de la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. Y= QI medio, X= el número de días descongelado, $X^*=X^{0,5825}$	111
Tabla 3.25. Media geométrica de los 26 descriptores iniciales del granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	113
Tabla 3.26. Análisis Factorial con extracción de factores (rotados por el método Varimax) por el método de Análisis de Componentes Principales para el granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	114
Tabla 3.27. Esquema QIM para granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración	117
Tabla 3.28. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración	119
Tabla 3.29. Vida útil del ganadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. Y= QI medio, X= el número de días descongelado	122
Tabla 3.30. Esquema QIM para filetes de talismán sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración	123
Tabla 3.31. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en filetes de talismán sin piel con el esquema QIM y correlación con los días en almacenamiento refrigerado	125
Tabla 3.32. Vida útil de filetes de talismán sin piel, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. Y= QI medio, X= el número de días descongelado, $X^*=X^{0,7297}$	129

Tabla 3.33. Media geométrica de los 22 descriptores iniciales del pez sable negro entero sin piel.....	130
Tabla 3.34. Análisis Factorial con extracción de factores (rotados por el método Varimax) por el método de Análisis de Componentes Principales en pez sable negro entero sin piel	131
Tabla 3.35. Esquema QIM para el pez sable negro entero sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración	134
Tabla 3.36. Esquema QIM para el pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración.....	137
Tabla 3.37. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración.....	139
Tabla 3.38. Vida útil del pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. $Y = \text{QI medio}$, $X = \text{el número de días descongelado}$, $X^* = X^{0,5826}$	142
Tabla 3.39. Media geométrica de los 13 descriptores iniciales del pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola	143
Tabla 3.40. Análisis Factorial con extracción de factores (rotados por el método Varimax) por el método de Análisis de Componentes Principales en pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola	144
Tabla 3.41. Esquema QIM para el pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración.....	146
Tabla 3.42. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración	148
Tabla 3.43. Vida útil del pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. $Y = \text{QI medio}$, $X = \text{el número de días descongelado}$, $X^* = X^{0,6570}$	151
Tabla 3.44. Esquema QIM para la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración.....	153
Tabla 3.45. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración	155
Tabla 3.46. Vida útil de la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. $Y = \text{QI medio}$, $X = \text{el número de días descongelado}$, $X^* = X^{0,6126}$	158
Tabla 3.47. Media geométrica de los 11 descriptores iniciales de alas de raya sin piel.....	159
Tabla 3.48. Esquema QIM para alas de raya sin piel descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración	161

Tabla 3.49. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en alas de raya sin piel con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración	163
Tabla 3.50. Vida útil de alas de raya sin piel, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. Y = QI medio, X = el número de días descongelado, $X^* = X^{0,5536}$	166
Tabla 3.51. Coeficiente b del modelo potencial $\hat{Y} = aX^b$ para las especies y presentaciones en las que se utiliza dicho ajuste para predecir la vida útil.....	168
Tabla 3.52. Coeficientes de correlación $R = r_{Y\hat{Y}}$ de los ajustes mínimo cuadráticos de Y =”QI” en función de X =”días en refrigeración” correspondientes al modelo potencial $Y = aX^b$ y al modelo lineal del tipo $Y = a + b\sqrt{X}$ en pescado descongelado	169
Tabla 3.53. Intervalos de confianza del 95% para los tiempos de vida útil calculados por el método de inversión a partir de los intervalos de predicción del QI. Modelos de referencia estimados: el ajuste potencial $Y = aX^b$ obtenido por el método de mínimos cuadrados no lineales y el ajuste del modelo lineal (respecto a \sqrt{X}) $Y = a + b\sqrt{X}$ obtenido por el método de mínimos cuadrados ordinario	169
Tabla 3.54. Intervalos de confianza del 95% para los tiempos de vida útil calculados por el método de inversión a partir de los intervalos de estimación del QI medio. Modelos de referencia estimados: el ajuste potencial $Y = aX^b$ obtenido por el método de mínimos cuadrados no lineales y el ajuste del modelo lineal (respecto a \sqrt{X}) $Y = a + \sqrt{X}$ obtenido por el método de mínimos cuadrados ordinario	173
Tabla 3.55. Coeficientes de correlación $R = r_{Y\hat{Y}}$ de los ajustes mínimo cuadráticos de Y =”QI” en función de X =”días en refrigeración” correspondientes a los modelos lineal, potencial y lineal respecto a \sqrt{X} en especies de pescado fresco	174
Tabla 4.1. Especies y presentaciones seleccionadas	191
Tabla 4.2. Calendario de análisis de las diferentes especies y presentaciones en cada fase	192
Tabla 4.3. Días de almacenamiento a temperaturas de refrigeración de cada una de las especies y presentaciones congeladas	193
Tabla 4.4. Notación de los QI medios a analizar para cada especie	194
Tabla 4.5. Coeficientes de las rectas de regresión de cada fase, en donde Y =valor QI medio y X =días en refrigeración	194
Tabla 4.6. Valores QI medios para cada especie y presentación a lo largo de un año de almacenamiento a temperaturas de congelación	200
Tabla 4.7. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para el halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2.....	202

Tabla 4.8. Comparación de fases en el periodo de vida útil para el halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	203
Tabla 4.9. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	204
Tabla 4.10. Comparación de fases en el periodo de vida útil para la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	205
Tabla 4.11. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para el granadero de roca eviscerado, sin cabeza, cola y sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	206
Tabla 4.12. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel (periodo del esquema QIM): comparaciones por pares del efecto fase mediante el método de la mínima diferencia significativa en base al modelo ANCOVA.....	207
Tabla 4.13. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, comparaciones de la Figura 4.3 en el periodo QIM: p -valor del test de Tukey (H_0) y del F test de un efecto de la fase nulo (H_0^*) y coeficientes de determinación de los modelos de referencia	208
Tabla 4.14. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: comparaciones por pares del efecto fase (en el periodo completo de estudio) mediante el método de la mínima diferencia significativa en base al modelo ANOVA II sin interacción	208
Tabla 4.15. Comparación de fases en el periodo de vida útil para el granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	209
Tabla 4.16. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, comparaciones de la Figura 4.3 en el periodo de vida útil: p -valor del test de Tukey (H_0) y del F test de un efecto de la fase nulo (H_0^*) y coeficientes de determinación de los modelos de referencia.....	209
Tabla 4.17. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para filetes de talismán sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	211
Tabla 4.18. Filetes de talismán sin piel (periodo del esquema QIM): comparaciones por pares del efecto fase mediante el método de la mínima diferencia significativa en base al modelo ANCOVA.....	213
Tabla 4.19. Filetes de talismán sin piel, comparaciones de la Figura 4.3 en el periodo completo de estudio: p -valor del test de Tukey (H_0) y del F test de un efecto de la fase nulo (H_0^*) y coeficientes de determinación del modelo de referencia	213

Tabla 4.20. Comparación de fases en el periodo de vida útil para filetes de talismán sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	214
Tabla 4.21. Filetes de talismán sin piel (periodo de vida útil): comparaciones por pares del efecto fase mediante el método de la mínima diferencia significativa en base al modelo ANCOVA.....	214
Tabla 4.22. Filetes de talismán sin piel, comparaciones de la Figura 4.3 en el periodo de vida útil: p -valor del test de Tukey (H_0) y del F test de un efecto de la fase nulo (H_0^*) y coeficientes de determinación de los modelos de referencia	215
Tabla 4.23. Filetes de talismán sin piel (periodo de vida útil): comparaciones por pares del efecto fase mediante el método de la mínima diferencia significativa en base al modelo ANOVA II sin interacción	215
Tabla 4.24. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para el pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	217
Tabla 4.25. Comparación de fases en el periodo de vida útil para el pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	217
Tabla 4.26. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para el pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2.....	219
Tabla 4.27. Comparación de fases en el periodo de vida útil para el pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	219
Tabla 4.28. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2.....	221
Tabla 4.29. Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola, comparaciones de la Figura 4.3 en el periodo QIM: p -valor del test de Tukey (H_0) y del F test de un efecto de la fase nulo (H_0^*) y coeficientes de determinación de los modelos de referencia.....	221
Tabla 4.30. Comparación de fases en el periodo de vida útil para la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	222
Tabla 4.31. Comparación de fases en el periodo QIM para las alas de raya sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	223
Tabla 4.32. Comparación de fases en el periodo de vida útil para las alas de raya sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2	224
Tabla 5.1. Distribuciones de frecuencia tipo para el análisis estadístico, parte superior: variable respuesta dicotómica, parte inferior: variable respuesta con múltiples categorías.....	236

Tabla 5.2. Relación de los tipos de productos frescos, congelados y descongelados que compran los encuestados	245
Tabla 5.3. Frecuencia de consumo de productos pesqueros frescos, congelados y descongelados	249
Tabla 5.4. Variables de respuesta analizadas. En la primera fase, $n=103$ entrevistados; en la segunda fase, según corresponda: $n=97$ compradores de frescos, $n=79$ compradores de congelados o $n=71$ compradores de descongelados	252
Tabla 5.5. Categorías consideradas para las variables Y_7 , Y_8 e Y_9	252
Tabla 5.6. Notación para los resultados de los tests de independencia	252
Tabla 5.7. Contrastes de independencia de cada factor con el grado de decisión en la compra ($n=103$ entrevistados)	253
Tabla 5.8. Contrastes de independencia de cada factor con el hábito de compra de productos pesqueros frescos ($n=103$ entrevistados)	254
Tabla 5.9. Contrastes de independencia de cada factor con los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos ($n=97$ compradores de productos pesqueros frescos).....	258
Tabla 5.10. Comparaciones de grupos por pares en relación a la compra de productos pesqueros frescos y crustáceos frescos	265
Tabla 5.11. Contrastes de independencia de cada factor con el hábito de compra de productos pesqueros congelados ($n=103$).....	267
Tabla 5.12. Contrastes de independencia de cada factor con los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros congelados ($n=79$ compradores de productos congelados)	268
Tabla 5.13. Contrastes de independencia para productos pesqueros congelados de los factores frecuencia de consumo, tipo de producto que compra, lugar de compra y formato de compra. Resultados del test exacto de Fisher.....	271
Tabla 5.14. Comparaciones de grupos por pares en relación a la compra de productos pesqueros congelados	274
Tabla 5.15. Contrastes de independencia de cada factor con el hábito de compra de productos pesqueros descongelados ($n=103$ entrevistados)	276
Tabla 5.16. Contrastes de independencia de cada factor con los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros descongelados ($n=71$ compradores de productos descongelados).....	277
Tabla 5.17. Comparaciones de grupos por pares en relación a la compra de crustáceos descongelados	279
Tabla 5.18. Contrastes de comparación de las edades medias de las personas que no compran y las que compran determinados productos pesqueros.....	280



RESUMEN EXTENSO

La conservación de alimentos comprende aquellas acciones llevadas a cabo a fin de mantener los alimentos con las propiedades deseadas durante el mayor tiempo posible. La aplicación de diferentes métodos de conservación facilita, por una parte, la disponibilidad de alimentos a la población y, por otra parte, minimiza la temporalidad de algunos alimentos. El consumidor actual manifiesta claras preferencias por aquellos alimentos que se comercializan con características semejantes a las de su estado fresco. Sometiendo el pescado a la acción del frío se conservan tanto su valor nutritivo como sus características organolépticas y es el método más utilizado para la conservación del pescado hasta su llegada al consumidor.

La Tesis Doctoral “*Pescado congelado: desarrollo y aplicación del Método del Índice de Calidad (QIM) a diferentes especies y estudio de hábitos de compra y consumo*” se divide en dos partes que se desarrollan a lo largo de 6 secciones. En la primera parte el objetivo principal es utilizar un panel de catadores entrenado para desarrollar y validar un esquema sensorial basado en el Método del Índice de Calidad (QIM) específico para diferentes especies de pescado congelado, de gran importancia comercial y capturadas por buques gallegos congeladores, cuyo destino final va a ser su utilización como materia prima en la industria y/o la venta directa al consumidor final tras la descongelación.

El análisis sensorial es el método más importante para evaluar la frescura y la calidad del pescado. El Reglamento (CE) 2406/96, recoge el método oficial de determinación del grado de frescura en los países de la Unión Europea. Este método presenta claras deficiencias, no es fácil de aplicar dado que no considera las diferencias entre especies, sino que únicamente emplea parámetros generales aplicables a todas las especies dentro de cada grupo y, en el caso del pescado congelado, solo describe los cambios en ese estado. Además, este método no proporciona información acerca de la vida útil, ni de la vida restante de comercialización. Una alternativa muy interesante es el Método del Índice de Calidad (MIC o QIM), sistema de puntuación de demérito que permite estimar la frescura y la calidad de los productos pesqueros de una manera rápida y fiable. El QIM tiene que ser desarrollado y adaptado para cada especie por lo que, al ser más específico, ofrece mejores resultados, y una vez desarrollado es fácil de aplicar, por lo que se espera que sea el método de referencia principal para la evaluación de los productos pesqueros dentro de la Comunidad Europea.

En el momento de comenzar el proyecto de tesis existían 43 esquemas QIM desarrollados para distintas especies de pescados, cefalópodos y crustáceos. En la actualidad este número se halla en torno a los 80 esquemas desarrollados o adaptados para diferentes especies, la mayoría de ellos efectuados en materia prima fresca. Únicamente existen cuatro aplicaciones del QIM en pescado congelado, concretamente, en merluza (*Merluccius capensis* y *M. paradoxus*), en bacalao (*Gadus morhua*) y en caballa (*Scomber scombrus*). El desarrollo del esquema QIM para nuevas especies de pescado congelado es pues, un campo de investigación que requiere ser abordado por su gran potencial de aplicaciones. Además, la escasez de estudios sobre la vida útil del pescado congelado, cuando es descongelado para su consumo o para su transformación en productos elaborados, hace necesario su estudio.

Para llevar a cabo el desarrollo y posterior aplicación del método QIM, es necesario contar con un panel de catadores entrenado a tal fin siguiendo la metodología habitual en análisis sensorial.

La selección de descriptores a incluir en cada esquema QIM, se hace sobre la base de la Norma UNE 87027-98:1998 (ISO 11035:1994) seleccionándose aquellos atributos sensoriales asociados a la frescura de cada especie y que cambian significativamente con el tiempo de almacenamiento. Una vez seleccionados los descriptores, se establecen las escalas a utilizar para cuantificar cada uno de ellos y se define cada punto de la escala. Para cada uno de estos atributos se establece una escala de 0 a 1, 2 o 3 puntos de demérito y se utilizan descripciones precisas, objetivas e independientes, de cada parámetro a evaluar. La suma de todos los puntos da una puntuación sensorial global llamada Índice de Calidad (QI). Un QI de 0 indica un pescado muy fresco y la puntuación aumenta a medida que las características de frescura se van deteriorando. Los límites de consumo de un pescado son determinados cuando la puntuación global (QI) alcanza un valor previamente establecido para cada especie.

El desarrollo y posterior validación del esquema QIM para cada especie, permite estudiar si existe o no una correlación lineal entre la calidad sensorial expresada como la suma de los puntos de demérito (QI) y el tiempo de almacenamiento a temperaturas de refrigeración. El cálculo de la relación QI y tiempo de almacenamiento permite determinar el tiempo que lleva almacenado cualquier muestra seleccionada al azar, el punto de rechazo o fin de la vida útil y el tiempo de vida remanente (los días que aún puede permanecer almacenado hasta que no pueda ser comercializado) para esa especie.

En el presente trabajo de Tesis, se desarrolla un esquema QIM específico para cada una de las presentaciones de las siguientes especies descongeladas y almacenadas a temperaturas de refrigeración: halibut negro (*Reinhardtius hippoglossoides*) entero y eviscerado, sin cabeza y sin cola, platija americana (*Hippoglossoides platessoides*) eviscerada, sin cabeza y sin cola, granadero de roca (*Coryphaenoides rupestris*) eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, filetes talismán (*Alepocephalus bairdii*) sin piel, pez sable negro (*Aphanopus carbo*) entero sin piel y eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, pez palo (*Molva dypterygia*) eviscerado, sin cabeza y sin cola, rosada (*Genypterus blacodes*) eviscerada, sin cabeza y sin cola y alas de raya (*Amblyraja radiata*) sin piel. Además, se procede a la validación de dichos esquemas, verificándose en todos los casos que los atributos seleccionados son los adecuados.

A modo de ejemplo, en el caso del halibut negro entero se seleccionan 11 términos (brillo de la piel, firmeza, forma del ojo, aspecto del ojo, color de las agallas, mucosidad de las agallas, olor de las agallas, color del músculo, sangre en espina, vísceras y peritoneo). El índice de calidad (QI) resultante es de 0 a 24 puntos, correspondiendo el valor 0 al pescado fresco y el 24 al de máxima degradación.

De forma paralela, se elabora una galería fotográfica con el objetivo de documentar gráficamente el esquema QIM desarrollado y elaborar la guía visual que acompaña a la metodología QIM.

Posteriormente se determina el tiempo de vida útil de todas las especies una vez descongeladas y almacenadas a temperaturas de refrigeración. Para esta aplicación se examinan también modelos de regresión alternativos al lineal, como es el potencial, que permite mejorar la precisión de las estimaciones en la mayoría de los casos. De este modo se obtiene que la vida útil oscila, utilizando el modelo lineal, desde los 4,01 días de las alas de raya con piel a los 8,22 días del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola y de los 3,63 días de las alas de raya con piel a los 7,17 días del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola con el modelo potencial. Se observa además que, la vida útil estimada de la única especie cartilaginosa estudiada (raya) es más corta que la de los peces óseos. Por otra parte, se observa que el mucus presente en la piel de algunas especies (halibut negro, platija americana y rosada) y la evisceración de los pescados previa a la congelación (halibut negro eviscerado vs. halibut negro entero) contribuyen de forma positiva a la obtención de un tiempo de vida

útil mayor. Por el contrario, la operación de fileteado previa a la congelación (talismán) favorece que la velocidad de deterioro aumente y, por tanto, que el tiempo de vida útil estimado sea menor.

Los buenos resultados obtenidos en base al modelo potencial con pescado descongelado, y tras hacer una revisión con datos de especies frescas refrigeradas, sugieren que dicho modelo debería de ser útil también para el análisis de los datos obtenidos en la validación de la ficha QIM en otros contextos, con pescado y especies pesqueras no congeladas.

La estimación de la vida útil se realiza con un grado de precisión satisfactorio, en base a los datos de validación de los esquemas QIM desarrollados, utilizando intervalos de confianza que se obtienen con el método de inversión (que puede utilizarse asumiendo condiciones simples sobre los datos muestrales) y con el método de Wald (que requiere asumir condiciones de justificación más difícil). Los resultados obtenidos con el método de Wald son, no obstante, parecidos a los obtenidos con el método de inversión, siendo los intervalos obtenidos más sencillos de interpretar, en el sentido de que facilitan el margen de error de la estimación.

Además, la utilización de intervalos de confianza para evaluar la precisión de la estimación de la vida útil sugiere la posibilidad de establecer una fecha de consumo preferente, en base al límite inferior, y una fecha de caducidad, en base al límite superior.

Por otra parte, se examina durante un año, si el tiempo de congelación previo a la descongelación afecta o no a la calidad del pescado una vez descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración. Para ello, se realiza un estudio novedoso, en cuatro fases, a los 0, 4, 8 y 12 meses en congelación contados desde el desembarco del pescado. En cada una de estas fases el panel de catadores experto procede a la evaluación de cada especie, utilizando el esquema QIM correspondiente, en 5 momentos a lo largo del tiempo de almacenamiento a temperaturas de refrigeración (tres dentro del periodo de vida útil, uno con el fin de la vida útil y el otro fuera de la vida útil).

Posteriormente, en aras de llevar a cabo una comparación de fases exhaustiva, se realiza un análisis de los datos aplicando técnicas estadísticas para el estudio de relaciones entre variables. Se realiza el estudio de la evolución del QI en las 4 fases teniendo en cuenta, en primer lugar, el periodo completo de estudio, es decir, considerando los 3 días de análisis dentro de la vida útil, el día límite de la vida útil y otro fuera del fin de la vida útil. Y en segundo lugar, se analiza la evolución del QI en el periodo de vida útil incluyendo el día límite de la vida útil.

Para la comparación de las fases se proponen 3 modelos de regresión múltiple que tienen en cuenta los 3 modelos de regresión simple considerados para la determinación de la vida útil. Con cada uno de los modelos de regresión múltiple, la tendencia del QI (frente al tiempo en descongelación) de cada fase se ajusta mediante un modelo de regresión simple diferente.

El mejor modelo de regresión múltiple para cada especie y presentación (en base al criterio de variabilidad explicada) proporciona en todos los casos un ajuste altamente satisfactorio para la comparación de la evolución del QI, en el periodo completo de estudio, de las 4 fases. En los casos en los que se detecta un efecto fase, la comparación de fases se complementa considerando modelos de análisis de la varianza que proporcionan resultados altamente coincidentes con los correspondientes a los modelos de regresión considerados.

Así, se observa que el efecto negativo del tiempo de almacenamiento sobre las características organolépticas es dependiente de la especie y/o forma de presentación siendo el granadero y el talismán las únicas especies y presentaciones en las que se encuentran evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación influye en la vida útil.

En el periodo de vida útil, al ser el periodo de estudio más corto, y en el que, por tanto, se producen menos cambios a nivel sensorial, baja la calidad de los ajustes (medido en términos del coeficiente de determinación). Aun así, salvo en el caso del pez palo, el mejor ajuste explica al menos un 80% de la variabilidad del QI. En este periodo, únicamente en el caso del talismán el efecto fase es significativo, si bien en el caso del granadero de roca hay indicios de significación de un efecto fase.

En la segunda parte de la Tesis Doctoral se realiza un estudio de consumidores para identificar los factores demográficos y socioeconómicos, tanto de índole personal (sexo, edad, nivel de estudios y situación laboral) como sobre el hogar (número de personas, personas con ingresos y nivel de ingresos), que puedan influir de forma significativa en los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos, congelados y descongelados. Para realizar este estudio, se utiliza la ciudad de Lugo como población piloto que abra el camino a investigaciones futuras en ámbitos de mayor dimensión.

La importancia de los productos pesqueros en la dieta es innegable y este hecho, unido a la escasez de estudios sobre compra y consumo de este tipo de alimentos en Galicia que permitan conocer, en nuestra comunidad, los hábitos de compra y consumo de los productos congelados y descongelados estudiados en la primera parte de la Tesis Doctoral, es lo que ha propiciado el presente estudio.

Para llevar a cabo la investigación, en primer lugar se realiza una prueba cualitativa de consumidores basada en la entrevista personal. Para ello, se diseña y valida un cuestionario que es presentado a cada persona de forma individual. Posteriormente, utilizando técnicas estadísticas, se hace un análisis exploratorio de los datos obtenidos y mediante técnicas de inferencia estadística avanzada se examina la posible influencia en los hábitos de compra y consumo de los productos pesqueros de factores demográficos y socioeconómicos.

De este modo se observa que los productos pesqueros frescos son comprados por el 94% de los encuestados. El lugar habitual de compra es el supermercado seguido de la pescadería y más de la mitad de los compradores los consumen de 2 a 3 veces por semana, siendo la merluza la especie más consumida. Se encontraron evidencias de que la compra de productos pesqueros frescos es mayor en el caso de las mujeres y de que los factores de índole económica, situación laboral, número de personas con ingresos en el hogar y nivel de ingresos del hogar, influyen de forma significativa en la compra de productos pesqueros frescos. También existen evidencias de que la situación laboral influye en el hábito de compra de pescado fresco y en el tipo de producto pesquero fresco que se compra, así como, de que la frecuencia de consumo de productos pesqueros frescos depende del nivel de ingresos del hogar.

En cuanto a los productos pesqueros congelados, más del 76% de los encuestados los adquieren, preferentemente envasados y en el supermercado. Casi la mitad de los compradores los consumen de forma ocasional, siendo nuevamente la especie más consumida la merluza. En la compra de productos pesqueros congelados únicamente influye de forma significativa el nivel de ingresos del hogar. Además, existen evidencias de que el lugar de compra depende de la situación laboral y del número de personas con ingresos en el hogar.

Por último, se encuentra que más de la mitad de los encuestados desconocía que compraba productos pesqueros descongelados, siendo este tipo de producto comprado por casi el 70% del total de encuestados. Entre los productos pesqueros descongelados, compran preferentemente moluscos, como calamar, chipirón y pota, y filetes de bacalao y de pez espada. Mayoritariamente se consumen de forma ocasional y se compran en el supermercado. Existen evidencias de que el lugar de compra depende del nivel de estudios y de que hombres y mujeres no tienen las mismas preferencias en cuanto al tipo de producto pesquero

descongelado. Además, la frecuencia de consumo depende de forma significativa del grupo de edad.





1 INTRODUCCIÓN

1.1 PRODUCTOS PESQUEROS

1.1.1 Evolución histórica de la pesca

La pesca fue una de las primeras actividades del hombre encaminada a satisfacer sus necesidades alimentarias (Muss y Dahlström, 1981). Es definida por la RAE (2018) como: “acción y efecto de sacar o tratar de sacar del agua peces y otros animales”.

En un principio, la pesca se limitaba a una simple recolección, principal actividad del hombre prehistórico. Los peces capturados eran cortados, secados al sol o ahumados para poder conservarlos.

Durante la Edad de Bronce y comienzos de la de Hierro, la construcción naval hizo enormes progresos y aunque en los inicios, la pesca sirvió para socorrer las necesidades individuales, enseguida el incremento de la producción hizo nacer un comercio floreciente.

En la Europa medieval era imposible transportar el pescado fresco a distancias considerables, solo era posible encontrar pescado fresco de procedencia marina en los propios lugares de pesca o en otros muy próximos. Poco a poco se fueron conociendo las propiedades conservantes de la sal, convirtiéndose en una materia prima de gran importancia.

En la Edad Moderna, durante la primera mitad del siglo XVI, las aguas de Terranova, ricas en bacalao, fueron visitadas principalmente por los pescadores españoles, portugueses y franceses, que hacia 1580 fueron expulsados por piratas ingleses, asumiendo Francia e Inglaterra el control de la pesca en aquellas aguas. Inglaterra reemprendió, por cuenta propia, el extendido comercio del bacalao en Portugal y España. A principios del siglo XVII empezaron a prepararse conservas con peces de la familia del bacalao. Pronto tales productos se convirtieron junto con el bacalao desecado, en un importante objeto de exportación.

Más tarde, a finales del siglo XVIII se hicieron los primeros ensayos en recipientes de vidrio. Aunque, la primera patente para el envasado de alimentos cocidos en botes de hojalata no fue concedida hasta 1910, pudiéndose adquirir en el mercado 15 años más tarde salmón, sardinas y cangrejos en lata.

El comercio del pescado fresco no pudo desarrollarse ampliamente hasta después de haber aprendido a conservarlo en hielo picado. Inicialmente, el hielo era de procedencia natural. La primera máquina para la fabricación de hielo artificial fue desarrollada entorno al año 1800, pero hubo que esperar hasta 1870 para que todos los grandes centros pesqueros estuviesen equipados con instalaciones frigoríficas. Con la creación de las grandes redes ferroviarias nació la posibilidad, por medio de trenes especiales, de abastecer rápidamente al interior del país de pescado fresco de origen marino mantenido en hielo. Desde entonces, los productos muy salados, desecados o ahumados, que eran de consumo obligado antaño, perdieron su atractivo para el consumidor, siendo reemplazados por otros frescos o ligeramente ahumados.

Ya en el siglo XX, al presentar el Mar del Norte signos evidentes de sobrepesca y ante la creciente demanda de pescado, se hizo necesaria la prospección de nuevos caladeros. Así, se descubrieron zonas que se convirtieron en áreas de pesca importantes como el mar de Barents, los estrechos daneses y las aguas de la zona occidental de Groenlandia. Mientras que los pequeños vapores de antaño pescaban a profundidades de 20 a 200 m, hoy se explotan

también taludes preabisales. De este modo, el número de especies comerciales se ha enriquecido con peces de fondo desconocidos en aquel entonces como peces de consumo.

En cuanto a las artes de pesca, éstas han cambiado poco desde la Edad Media por lo que a su modo de acción se refiere, sin embargo, con el tiempo, han sido mejoradas y se han agrandado, lo que ha hecho aumentar su rendimiento. La invención de la máquina de vapor revolucionó la pesca y más tarde, el desarrollo de la electrónica le dio otro impulso (Muss y Dahlström, 1981). Hoy en día, los arrastreros modernos son buques factoría que disponen de equipos automatizados para la evisceración y la limpieza de los pescados y para elaborar aceite de pescado a partir de los hígados. También disponen de equipos para filetear el pescado, congelar y procesar los subproductos (Potter y Hotchkiss, 1999).

Según el último informe publicado de *El estado mundial de la pesca y la acuicultura* (FAO, 2020), se estima que la producción pesquera mundial ha alcanzado unos 179 millones de toneladas en 2018 de los cuales 82 millones de toneladas, procedieron de la producción acuícola. Del total general, 156 millones de toneladas se destinaron al consumo humano, lo que equivale a un suministro anual estimado de 20,5 kg per cápita. Los 22 millones de toneladas restantes se destinaron a usos no alimentarios, principalmente para la producción de harina y aceite de pescado.

Asimismo, el consumo mundial de productos pesqueros para consumo humano aumentó a una tasa media anual del 3,1% entre 1961 y 2017, una tasa que prácticamente duplica el crecimiento de la población mundial anual (1,6%) durante el mismo período, y que es superior a aquella de todos los demás alimentos que contienen proteínas de origen animal (carne, productos lácteos, leche, etc.), que aumentó un 2,1% anual. El consumo de pescado comestible per cápita aumentó de 9,0 kg (equivalente en peso vivo) en 1961 a 20,5 kg en 2018, aproximadamente un 1,5% anual (Figura 1.1 y Tabla 1.1).

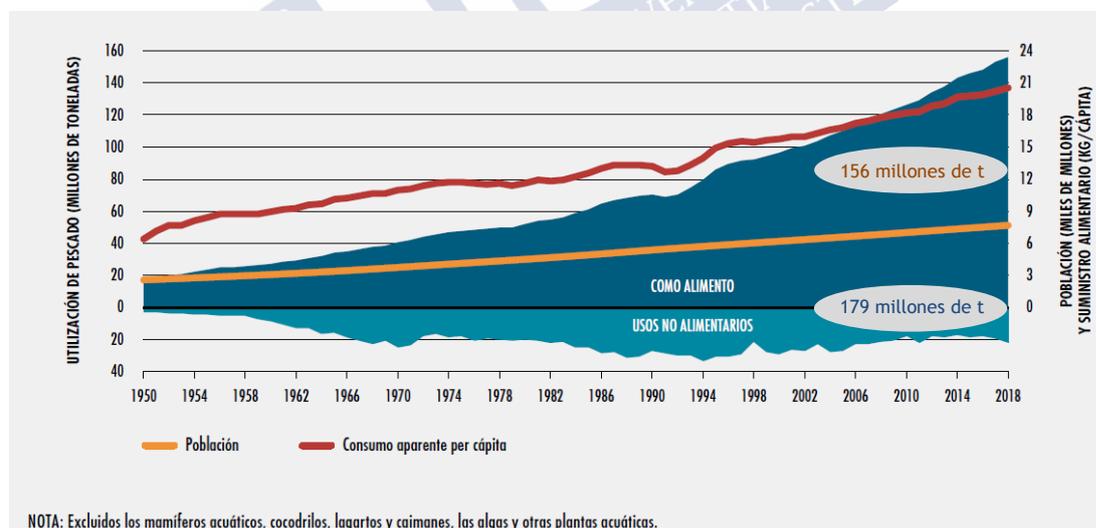


Figura 1.1. Utilización y consumo aparente de pescado a nivel mundial 1950-2018 (adaptada de FAO, 2020)

Tabla 1.1. Producción, utilización y comercio de la pesca y la acuicultura, en millones de t, en el mundo entre 1986 y 2018 (FAO, 2020)

	1986–1995	1996–2005	2006–2015	2016	2017	2018
	Promedio anual					
	<i>(en millones de toneladas, peso vivo)</i>					
Producción						
Pesca de captura						
Continental	6,4	8,3	10,6	11,4	11,9	12,0
Marina	80,5	83,0	79,3	78,3	81,2	84,4
Total de la pesca de captura	86,9	91,4	89,8	89,6	93,1	96,4
Acuicultura						
Continental	8,6	19,8	36,8	48,0	49,6	51,3
Marina	6,3	14,4	22,8	28,5	30,0	30,8
Total de la acuicultura	14,9	34,2	59,7	76,5	79,5	82,1
Total mundial de la pesca y la acuicultura	101,8	125,6	149,5	166,1	172,7	178,5
Utilización²						
Consumo humano	71,8	98,5	129,2	148,2	152,9	156,4
Usos no alimentarios	29,9	27,1	20,3	17,9	19,7	22,2
Población <i>(en miles de millones)</i> ³	5,4	6,2	7,0	7,5	7,5	7,6
Consumo aparente per cápita (kg)	13,4	15,9	18,4	19,9	20,3	20,5
Comercio						
Exportaciones de pescado, en cantidad	34,9	46,7	56,7	59,5	64,9	67,1
<i>Porcentaje de las exportaciones respecto de la producción total</i>	34,3%	37,2%	37,9%	35,8%	37,6%	37,6%
Exportaciones de pescado, en valor <i>(miles de millones de USD)</i>	37,0	59,6	117,1	142,6	156,0	164,1

¹ Excluidos los mamíferos acuáticos, cocodrilos, lagartos y caimanes, las algas y otras plantas acuáticas. Las cantidades totales pueden no coincidir debido al redondeo.

² Los datos sobre utilización relativos a 2014-18 son estimaciones provisionales.

³ Fuente de las cifras sobre población: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (DAES), 2019.

1.1.2 Clasificación de las especies de pescado

Las estimaciones sobre el número de especies de pescados existentes oscilan entre las 15.000 y las 40.000. Se pesca la mayor parte de las especies que habitan en zonas costeras y mares poco profundos (Ruiter, 1999). Las diferentes especies explotadas comercialmente están sujetas a amplias variaciones en lo referente a abundancia, disponibilidad de captura, distribución, tamaño y características biológicas (Sikorski, 1994).

La clasificación de los pescados puede llevarse a cabo de acuerdo con diversos criterios. En el mercado se distingue, en principio, entre pescados de agua dulce y de agua salada, aunque algunas especies desarrollan etapas de su vida en ambos medios. La clasificación de los pescados en cartilaginosos y óseos resulta importante desde el punto de vista práctico ya que presentan diferencias con respecto a su composición química y a su deterioro (Huss, 1998). Otros criterios de clasificación son:

- ◆ Caracteres morfológicos:
 - Forma del cuerpo. Se distingue entre fusiforme (por ejemplo, bacalao o merluza), acintada (anguila), plana (lenguado, rodaballo), etc.
 - Forma y número de aletas, escamas, etc.
- ◆ Composición. La gran variedad en el contenido graso entre especies hace que se utilice este parámetro para clasificar las especies comestibles de pescado (aún cuando la existencia de factores como la época del año, puedan modificar dentro de una misma

especie el contenido en grasa). Según Astiasarán y Martínez (2000), los pescados se pueden clasificar en tres grupos:

- Pescados magros o blancos. Contienen menos del 1% de grasa y ésta se acumula en su mayor parte en el hígado, una pequeña porción se distribuye debajo de la piel y el músculo está prácticamente libre de grasa. Su valor calórico oscila entre 50 y 80 kcal/100 g. Entre ellos se encuentra el bacalao, el lenguado y el gallo.
 - Pescados grasos o azules. Su contenido en grasa oscila del 8 al 20%, con un valor energético de entre 80 y 160 kcal/100 g. Los lípidos se acumulan en el tejido muscular, formando una dispersión globular. Entre las especies más representativas se encuentran el salmón, el arenque, el atún, la caballa y la sardina.
 - Pescados semigrasos. Su porción grasa oscila entre el 2 y el 7%. Algunos ejemplos son la trucha, la carpa o la gallineta.
- ♦ Zona de captura. Se diferencia entre pesca de altura, pesca de bajura y pesca en aguas interiores y atendiendo al espacio oceánico que ocupan estas especies, se suelen clasificar en dos grupos:
- Especies pelágicas. Se encuentran en la capa superficial y media del mar. Este grupo al que pertenecen el arenque, la caballa, el salmón, el atún, las sardinas y los boquerones, incluye a muchos pescados grasos, que pueden llegar a contener un 20% de lípidos en su tejido muscular.
 - Especies demersales o de fondo. Incluye las que se capturan en el fondo del mar o sus proximidades, normalmente sobre la plataforma continental. A este grupo pertenecen el bacalao, el eglefino, la pescadilla, la gallineta y pescados planos como la platija y el halibut. El contenido graso del tejido muscular de los peces demersales suele ser inferior al 5%, pudiendo llegar a niveles menores del 1% (Potter y Hotchkiss, 1999 y Astiasarán y Martínez, 2000).

La clasificación de los pescados es importante desde el punto de vista de la velocidad de deterioro y la duración en almacén. De acuerdo con Huss (1998), en general, se puede decir que en condiciones aeróbicas de almacenamiento, el pescado grande se deteriora más lentamente que el pequeño, la duración en almacén es mayor para el pescado plano que para el cilíndrico, los pescados grasos se alteran antes que los pescados magros, los peces pelágicos grasos generalmente presentan una piel muy delgada que puede contribuir a aumentar la velocidad de su deterioro y el pescado óseo presenta una mayor vida útil que el cartilaginoso.

1.1.3 Los productos pesqueros como alimento

El pescado es una fuente vital de proteínas y nutrientes esenciales. Debido a ello, en el contexto de las recomendaciones dietéticas realizadas por diferentes organizaciones internacionales relacionadas con la salud, los productos de la pesca ocupan un lugar destacado a la hora de tratar de conseguir dietas equilibradas, alcanzar los requerimientos nutricionales y actuar sobre factores de riesgo de determinadas enfermedades. En general, los pescados aportan proteínas de alto valor biológico, vitaminas tanto hidrosolubles como liposolubles, algunos elementos minerales y un contenido calórico relativamente bajo. Además, muchas especies constituyen una excelente fuente de ácidos grasos poliinsaturados de la serie omega 3, cuyo consumo se ha asociado con efectos benéficos frente a diversos estados patológicos (Astiasarán y Martínez, 2000; Welch et al., 2002; Dapcich et al., 2007; Claret et al., 2012;

Pieniak et al., 2013; Connelly et al., 2014; EFSA NDA Panel, 2014; Carlucci et al., 2015; FAO, 2020).

En el pescado, la fracción comestible es menor que en los animales terrestres, pudiendo suponer los desperdicios hasta un 50% del peso total. Aunque el contenido en proteínas del pescado es bastante constante, las proporciones de agua y grasa son mucho más variables. En general, la composición de los pescados está afectada por diferentes factores intrínsecos como son, diferencias interespecíficas, variaciones individuales y anatómicas, factores fisiológicos (desove) y factores extrínsecos como disponibilidad de alimento y época del año. En relación con esta última, la temperatura del agua influye de forma importante (Madrid et al., 1999 y Astiasarán y Martínez, 2000).

1.1.3.1 Agua

El contenido acuoso oscila entre el 60 y el 80%, dependiendo del contenido graso. Los valores de agua y grasa están inversamente relacionados, de forma que aquellos pescados que presentan un mayor porcentaje de grasa tienen un menor contenido en agua y viceversa (Astiasarán y Martínez, 2000).

1.1.3.2 Proteínas y otros compuestos nitrogenados

El pescado y los productos pesqueros representan una valiosa fuente de proteínas de origen animal, puesto que una porción de 150 g de pescado proporciona aproximadamente entre el 50 y el 60 % de las necesidades proteicas diarias de un adulto (FAO, 2018). El contenido de proteína bruta de los animales oscila desde menos de un 8 hasta más de un 25% de su peso fresco. Sin embargo, la mayor parte del tejido muscular de los pescados contiene cerca de un 18-22% de proteína. En los moluscos y crustáceos la proporción de proteínas es inferior a la del pescado, oscilando los valores medios entre el 13 y el 15% de la fracción comestible. Atendiendo a su proporción de aminoácidos, las proteínas del pescado tienen un elevado valor biológico. Los tres grupos de proteínas musculares son: proteínas sarcoplasmáticas, proteínas miofibrilares y proteínas del tejido conjuntivo o de estroma.

El contenido de nitrógeno no proteico de los alimentos marinos es significativamente superior al de otros alimentos proteicos, por ejemplo, un 9-18% del nitrógeno total en los teleósteros, un 33-38% en los elasmobranchios y de un 25 a 33% en el marisco. La distribución de estos compuestos varía con la familia taxonómica. Su importancia radica en que influyen en el sabor específico del pescado y de los mariscos y en que participan en la alteración de los productos pesqueros. Dentro de la fracción del nitrógeno no proteico se pueden distinguir: aminoácidos libres y péptidos, aminas y óxidos de aminas y otros compuestos como, compuestos guanidínicos y de amonio cuaternario, purinas y urea (Ruiter, 1999 y Astiasarán y Martínez, 2000).

1.1.3.3 Lípidos

El contenido en grasa del pescado es extremadamente fluctuante, ya que a la gran variabilidad que existe entre especies hay que añadir las fluctuaciones que se dan en el contenido graso de los peces a lo largo de las diferentes etapas fisiológicas que atraviesan durante su ciclo vital (Huss, 1998 y Astiasarán y Martínez, 2000).

La fracción saponificable de los lípidos del pescado se caracteriza por presentar una elevada proporción de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, especialmente de la serie omega-3 (ω -3). Los ácidos eicosapentaenoico (C20:5 ω -3) y docosahexaenoico (C22:6 ω -3) son característicos de la grasa del pescado. Estos ácidos grasos están presentes en el plancton marino y en algunas algas y se incorporan a los tejidos de los peces al ser ingeridos por éstos.

El perfil de ácidos grasos de los pescados es muy variable, incluso dentro de la misma especie. Los más abundantes son, además del eicosapentaenoico y el docosahexaenoico, el ácido oleico y el ácido palmítico (Astiasarán y Martínez, 2000). Según Cox et al. (2011), en la actualidad, el pescado azul es la única fuente rica de estos ácidos grasos poliinsaturados de la serie ω -3 disponibles y para satisfacer las ingestas diarias recomendadas, se requiere un mínimo de dos raciones a la semana.

Los ácidos grasos característicos de la grasa de pescado poseen un carácter antitrombótico y antiinflamatorio, lo que justifica una menor prevalencia de las enfermedades cardiovasculares en las poblaciones consumidoras de grandes cantidades de pescado (Astiasarán y Martínez, 2000; Domingo et al., 2007; Burger et al., 2014; Carlucci et al., 2015). Asimismo, hay estudios que sugieren un efecto positivo de los ω -3 en relación con la prevalencia de la artritis reumatoide, el cáncer y el desarrollo de metástasis (Astiasarán y Martínez, 2000; Welch et al., 2002; García-García et al., 2007).

La fracción insaponificable está constituida, fundamentalmente, por esteroides, de los cuales el más importante es el colesterol, y por vitaminas liposolubles, especialmente A, D y E. El contenido en colesterol en los pescados oscila, en general, entre 50 y 90 mg/100 g de músculo. El aporte de colesterol tiende a aumentar con el contenido graso. Así, los pescados blancos más magros aportan menos de 30 mg/100 g, mientras que los pescados azules poseen hasta 100 mg/100 g. Los moluscos bivalvos y los crustáceos aportan generalmente cantidades superiores a los 150-200 mg/100 g, valores que son incluso más elevados en el caso de los cefalópodos.

La relativa escasez de tocoferoles de acción antioxidante en el músculo de pescado, unida al grado de insaturación de la fracción lipídica, hace que la grasa de pescado sea difícil de conservar, debido a su acusada susceptibilidad a la oxidación (Astiasarán y Martínez, 2000).

1.1.3.4 Minerales

Los pescados y mariscos, al igual que otros organismos vivos, contienen la mayor parte de los elementos que hay en la naturaleza. La mayor proporción de su cuerpo está formada por carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre. Además, hay otros macroelementos que se encuentran en cantidades importantes, tales como el calcio, magnesio, fósforo, sodio, potasio, cloro, hierro y yodo.

La concentración de minerales en pescados y productos pesqueros está determinada por factores como diferencias estacionales y biológicas (especie, tamaño, edad, sexo y madurez sexual), fuentes de alimentación, medio (química, salinidad, temperatura y contaminantes del agua) y método de procesado. La mayor parte de los organismos acuáticos acumulan y retienen minerales procedentes del medio, sin embargo, su incorporación es altamente selectiva.

La mayor concentración de minerales del pescado tiene lugar en los tejidos esqueléticos, especialmente en las vértebras (Ruiter, 1999).

Las principales funciones de los elementos esenciales incluyen la formación de la estructura esquelética, el mantenimiento de los sistemas coloidales (presión osmótica, viscosidad, difusión) y la regulación del equilibrio ácido-base. Son importantes componentes de las hormonas, enzimas y activadoras de las enzimas. El calcio y el fósforo son necesarios en la formación de las estructuras esqueléticas del cuerpo. El sodio, potasio y cloro, además de los fosfatos y bicarbonatos, mantienen la homeostasis y el equilibrio ácido-básico. Algunos metales (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, Se, etc.) están firmemente asociados con proteínas específicas, como las metaloenzimas, que tienen una función catalítica única. Ciertos minerales, como el calcio, magnesio y manganeso tienen una importancia significativa como activadores de

enzimas. Un no metal como el yodo, es necesario para la biosíntesis de las hormonas tiroideas, que afectan de forma importante al desarrollo y metabolismo de todos los vertebrados (Ruiter, 1999).

Los productos pesqueros también pueden acumular metales pesados como el mercurio en cantidades suficientemente altas como para suponer un posible riesgo para la salud de los consumidores, especialmente de los adultos susceptibles, los fetos, los recién nacidos y los bebés en desarrollo. El consumo de pescado es la principal fuente de exposición al metilmercurio (MeHg) para el público (Burger y Gochfeld, 2009).

En este sentido, las últimas recomendaciones de la AECOSAN (2019) indican que para la población en general se aconseja el consumo de hasta 3-4 raciones de pescado por semana, procurando en todos los casos variar las especies entre pescados blancos y azules. Para la población vulnerable se precisa de recomendaciones más estrictas específicas para las 4 especies identificadas con un alto contenido en mercurio: pez espada/emperador, atún rojo (*Thunnus thynnus*), tiburón (cazón, marrajo, mielgas, pintarroja y tintorera) y lucio. Mujeres embarazadas, que planeen llegar a estarlo o en periodo de lactancia y niños hasta 10 años, evitar el consumo de esas 4 especies. Niños entre 10 y 14 años limitar el consumo de esas 4 especies a 120 gramos al mes.

1.1.3.5 Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos complejos, que en cantidades mínimas y como componentes naturales de los alimentos son esenciales para el curso normal de las funciones fisiológicas. Su ausencia en la dieta causa síndromes de deficiencia específicos.

En los pescados blancos las vitaminas liposolubles, especialmente la A y la D, se encuentran casi exclusivamente en el hígado, pero en los pescados grasos se encuentran también en cierta medida en el tejido muscular. Las concentraciones de estas vitaminas varían sustancialmente incluso dentro de la misma especie. Tanto la vitamina A como la D continúan acumulándose en el hígado al aumentar la edad de los peces. La carne de pescado contiene cantidades de modestas a bajas de vitamina E. El contenido de esta vitamina varía con las especies y los pescados grasos suelen tener mayores concentraciones de vitamina E que los magros.

En cuanto a las vitaminas hidrosolubles, el pescado contiene concentraciones variables de vitaminas del grupo B. En general, la tiamina, la riboflavina y la niacina están en mayor cantidad. La piridoxina está presente en cierta cantidad en mariscos y en algunos pescados como el atún y el salmón. Pescados y mariscos, particularmente anchoas, almejas, arenques, ostras y sardinas, son fuentes importantes de vitamina B₁₂. La biotina está ampliamente distribuida en peces y mariscos, pero la mayor parte de los productos animales contiene concentraciones bajas de esta vitamina (Ruiter, 1999 y Astiasarán y Martínez, 2000).

1.1.3.6 Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono están presentes en muy poca cantidad en el músculo de pescado. Los valores son, en general, inferiores a 0,3 g/100 g. Sin embargo, su proporción en el hígado es variable, ya que depende de las reservas de glucógeno que posea el ejemplar (Astiasarán y Martínez, 2000).

1.2 MÉTODOS DE CONSERVACIÓN

La conservación de los alimentos responde a una necesidad surgida en las civilizaciones antiguas de acumular comida para los periodos de escasez o en los que buscarla podía convertirse en una operación imposible (López, 2005). El avance obtenido con los

conocimientos científicos y tecnológicos, permitió desarrollar métodos de conservación más o menos sofisticados y complejos, basados en la aplicación de temperaturas bajas o elevadas (Bello, 2005).

La conservación de alimentos comprende aquellas acciones realizadas a fin de mantener los alimentos con sus propiedades deseadas durante el mayor tiempo posible. Constituye el núcleo central de la ciencia y tecnología de los alimentos y es el principal objetivo del procesado de alimentos (Rahman, 2002). Es esencial conservar los alimentos con el fin de facilitar su disponibilidad a la población y reducir las fluctuaciones estacionales de algunos alimentos. Inicialmente se usaron los sistemas de desecación por aire, ahumado y salado, para introducir posteriormente los procesos de pasteurización y esterilización, y más recientemente, la refrigeración, la congelación y la liofilización (Mallet, 1994).

El consumidor actual manifiesta claras preferencias por aquellos alimentos que se comercializan con características semejantes a las de su estado fresco (Bello, 2005). Sometiendo el pescado a la acción del frío se conservan tanto su valor nutritivo como sus características organolépticas (Astiasarán y Martínez, 2000). Según datos de la FAO (2020), en 2018, el 44% de los productos pesqueros destinados al consumo humano directo estaban vivos, frescos o refrigerados. El 10% se encontraba curado (seco, salado, en salmuera, fermentado o ahumado), el 11% preparado y conservado y el 35% congelado (Figura 1.2). Por tanto, el método más utilizado para la conservación del pescado hasta su llegada al consumidor es la conservación por el frío, definida por el Código Alimentario Español (Decreto 2484/1967) como “*el procedimiento que consiste en someter los alimentos a la acción de bajas temperaturas, para reducir o eliminar las actividades microbianas y enzimáticas y para mantener determinadas condiciones físicas y químicas*”.

Según la intensidad del frío, los productos se clasifican en:

- ◆ Pescados frescos o refrigerados. Son los conservados desde su captura en hielo, con lo que se garantizan unas temperaturas que oscilan entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. De esta forma el pescado se puede conservar durante varios días.
- ◆ Pescados congelados. Son sometidos a la acción de un frío más intenso en cámaras o túneles especiales hasta alcanzar temperaturas en el centro de las piezas del orden de $-16/-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, pudiendo conservarse así durante semanas e incluso meses.
- ◆ Pescados ultracongelados. Donde la congelación por frío se acelera para que, en menos de dos horas, la temperatura del centro del producto baje de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Después continua la congelación hasta alcanzar temperaturas de $-16/-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Madrid et al., 1999).

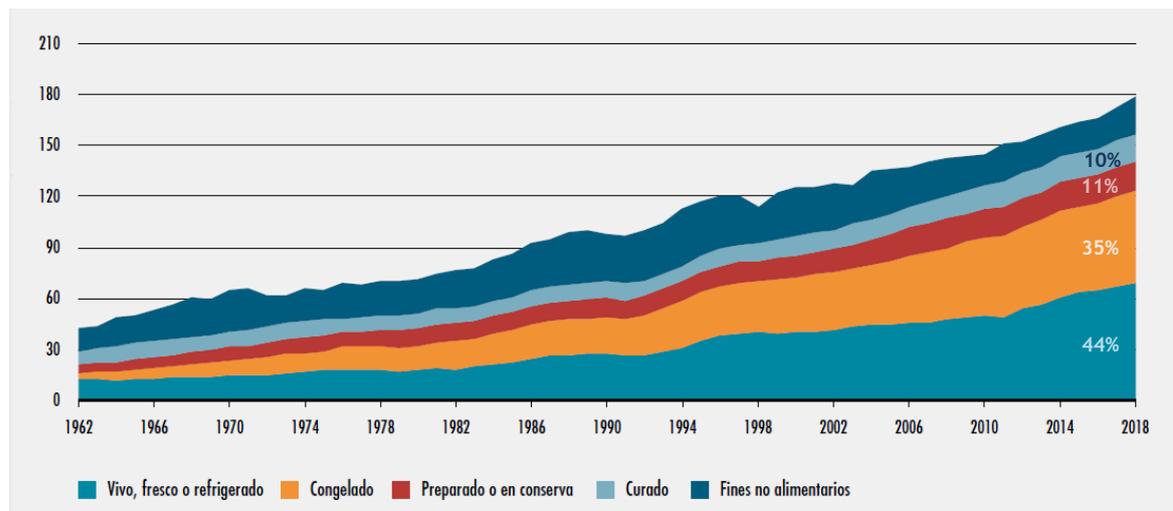


Figura 1.2. Utilización de la producción mundial de pescado 1962-2018 (adaptada de FAO, 2020)

1.2.1 Conservación del pescado en hielo

Generalmente, el pescado cuando es capturado se enfría antes de sufrir otro tratamiento o simplemente es el único que recibe (Ruiter, 1999). La refrigeración y el almacenamiento en refrigeración es el método más suave de conservación de los alimentos. Tiene pocos efectos adversos en el sabor, textura, valor nutritivo y otros atributos de los alimentos, siempre que se haga de manera adecuada y los periodos de almacenamiento no sean excesivamente largos (Potter y Hotchkiss, 1999).

Evidencias históricas demuestran que hace más de 3.000 años, en la China milenaria, se utilizaba hielo natural para preservar el pescado. Los antiguos romanos también empleaban hielo natural mezclado con algas marinas para mantener el pescado fresco. Sin embargo, fue el desarrollo de la refrigeración mecánica lo que hizo posible la utilización del hielo en la preservación del pescado. El hielo se aplica todavía como medio de enfriamiento y conservación del pescado a bordo y suele emplearse también en las pescaderías de venta al por menor y en restaurantes. Además de enfriar, el hielo, al fundir, arrastra las bacterias que suelen encontrarse sobre la superficie del pescado.

El hielo, por tanto, presenta diversas funciones:

- ◆ Reduce la temperatura del pescado. Mediante la reducción de la temperatura alrededor de 0 °C, el crecimiento de microorganismos es menor, disminuyendo de esta forma la velocidad de deterioro y reduciendo o eliminando algunos riesgos de seguridad. También disminuye la velocidad de las reacciones enzimáticas, particularmente las relacionadas a los primeros cambios post-mortem, extendiendo el periodo de rigor mortis.
- ◆ El hielo derretido mantiene la humedad del pescado. Esta acción previene principalmente la deshidratación superficial y reduce la pérdida de peso. El agua de hielo derretido también incrementa la transmisión de calor entre las superficies del pescado y del hielo. Sin embargo, el agua tiene un efecto de lixiviación y puede drenar pigmentos de la piel y de las branquias del pescado. El agua de hielo derretido también puede lixiviar micronutrientes en el caso de filetes.
- ◆ Puede ser fácilmente almacenado, transportado y usado. Dependiendo del tipo de hielo, puede ser distribuido uniformemente alrededor del pescado.

- ◆ La materia prima para producir hielo se encuentra ampliamente distribuida (en tierra o a bordo).
- ◆ Si se produce apropiadamente, el hielo resulta una sustancia segura y no representa ningún peligro para los consumidores o manipuladores. El hielo debiera ser manipulado como un alimento.
- ◆ Incrementa la vida útil del pescado. Colocar el pescado en hielo fresco tiene como finalidad global prolongar su vida útil (Huss, 1998).

1.2.2 Congelación del pescado

Prolongar la vida útil de los alimentos perecederos, sin que se modifiquen de modo significativo sus propiedades nutritivas y sensoriales, ha sido la preocupación histórica de la alimentación humana (Bello, 2005). Si la congelación y el almacenamiento se realizan adecuadamente, las características organolépticas y el valor nutritivo del alimento apenas si resultan afectados (Fellows, 2007). El desarrollo de tecnologías nuevas y existentes para acelerar el proceso de congelación ha contribuido a una mejor calidad del pescado congelado (Cardoso et al., 2013).

En el año 1775 un profesor escocés, William Cullen, fabricó el primer aparato para producir una pequeña cantidad de hielo sin utilizar frío natural. En los cien años siguientes, se desarrollaron las primeras máquinas frigoríficas, mientras que la congelación como método comercial de conservación de alimentos era introducido por primera vez a gran escala en el año 1870. El gran desarrollo de la congelación comercial tuvo lugar como consecuencia del transporte de carne desde Sudamérica y Australia hacia Europa en 1881. En los 50 años siguientes la carne, el pescado y la mantequilla eran los principales productos congelados y eran manejados como productos a granel. El nacimiento de la moderna industria de congelación de alimentos tuvo lugar en 1928, cuando el americano Clarence Birdseye desarrolló el congelador de contacto de doble cinta y, más tarde, introdujo el congelador de placas (de contacto). Otro avance importante en la congelación de alimentos fue el desarrollo de la congelación rápida individual (IQF, Individual Quick Freezing), que se hizo posible a principios de los años 50 por la introducción de varios sistemas, tales como el congelador de lecho fluidizado y los equipos de congelación criogénica. En la época en la que comenzó a estar bien establecida la industria de alimentos, la congelación era el único método de conservación a gran escala de interés para salvar la estacionalidad de la producción y las variaciones entre oferta y demanda de materias primas como la carne, el pescado, la mantequilla y verduras. La congelación también permitió mover grandes cantidades de alimentos salvando grandes distancias geográficas (Mallet, 1994). Estas técnicas llegaron a Galicia en la década de los 60, de la mano de José Fernández López, que creó en 1960 una empresa que no tardaría en despuntar en todo el país y que incorporaba las últimas tecnologías de congelación para servir a los hogares españoles alimentos congelados (López, 2005).

El proceso de congelación tiene que ver, fundamentalmente, con la fase de transición del agua líquida a sólida (eliminación del calor latente) y, en segundo lugar, con la eliminación del calor sensible (disminución de la temperatura), tanto en el agua que aún se encuentra en la fase líquida como la que se halla en el estado sólido. Mientras se produce la eliminación de calor durante la formación de hielo, la concentración de solutos aumenta gradualmente. Debido a este aumento gradual y continuo de las concentraciones, la temperatura a la que el agua restante se convierte en hielo disminuye gradualmente, por lo tanto, más bajo será su punto de congelación. Como resultado, el agua se congela a lo largo de un intervalo de temperaturas. La mayor parte del agua se convierte en hielo entre los 0 y los -5 °C, este intervalo se denomina “zona de congelación” o “zona crítica” y es la zona de máxima

cristalización (transformación del agua en hielo). A temperaturas inferiores se congela más agua, aunque se requiere una temperatura mucho más baja, de unos $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ aproximadamente, para completar la conversión del total de agua líquida en hielo (Mallet, 1994; Madrid et al., 1999; Potter y Hotchkiss, 1999; Ruiter, 1999). La inmovilización del agua en forma de hielo y el aumento de la concentración de los solutos en el agua no congelada reduce la actividad del agua del alimento. La conservación por congelación se consigue por un efecto combinado de las bajas temperaturas y una actividad de agua más baja (Fellows, 2007).

La calidad del alimento congelado suele ir en función del tamaño de los cristales de hielo formados, porque cuando son muy pequeños y numerosos (congelación rápida) no alteran la estructura interna del producto, mientras que en el caso contrario (congelación lenta que origina cristales gruesos y poco abundantes) se hace patente un volumen de exudado durante la descongelación (Bello, 2005; Gómez-Sánchez et al., 2007). La introducción de barcos congeladores a principios de los años 60 conllevó asociado una mejora significativa en la calidad del pescado capturado en aguas lejanas a la costa. Fue la disponibilidad de esta fuente de materias primas de buena calidad, junto con el aumento de popularidad del pescado como alimento saludable, lo que facilitó que el mercado de productos del pescado congelado se expandiese tan exitosamente (Mallet, 1994).

El Código Alimentario Español (Decreto 2484/1967) define a los pescados congelados como: *“aquellos, enteros o fraccionados, eviscerados, inalterados y frescos, que han sido sometidos a la acción del frío hasta lograr en el centro de los mismos, y en un periodo de tiempo no superior a 2 horas, que la temperatura pase de 0 a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. La temperatura final a la salida del congelador no deberá ser superior a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los pescados congelados presentarán al corte una carne compacta, de aspecto céreo, no evidenciando a simple vista cristales ni agujas de hielo”*.

1.2.2.1 Cadena de procesado del pescado congelado

En la Figura 1.3 se muestra la cadena de procesado del pescado congelado, desde la captura hasta el almacenamiento y la distribución. Tal como indica el Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2012), la elaboración de pescado congelado constituye a menudo una fase intermedia para la obtención de productos con valor añadido, como son el pescado ahumado, en conserva, empanado o rebozado congelado.



Figura 1.3. Cadena de procesado del pescado congelado desde la captura hasta el almacenamiento y la distribución (adaptada de Warm et al., 1998)

Para la captura, las pesquerías de todo el mundo se sirven de una gran variedad de embarcaciones pesqueras. En las pesquerías costeras se emplean sobre todo barcos pequeños y muy versátiles, que sirven para muchos fines, mientras que en las actuaciones pesqueras industriales llevadas a cabo en alta mar, las flotas están constituidas por grandes buques con un nivel de especialización elevado (Sikorski, 1994). Los métodos de captura del pescado son muchos y variados. Muchos métodos implican un elemento de lucha, que puede provocar daños físicos que facilitan la colonización bacteriana por parte de la flora característica del

pescado presente en la piel, agallas e intestino. Igualmente, tras la captura, el pescado debe ser manipulado de manera cuidadosa e higiénica para prevenir daños, magulladuras y reducir el ataque microbiano (Mallet, 1994).

La calidad del producto congelado depende del grado de frescura del pescado, por lo que, éste debe ser tratado tan pronto como sea posible después de la captura (Muss y Dahlström, 1981), dado que, parámetros como la firmeza disminuyen rápidamente tras la muerte y durante el almacenamiento refrigerado (Cheng et al., 2014). El proceso de congelación se puede realizar en el propio barco o en tierra. Si se realiza en el barco, los pescados deben ser sometidos a: categorización, lavado, eviscerado, descabezado y desollado (si se considera necesario), nuevo lavado del pescado, envasado, congelación y conservación a bajas temperaturas (Sikorski, 1994; Madrid et al., 1999). El envasado del pescado antes de su congelación es muy importante por diversas causas: el embalaje protege al pescado de posibles pérdidas de humedad, evita que se transmitan malos olores o sabores al pescado, evita que el aire oxide al pescado y evita infecciones bacterianas (Madrid et al., 1999; Ruiter, 1999). Cuando se trata de pescados pequeños y con formas irregulares que se almacenan sin envasado o en bolsas a granel es esencial la utilización del glaseado para protegerlos de la deshidratación. El glaseado se aplica al sumergir en agua fría el producto ya congelado o al pasar entre aspersores mientras son conducidos por una cinta transportadora para conseguir una capa adicional de hielo con un espesor de 0,5 a 2 mm (Mallet, 1994; Hall, 2001).

Para congelar el pescado se utilizan técnicas rápidas que permiten pasar rápidamente el intervalo crítico de $-0,5$ a -5 °C (zona de máxima formación de cristales) (Astiasarán y Martínez, 2000) y obtener así, un producto congelado de mayor calidad que el obtenido por congelación lenta (Ruiter, 1999). Existen cuatro métodos básicos para congelar pescado, la elección dependerá del coste, función y posibilidad de realización según la localización y tipo de producto. Éstos son:

- ◆ Congelación por aire forzado, en el que una corriente de aire frío pasa sobre el producto.
- ◆ Congelación por placas o por contacto, en el que el producto está en contacto directo con unas placas metálicas huecas a través de las cuales circula un fluido frío.
- ◆ Congelación por pulverización o inmersión, en el que el producto se sitúa en contacto directo con un fluido refrigerante, normalmente salmuera.
- ◆ Congelación criogénica en la que el producto se pulveriza con compuestos como el nitrógeno a -196 °C.

Algunos barcos congeladores modernos no solo son capaces de congelar pescado entero, sino también de llevar a cabo otro procesado posterior en filetes, en bloques de pescado congelado e, incluso, preparar paquetes de pescado para venta en catering (unidades independientes a granel) (Mallet, 1994).

El pescado congelado se debe mantener en cámaras, de forma que se garantice el mantenimiento de las temperaturas recomendadas con oscilaciones muy bajas (± 3 °C en fase de distribución). El Reglamento (CE) 853/2004 señala que los productos de la pesca congelados deberán mantenerse a una temperatura igual o inferior a -18 °C en todas las partes del producto. La fluctuación de la temperatura durante el almacenamiento puede producir la redistribución de los cristales de hielo, resultando en el crecimiento de unos pocos cristales extracelulares a expensas de otros muy pequeños intracelulares. Una vez descongelado el pescado, el agua de estos cristales grandes no puede volver a difundirse hasta las células. La desnaturalización de las proteínas afecta adversamente a su capacidad de retención de agua y aumenta el exudado de descongelación. La calidad inicial de la materia prima también puede afectar a las pérdidas de exudado.

La descongelación del pescado para su reprocesado es de considerable importancia en el mantenimiento de la calidad. Según el Código Alimentario Español (Decreto 2484/1967) los pescados descongelados deben tener el aspecto, la consistencia y el olor de los frescos no percibiéndose ningún signo de rancidez y recongelación. El proceso de descongelado consiste en llevar al producto congelado hasta temperaturas superiores a 0 °C, mediante el aporte de “calor”, con el fin de conseguir la fusión del hielo. El sistema de descongelación utilizado debería evitar: excesivo calentamiento localizado del pescado, excesiva pérdida por exudado, deshidratación y crecimiento bacteriano (Hall, 2001; Bello, 2005). Las descongelaciones más correctas se consiguen cuando todo el proceso se desarrolla a las temperaturas más bajas posibles (Bello, 2005), es decir, la velocidad de descongelación debe ser lo suficientemente lenta como para permitir que el agua vuelva a su posición original y evitar las pérdidas por goteo (Ruiter, 1999). Si se hace la descongelación en una cámara es recomendable tomar algunas precauciones como: descongelar en cámara cerrada con una temperatura ambiente baja (5 a 10 °C), colocar los bloques a descongelar sobre un bastidor con orificios o alambrado, para que el agua separada no contamine al pescado, procurar que la humedad ambiental sea alta para evitar pérdidas fuertes de agua en el pescado y no amontonar demasiados bloques para que el proceso sea lo más rápido posible (Madrid et al., 1999).

1.3 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre que, desde su infancia y de una forma más o menos consciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimenta al observarlos o ingerirlos. De esta forma, se establecen unos criterios para la selección de los alimentos, criterios que inciden sobre una de las facetas de la calidad global, la calidad sensorial. La evaluación de esta calidad se lleva a cabo mediante una disciplina científica, el análisis sensorial, cuyo instrumento de medida es el propio hombre (Ibáñez y Barcina, 2001). Stone y Sidel (2004), consideran la evaluación sensorial como un método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar aquellas respuestas a los productos percibidas a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído. La norma UNE-EN ISO 5492:2010 define el análisis sensorial como “*la ciencia relacionada con la evaluación de los atributos organolépticos de un producto mediante los sentidos*”.

En la evaluación sensorial el instrumento de medida es particular ya que se trata del conjunto de sentidos de un grupo de sujetos (Damasio y Costell, 1991). El hecho de medir las respuestas ante determinados estímulos generados por los alimentos no significa que se obtenga una información subjetiva, ya que tanto los estímulos como las respuestas se dan en unas condiciones bien establecidas y controladas (Ibáñez y Barcina, 2001). La correcta realización del análisis sensorial implica la disponibilidad de unos medios materiales adecuados: la sala de cata, el material que contiene los alimentos y el ambiente en general. Además, es fundamental disponer de personas entrenadas que formarán el panel de cata y un director o jefe del panel que planteará y dirigirá el ensayo, de acuerdo con la metodología previamente elegida, que permitirá el tratamiento estadístico de los datos obtenidos (Sancho et al., 1999).

1.3.1 Desarrollo histórico del análisis sensorial

La necesidad de que la respuesta humana sea precisa y reproducible es lo que ha impulsado el nacimiento y desarrollo de lo que hoy se conoce como análisis sensorial. El concepto, su importancia y los métodos utilizados en su medida y control han evolucionado paralelamente al desarrollo tecnológico de la industria de alimentos (Costell y Durán, 1981a).

La existencia de catadores de alimentos es tan antigua como la humanidad y con los intercambios mercantiles de sustancias alimenticias no perecederas o de larga conservación, como vinos, aceites y especias, adquiere importancia comercial. Ejemplo de ello, es la existencia en Francia, en el año 1312, de la Asociación de Gourmets-Catadores de Vino y hay documentos franceses del año 1773 que hablan del “degustador”, como aquella persona cuyo trabajo es catar el vino para definir su calidad y, por consiguiente, fijar su precio justo (Sancho et al., 1999). Pasada esta primera etapa, que se podría considerar la prehistoria del análisis sensorial, en la época precientífica de la industria de alimentos y hasta 1940, cuando la pequeña industria artesanal es sustituida por la industria con base tecnológica, empieza a desarrollarse junto con la industria alimentaria un cierto concepto de calidad sensorial, aunque sea a nivel de la opinión personal del dueño o encargado de la fábrica (Costell y Durán, 1981a; Sancho et al., 1999). Es decir, de la persona que por la experiencia acumulada en el transcurso de los años era capaz de describir los productos de la empresa y establecer las normas de calidad, tanto para adquirir la materia prima como para fabricar y comercializar cada tipo de producto. Estos expertos establecieron las bases para desarrollar lo que por entonces se denominaron “sesiones de muestras” y “reuniones informales” (Ibáñez y Barcina, 2001).

A partir de 1940, empieza la tecnificación de la producción de alimentos y con ella, el intento de controlar los procesos desde el punto de vista puramente químico o microbiológico, presuponiendo que la calidad final vendría dada como lógica consecuencia de esa parametrización del proceso. Durante esta etapa, que comprende hasta 1950, en la que coinciden las guerras mundiales y en la que la situación económica obliga a esfuerzos en la producción, la calidad sensorial de los alimentos es una actividad secundaria a la que se da poca o nula importancia. Sin embargo, al irse normalizando la situación económica, se manifiesta la necesidad de disponer de otro tipo de datos para asegurar la calidad y la aceptación de los alimentos.

Se entra en una tercera etapa que cubre el periodo comprendido entre 1950 y 1970, en la que se vuelve a considerar importante la calidad sensorial y se plantean los problemas de su medida y control. El principio de esta etapa viene caracterizado por la definición de los atributos primarios que integran la calidad sensorial y su clasificación en función de los órganos receptores que los captan (aspecto, color, olor, sabor, aroma, textura) y por el desarrollo y adaptación de las pruebas sensoriales en el control de la calidad de los alimentos. Simultáneamente, se estudia de forma comparativa la utilidad de las distintas pruebas, el tratamiento estadístico de las respuestas obtenidas y se pone de manifiesto la necesidad de un conocimiento básico del proceso por el cual se realiza la evaluación de un alimento, que debe incluir: la percepción del estímulo (tanto en el aspecto fisiológico como en el psicológico), la elaboración de la sensación y la comunicación verbal de la sensación.

Al final de este periodo, se cuestiona la validez y correlación entre las determinaciones instrumentales y sensoriales, existiendo una fuerte tendencia a considerar que las diferencias son debidas a efectos metodológicos del análisis sensorial (Figura 1.4).

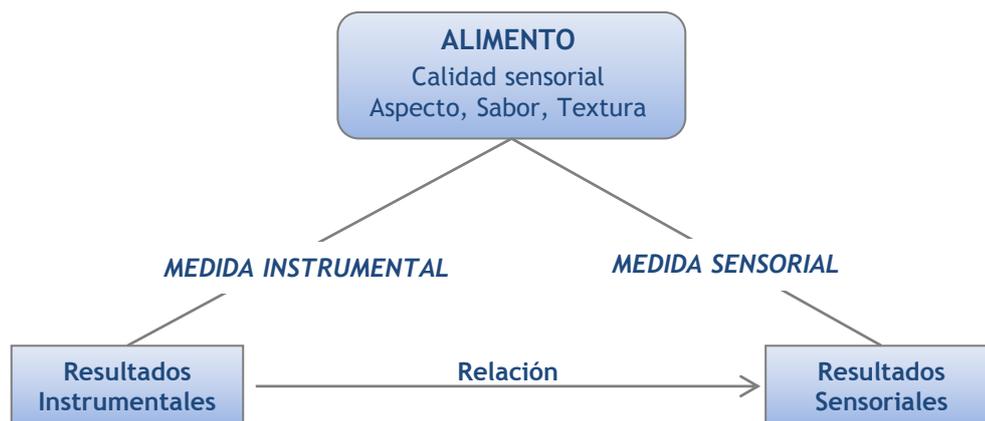


Figura 1.4. Esquema representativo de la idea sobre la medida de la calidad sensorial predominante en el periodo 1950-1970 de Costell y Durán (adaptada de Sancho et al., 1999)

A partir de 1970 se inicia una última etapa que se caracteriza por la revisión y modificación del concepto clásico de calidad sensorial. Se teoriza que la calidad sensorial de un alimento no es una característica propia, sino el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre y entonces se puede definir como la sensación humana provocada por determinados estímulos procedentes del alimento, mediatizada por las condiciones fisiológicas, psicológicas y sociológicas de la persona o grupo de personas que evalúa (Figura 1.5). En principio, su medida y análisis debe realizarse sensorialmente, ya que los métodos químicos e instrumentales solo son útiles para cuantificar y controlar las características o propiedades de los alimentos que originan el estímulo percibido por el hombre (Costell y Durán, 1981a; Sancho et al., 1999).

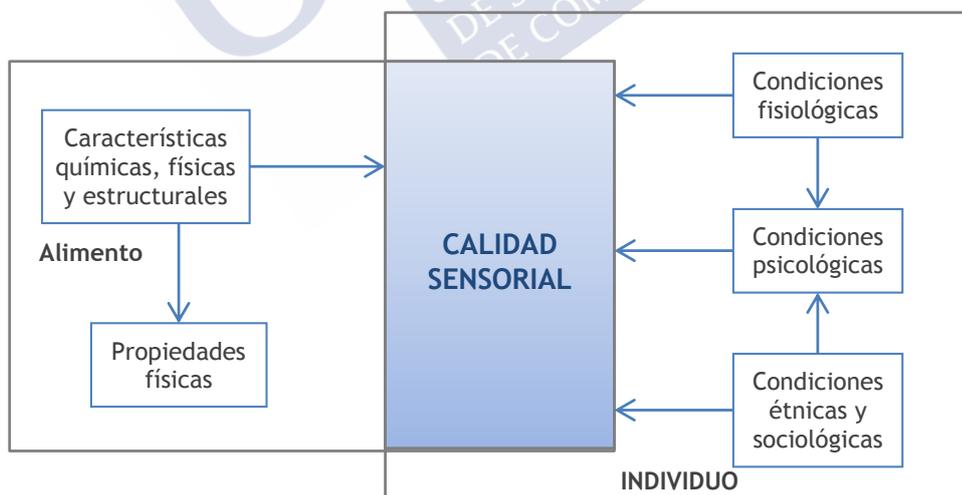


Figura 1.5. Esquema del concepto actual de la calidad sensorial de Costell y Durán (adaptada de Sancho et al., 1999)

Hoy en día no cabe duda de que la evaluación sensorial es una disciplina científica bien establecida, utilizada como herramienta para medir de forma objetiva con un aceptable grado de precisión y reproductibilidad (Ibáñez y Barcina, 2001).

A su consolidación han contribuido las normas desarrolladas en el marco de la Organización Internacional de Normalización (ISO). En España se dieron los primeros pasos de normalización en el campo del análisis sensorial en la década de los 70, pero no fue hasta 1990 cuando se constituyó el Comité Técnico de Normalización AEN/CTN 87 *Análisis Sensorial* de AENOR. Desde entonces este comité trabaja en la elaboración de normas españolas UNE, siguiendo las directrices de las certificaciones de ISO y, más recientemente, de CEN (AENOR, 2010).

1.3.2 Campo de aplicación del análisis sensorial

Las pruebas sensoriales son utilizadas en diversos tipos de industrias, como la industria alimentaria, la de perfumería, la farmacéutica, la de pinturas, etc. (Anzaldúa-Morales, 1994). El análisis sensorial es de gran importancia en prácticamente todas las etapas de producción y desarrollo, para conocer tanto las características como la aceptabilidad de un producto (Ibáñez y Barcina, 2001). Según Sancho et al. (1999), en función de la finalidad que se pretenda conseguir, el análisis sensorial se puede dividir en: análisis de la calidad y pruebas hedónicas.

En los análisis de calidad se debe examinar el producto y clasificar objetivamente los distintivos característicos. Este tipo de análisis incluye: control de calidad de las materias primas que entrarán en el proceso productivo, investigación de los efectos de los ingredientes o las variables del proceso productivo sobre la calidad sensorial final de un producto, comparación de prototipos de productos para comprender las respuestas de los consumidores en relación con los atributos sensoriales de los productos, mapeo sensorial y seguimiento de los cambios de un producto a lo largo del tiempo a fin de conocer los efectos del embalaje y la vida útil (Murray et al., 2001). En relación a la vida útil, Giménez et al. (2012) señalan que en la mayoría de los productos alimenticios se determina por los cambios en sus características sensoriales.

En las pruebas hedónicas, lo que se pretende es conocer la reacción subjetiva o impulsiva del consumidor para poder dictaminar sobre sus gustos, el grado de aceptación, preferencia, etc., que tendrá un producto. En este caso las pruebas las realizan personas sin experiencia en análisis sensorial, pero en general que pertenezcan al medio social o cultural al que va destinado el producto.

1.3.3 La percepción y los sentidos

La percepción juega un papel importante en la ciencia del análisis sensorial. La norma UNE-EN ISO 5492:2010 la define como “*la toma de conciencia de los efectos de uno o múltiples estímulos sensoriales*”.

Tanto la mente (psicología) como el cuerpo (fisiología) forman parte integral del análisis sensorial. Cuando las personas analizan los alimentos pueden emplear para ello alguno de sus cinco sentidos, vista, olfato, gusto, oído y tacto o todos ellos. La base fisiológica de cada uno de estos sentidos influye en la forma en que pueden utilizarse en el análisis sensorial y proporciona una pista acerca de los problemas que se pueden encontrar cuando se utilizan métodos analíticos que dependen de límites fisiológicos y variaciones individuales. El cometido de la psicología es como se manipulan y modifican estas sensaciones fisiológicas en el cerebro de los individuos, antes de que emitan una respuesta sensorial (Carpenter et al., 2002).

Por otra parte, las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, como el aspecto, mientras otras, como las características de textura o el flavor, son detectadas por dos o más sentidos. En el proceso de percepción, estas propiedades

usualmente se solapan, por este motivo, es necesario un entrenamiento que permita diferenciarlas independientemente (Carpenter et al., 2002; Briz y García, 2004).

En la Figura 1.6 se muestra, en un esquema, las propiedades sensoriales percibidas por cada uno de los sentidos.

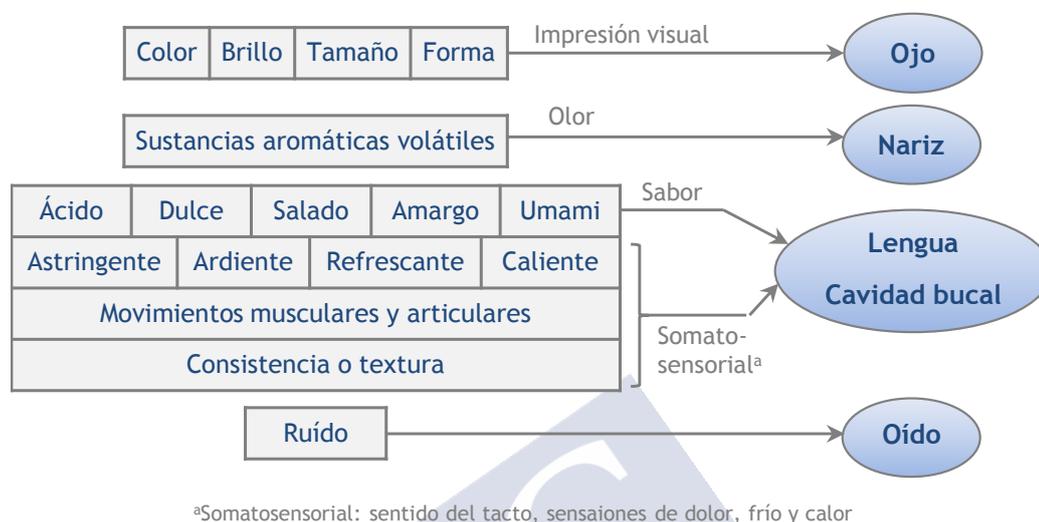


Figura 1.6. Sensogama. Representación esquemática de las impresiones que se perciben a través del análisis sensorial (adaptada de Sancho et al., 1999)

El primer contacto del ser humano con un producto alimenticio se produce habitualmente a través de la vista, el olfato, el oído o el tacto, o bien por varias de estas percepciones sensoriales simultáneamente. Las sensaciones subsiguientes son, generalmente, táctiles (a través de los labios y la cavidad bucal, donde también pueden percibirse otras sensaciones como frío, calor, dolor) y, de nuevo, sonidos (los de la masticación), inmediatamente después intervienen el gusto y nuevamente el olfato, pero esta vez de forma indirecta, por vía retronasal (Sancho et al., 1999).

1.3.3.1 La vista

El sentido de la vista reside en el ojo. La luz penetra en el ojo a través de la pupila y proyecta la imagen de los objetos sobre la retina. La proyección produce ciertas reacciones químicas en algunas sustancias de la retina y el estímulo, debido a la energía de las reacciones, se transforma en una señal nerviosa que se transmite por el nervio óptico al cerebro, donde es interpretada como la imagen del objeto.

En la retina existen dos tipos de células: los bastones y los conos. Los primeros son responsables de la percepción de la forma y el tamaño de los objetos, mientras que los conos son los que captan el color (Anzaldúa-Morales, 1994).

La visión es muy importante en la percepción del alimento. Si un producto no presenta un aspecto visualmente aceptable, una persona puede decidir no consumirlo. El aspecto, igualmente, puede tener un efecto significativo sobre otros sentidos (Carpenter et al., 2002).

La propiedad sensorial más importante asociada con el sentido de la vista es el color. El color resulta de la interacción de la luz en la retina y un componente físico que depende de determinadas características de la luz. Estas características son, esencialmente, el tono o matiz, la saturación o pureza y la claridad o luminosidad (Sancho et al., 1999). También se perciben otras propiedades como son la forma y tamaño, la textura de la superficie y otras

como la turbidez, carbonatación, transparencia, translucidez, opacidad y brillo (Briz y García, 2004).

Los jueces para evaluar colores deben tener una visión normal de los mismos. Se deben tomar precauciones debido a que una proporción considerable de personas tienen visión anómala de los colores. Se puede asegurar un nivel aceptable de normalidad utilizando pruebas específicas como el test de Ishihara entre otros (UNE-ISO 11037:2013).

1.3.3.2 El olfato

La sede de este sentido es la nariz, que se abre al exterior por dos orificios (ventanas nasales) y comunica con el interior de la cavidad bucal por las fosas nasales. La mucosa pituitaria que tapiza las paredes interiores de las fosas nasales posee en su parte inferior numerosas glándulas secretoras con vasos sanguíneos que humedecen la cavidad y calientan el aire inspirado, y en la parte superior se encuentran las células olfativas.

Para ser olidas, las sustancias odoríferas aspiradas por la nariz deben solubilizarse en la secreción acuosa que recubre las terminaciones ciliadas y luego entrar en contacto con las terminaciones nerviosas (Sancho et al., 1999). Dichas sustancias se difunden a través de la membrana mucosa para, finalmente, ponerse en contacto con las terminales nerviosas. El cerebro interpreta la señal correspondiente a cada sustancia como un olor. Hay muchos olores y no se han podido determinar olores básicos (Anzaldúa-Morales, 1994), aunque, con resultados poco exitosos, se han hecho reiterados intentos de agrupar las numerosas sensaciones olfatorias en algunas fundamentales (Witting, 2001).

El sentido del olfato puede detectar muchos olores diferentes cuando se aspiran por la nariz. También es importante para detectar, formando parte del flavor, sustancias volátiles emanadas por los alimentos en la boca (Carpenter et al., 2002). Por tanto, es necesario diferenciar entre olor y aroma. El primero es la sensación percibida por medio del órgano olfatorio al oler ciertas sustancias volátiles. En cambio, el aroma es el atributo sensorial perceptible por el órgano olfatorio, vía retronasal, durante la degustación (UNE-ISO 5492:2010).

Otro aspecto interesante de la percepción olfativa es la rápida adaptación a los estímulos olfativos repetidos, de tal forma que la percepción de un fuerte olor no es constante, sino que tiende a disminuir con gran rapidez (Sancho et al., 1999).

La condición por la que una persona con capacidad olfatoria normal es incapaz de percibir un compuesto a concentración detectable por la mayoría de las personas es conocida como anosmia, que puede ser un efecto temporal, como en el caso de la gripe o catarro, o permanente, como consecuencia de lesiones y/o alteraciones cerebrales. También el uso y abuso de perfumes, tabaco, drogas, o el vivir o trabajar en ambientes con olores irritantes o muy fuertes pueden alterar o disminuir la función de este sentido (Anzaldúa-Morales, 1994).

1.3.3.3 El gusto

La lengua, es el principal órgano del sentido del gusto, está recubierta por una membrana que es continuación de la que reviste interiormente el labio inferior. La superficie de esta membrana está cubierta por unos pequeños granos denominados papilas, en los que se localizan los botones gustativos o células gustativas y los denominados crepúsculos de Krause que dan sensaciones táctiles. Las papilas se clasifican por su forma en cuatro tipos, denominadas: foliadas, filiformes, fungiformes y caliciformes (Sancho et al., 1999).

Las papilas foliadas ubicadas en los dos tercios posteriores de la lengua no están desarrolladas, de ahí que tengan poca importancia en la sensación gustativa. Las filiformes, en su mayoría ubicadas en las dos zonas anteriores de la superficie dorsal de la lengua, no tienen

importancia en la evaluación del gusto, son las más numerosas y carecen de botones gustativos, pero participan en la elaboración de las sensaciones táctiles y solo diferencian los estímulos de tipo táctil, astringente, calórico o pseudocalórico, dolorífero o eléctrico. Las papilas fungiformes, que se ubican en los dos tercios delanteros de la lengua, son más grandes y menos numerosas que las filiformes y tienen importancia en las sensaciones del tacto y gusto, ya que poseen los botones gustativos sensibles a los sabores específicos. Las papilas caliciformes se ubican en la V lingual y también son sensibles a los sabores específicos (Sancho et al., 1999; Witting, 2001).

Los botones gustativos están constituidos por células gustativas y células de sostén. De los botones gustativos salen fibras nerviosas que transmiten los estímulos gustativos al cerebro. Para que esto suceda, el estímulo gustativo debe entrar en contacto con la saliva y disolverse en ella (Witting, 2001).

Las papilas gustativas de la lengua registran los cinco sabores básicos definidos por la norma UNE-EN ISO 5492:2010: ácido, amargo, salado, dulce y umami, en determinadas zonas preferenciales de la lengua. Así, los botones para el sabor dulce están ubicados mayoritariamente en la punta de la lengua, los de sabor amargo en la parte posterior, los de sabor ácido y salado a ambos lados y el umami en el centro. Con todo, esta localización no es absoluta y en un mismo botón gustativo, se puede encontrar sensibilidad a dos o más sabores (Sancho et al., 1999). En un estudio reciente (Running et al, 2015) indican que la grasa puede ser considerado como el sexto sabor y proponen denominarlo "*oleogustus*".

Cuando el alimento entra en la boca, además de detectar los sabores básicos, también proporciona información sobre la textura y el flavor (Carpenter et al., 2002). La norma UNE-EN ISO 5492:2010 define el flavor como "*la combinación compleja de sensaciones olfativas, gustativas y trigeminales percibidas durante la degustación*". Añade, además, que "*el flavor puede estar influenciado por sensaciones táctiles, térmicas, dolorosas y/o efectos cinestésicos*". Según Carpenter et al. (2002), el flavor es un proceso dinámico en el que a medida que el tiempo transcurre se producen una serie de cambios.

La pérdida completa del sentido del gusto (ageusia) no es frecuente, aunque los jueces pueden verse afectados por una pérdida parcial (hipogesia). Esto ocurre, por ejemplo, cuando al padecer un resfriado o gripe se pierde la información olfatoria que estimula la percepción del flavor, pero aún se pueden distinguir los sabores básicos. También debe tenerse en cuenta determinadas condiciones genéticas y los efectos de otras enfermedades y de algunos fármacos (Carpenter et al., 2002).

1.3.3.4 El tacto

El sentido del tacto está localizado en las terminaciones nerviosas que están situadas debajo de la piel por todo el cuerpo.

Son especialmente importantes, en el caso de la evaluación sensorial de los alimentos, las percepciones táctiles por medio de los dedos, la palma de la mano, la lengua, las encías, la parte interior de las mejillas, la garganta y el paladar (Anzaldúa-Morales, 1994). Tocar el producto puede proporcionar información sobre su temperatura, peso, consistencia y textura.

La percepción de la textura de los productos es compleja debido a la cantidad de sistemas sensoriales implicados. Aunque pueden estar involucrados los sentidos del tacto, vista y oído, el papel más importante corresponde al tacto, especialmente en lo que se refiere a la sensación en boca (Carpenter et al., 2002).

La textura (en boca) se define en la norma UNE-EN ISO 5492:2010 como "*todos los atributos mecánicos, geométricos, de cuerpo y de superficie de un producto perceptibles a través de los receptores cinestésicos y somáticos y si corresponde visuales y auditivos desde*

el primer bocado hasta la deglución final". Al igual que otras características sensoriales, la textura juega un papel importante en la aceptación global del producto, y su percepción es un proceso dinámico, ya que las propiedades físicas de la muestra se están modificando continuamente debido a la masticación, salivación y temperatura corporal (Carpenter et al., 2002).

1.3.3.5 El oído

El oído es el sentido mediante el cual se captan los sonidos, que son el resultado de las vibraciones del aire originadas por las cuerdas vocales, los labios y la lengua de las personas al hablar, o por los objetos al caerse, romperse, tallarse, rasparse, rasgarse, etc. Estas vibraciones son captadas por las orejas y luego amplificadas por el tímpano y los huesecillos del oído medio, conducidas por el oído interno y detectadas e interpretadas por el cerebro.

El sonido no solo se transmite por el aire, sino que las vibraciones pueden ser conducidas por los huesos. Esto sucede con los sonidos de la masticación de los alimentos, los cuales pueden ser tomados en cuenta en la evaluación de la textura (Anzaldúa-Morales, 1994). El ruido producido durante la masticación de los alimentos contribuye a la obtención de una imagen sensorial global del producto. La duración o persistencia de determinados sonidos en un alimento, puede sugerir otros atributos como la dureza, el carácter crujiente, la fragilidad, etc. (Briz y García, 2004).

1.3.4 Aspectos metodológicos del análisis sensorial

Existen cinco elementos fundamentales para realizar un análisis sensorial correcto: el entorno, el director o responsable, las muestras, el grupo de sujetos (catadores entrenados y consumidores) y el tipo de pruebas que se van a realizar.

1.3.4.1 El entorno de la medida sensorial

Las pruebas sensoriales requieren de un lugar especial para su realización. Algunas pruebas, como las degustaciones realizadas por consumidores, pueden y deben realizarse en un lugar donde es habitual encontrar el producto analizado (supermercado, si los jueces son los responsables de compra, en una escuela o parque, cuando son niños, o en las propias casas, cuando se quiere obtener condiciones semejantes a las cuáles se consume el producto). Sin embargo, cuando se trabaja con paneles de catadores, los estudios se han de llevar a cabo en un lugar diseñado y destinado para tal fin. Las salas de cata han de ser lugares donde se puedan realizar las evaluaciones sensoriales en unas condiciones constantes, reproducibles, que aumenten la sensibilidad y que ofrezcan el mínimo de distracciones, con el fin de reducir los efectos que los errores psicológicos y las condiciones físicas (temperatura, luz, etc.) puedan tener sobre el juicio humano (Ibáñez y Barcina, 2001). Las directrices generales para el diseño de salas de cata destinadas al análisis sensorial de productos se recogen en las normas UNE-EN ISO 8589:2010 y UNE-EN ISO 8589:2010/A1-2014.

La norma UNE-EN ISO 8589:2010 indica que como mínimo una sala de cata debe constar de un área de cata donde se pueda trabajar tanto en grupo como en cabinas individuales y un área de preparación de muestras. Pero además pueden contar con una oficina, vestuario y lavabos, un almacén de material, un almacén de muestras y una sala de espera para los evaluadores.



Figura 1.7. Sala de cata y cabina de cata individual (Área de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de Lugo)

El área de cata (Figura 1.7) debe reunir las siguientes condiciones:

- ◆ Estar situada cerca del área de preparación de muestras para facilitar la presentación de las muestras, pero lo suficientemente separada para reducir interferencias como las debidas a olores y ruidos.
- ◆ Tener condiciones de temperatura y humedad relativa confortables para los evaluadores, salvo que el producto requiera condiciones especiales. Ibáñez y Barcina (2001) señalan como condiciones óptimas valores de 20-22°C de temperatura y una humedad relativa del 60-70%.
- ◆ Reducir al mínimo el ruido ambiental durante los ensayos. Se recomienda insonorizar el área de cata y disponer de un suelo que absorba el sonido de los pasos o el arrastre de objetos.
- ◆ Mantenerse libre de olores. Para ello, se debe construir con materiales de fácil limpieza. Además, se recomienda el uso de productos de limpieza que no dejen olores en la sala de catas.
- ◆ Tener color neutro en las paredes y mobiliario. Se recomienda un color hueso mate o gris claro neutro.
- ◆ Tener iluminación uniforme, sin sombras intensas y controlable.
- ◆ Contemplar todas las medidas de seguridad que correspondan para el tipo de laboratorio en que se instale.

En muchos ensayos sensoriales, los sujetos deben suministrar sus juicios personales de forma independiente. Con el fin de limitar las distracciones y evitar que se comuniquen entre ellos, se les coloca en cabinas de cata individuales (Ibáñez y Barcina, 2001). Su diseño también está normalizado (UNE-EN ISO 8589:2010 y UNE-EN ISO 8589:2010/A1:2014), por lo que deben reunir las siguientes condiciones (Figura 1.7):

- ◆ El número de cabinas que se puede instalar depende del tipo de ensayo al que normalmente se destina la sala y del espacio disponible. Es necesario dejar espacio suficiente para tener libertad de movimientos y para la distribución de las muestras.
- ◆ Se recomienda el uso de cabinas permanentes, con ventanilla y un dispositivo para que el evaluador pueda avisar cuando las cabinas se construyen a lo largo de la pared

medianera al área de preparación de muestras. Además, es útil marcar cada cabina con un número o distintivo que permita su identificación y la localización de los evaluadores.

- ◆ Estar separadas lateralmente y ser lo suficientemente amplias para situar en la mesa de trabajo con comodidad las muestras, los utensilios, los recipientes para escupir, una pila si fuera necesaria, los productos para aclarar la boca y los cuestionarios y bolígrafos o los terminales informáticos. Las medidas recomendadas son de al menos 0,9 m de ancho y 0,6 m de fondo, con una altura adecuada para poder evaluar las muestras cómodamente. Es recomendable que las separaciones laterales entre cabinas sobrepasen al menos 0,3 m la superficie de las mesas para aislar parcialmente a los evaluadores, pudiendo construirse separadores desde el suelo hasta el techo para asegurar un aislamiento completo.
- ◆ El interior ser de color mate, neutro (blanco, gris claro o beis) de manera que no influya en la evaluación de las muestras.
- ◆ Tener iluminación individual para cada cabina, uniforme, sin sombras intensas y controlable. Es necesario contar con dispositivos que permitan enmascarar colores o diferencias visuales no deseadas y que no constituyan variables a evaluar en el producto, tales como atenuadores o fuentes de luz coloreadas entre otros.

En cuanto al área de preparación de las muestras la norma UNE-EN ISO 8589:2010 indica que debe ser contigua al área de cata, ubicada de forma que los evaluadores no tengan que atravesar el área de preparación para acceder al área de cata con el fin de evitar sesgos en los resultados. Esta zona debe reunir las siguientes condiciones:

- ◆ Estar bien ventilada para eliminar olores.
- ◆ Elegir materiales de fácil mantenimiento para suelos, paredes, techos y mobiliario que no emitan ni absorban olores.
- ◆ Contar con el siguiente equipamiento: una superficie de trabajo, una pila con el equipamiento necesario para la limpieza del material, equipos para la conservación, preparación, control y presentación de las muestras, equipamiento de limpieza, cubo para tirar los desperdicios, sistemas de almacenamiento y otros equipos adicionales si es necesario.

Por otro lado, dentro del entorno de la medida sensorial también se incluye: el material necesario para la preparación y distribución de las muestras (carritos, bandejas, etc.) y el material informático utilizado en la recogida y tratamiento de datos, así como en la elaboración de las fichas (Arias, 2009).

1.3.4.2 El director del panel

El buen funcionamiento de los grupos de jueces y la correcta interpretación de la información que proporcionan dependen de la actuación del director del panel (Costell y Durán, 1981b). La norma UNE-ISO 13300-2:2008 define al responsable del jurado como “*la persona cuya tarea primordial es la gestión de las actividades del jurado, reclutamiento, entrenamiento y seguimiento de los jueces*”. Añade que, “*esta persona puede también diseñar y dirigir pruebas sensoriales y analizar e interpretar los datos y puede ser ayudada por uno o más técnicos*”. Por tanto, las principales responsabilidades del director del panel son: entrenamiento y orientación de los jueces, motivación y mantenimiento del jurado y realización de los ensayos.

Para diseñar y dirigir correctamente las sesiones de cata se necesitan diversas habilidades y conocimientos. La norma UNE-ISO 13300-1:2007 indica que el director del panel debe poseer habilidades de administración y gestión, como la capacidad de organización y

planificación, competencias científicas y técnicas, entre las que se incluyen el conocimiento del producto y la formación en estadística, competencias sensoriales, de las que destacan el conocimiento de la metodología sensorial y la capacidad para planear, llevar a cabo y evaluar el análisis sensorial y otras como: habilidades interpersonales, capacidad de liderazgo de grupos y para manejar grupos dinámicos, toma de decisiones y motivación del jurado.

Durante una sesión de cata, la función del director de panel consiste en dar la información imprescindible a los catadores sobre las muestras a analizar, dirigir la sesión y finalmente interpretar los resultados (Sancho et al., 1999; Carpenter et al., 2002). Además, dentro de las responsabilidades del director del panel está el control de la preparación de las muestras y la presentación de cada producto (Ibáñez y Barcina, 2001).

Arias (2009) señala que la preparación de una sesión de cata se divide en:

- ◆ Preparación preliminar. Consiste en determinar el número de muestras que cada catador debe analizar en cada sesión, el orden de presentación de las mismas y el número de repeticiones necesario teniendo en cuenta la intensidad del atributo que se va a medir y el aumento de precisión que se puede obtener si se realizan repeticiones.
- ◆ En la preparación preliminar hay que establecer las condiciones y el tiempo de preparación y presentación de las muestras y la elaboración de la ficha de cata. La ficha de cata debe ser clara y en ella han de utilizarse términos simples pero precisos, que tengan el mismo significado para el juez y el director, con lo cual es importante establecer un léxico, por ejemplo, aplicando la norma UNE-EN ISO 5492:2010 sobre el vocabulario, las definiciones del diccionario, etc. Además, debe incluir datos generales como el nombre, edad, número de cabina, día de realización de la prueba y las instrucciones que el catador debe seguir para la realización del test. En las pruebas descriptivas también se incluirán los términos (descriptores) que describen las características sensoriales del producto en función de los atributos que se perciben del mismo y las escalas, que permiten al juez cuantificar y calificar cada descriptor.
- ◆ Preparación y presentación de las muestras. Las indicaciones relativas a la preparación y presentación de las muestras se describen en la Sección 1.3.4.3.
- ◆ Preparación de la sala de cata. La sala de cata tiene que estar preparada cuando los sujetos lleguen. En el momento de la prueba cada cabina debe tener: las muestras codificadas a evaluar, el formulario de prueba, un vaso con agua, un trozo de pan y/o manzana, servilletas de papel y demás elementos necesarios.
- ◆ Las evaluaciones sensoriales no deben hacerse a horas próximas a las comidas.

1.3.4.3 Las muestras

Con el nombre de muestra se designa al producto que será entregado a los jueces para su evaluación. Acerca de la muestra interesa su preparación y su presentación (Witting, 2001) y los métodos elegidos deben ser adecuados al producto y al objetivo de la prueba (UNE-ISO 6658:2008).

La fase de preparación no debe añadir ningún olor o sabor extraños al producto (Ibáñez y Barcina, 2001), por lo que, se debe prestar especial atención a los utensilios utilizados durante la preparación. Todo el material que se emplee debe estar exento de olores o sabores que se puedan transmitir al producto o ser percibidos por el catador (Sancho et al., 1999).

En la presentación de las muestras, la manera y el orden en que se presentan son de suma importancia, ya que pueden alterar significativamente los valores de juicio. El orden de presentación de las muestras debe realizarse de forma aleatoria y estas han de codificarse mediante letras o números, utilizándose habitualmente un número de tres dígitos elegidos al

azar, de modo que la codificación de cada muestra no proporcione al catador ninguna información sobre la identidad de las muestras o del tratamiento que han sufrido.

Las muestras que se entreguen al mismo tiempo, deben ser homogéneas para todos los jueces y tener la misma forma, tamaño, volumen, espesor, etc. Además, han de presentarse en recipientes que no afecten a la prueba o al producto y se debe utilizar material transparente, blanco o de color neutro, salvo en los casos en los que se deba enmascarar el color de la muestra. En cuanto a las condiciones ambientales, es conveniente que el producto se sirva a una temperatura determinada y constante para todos los catadores.

El tiempo que debe transcurrir entre la preparación y distribución de las distintas muestras es conveniente que sea lo más constante posible, aunque cada catador puede trabajar a la velocidad que considere más adecuada (Sancho et al., 1999; Ibáñez y Barcina, 2001; Witting, 2001; Briz y García, 2004; UNE-ISO 6658:2008).

El número de muestras a evaluar en cada sesión es limitado debido a la fatiga mental y sensorial y a fenómenos de adaptación y depende de la naturaleza de la prueba, del tipo de producto a analizar y de la experiencia de los catadores. En general, no deben presentarse a un juez más de cinco muestras al mismo tiempo. Si se tiene un experimento en el cuál se tienen muchas muestras a evaluar, éstas deberán distribuirse en varias sesiones (Anzaldúa-Morales, 1994; Ibáñez y Barcina, 2001; UNE-ISO 6658:2008).

1.3.4.4 El grupo de sujetos

El equipo de catadores es el instrumento de medida utilizado en el análisis sensorial y los sujetos deben ser seleccionados en función del objetivo de la prueba, ya que los requisitos que han de reunir difieren según que los ensayos sean hedónicos o de aceptación, discriminantes o descriptivos. Según Costell y Durán (1981b) se pueden distinguir dos tipos de catadores según sus características y forma de actuación: el catador consumidor, destinados a realizar pruebas de preferencia-aceptación y el catador analítico, para realizar pruebas discriminativas y descriptivas.

Los catadores consumidores, por lo general, son personas tomadas al azar, ya sea en la calle, en un establecimiento, etc. Deben emplearse solamente en pruebas afectivas ya que se busca una respuesta subjetiva (Anzaldúa-Morales, 1994; Briz y García, 2004). Un requisito que ha de cumplir este sujeto es que sea consumidor habitual o potencial del producto que se va a probar. Respecto al número de individuos que han de participar en este tipo de panel, es recomendable trabajar con un número de hasta 100 sujetos para que los resultados sean válidos desde el punto de vista estadístico (Ibáñez y Barcina, 2001) y nunca inferior a 60 (UNE-EN ISO 11136:2017).

En cuanto al catador analítico, la calidad de los datos sensoriales está directamente relacionada con el correcto funcionamiento del equipo, y éste a su vez dependerá, básicamente, de los métodos empleados durante la preselección, selección y entrenamiento de los sujetos. En función del tipo de panel que se desee constituir se establecerá el número de catadores que deben participar en la prueba, y que después serán seleccionados (Ibáñez y Barcina, 2001).

Dentro de la denominación de catador analítico se incluyen dos tipos:

- ◆ Catador. Con este término se alude a personas seleccionadas por su capacidad para realizar un ensayo sensorial (UNE-EN ISO 8586:2014). Reciben un entrenamiento y realizan pruebas sensoriales con frecuencia, pero que, generalmente, solo participan en pruebas discriminativas sencillas o descriptivas con fines tecnológicos y de control de calidad (Costell y Durán, 1981b; Anzaldúa-Morales, 1994; Briz y García, 2004). Cuando se recurre a los catadores, las pruebas suelen efectuarse con un mínimo de 10

panelistas y con un máximo de 20-25, realizando un número de repeticiones previamente establecido por cada panelista para cada muestra (Ibáñez y Barcina, 2001).

- ◆ Catador experto. Son catadores con una sensibilidad sensorial demostrada y con considerable entrenamiento y experiencia en ensayos sensoriales, que son capaces de realizar evaluaciones sensoriales de forma consistente y repetible de varios productos (UNE-EN ISO 8586:2014) Además, suelen realizar pruebas sensoriales con cierta periodicidad. Los catadores expertos se emplean principalmente para pruebas sensoriales descriptivas, o para pruebas discriminativas complejas, pruebas que requieren una gran precisión y reproducibilidad. El número de catadores requeridos debe ser al menos de 6 y como máximo 15 (Costell y Durán, 1981b; Anzaldúa-Morales, 1994; Ibáñez y Barcina, 2001; Briz y García, 2004).

La selección y entrenamiento de catadores y catadores expertos se puede hacer con los mismos métodos, con la diferencia del grado de exigencia en la selección y la intensidad del entrenamiento posterior (Civille y Szczesniak, 1973; Costell y Durán, 1981b). La norma UNE-EN ISO 8586:2014 especifica los criterios para la selección y los procedimientos para el entrenamiento y control de catadores y catadores expertos. El procedimiento recomendado requiere (Figura 1.8):

- ◆ Reclutamiento y selección preliminar de jueces inexpertos.
- ◆ Familiarización de los jueces inexpertos, que se convertirán en jueces iniciados.
- ◆ Selección de los jueces iniciados con el fin de determinar su capacidad para realizar pruebas concretas, que luego se convertirán en catadores.
- ◆ El posible entrenamiento de los catadores para convertirse en catadores expertos.
- ◆ Los métodos usados en la selección y el entrenamiento también dependen del objetivo de las tareas destinadas al panel, de modo que, los procedimientos para entrenar jueces para las pruebas descriptivas son distintos de los utilizados para entrenar jueces para las pruebas de discriminación (UNE-ISO 6658:2008).

Además, el funcionamiento de los catadores se debería controlar de forma regular para asegurar que los criterios por los que inicialmente fueron seleccionados se sigan cumpliendo.



Figura 1.8. Proceso para la selección, entrenamiento y control de catadores expertos y catadores semientrenados (adaptada de UNE-EN ISO 8586:2014)

Una vez realizadas las pruebas, los resultados deben ser comentados con los miembros del panel, ya que siempre debe existir algún tipo de información, aunque solo sea agradecer a los jueces su ayuda y motivarlos para que vuelvan. La información positiva ayudará a aumentar la motivación del panel y estimulará la moral individual. Y es que, la motivación es muy importante en la emisión de juicios por los catadores, un panel interesado en su trabajo y motivado es mucho más eficiente y objetivo. Como se indica en la Sección 1.3.4.2, corresponde al director del panel, alcanzar y mantener ese estado en el equipo (Sancho et al., 1999; Carpenter et al., 2002).

1.3.4.5 Pruebas sensoriales

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo con diferentes pruebas, según sea la finalidad para la que se efectúe. Existen tres tipos principales de pruebas: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas (Anzaldúa-Morales, 1994).

1.3.4.5.1 Pruebas afectivas o hedónicas

Son aquellas en las que el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto y tienen como objetivo determinar la aceptabilidad de los productos y/o determinar las preferencias entre dos o más productos por la población de consumidores especificada. Los paneles de consumidores constituyen el mejor grupo para evaluar la aceptabilidad o preferencia de un producto o grupo de productos (Anzaldúa-Morales, 1994; Carpenter et al., 2002; Briz y García, 2004; UNE-EN ISO 11136:2017).

En este tipo de pruebas el cuestionario puede constar de dos partes: en la primera parte se recogen los datos socioeconómicos de interés y, en la segunda, se solicita información sobre el producto sometido a estudio (Ibáñez y Barcina, 2001).

Este tipo de pruebas aportan información muy valiosa sobre el mercado de consumo (Ibáñez y Barcina, 2001).

La norma UNE-EN ISO 11136:2017 clasifica las pruebas hedónicas en dos grupos:

- ◆ Pruebas de aceptabilidad, utilizadas para medir la intensidad del placer al consumidor. Dentro de este grupo se incluyen:
 - Pruebas de clasificación con ayuda de una escala, que se diferencian por la escala de respuesta (estructurada, no estructurada, numérica, semántica, o gráfica (UNE-ISO 4121:2006) y por el método de presentación de los productos cuando se evalúan 2 o más.
- ◆ Pruebas de preferencia, utilizadas para medir el orden de gusto para diferentes productos. No se obtiene información sobre la aceptabilidad de los productos, porque es posible que un producto sea preferido sobre otro sin que ninguno de ellos sea aceptable. Las pruebas de preferencia se subdividen en:
 - Pruebas de comparación por parejas, cuando se comparan 2 muestras.
 - Pruebas de ordenación, cuando se trata de más de 2 muestras.

1.3.4.5.2 Pruebas discriminativas

Son aquellas en las que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia. Estas pruebas son muy usadas en el control de calidad para evaluar si las muestras de un lote están siendo producidas con una calidad uniforme, si son comparables a estándares. También, por medio de ellas se puede determinar el efecto de modificaciones en las condiciones del proceso

sobre la calidad sensorial del producto, las alteraciones introducidas por la sustitución de un ingrediente por otro, etc.

Para las pruebas discriminativas pueden usarse catadores semientrenados cuando las pruebas son sencillas, sin embargo, para algunas comparaciones más complejas es preferible que los catadores sean entrenados (expertos) (Anzaldúa-Morales, 1994; Briz y García, 2004).

Las pruebas utilizadas, generalmente, para determinar la probabilidad de diferencia o similitud son (UNE-ISO 6658:2008):

- ◆ Prueba de comparación por parejas (UNE-EN ISO 5495:2009).
- ◆ Prueba triangular (UNE-EN ISO 4120:2008).
- ◆ Prueba dúo-trío (UNE-EN ISO 10399:2018).
- ◆ Prueba dos de cinco (UNE-ISO 6658:2008).
- ◆ Prueba A-no A (UNE-ISO 6658:2008).

1.3.4.5.3 Pruebas descriptivas

Las pruebas descriptivas se encuentran entre las herramientas sensoriales más sofisticadas (Murray et al., 2001). En este tipo de pruebas se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de manera objetiva. Proporcionan mucha más información acerca del producto que las otras pruebas; sin embargo, son más difíciles de realizar, el entrenamiento de los jueces debe ser más intenso y monitorizado, y la interpretación de los resultados es ligeramente más laboriosa que en los otros tipos de pruebas (Anzaldúa-Morales, 1994; Briz y García, 2004).

La norma UNE-ISO 6658:2008 clasifica las pruebas descriptivas en:

- ◆ Pruebas descriptivas simples. Esta prueba permite obtener una descripción cualitativa de propiedades particulares que contribuyen a la caracterización global de la muestra. Se recomienda para describir diferencias ya constatadas.
- ◆ Métodos de análisis descriptivo y perfil sensorial. Son pruebas de evaluación que permiten determinar, de manera reproducible, las propiedades sensoriales de un producto sirviéndose de términos de una lista previamente establecida mediante pruebas descriptivas simples.
- ◆ El perfil sensorial se basa en el concepto de que la impresión sensorial producida por una muestra se compone de un número de atributos sensoriales identificables denominados descriptores que contribuyen a describir la impresión global del producto, por lo que deben ser precisos, discriminantes, exhaustivos e independientes. Su número puede ir desde 5 hasta 15 y, en ciertos casos, puede ser superior. La lista de todos los descriptores sensoriales relevantes, cada uno con su valor de intensidad, es el perfil sensorial. Por lo general, los atributos son ordenados en orden de percepción (Ibáñez y Barcina, 2001; UNE-EN ISO 13299:2010). En la norma UNE 87027:1998 se describe el procedimiento a seguir en la elección de descriptores.
- ◆ Método de perfil de libre elección. Es un método descriptivo según el cual, catadores poco o nada entrenados evalúan los productos usando sus propias listas de descriptores.

1.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PESCADO

Durante los últimos 50 años se han desarrollado diferentes esquemas para la evaluación sensorial del pescado. El primer método moderno fue desarrollado en la Torry Research Station (Aberdeen, Escocia). Consiste en el diseño de una tabla descriptiva en la que se adjudica al pescado una puntuación dentro de una escala descriptiva donde el valor más alto corresponde a la máxima frescura y el más bajo al pescado muy deteriorado, valorado en

función de características como el olor, sabor, textura y aspecto global. Conocida como la escala Torry, la metodología facilita la evaluación tanto sobre el pescado crudo como tras ser cocinado (Abaroa et al., 2008).

El método sensorial oficial utilizado en la Unión Europea (UE) para la evaluación del grado de frescura de los productos de la pesca es el esquema UE introducido por primera vez en los Reglamentos del Consejo 103/76 (para pescados) y 104/76 (para crustáceos) y actualizado por el 2406/96 (para algunos pescados, crustáceos y solo un molusco cefalópodo, la sepia) (Barbosa y Vaz-Pires, 2004). En este Reglamento (CE) 2406/96 se establecen tres grados de frescura: E (extra), A y B. E es la calidad más alta posible, mientras que los pescados con calificación inferior a B no se consideran aptos para el consumo humano. Este sistema es comúnmente aceptado en los países de la Unión Europea, si bien, existen algunas discrepancias, ya que no considera las diferencias entre especies, únicamente emplea parámetros generales aplicables a todas las especies dentro de cada grupo y, en el caso del pescado congelado, solo describe los cambios en ese estado. Además, este método no proporciona información acerca de la vida restante de comercialización (López-García et al., 2014).

Hoy en día, una de las alternativas más interesantes y de uso más extendido es el Método del Índice de Calidad (Quality Index Method, QIM)) que es un sistema de puntuación de demérito para estimar la frescura y la calidad de los productos pesqueros (Bekaert, 2006). Dicho método, que se explica de forma detallada en el Sección 3, está basado en un esquema establecido originalmente por la Tasmanian Food Research Unit (Bremner, 1985), pero debe ser desarrollado y adaptado de forma independiente para cada especie de pescado (Sveinsdottir et al., 2003). Por tanto, esta especificidad supone una de las principales ventajas frente al esquema UE (Briz y García, 2004).

Existe otro método sensorial para el análisis de la calidad e inocuidad de los productos pesqueros, el Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA). Se basa en la evaluación y cuantificación de los atributos sensoriales incluidos en el olor, sabor y textura, utilizando un panel de catadores seleccionado y altamente entrenado. Este método puede ser usado como base para el desarrollo del esquema QIM (Romero et al., 2014).

1.5 REFERENCIAS

- AECOSAN (2019).** *Recomendaciones de consumo de pescado por presencia de mercurio.* Recuperado de: http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/ampliacion/mercurio.htm (Marzo 2020).
- Abaroa, M. C., Perez-Villarreal, B., González de Zarate, A., Aboitiz, X., Bald, C., Riesco, S. y Picaza, N. (2008).** *Frescura del pescado: guía visual para su evaluación sensorial.* AZTI-Tecnalia, Bizkaia, 69 pp.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) (2010).** *Análisis Sensorial.* 2ª edición. AENOR, Madrid, 453 pp.
- Anzaldúa-Morales, A. (1994).** *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica.* Acribia, S.A., Zaragoza, 198 pp.
- Arias, M. D. (2009).** *Caracterización físico-química y sensorial de nabiza y grelo (Brassica rapa L.)* [Tesis doctoral]. Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, 386 pp.
- Astiasarán, I. y Martínez, J.A. (2000).** *Alimentos: Composición y propiedades.* 2º edición. McGraw-Hill - Interamericana de España S.A.U, Madrid, 364 pp.

- Barbosa, A. y Vaz-Pires, P. (2004).** Quality Index Method (QIM): development of a sensorial scheme for common octopus (*Octopus vulgaris*). *Food Control*, 15(3), 161–168.
- Bekaert, K. (2006).** Development of quality index method scheme to evaluate freshness of tub gurnard (*Chelidonichthys lucernus*). En: Luten J.B., Jacobson, C., Bekaert, K., Saebo, A. and Oehlenschlager, J. (editores). *Seafood research from fish to dish - Quality, safety and processing of wild and farmed fish*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 289–296.
- Bello, J. (2005).** *Calidad de vida, alimentos y salud humana. Fundamentos científicos*. Díaz de Santos, Madrid, 357 pp.
- Bremner, A. (1985).** A convenient easy to use system for estimating the quality of chilled seafood. En: Scott, D.N. y Summers C. (editores). Proceedings of the fish processing conference, Nelson, New Zealand, 23-25 Abril 1985. *Fish Processing Bulletin*, 7, 59–73.
- Briz, J. y García, R. (2004).** *Análisis sensorial de productos alimentarios. Metodología y aplicación a casos prácticos*. 2ª edición. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, dirección técnica, Madrid, 384 pp.
- Burger, J. y Gochfeld, M. (2009).** Perceptions of the risks and benefits of fish consumption: Individual choices to reduce risk and increase health benefits. *Environmental Research*, 109(3), 343–349.
- Burger, J., Gochfeld, M., Batang, Z., Alikunhi, N., Al-Jahdali, R., Al-Jebreen, D., Aziz, M.A.M. y Al-Suwailem, A. (2014).** Fish consumption behavior and rates in native and non-native people in Saudi Arabia. *Environmental Research*, 133, 141–148.
- Carlucci, D., Nocella, G., De Devitiis, B., Viscecchia, R., Bimbo, F. y Nardone, G. (2015).** Consumer purchasing behaviour towards fish and seafood products. Patterns and insights from a sample of international studies. *Appetite*, 84, 212–227.
- Cardoso, C., Lourenço, H., Costa, S., Gonçalves, S. y Nunes, M. L. (2013).** Survey into the seafood consumption preferences and patterns in the portuguese population. Gender and regional variability. *Appetite*, 64, 20–31.
- Carpenter, R. P., Lyon, D. H. y Hasdell, T. A. (2002).** *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*. Acribia, S.A., Zaragoza, 191 pp.
- Cheng, J. H., Qu, J. H., Sun, D. W. y Zeng, X. A. (2014).** Visible/near-infrared hyperspectral imaging prediction of textural firmness of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) as affected by frozen storage. *Food Research International*, 56, 190–198.
- Civille, G. V. y Szczesniak, A. L. (1973).** Guidelines to training a texture profile panel. *Journal of texture studies*, 4(2), 204–223.
- Claret, A., Guerrero, L., Aguirre, E., Rincón, L., Hernández, M.D., Martínez, I., Peleteiro, J.B., Grau, A. y Rodríguez-Rodríguez, C. (2012).** Consumer preferences for sea fish using conjoint analysis: Exploratory study of the importance of country of origin, obtaining method, storage conditions and purchasing Price. *Food Quality and Preference*, 26(2), 259–266.

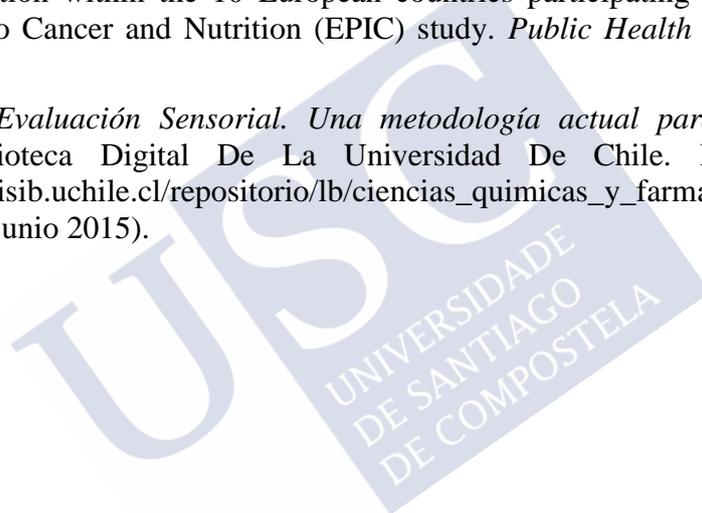
- Connelly, N. A., Lauber, T. B., Niederdeppe, J. y Knuth, B. A. (2014).** How can more women of childbearing age be encouraged to follow fish consumption recommendations? *Environmental Research*, 135, 88–94.
- Costell, E. y Durán, L. (1981a).** El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. I. Introducción. *Revista de Agroquímica y Tecnología de los alimentos*, 21, 1–10.
- Costell, E. y Durán, L. (1981b).** El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. III. Planificación, selección de jueces y diseño estadístico. *Revista de Agroquímica y Tecnología de los alimentos*, 21, 454–470.
- Cox, D. N., Evans, G. y Lease, H. J. (2011).** The influence of product attributes, consumer attitudes and characteristics on the acceptance of: (1) Novel bread and milk, and dietary supplements and (2) fish and novel meats as dietary vehicles of long chain omega 3 fatty acids. *Food Quality and Preference*, 22(2), 205–212.
- Damasio, M. N. y Costell E. (1991).** Análisis sensorial descriptivo: Generación de descriptores y selección de catadores. *Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 31(2), 165–178.
- Dapcich, V., Salvador, G., Ribas, L. Pérez, C., Aranceta, J. y Serra, Ll. (2007).** *Consejos para una alimentación saludable*. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) y Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria (semFYC), Madrid, 38 pp. Recuperado de:
http://www.semfyec.es/pfw_files/cma/Informacion/modulo/documentos/guia_alimentacion.pdf (Agosto 2014).
- Decreto 2484/1967**, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español. Última actualización publicada el 10 de junio de 2017. *Boletín Nacional del Estado*, 248, de 17 de octubre de 1967, 14180–14448.
- Domingo, J. L., Bocio, A., Martí-Cid, R. y Llobet, J. M. (2007).** Benefits and risks of fish consumption Part II. RIBPEIX, a computer program to optimize the balance between the intake of omega-3 fatty acids and chemical contaminants. *Toxicology*, 230(2-3), 227–233.
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies) (2014).** Scientific opinion on health benefits of seafood (fish and shellfish) consumption in relation to health risks associated with exposure to methylmercury. *EFSA Journal*, 12(7):3761, 80 pp. Recuperado de:
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/3761.pdf> (Noviembre 2014).
- FAO (2018).** *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 233 pp. Recuperado de:
<http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf> (Febrero 2019).
- FAO (2020).** *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 223 pp. Recuperado de: <https://doi.org/10.4060/ca9229es> (Abril 2021).

- FAO/OMS (2012).** *Codex alimentarius. Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros*. 2ª edición. Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 264 pp. Recuperado de:
http://www.fao.org/tempref/codex/Publications/Booklets/Practice_code_fish/CCFFP_2012_ES.pdf (marzo 2018).
- Fellows, P. (2007).** *Tecnología del procesado de los alimentos: principios y práctica*. 2ª edición. Acribia S.A, Zaragoza, 708 pp.
- García-García, B., Hernández, M. D., Cárdenas, S., Muñoz, J. L., Rodríguez, C., Carrasco, J., Pastor, E., Gráu, A., Ginés, R., Hernández-Cruz, C. M., Estévez, A., Bellot, O., Rodríguez, L. M., Otero-Llovo, J., Martínez, S. y Tomas, A. (2007).** Hábitos de consumo de pescado en ocho localidades costeras de España. *XI Congreso Nacional de Acuicultura*, Vigo, 25–28 septiembre.
- Giménez, A., Ares, F. y Ares, G. (2012).** Sensory shelf-life estimation: a review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49(1), 311–325.
- Gómez-Sánchez, A. I., Cerón-Carrillo, T. G., Rodríguez-Martínez, V. y Vázquez-Aguilar, M. M. (2007).** Aspectos tecnológicos de la congelación en alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 1, 80–96.
- Hall, G. M. (2001).** *Tecnología del procesado del pescado*. Acribia S.A., Zaragoza, 305 pp.
- Huss, H. H. (1998).** *El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad*. FAO Documento Técnico de Pesca, nº 348. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 202 pp.
- Ibáñez, F. C. y Barcina, Y. (2001).** *Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones*. Springer-Verlag Ibérica, Barcelona, 180 pp.
- López, A. (2005).** El sector gallego de transformación del producto pesquero. *Boletín económico de ICE*, 2862, 125–132. Recuperado de:
http://www.revistasice.com/CachePDF/BICE_2862_125-132__6B4B1F4DE52F798C52CC5E00E12874CA.pdf (mayo 2015).
- López-García, M. M., Ramil-Novo, L. A., Vázquez-Odériz, M. L. y Romero-Rodríguez, M. A. (2014).** Development of a Quality Index Method for freshness assessment of thawed Greenland Halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) stored at chilling temperature. *Food and Bioprocess Technology*, 7(6), 1847–1852.
- Madrid, A., Madrid, J. M. y Madrid, R. (1999).** *El pescado y sus productos derivados*. 2ª edición. AMV y Mundi-Prensa, Madrid, 411 pp.
- Mallet, C.P. (1994).** *Tecnología de los alimentos congelados*. A. Madrid Vicente, Madrid, 379 pp.
- Murray, J. M., Delahunty, C. M. y Baxter, I. A. (2001).** Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, 34(6), 461–471.
- Muss, B. J. y Dahlström, P. (1981).** *Guía de los peces de mar del Atlántico y del Mediterráneo: biología, pesca e importancia económica*. Omega, S.A., Barcelona, 259pp.

- Pieniak, Z., Vanhonacker, F. y Verbeke, W. (2013).** Consumer knowledge and use of information about fish and aquaculture. *Food Policy*, 40, 25–30.
- Potter, N. N. y Hotchkiss, J. H. (1999).** *Ciencia de los alimentos*. Acribia S.A., Zaragoza, 667 pp.
- RAE (2018).** *Diccionario de la lengua española*. Real Academia Española. Recuperado de: <http://www.rae.es/> (Marzo 2018).
- Rahman, M. S. (2002).** *Manual de conservación de los alimentos*. Acribia S.A, Zaragoza, 863 pp.
- Reglamento (CE) n° 103/76** del Consejo, de 19 de enero de 1976, por el que se establecen las normas comunes de comercialización para ciertos pescados frescos o refrigerados. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 20, de 28 de enero de 1976, 29–34.
- Reglamento (CE) n° 104/76** del Consejo, de 19 de enero de 1976, por el que se establecen normas comunes de comercialización para las quisquillas del tipo «*Crangon* spp.». *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 20, de 28 de enero de 1976, 35–38.
- Reglamento (CE) n° 2406/96** del Consejo, de 26 de noviembre de 1996, por el que se establecen normas comunes de comercialización para determinados productos pesqueros. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 334, de 23 de diciembre de 1996, 1–15.
- Reglamento (CE) n° 853/2004** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 139, de 30 de abril de 2004, 55–205.
- Romero, M. A., Vázquez-Oderiz, L., López, M. M., Ramil-Novo, L. A., Maroto, J., Estévez, N., Sieiro, P., Abollo, E., Rodríguez, A., Sendón, R., Paseiro, P., Otero, P., Cruz, J. M., Barbosa, L., Vecino, X. y Moldes, A. B. (2014).** *Guía visual para la evaluación sensorial de la calidad del pescado congelado*. Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR, Vigo, 52 pp.
- Ruiter, A. (1999).** *El pescado y los productos derivados de la pesca: composición, propiedades nutritivas y estabilidad*. Acribia S.A., Zaragoza, 416 pp.
- Running, C. A., Craig, B. A. y Mattes, R. D. (2015).** Oleogustus: the unique taste of fat. *Chemical Senses*, 40(7), 507–516.
- Sancho, J., Bota, E. y de Castro, J. J. (1999).** *Introducción al análisis sensorial de alimentos*. Edicions Universitat de Barcelona, Barcelona, 336 pp.
- Sikorski, Z. E. (1994).** *Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación*. Acribia S.A., Zaragoza, 330 pp.
- Stone, H. y Sidel, J. L. (2004).** *Sensory Evaluation Practices*. 3° edición. Academic, San Diego, C.A., 408 pp.
- Sveinsdottir, K., Hyldig, G., Martinsdottir, E., Jorgensen, B. y Kristbergsson, K. (2003).** Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Quality and Preference*, 14(3), 237–245.

- UNE 87027:1998.** *Análisis sensorial. Identificación y selección de descriptores para la elaboración de un perfil sensorial por métodos multivariantes.* (ISO 11035:1994). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 18 pp.
- UNE-ISO 4121:2006.** *Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas.* (ISO 4121:2003). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 15 pp.
- UNE-ISO 13300-1:2007.** *Análisis sensorial. Guía general para el personal de los laboratorios de evaluación sensorial. Parte 1: Responsabilidades del personal.* (ISO 13300-1:2006). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 15 pp.
- UNE-EN ISO 4120:2008.** *Análisis sensorial. Metodología. Prueba triangular* (ISO 4120:2004). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 21 pp.
- UNE-ISO 6658:2008.** *Análisis sensorial de alimentos. Metodología. Guía general.* (ISO 6658:2005). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 27 pp.
- UNE-ISO 13300-2:2008.** *Análisis sensorial. Guía general para el personal de los laboratorios de evaluación sensorial. Parte 2: Selección y formación de directores del jurado.* (ISO 13300-2:2006). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 15 pp.
- UNE-EN ISO 5495:2009.** *Análisis sensorial. Metodología. Prueba de comparación por parejas.* (ISO 5495:2005 e ISO 5495:2005/Cor 1:2006). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 27 pp.
- UNE-EN ISO 5492:2010.** *Análisis sensorial. Vocabulario.* (ISO 5492:2008). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 38 pp.
- UNE-EN ISO 8589:2010.** *Análisis sensorial. Guía general para el diseño de sala de catas.* (ISO 8589:2007). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 22 pp.
- UNE-EN ISO 8589:2010/A1:2014.** *Análisis sensorial. Guía general para el diseño de sala de catas.* (ISO 8589:2010/Amd 1:2014). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 6 pp.
- UNE-ISO 11037:2013.** *Análisis sensorial. Guía general para la evaluación sensorial del color de los productos.* (ISO 11037:2011). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 22 pp.
- UNE-EN ISO 8586:2014.** *Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y control de catadores y catadores expertos* (ISO 8586:2012). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid 38 pp.
- UNE-EN ISO 11136:2017.** *Análisis sensorial. Metodología. Guía general para la realización de pruebas hedónicas con consumidores en una zona controlada* (ISO 11136:2014). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 60 pp.

- UNE-EN ISO 13299:2017.** *Análisis sensorial. Metodología. Guía general para establecer un perfil sensorial* (ISO 13299:2016). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 58 pp.
- UNE-EN ISO 10399:2018.** *Análisis sensorial. Metodología. Ensayo dúo-trío.* (ISO 10399:2017). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 21 pp.
- Warm, K., Boknass, N. y Nielsen, J. (1998).** Development of Quality Index Methods for evaluation of frozen cod (*Gadus morhua*) and cod fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7(1), 45–59.
- Welch, A. A., Lund, E., Amiano, P., Dorronsoro, M., Brustad, M., Kumle, M., Rodriguez, M., Lasheras, C., Janzon, L., Jansson, J., Luben, R., Spencer, E. A., Overvad, K., Tjønneland, A., Clavel-Chapelon, F., Linseisen, J., Klipstein-Grobusch, K., Benetou, V., Zavitsanos, X., Tumino, R., Galasso, R., Bueno-de-Mesquita, H. B., Ocké, M. C., Charrondiére, U. R. y Slimani, N. (2002).** Variability of fish consumption within the 10 European countries participating in the European Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Public Health Nutrition*, 5(6b), 1273–1285.
- Witting, E. (2001).** *Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos.* Biblioteca Digital De La Universidad De Chile. Recuperado de: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/witting_e01/index.html (junio 2015).



2 OBJETIVOS GENERALES

Esta Tesis Doctoral forma parte de la investigación llevada a cabo en el marco del proyecto de investigación “*Establecimiento de umbrales de calidad (sensoriales y químicos) para especies objetivo pesquero no contempladas en el marco legislativo*” (Referencia 10TAL010CT) financiado por la Xunta de Galicia. El proyecto, denominado *SENSOQIM*, fue desarrollado en el laboratorio del grupo de investigación en el Campus de Lugo en colaboración con la Fundación CETMAR-Centro Tecnológico del Mar de Vigo (Pontevedra). La finalidad del proyecto era estudiar, desde un punto de vista sensorial, especies de pescado utilizadas como materias primas congeladas y/o comercializadas descongeladas.

En ese contexto, los objetivos planteados en esta Tesis Doctoral fueron:

1. Desarrollar un esquema sensorial basado en el Método del Índice de Calidad (QIM) específico para diferentes especies pesqueras congeladas, en diferentes presentaciones, descongeladas y almacenadas a temperaturas de refrigeración.
2. Validar los esquemas QIM desarrollados.
3. Establecer el tiempo de vida útil de cada una de las especies pesqueras evaluadas, una vez descongeladas y almacenadas a temperaturas de refrigeración.
4. Evaluar la influencia del tiempo de almacenamiento en congelación sobre la calidad organoléptica de diferentes especies pesqueras y diferentes presentaciones.
5. Evaluar a lo largo del tiempo de almacenamiento en congelación, la influencia del tiempo transcurrido desde la descongelación y mantenimiento a temperaturas de refrigeración sobre la calidad organoléptica de diferentes especies pesqueras congeladas en presentaciones preseleccionadas.
6. Dictaminar si el tiempo de almacenamiento en congelación influye sobre el tiempo de vida útil de las diferentes especies y presentaciones una vez descongeladas.
7. Evaluar los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos, congelados y descongelados y el conocimiento de los productos pesqueros descongelados por parte del consumidor y estudiar la posible influencia de factores demográficos y socioeconómicos.



3 DESARROLLO Y VALIDACIÓN DEL ESQUEMA QIM Y DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL PARA PESCADO CONGELADO

3.1 INTRODUCCIÓN

El análisis sensorial es el método más antiguo y el más utilizado para la evaluación de la calidad del pescado crudo (Inácio et al., 2003; Bogdanović et al., 2012), siendo, la determinación del grado de frescura en el caso de los productos de la pesca, la aplicación práctica de este tipo de análisis, tal y como indican Briz y García (2004). Por otra parte, la aplicación de métodos químicos o instrumentales en la evaluación del grado de frescura de los productos pesqueros pasa por una etapa previa de estudio de la correlación entre dichos métodos y la evaluación sensorial, antes de ser validados para su utilización en el laboratorio (Huss, 1998; Alasalvar et al., 2002).

La medida de la frescura en base a las características organolépticas supone hacer uso de los sentidos del olfato, vista y tacto. Tal y como se ha indicado en la Sección 1, un análisis sensorial correcto exige disponer de un equipo de personas entrenado y cualificado y debe ser realizado bajo condiciones cuidadosamente controladas (Sikorski, 1994; Huss, 1998; Briz y García, 2004).

Dado que en la pérdida de la frescura y en el deterioro del pescado hay varios procesos implicados, no se puede utilizar un único indicador, sino que es necesario utilizar una combinación de indicadores que permitan evaluar los diferentes cambios producidos (Cyprian et al., 2008). En el Método del Índice de Calidad (QIM), se seleccionan, para cada especie, atributos sensoriales que cambian significativamente con el tiempo de almacenamiento. Se utilizan descripciones precisas, objetivas e independientes, de cada parámetro a evaluar (ojos, agallas, piel,...) y escalas de demérito del 0-1, 0-2 o 0-3 para medir cada uno de ellos. La suma total de todos los puntos da una puntuación sensorial global llamada Índice de Calidad (QI es el acrónimo en inglés). Un QI de 0 indica un pescado muy fresco y la puntuación aumenta a medida que las características de frescura se van deteriorando.

Por otra parte, una correlación lineal elevada entre la calidad sensorial, expresada como la suma de los puntos de demérito (QI), y la vida de almacenamiento en refrigeración, hace posible la predicción de la vida útil y también puede ser utilizado para estimar el tiempo transcurrido desde la captura y el resto de vida útil (Barbosa y Vaz-Pires, 2004; Cardenas et al., 2007; Abaroa et al., 2008; Cyprian et al., 2008; Campus et al., 2011; Šimat et al., 2012). No obstante, siempre se deben tener en cuenta los factores asociados a las condiciones de almacenamiento y procesado como son la manipulación del pescado (eviscerado, descabezado, etc.), el enfriamiento rápido después de la captura y el mantenimiento de la cadena de frío, que pueden afectar a la vida útil restante (Martinsdóttir et al., 2004; Abaroa et al., 2008).

El esquema QIM ha sido desarrollado o adaptado para diversas especies y productos pesqueros frescos, un ejemplo es la colección de 22 esquemas QIM que se pueden ver en Archer (2010). Bernardi et al. (2013) revisan 38 trabajos publicados entre los años 2000 y

2011, en los que se desarrolla el método QIM para 48 especies pesqueras, de los cuales solo uno se refiere a una especie de pescado congelado (Herrero et al., 2003). Ribeiro (2011) presenta también una revisión bibliográfica sobre el método QIM entre los años 1985 y 2011 y Ndraha (2017) hace una revisión de los esquemas QIM desarrollados para pescado entre 2012 y 2016. En la Tabla 3.1 se completan los tres trabajos de revisión, con otros trabajos publicados hasta 2016, y se añade una revisión de la bibliografía más reciente, desde 2017.

En pescado fresco, la gran mayoría de los trabajos en los que se desarrolla el esquema QIM, abordan también la determinación de la vida útil, como se puede comprobar en las referencias más recientes citadas en la Tabla 3.1 (Gonçalves y Soares, 2017; Le et al., 2017; Li et al., 2017; Diler y Genç, 2018; Shalhe et al., 2018; Erikson et al., 2019; Tiyo et al., 2019; Khodanazary, 2019; Kuvei et al., 2019; Silva et al., 2019; Rocculi et al., 2019).

Tabla 3.1. Relación de estudios científicos en los que se desarrolla o revisa el método QIM

TRABAJOS DE REVISIÓN DEL MÉTODO QIM	AUTORES Y AÑO
Revisión de 37 trabajos publicados entre 1985 y 2011	Ribeiro (2011)
Revisión de 38 trabajos publicados entre 2000 y 2011	Bernardi et al. (2013)
Revisión de 10 trabajos publicados entre 2012 y 2016	Ndraha (2017)
OTROS TRABAJOS SOBRE EL MÉTODO QIM	
ESPECIE	AUTORES Y AÑO
Bonito (<i>Sarda sarda</i>)	Anacleto et al. (2019)
Camarón jinga (<i>Metapenaeus affinis</i>)	Khodanazary (2019)
Merluza (<i>Merluccius merluccius</i>)	Rocculi et al. (2019)
	Baixas-Nogueras et al. (2009)
	Triqui, R. (2006)
Mugil (<i>Mugil cephalus</i>)	Baixas-Nogueras et al. (2003)
Mugil (<i>Mugil cephalus</i>)	Tiyo et al. (2019)
Salmonete gris (<i>Chelon subviridis</i>)	Kuvei et al. (2019)
Cachama (<i>Colossoma macropomum</i>)	Silva et al. (2018)
Besugo (<i>Pagellus bogaraveo</i>)	Castro et al. (2018)
Sargo dorado (<i>Rhabdosargus sarba</i>)	Shalhe et al. (2018)
Trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Diler y Genç (2018)
	Erikson et al. (2018)
Bacalao (<i>Gadus morhua</i>)	Digre et al. (2017)
	Olsen et al. (2014)
Carbonero (<i>Pollachius virens</i>)	Mu et al. (2017)
Eglefino (<i>Melanogrammus aeglefinus</i>)	Digre et al. (2017)
Langostino jumbo (<i>Penaeus monodon</i>)	Le et al. (2017)
Mojarrita española (<i>Eucinostomus gula</i>)	Gonçalves y Soares (2017)
Rodaballo (<i>Scophthalmus maximus</i>)	Li et al. (2017)
Sabalote (<i>Chanos chanos</i>)	Balbin et al. (2017)
	Balbin et al. (2017)
	Castro et al. (2017)
Tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Soares y Gonçalves (2012)
	Fogaça et al. (2016)
Cobia (<i>Rachycentron canadum</i>)	Mach y Nortvedt (2012)
Mapará (<i>Hypophthalmus marginatus</i>)	Gurgel et al. (2016)
Salmón (<i>Salmo salar</i>)	Churchill et al. (2016)
Caballa (<i>Scomber scombrus</i>)	Pinter et al. (2015)
Langosta del Caribe (<i>Panulirus argus</i>)	Gonçalves et al. (2015)
Mujol (<i>Mugil platanus</i>)	Andrade et al. (2015)
Pulpo (<i>Cistopus indicus</i>)	Shalini et al. (2015)
Pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>)	Oliveira et al. (2014)

3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado

Continuación Tabla 3.1

ESPECIE	AUTORES Y AÑO
Rodaballo (<i>Scophthalmus maximus</i>)	Roth et al. (2014)
Pacú (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	Borges et al. (2013)
Dorada (<i>Sparus aurata</i>)	Giuffrida et al. (2013) Šimat et al. (2012) Pennisi et al. (2009) Cakli et al. (2006) Lougovois et al. (2003)
Alocha brasileña (<i>Sardinella brasiliensis</i>) Anchoveta rabo amarillo (<i>Cetengraulis edentulus</i>)	Andrade et al. (2012)
Calamar indio (<i>Photololigo duvaucelii</i>) Sepia (<i>Sepia aculeate</i>)	Tantasuttikul et al. (2011)
Rape blanco (<i>Lophios piscatorius</i>)	Pennisi et al. (2011)
Rodaballo (<i>Psetta maxima</i>)	Knowles et al. (2008)
Sardina (<i>Sardina pilchardus</i>)	Erkan y Özden (2008)
Lubina (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	Cakli et al. (2006)
Merluza (<i>Merluccius capensis</i>)	Kent et al. (2005)
Arenque (<i>Cuplea harengus</i>)	Nielsen y Hyldig (2004) Özogul et al. (2000)
Jurel (<i>Trachurus trachurus</i>)	Inácio et al. (2003)

Dadas las grandes ventajas que presenta, se espera que el sistema QIM sea en el futuro el principal método sensorial de uso en laboratorio con fines de investigación y, posiblemente, también en los puntos de venta del pescado, ya que permite que la inspección sea más precisa y se puedan tomar decisiones claras sobre la calidad, en cada eslabón de la compleja cadena productiva (Figura 3.1) de los productos de la pesca (Barbosa y Vaz-Pires, 2004; Cheng et al., 2015). Además, el QIM se puede usar en la primera parte del periodo de almacenamiento, donde otros métodos instrumentales son inexactos (Nunes et al., 2007).

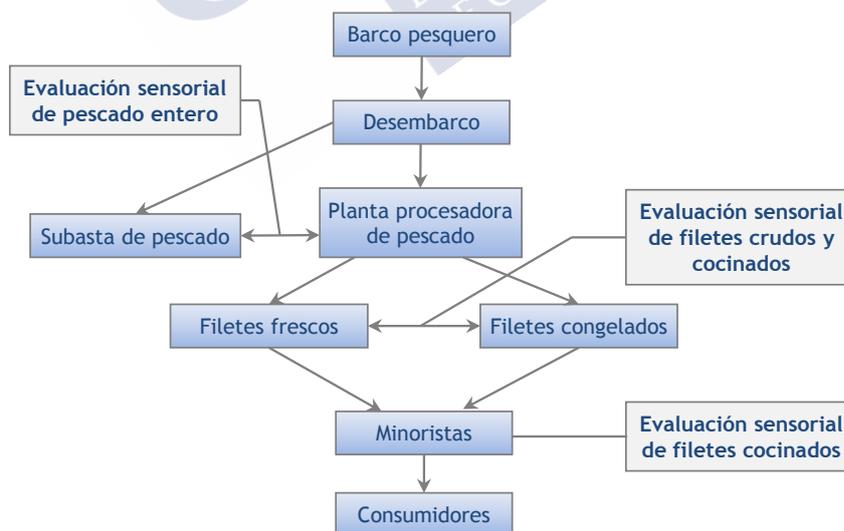


Figura 3.1. Cadena productiva del pescado (adaptada de Cheng et al., 2015)

Cuando se desarrolla el esquema QIM es importante elaborar un manual que debe incluir una explicación de cómo se utiliza la guía para realizar la evaluación, haciendo hincapié en la explicación de los términos evaluados, y fotografías en color que ilustren los diferentes

niveles de calidad del producto pesquero (Briz y García, 2004). Ejemplo de ello, son los manuales publicados por tres centros de investigación europeos, QIMEUROFISH, IPIMAR y AZTI-Tecnalia, en los que se incluyen los esquemas QIM desarrollados para diferentes especies en fresco (Martinsdóttir et al., 2004; Nunes et al., 2007; Abaroa et al., 2008).

Las ventajas que presentan los manuales son que, una vez establecidos los esquemas QIM específicos mediante la utilización de paneles de catadores entrenados, requieren poca capacitación en relación a otros métodos, son fáciles de usar, rápidos y baratos, no es un método destructivo y se puede utilizar como una herramienta en el trabajo de control de calidad y en la planificación de la producción en plantas de transformación (Warm et al., 1998; Amaral y Freitas, 2013). Anacleto et al. (2019) comprueban la rapidez y fiabilidad del QIM para evaluar la frescura de los productos pesqueros, comparando los resultados obtenidos con este método y el análisis de aminas biogénicas mediante HPLC.

Si bien el QIM inicialmente fue desarrollado para pescado entero almacenado en refrigeración, hoy en día, ha sido aplicado, entre otros productos, a pescado congelado (Nunes et al., 2007). A pesar de ser tan abundante la literatura científica sobre el QIM, en pescado congelado, únicamente ha sido desarrollado para bacalao (entero y filetes) (Warm et al., 1998), merluza (*Merluccius capensis* y *Merluccius paradoxus*) descabezada, eviscerada y sin cola (Herrero et al., 2003), merluza (*Merluccius capensis*) descabezada y eviscerada congelada en alta mar (Kent et al., 2005) y caballa (*Scomber scombrus*) (Alfama et al., 2009; Sveinsdóttir et al., 2010). En el caso del pescado congelado, la escala de demérito es más difícil de establecer porque la vida útil también depende del método de congelación, temperatura, fluctuaciones de temperatura y condiciones de almacenamiento de los productos descongelados (Warm et al., 1998; Ruiz-Capillas y Horner, 2002). Además, los procesos de congelación y descongelación alteran ciertas características como el aspecto de los ojos, la piel, el color de las agallas y la sangre (Codex, 1999).

Como ya se ha mencionado, la aplicación más común de las fichas QIM es sin duda la determinación de la vida útil del pescado. Sin embargo, para pescado congelado únicamente se han encontrado dos referencias, Baixas-Nogueras et al. (2007) y Alfama et al. (2009), en las que se aplique el esquema QIM para determinar el punto de rechazo en merluza congelada y caballa, respectivamente, una vez descongeladas y almacenadas en hielo. Cabe destacar que Baixas-Nogueras et al. (2007) utilizan un esquema QIM desarrollado para pescado fresco.

El desarrollo del esquema QIM para nuevas especies de pescado congelado es pues un campo de investigación que requiere ser abordado por su gran potencial de aplicaciones. En esta sección se desarrollan los esquemas QIM para un grupo de especies pesqueras de interés comercial que se comercializan congeladas y/o descongeladas en diferentes presentaciones. Además, la escasez de estudios sobre la vida útil del pescado congelado, cuando es descongelado para su consumo o para su transformación en productos elaborados, hace necesario su estudio.

3.2 OBJETIVOS

En esta sección se recoge la primera parte de la investigación llevada a cabo en el marco del proyecto *SENSOQIM (10TAL010CT)*, basada principalmente en técnicas de análisis sensorial aplicadas a especies pesqueras seleccionadas por su importancia comercial y volumen de capturas a nivel español, y capturadas regularmente por buques gallegos congeladores.

Los objetivos planteados son los siguientes:

1. Desarrollar un esquema sensorial basado en el Método del Índice de Calidad (QIM) específico para diferentes especies pesqueras congeladas, en diferentes presentaciones, descongeladas y almacenadas a temperaturas de refrigeración.

3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado

2. Validar los esquemas QIM desarrollados.
3. Establecer el tiempo de vida útil de cada una de las especies pesqueras evaluadas, una vez descongeladas y almacenadas a temperaturas de refrigeración.

3.3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.3.1 Muestras

Las especies consideradas en el presente estudio suponen un volumen importante dentro del total de capturas de la flota española. Son especies procesadas en los propios buques de pesca obteniéndose diferentes presentaciones que, o bien llegan al consumidor final congeladas y/o descongeladas en la forma adoptada en el barco o bien sirven de materia prima para productos elaborados en plantas de transformación.

Las especies y presentaciones estudiadas se detallan en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Especies y presentaciones analizadas

ESPECIE	PRESENTACIONES
 Halibut negro (<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>)	•Entero •Eviscerado, sin cabeza y sin cola
 Platija americana (<i>Hippoglossoides platessoides</i>)	•Eviscerada, sin cabeza y sin cola
 Granadero de roca (<i>Coryphaenoides rupestris</i>)	•Eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel
 Talismán (<i>Alepocephalus bairdii</i>)	•Filetes sin piel
 Pez sable negro (<i>Aphanopus carbo</i>)	•Entero sin piel •Eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel
 Pez palo (<i>Molva dypterygia</i>)	•Eviscerado, sin cabeza y sin cola
 Rosada (<i>Genypterus blacodes</i>)	•Eviscerada, sin cabeza y sin cola
 Raya (<i>Amblyraja radiata</i>)	•Alas sin piel

Las muestras analizadas proceden todas ellas de capturas realizadas por buques congeladores gallegos (algunos de ellos se muestran en la Figura 3.2) en caladeros del océano Atlántico.



Figura 3.2. De izquierda a derecha, buques de las compañías pesqueras Hermanos Gandón (B/C Esperanza Menduiña), Armadora Pereira (B/C Puente Sabaris) y Moradiña (B/C Playa Menduiña Dos) (adaptada de <https://www.balticshipping.com/>, 2021 y <http://hermanosgandon.com/>, 2021)

Excepto la rosada y la raya, las especies fueron capturadas por buques congeladores pertenecientes a la empresa Hermanos Gandón S.A. de Cangas (Pontevedra), en aguas del Atlántico Norte, en los caladeros NAFO (Caladero Atlántico Noroeste o caladero de Canadá, Zona FAO nº 21) y Hatton Bank (en aguas internacionales del Atlántico Noreste, Zona FAO nº 27). La rosada fue capturada por buques de la Armadora Pereira de Vigo, en el Atlántico Sudoeste (Zona FAO nº 41). La raya fue capturada por buques de la empresa Moradiña S.L. de Cangas (Pontevedra), en el caladero NAFO (Zona FAO nº 21) (Figura 3.3).

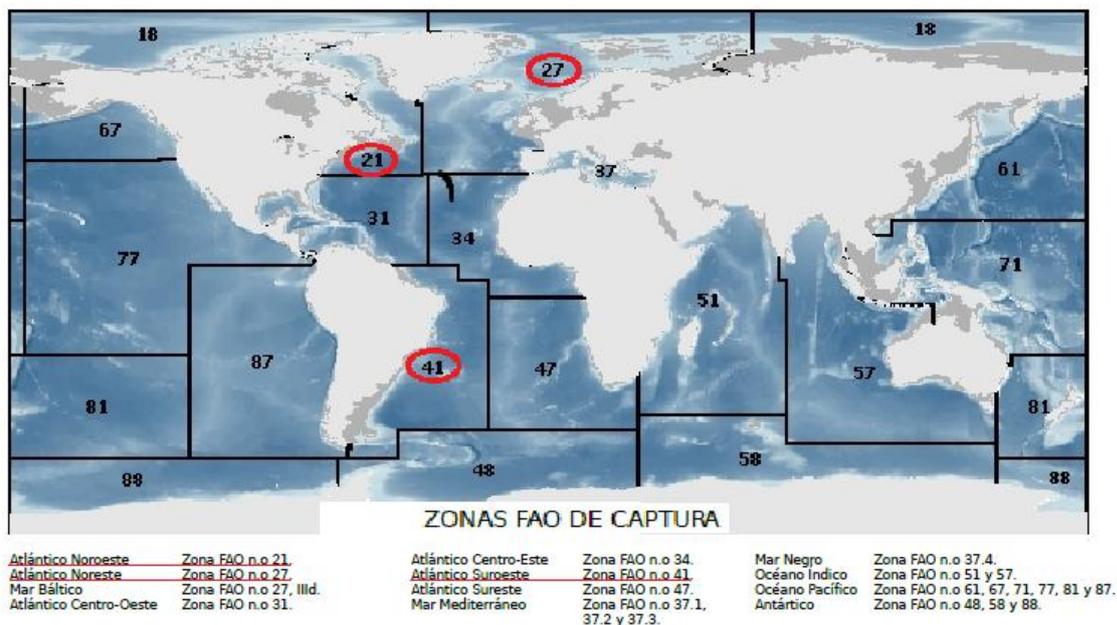


Figura 3.3. Caladeros: NAFO zona FAO nº 21, Hatton Bank zona FAO nº 27 y Zona FAO nº 41 (adaptada de FAO 2017a)

Halibut negro

El fletán o halibut negro (*Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum, 1972)) es un pez plano de aguas frías y profundas distribuido en el océano Ártico y las partes más septentrionales de los océanos Atlántico y Pacífico (Figura 3.4) perteneciente a la familia Pleuronectidae (Morgan y Bowering, 1997; Gibson, 2005; Vollen y Albert, 2008). Vive en fondos suaves de profundidades comprendidas entre 200 y 2000 m, siendo el rango de 400 a 1000 m en el que se encuentran con mayor frecuencia. Puede comportarse como bentónico y pelágico y este comportamiento varía con la edad del individuo y también con la época del

año. Es una especie de crecimiento lento que puede alcanzar 1,2 m de longitud y 25 kg de peso (Julshamn et al., 2011). Presenta un cuerpo plano de color gris por ambos lados y la línea lateral casi recta alrededor de la aleta pectoral con las aletas dorsal y anal redondeadas. En el fondo se apoya sobre el lado izquierdo y los ojos se sitúan en el lado derecho, aunque uno de ellos queda situado sobre la dorsal de la cabeza (NARV 20014, 2009). Es uno de los peces depredadores más importantes en el sistema del Atlántico Norte, y se alimenta de gambas, peces (bacalao, viruelas, capelán, gallineta) y calamares (FAO, 2017b).

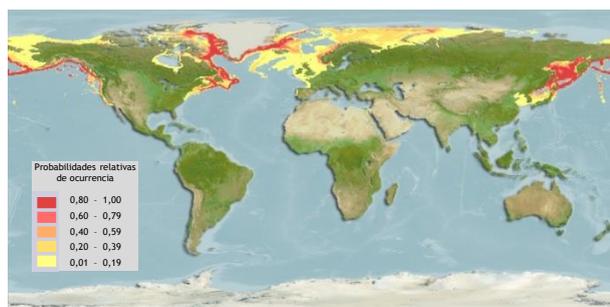


Figura 3.4. Mapa de distribución del halibut negro (adaptada de Froese y Pauly, 2017)

El halibut negro, también denominado palmeta en el ámbito industrial, es una especie de gran importancia comercial y de sumo interés de cara a abastecer las empresas que lo elaboran como filete (Dwyer et al., 2010; Sieiro et al., 2013). Las técnicas de pesca más comunes son el arrastre de fondo demersal y el palangre de fondo. Se comercializa en fresco y congelado (FAO, 2017b).

La captura total comunicada para esta especie a la FAO en 2015 fue de 126.456 t (Figura 3.5), siendo Groenlandia el país con mayor número de capturas (38.203 t) seguido de la Federación de Rusia (27.479 t). España se sitúa en el 6º puesto mundial, con 4.392 t capturadas, de las cuales 4.246 t pertenecen al caladero Atlántico Noroeste (Zona FAO nº 21) (FAO, 2017c).

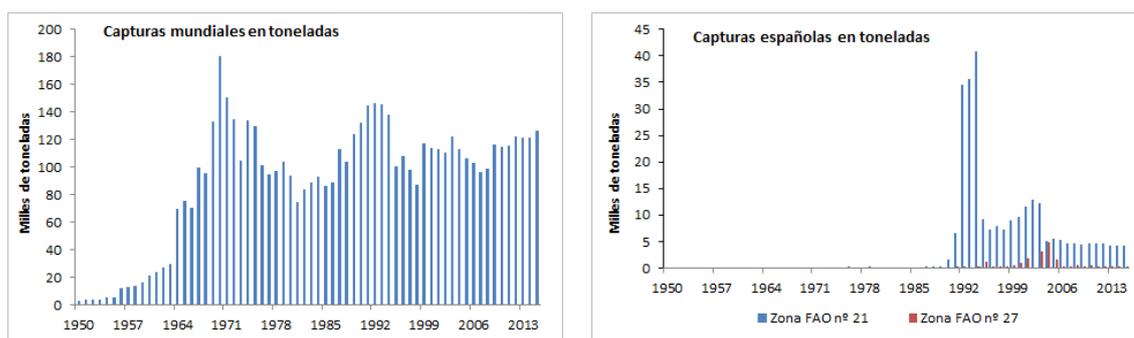


Figura 3.5. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas del halibut negro (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)

A bordo de buques congeladores que faenan en aguas del Atlántico Norte (Zonas FAO 21 y/o FAO 27), los ejemplares de halibut negro capturados son procesados obteniéndose 6 presentaciones, que a su vez se pueden clasificar por peso en diversas categorías (Tabla 3.3).

En la Tabla 3.3 figuran las distintas clasificaciones con las que se opera en el mercado; a cada presentación se le asigna una denominación comercial según intervalos de tamaño. La más apreciada y abundante es el halibut sin cabeza, eviscerado y con piel. Especialmente los tamaños correspondientes a los números 1 y 2 (HGT 1 y HGT 2).

Estas presentaciones son regularmente adquiridas por empresas gallegas y nacionales dedicadas a la elaboración de productos. La empresa lo descongela y procede a retirar la piel y filetear; se obtiene un filete dorsal y otro ventral de forma más o menos triangular. A partir de aquí caben dos posibilidades:

- El filete vuelve a congelarse y se envasa en el formato conocido como “segunda piel”, es decir, unitariamente cada filete lleva adherido un plástico a su superficie aparte de una etiqueta con los datos preceptivos. Es la forma de comercialización más habitual y muy frecuente en los expositores de las grandes superficies de distribución.
- El filete se comercializa descongelado. Se prepara en cajas de poliespán con hielo y se distribuye rápidamente a los mercados centrales y también a grandes superficies. Es también un producto abundante, pero en menor cantidad que el anterior. Su destino se ajusta más al mercado de restauración y minoristas (Sieiro et al., 2013).

Tabla 3.3. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para halibut negro (NARV 20014, 2009)

Presentación	Denominación Comercial ⁽¹⁾	Rango
PESCADO ENTERO Pescado limpio de cuerpos extraños, que presenta la totalidad de sus vísceras.	FLETÁN NEGRO (GHL) ENT 1	100-400 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) ENT 2	400-700 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) ENT 3	>700 g
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO Pescado al que se le retira la cabeza y vísceras. También se elimina la aleta caudal.	FLETÁN NEGRO (GHL) HGT 1X	100-300 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) HGT 1	300-500 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) HGT 2	500-1000 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) HGT 3	1000-1500 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) HGT 4	1500-2000 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) HGT 5	2000-3000 g
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO SIN PIEL Pescado al que se le retira la cabeza, vísceras y piel. También se elimina la aleta caudal.	FLETÁN NEGRO (GHL) HGT S/P 1X	100-300 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) HGT S/P 1	300-500 g
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO SIN PIEL REPASADO Pescado al que se le retira la cabeza, vísceras y piel. También se elimina la aleta caudal y se recortan las aletas dorsal y ventral.	FLETÁN NEGRO (GHL) HGT S/PR 1X	100-300 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) HGT S/PR 1	300-500 g
CABEZA Incluye el hocico, desde el ojo hasta la parte más anterior de la mandíbula superior, el opérculo y la mejilla.	FLETÁN NEGRO (GHL) CABEZAS 0	<100 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) CABEZAS 1	100-300 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) CABEZAS 2	300-500 g
	FLETÁN NEGRO (GHL) CABEZAS 3	>500 g
COLAS Aleta caudal retirada en el proceso de evisceración.	FLETÁN NEGRO (GHL) COLAS	

⁽¹⁾ Abreviaturas asociadas a la denominación comercial: ENT: entero; HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola; S/P: sin piel; S/PR: sin piel repasado.

Platija americana

La platija americana (*Hippoglossoides platessoides* (Fabricius, 1780)) tiene el cuerpo con la cara superior áspera y una aleta caudal no redondeada. Es de color parduzco y puede presentar puntos más oscuros de tamaño variable. El origen de la aleta dorsal arranca encima de los ojos que se encuentran en el lado derecho, mientras que el borde de la mandíbula alcanza la línea que pasa por la mitad de los ojos. La línea lateral está ligeramente curvada en la parte superior de la aleta pectoral (NARV 20024, 2009). Puede alcanzar los 51-52 cm de longitud, aunque generalmente no sobrepasa los 30 cm.

Es una especie demersal perteneciente a la familia Pleuronectidae que se distribuye en el Atlántico Noreste (del este de Groenlandia y desde el Canal de la Mancha a la costa de Murmansk) y Atlántico Noroeste (del sur de Labrador en Canadá y oeste de Groenlandia a Rhode Island en Estados Unidos) (Figura 3.6). Vive sobre fondos blandos, a profundidades de 10 a 400 m, siendo el rango de 90 a 250 m en el que se encuentra con mayor frecuencia y temperaturas de fondo de -0,5 a 2,5 °C. Se alimenta de invertebrados, crustáceos, moluscos y pequeños peces (FAO, 2017b; Froese y Pauly, 2017).

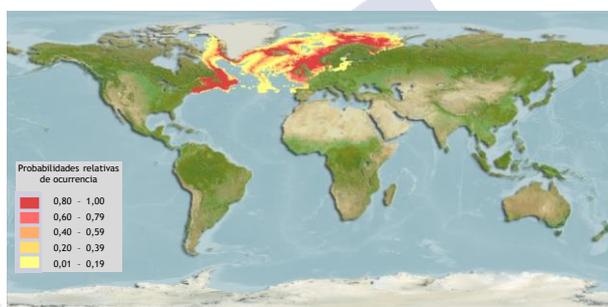


Figura 3.6. Mapa de distribución de la platija americana (adaptada de Froese y Pauly, 2017)

La captura total comunicada para esta especie a la FAO en 2015 fue de 6.655 t (Figura 3.7), siendo la Federación Rusa el país con mayor número de capturas (3.235 t), seguida de Estados Unidos de América (1.283 t). España se sitúa en el 5º puesto mundial, con 343 t capturadas, de las cuales, 319 t pertenecen al caladero Atlántico Noroeste (Zona FAO nº 21) (FAO, 2017c).

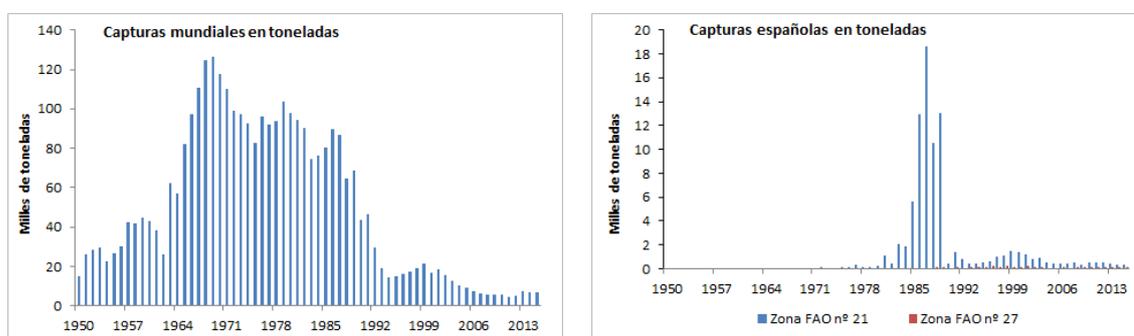


Figura 3.7. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas de la platija americana (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)

La platija americana se comercializa en fresco y congelada (FAO, 2017b). A bordo de buques congeladores que faenan en aguas del Atlántico Norte (Zonas FAO 21 y/o FAO 27), los ejemplares de platija americana capturadas son procesados obteniéndose 4 presentaciones, que a su vez se pueden clasificar por peso en diversas categorías (Tabla 3.4).

Las presentaciones son en forma de ejemplares enteros (ENT) o descabezados y eviscerados (HGT), mayoritariamente con piel, aunque los ejemplares menores, al no ser generalmente objeto de fileteado en tierra, se congelan sin piel e interfoliados para abastecer ciertas demandas de empresas minoristas o de los canales de distribución HORECA (Hoteles, restaurantes y cafés). Los tamaños 2 y 3 son los más anhelados para su fileteado por ser idóneos de cara a la obtención de filetes de talla comercial apropiada. El tamaño 1 se destina a filetes que posteriormente se congelan de nuevo, se glasean y se envasan en segunda piel. Los tamaños 2 y 3 se destinan a la obtención de filetes de mayores dimensiones que se comercializan frescos y se distribuyen desde minoristas a grandes superficies (Sieiro et al., 2013).

Tabla 3.4. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para platija americana (NARV 20024, 2009)

Presentación	Denominación Comercial ⁽¹⁾	Rango
PESCADO ENTERO Pescado limpio de cuerpos extraños, que presenta la totalidad de sus vísceras.	PLATIJA AMERICANA (PLA) ENT 0	100-200 g
	PLATIJA AMERICANA (PLA) ENT 1	200-400 g
	PLATIJA AMERICANA (PLA) ENT 2	400-600 g
	PLATIJA AMERICANA (PLA) ENT 3	600-800 g
	PLATIJA AMERICANA (PLA) ENT 4	800-1000 g
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO Pescado al que se le retira la cabeza y vísceras. También se elimina la aleta caudal.	PLATIJA AMERICANA (PLA) HGT 0	100-200 g
	PLATIJA AMERICANA (PLA) HGT 1	200-400 g
	PLATIJA AMERICANA (PLA) HGT 2	400-600 g
	PLATIJA AMERICANA (PLA) HGT 3	600-800 g
	PLATIJA AMERICANA (PLA) HGT 4	800-1000 g
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO SIN PIEL Pescado al que se le retira la cabeza, vísceras y piel. También se elimina la aleta caudal.	PLATIJA AMERICANA (PLA) HGT S/P 1X	100-200 g
	PLATIJA AMERICANA (PLA) HGT S/P 1	200-400 g
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO SIN PIEL REPASADO Pescado al que se le retira la cabeza, vísceras y piel. También se elimina la aleta caudal y se recortan las aletas dorsal y ventral.	PLATIJA AMERICANA (PLA) HGT S/PR 1X	100-200 g
	PLATIJA AMERICANA (PLA) HGT S/PR 1	200-400 g

⁽¹⁾ Abreviaturas asociadas a la denominación comercial: ENT: entero; HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola; S/P: sin piel; S/PR: sin piel repasado.

Granadero de roca

El granadero de roca (*Coryphaenoides rupestris* Gunnerus, 1765) tiene la cabeza corta y comprimida, que representa alrededor del 15% de la longitud del cuerpo, con un hocico redondeado y escamas no muy marcadas en los laterales de la parte superior de la nariz. Presenta dos aletas dorsales, con radios espinosos rígidos en la primera aleta y los radios de la

segunda mucho más cortos que los de la aleta anal. La boca es sub-terminal y la barbilla presente muy corta. Tiene el cuerpo de color parduzco en el dorso, con costados gris plateado o negro y marrón oscuro tanto la boca como la cavidad branquial. Alcanza 1,5 m de longitud (NARV 20019, 2009). Las hembras de esta especie comparadas con los machos crecen más rápidamente, es decir, existe un dimorfismo sexual que es característica general para los miembros de esta familia (Palacios et al., 2009).

Es una especie bentopelágica a batipelágica perteneciente a la familia Macrouridae que se distribuye en el Atlántico Norte desde aproximadamente 37 °N hasta la isla de Baffin y Groenlandia en el Atlántico Oeste y de Islandia y Noruega (66 °N) hacia el sur hasta el norte de África (20 °N) en el Atlántico Este (Figura 3.8). Se encuentra más frecuentemente en profundidades de entre 400 a 1200 m, pero puede oscilar entre los 180 y 2200 m de profundidad. Se cree que la especie experimenta migraciones de desove, así como migraciones alimentarias verticales diurnas que pueden llevarlos a alejarse del fondo más de 1000 m. Durante los meses de verano, se traslada a aguas más profundas, volviendo a aguas poco profundas en el invierno. Se alimenta de una gran variedad de peces e invertebrados, pero principalmente de crustáceos pelágicos, como camarones, anfípodos y cumáceos. Los cefalópodos y los peces linterna constituyen una porción menor de la dieta (FAO, 2017b; Froese y Pauly, 2017).



Figura 3.8. Mapa de distribución del granadero de roca (adaptado de Froese y Pauly, 2017)

Es una valiosa especie comercial en el Atlántico Norte que se enfrenta actualmente a la sobreexplotación (FAO, 2017b). La captura total comunicada para esta especie a la FAO en 2015 fue de 2.511 t (Figura 3.9). España es el país con mayor número de capturas (1.922 t totales de las que 1.845 t fueron capturadas en el caladero Atlántico Noreste (Zona FAO n° 27)) seguido de Francia (403 t) (FAO, 2017c).

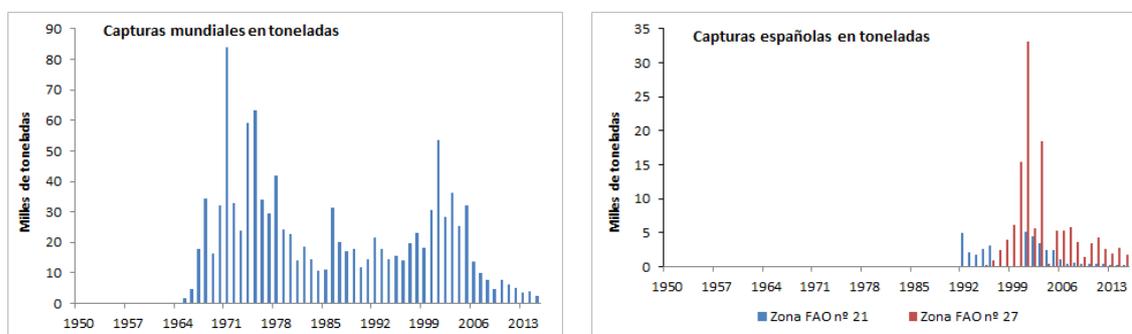


Figura 3.9. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas del granadero de roca (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)

El granadero de roca es una especie que por su morfología conlleva la generación de gran cantidad de desperdicio; aproximadamente el 50% de su anatomía se convierte en subproducto, aunque su carne es de excelente textura y sabor (Sieiro et al., 2013; FAO, 2017b). Se utiliza para congelado o como harina de pescado (Froese y Pauly, 2017).

Los ejemplares de granadero de roca capturados en aguas del Atlántico Norte (Zonas FAO 21 y/o FAO 27) son procesados en los buques de pesca obteniéndose 5 presentaciones, que a su vez se pueden clasificar por peso en diversas categorías (Tabla 3.5).

Al granadero de roca, durante el procesado en los buques de pesca, siempre se le quita la piel y se consiguen dos tipos de presentación: filetes interfoliados sin piel y troncos. Los filetes, son utilizados por empresas transformadoras para hacer filetes unitarios envasados en segunda piel (film plástico ajustado y adherido a cada unidad) y clasificados por tamaño, según cada fabricante.

En cuanto a los troncos, los tamaños menores se comercializan de esa forma, mientras que los más grandes se descongelan, filetean y sirven para cubrir las necesidades de un mercado que lo demanda en esta forma.

Aparte del mercado nacional, Francia es el otro gran destino europeo y alternativo de esta especie. Allí se exportan bajo todos los tipos de presentación referenciados (Sieiro et al., 2013).

Tabla 3.5. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para granadero de roca (NARV 20019, 2009)

Presentación	Denominación Comercial ⁽¹⁾	Rango
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO SIN PIEL Pescado al que se le retira la cabeza, vísceras y piel. También se elimina la aleta caudal.	GRANADERO DE ROCA (RNG) HGT S/P 0	<100 g
	GRANADERO DE ROCA (RNG) HGT S/P 1	100-200 g
	GRANADERO DE ROCA (RNG) HGT S/P 2	200-400 g
	GRANADERO DE ROCA (RNG) HGT S/P 3	>400 g
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO SIN PIEL REPASADO Pescado al que se le retira la cabeza, vísceras y piel. También se elimina la aleta caudal y se recortan las aletas dorsal y ventral.	GRANADERO DE ROCA (RNG) HGT S/PR 0	<100 g
	GRANADERO DE ROCA (RNG) HGT S/PR 1	100-200 g
	GRANADERO DE ROCA (RNG) HGT S/PR 2	200-400 g
	GRANADERO DE ROCA (RNG) HGT S/PR 3	>400 g
FILETE Porción muscular del pescado, obtenida mediante un corte paralelo a la columna vertebral, limpia de espinas.	GRANADERO DE ROCA (RNG) FILETE 1	<120 g
	GRANADERO DE ROCA (RNG) FILETE 2	120-150 g
	GRANADERO DE ROCA (RNG) FILETE 3	>150 g
FILETE SIN PIEL Porción muscular del pescado, obtenida mediante un corte paralelo a la columna vertebral, limpia de espinas y piel.	GRANADERO DE ROCA (RNG) FILETE S/P 1	<120 g
	GRANADERO DE ROCA (RNG) FILETE S/P 2	120-150 g
	GRANADERO DE ROCA (RNG) FILETE S/P 3	>150 g
STICK Bloque o embutido hecho de trozos de músculo o filetes rotos (Bits & Pieces) sin restos de piel, espinas u otros cuerpos extraños.	GRANADERO DE ROCA (RNG) STICKABC	

⁽¹⁾ Abreviaturas asociadas a la denominación comercial: HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola; S/P: sin piel; S/PR: sin piel repasado.

Talismán

El talismán o talismán celindra (*Alepocephalus bairdii* Goode y Bean, 1879) es un gran pez de cuerpo alargado, moderadamente comprimido y con el ojo más grande que el hocico, que presenta unos pequeños dientes. El cuerpo es de color marrón-violáceo y puede alcanzar los 100 cm de longitud (NARV 20027, 2009).

De carácter batidemersal, pertenece a la familia Alepocephalidae. Con hábitos gregarios, se encuentra en un rango de profundidad de 365-1700 m sobre fondos arenosos o fangosos. Se alimenta principalmente de celentéreos, pero también de decápodos, tunicados y peces. Es una especie endémica en el Océano Atlántico. En el Atlántico Norte, se encuentra desde Groenlandia, Islandia y el sur de las Islas Feroe, a las Islas Británicas, y más hacia el sur, en el Golfo de Vizcaya, el norte y noroeste de España y la costa de Portugal. También se encuentra en Madeira y las Islas Canarias (Figura 3.10) (NARV 20027, 2009; FAO, 2017b; Froese y Pauly, 2017).

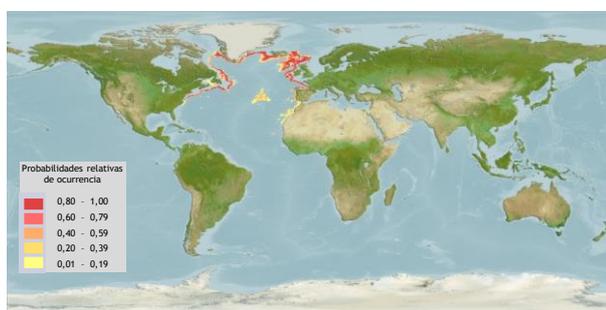


Figura 3.10. Mapa de distribución del talismán (adaptado de Froese y Pauly, 2017)

El talismán es una especie objetivo pesquero reciente, los datos de capturas datan en su inicio del año 2000 (Figura 3.11) (Sieiro et al., 2013). La captura total comunicada para esta especie a la FAO en 2015 fue de 245 t (Figura 3.11). Siendo España el país con mayor número de capturas (228 t capturadas en el caladero Atlántico Noreste (Zona FAO nº 27)) seguido de Portugal (17 t) (FAO, 2017c).

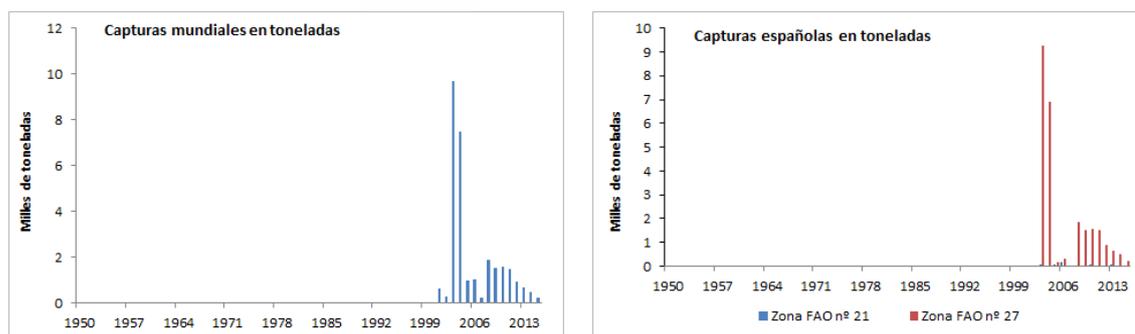


Figura 3.11. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas de talismán (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)

Se trata de una especie con muchas espinas y de carne muy blanda. No se utiliza en las empresas de elaboración. Para los ejemplares de esta especie capturados en aguas del Atlántico Norte (Zonas FAO 21 y/o FAO 27) y procesados en los buques de pesca se han

establecido 2 presentaciones (Tabla 3.6). Aunque no se dispone de la clasificación a bordo de los filetes, aparte de los formatos sin cabeza y eviscerado, también se preparan porcentajes apreciables de filetes interfoliados que llegan así al consumidor final. Las materias primas derivadas del talismán se destinan a los países del Este en donde es bien recibido (Sieiro et al., 2013).

Tabla 3.6. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para talismán (NARV 20027, 2009)

Presentación	Denominación Comercial ⁽¹⁾	Rango
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO	TALISMÁN (ALC) HGT 1	<1000 g
Pescado al que se le retira la cabeza y vísceras. También se elimina la aleta caudal.	TALISMÁN (ALC) HGT 2	>1000 g
FILETE SIN PIEL		
Porción muscular del pescado, obtenida mediante un corte paralelo a la columna vertebral, limpia de espinas y piel.		

⁽¹⁾ Abreviaturas asociadas a la denominación comercial: HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola.

Pez sable negro

El pez sable negro (*Aphanopus carbo* Lowe, 1839) es un pez de cuerpo extremadamente alargado y aplanado, que se descama con facilidad, con una aleta dorsal muy larga que se extiende a lo largo de todo el cuerpo. Presenta una pequeña aleta caudal ahorquillada y carece de aletas pélvicas. El perfil de la cabeza se eleva suavemente desde la nariz hasta el origen de la aleta dorsal. Se distingue por su color negro cobrizo, con matices iridiscentes. Puede alcanzar una talla de 110 cm (NARV 20026, 2009).

Es una especie bentopelágica perteneciente a la familia Trichiuridae, que vive ligado al fondo entre los 200 y los 1600 m de profundidad, de noche hace migraciones verticales a aguas medias para alimentarse de peces, cefalópodos y crustáceos. Los huevos y las larvas son pelágicos, mientras que los juveniles son mesopelágicos. Se distribuye en el Atlántico Norte a ambos lados y en las subidas submarinas desde el estrecho de Dinamarca hasta aproximadamente 30 °N (Figura 3.12) (FAO, 2017b; Froese y Pauly, 2017).

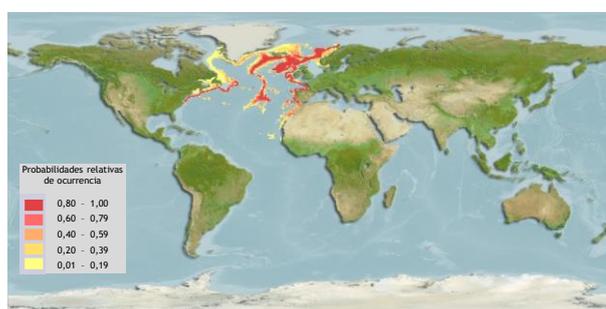


Figura 3.12. Mapa de distribución del pez sable (adaptado de Froese y Pauly, 2017)

Al igual que sucede con otras especies del Atlántico Norte, como es el caso del talismán, el pez sable negro se empieza a pescar de forma masiva sobre el año 1985 (Figura 3.13), es pues una especie relativamente joven dentro del comercio pesquero (Sieiro et al., 2013).

Las capturas totales comunicadas para esta especie a la FAO en 2015 fueron de 8.236 t (Figura 3.13). El principal país extractor, y también consumidor de pez sable negro, es Portugal (4.390 t) seguido de Francia (2.209 t). España se sitúa en el 5º puesto mundial, con 248 t capturadas, de las cuales 237 t pertenecen al caladero Atlántico Noreste (Zona FAO nº 27) (Sieiro et al., 2013; FAO, 2017c).

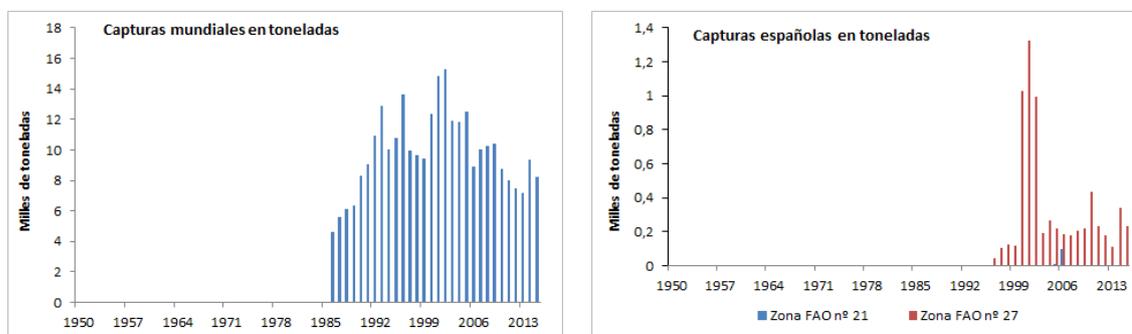


Figura 3.13. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas del pez sable negro (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)

A bordo de buques congeladores que faenan en aguas del Atlántico Norte (Zonas FAO 21 y/o FAO 27), los ejemplares de pez sable negro capturados son procesados obteniéndose 1 presentación, que a su vez se puede clasificar por peso en 2 categorías (Tabla 3.7).

Tabla 3.7. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para pez sable negro (NARV 20026, 2009)

Presentación	Denominación Comercial ⁽¹⁾	Rango
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO Pescado al que se le retira la cabeza y vísceras. También se elimina la aleta caudal.	SABLE NEGRO (BSF) HGT 1	<1000 g
	SABLE NEGRO (BSF) HGT 2	>1000 g

⁽¹⁾ Abreviaturas asociadas a la denominación comercial: HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola.

Las empresas españolas de elaboración no recurren a esta especie como materia prima de aprovisionamiento y las capturas realizadas por buques pesqueros son en su totalidad dirigidas a Portugal, en donde tiene una gran aceptación (Sieiro et al., 2013).

En Portugal, principalmente en Madeira y Sesimbra, el pez sable negro asume un importante papel en la economía y gastronomía, siendo la especie de aguas profundas explotada más importante. Se puede encontrar en fresco como pescado eviscerado, en porciones y filetes y también congelado en filetes (Bandarra et al., 2009; Maulvault et al., 2012).

Pez palo

El pez palo o maruca azul (*Molva dypterygia* (Pennant, 1784)) pertenece a la familia Lotidae. Tiene el cuerpo muy alargado cubierto de escamas minúsculas, de color marrón-grisáceo en el dorso y vientre blanco. Raramente alcanza los 130 cm de longitud. Presenta un barbillón más corto que el ojo y dos aletas dorsales y una anal. La mandíbula inferior es prominente y la cabeza y los ojos son grandes (Bauchot y Pras, 1993; NARV 20021, 2009).

Es una especie demersal, no migratoria, ampliamente distribuida en el Atlántico Norte (al suroeste de Mar de Barents, a veces al norte de Spitsbergen, al oeste de Groenlandia, Terranova, la costa sur de Islandia, alrededor de las Islas Británicas y al sur de Marruecos) y en el Mediterráneo (Figura 3.14). Vive sobre las pendientes escarpadas de la plataforma continental en fondos fangosos entre los 150 y los 1000 m de profundidad, aunque es más frecuente encontrarla entre los 350 y 500 m. Se alimenta de crustáceos y peces (peces planos, góbidos, barbadas) (Bauchot y Pras, 1993; FAO, 2017b; Froese y Pauly, 2017).

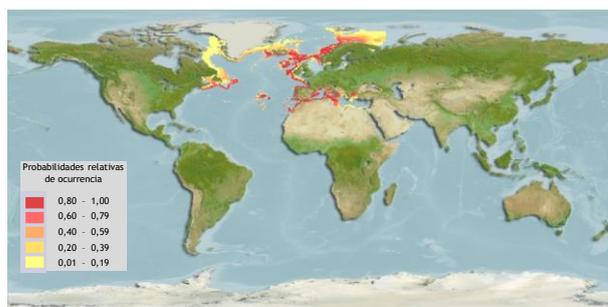


Figura 3.14. Mapa de distribución del pez palo (adaptado de Froese y Pauly, 2017)

El pez palo es una especie que se captura con redes de arrastre fondo y palangre, principalmente en el Atlántico Noreste. Se trata de una especie con un interés comercial alto y de carne muy estimada que se comercializa congelada y como filetes frescos pero también puede ser reducida a harina de pescado (FAO, 2017b). La captura total comunicada para esta especie a la FAO en 2015 fue de 4.867 t (Figura 3.15). Siendo Islandia el país con mayor número de capturas (1.735 t) seguida de Francia (1.140 t). España se sitúa en el 6º puesto mundial, con 284 t capturadas en el caladero Atlántico Noreste (Zona FAO nº 27) (FAO, 2017c).

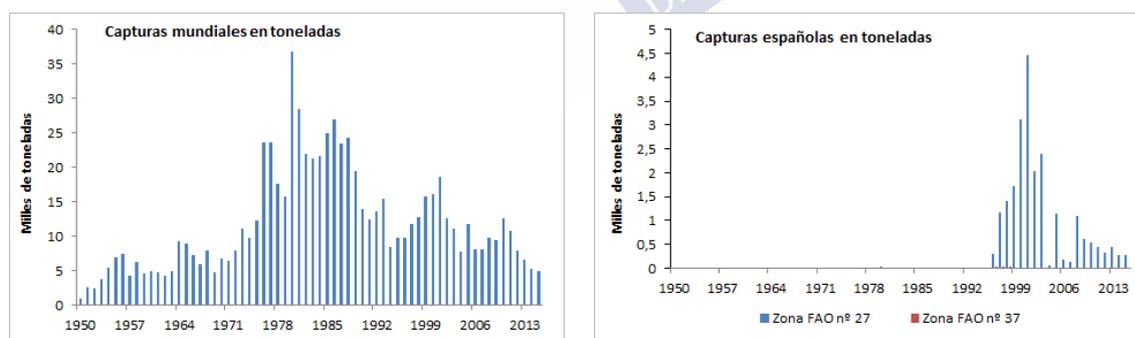


Figura 3.15. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas del pez palo (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)

Los ejemplares de pez palo capturados en aguas del Atlántico Noreste (Zona FAO 27) son procesados en los buques de pesca obteniéndose 1 presentación, que a su vez se pueden clasificar por peso en 4 categorías (Tabla 3.8).

Los tamaños clasificados como 2 y 3 se emplean para hacer rodajas; las de mayor tamaño, se envasan y comercializan en segunda piel, mientras que las inferiores en peso, tan solo se glasean y se venden a granel. El tamaño 1 se descongela y se filetea, los filetes

resultantes se comercializan como frescos en los canales comerciales que demandan esta presentación. En cuanto a la clasificación 4, son unidades muy grandes; normalmente se descongelan y recongelan en forma de hoja de mariposa para después cortar y obtener lomos y trozos. También de este rango se obtienen rodajas de gran tamaño y calidad orientadas específicamente al mercado HORECA (Sieiro et al., 2013).

Tabla 3.8. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para pez palo (NARV 20021, 2009)

Presentación	Denominación Comercial ⁽¹⁾	Rango
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO	PEZ PALO (BLI) HGT 1	<1000 g
Pescado al que se le retira la cabeza y vísceras. También se elimina la aleta caudal.	PEZ PALO (BLI) HGT 2	1000-2000 g
	PEZ PALO (BLI) HGT 3	2000-3000 g
	PEZ PALO (BLI) HGT 4	>3000 g

⁽¹⁾ Abreviaturas asociadas a la denominación comercial: HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola.

Rosada

La rosada o congribadejo rosado (*Genypterus blacodes* (Forster, 1801)) pertenece a la familia Ophidiidae. Tiene el cuerpo extremadamente alargado y comprimido posteriormente de color rosado jaspeado dorsalmente con manchas irregulares de color marrón-rojizo. La línea lateral es paralela y cercana al perfil dorsal y la aleta pectoral redondeada y bastante corta. Presenta una cabeza grande y deprimida, con la boca grande y curvada que alcanza el margen posterior del ojo. Puede alcanzar 30 años de vida, 25 kg de peso y hasta los 2 m de longitud, aunque lo más común es que midan entre 50 y 120 cm de largo (NARV 20039, 2009; FAO, 2017b).

La rosada es una especie batidemersal, que se encuentra principalmente en fondos de arena o fango entre los 10 y 700 m, pero son más abundantes a partir de los 200 m. También se capturan a menor profundidad cuando se alimentan de la merluza de cola (*Macruronus novaezelandiae*) durante la temporada de desove de esta última. Se distribuye en el Pacífico (Pacífico Suroeste: el sur de Australia y alrededor de Nueva Zelanda. Pacífico Sudeste: Chile) y Atlántico Suroeste (Brasil y Argentina) (Figura 3.16). Se alimentan predominantemente de crustáceos del género *Munida*, peces y cefalópodos (FAO, 2017b; Froese y Pauly, 2017).

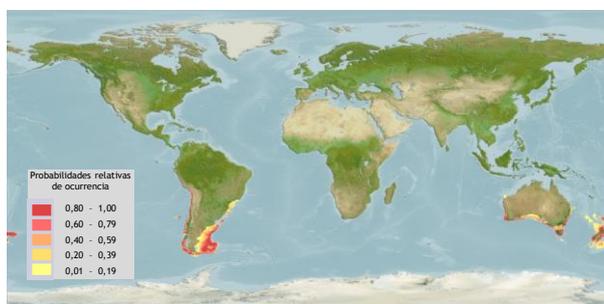


Figura 3.16. Mapa de distribución de la rosada (adaptado de Froese y Pauly, 2017)

La rosada es un pescado sumamente apreciado. Se captura generalmente con redes de arrastre de fondo en cantidades considerables. También, se pesca con palangre en aguas más

profundas (FAO, 2017b). La captura total comunicada para esta especie a la FAO en 2015 fue de 27.243 t (Figura 3.17). Los países con mayores capturas fueron Nueva Zelanda (14.541 t) y Argentina (5.238 t). España ocupa el tercer puesto con 3.742 t capturadas en el caladero Atlántico Suroeste (Zona FAO nº 41) (FAO, 2017c).

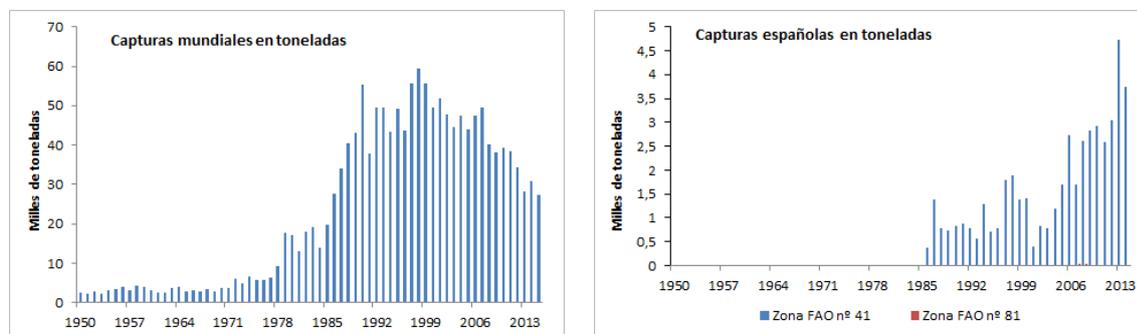


Figura 3.17. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas de la rosada (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)

La rosada se comercializa en fresco, congelado o ahumados. A bordo de buques congeladores que faenan en aguas del Atlántico Suroeste (Zona FAO 41), los ejemplares de rosada capturados son procesados obteniéndose 5 presentaciones, que a su vez se pueden clasificar por peso en diversas categorías (Tabla 3.9).

Tabla 3.9. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para rosada (NARV 20039, 2009)

Presentación	Denominación Comercial ⁽¹⁾	Rango
PESCADO DESCABEZADO Y EVISCERADO Pescado al que se le retira la cabeza y vísceras. También se elimina la aleta caudal.	ROSADA (CUS) HGT 0	<500 g
	ROSADA (CUS) HGT 1	500-1000 g
	ROSADA (CUS) HGT 2	1000-1500 g
	ROSADA (CUS) HGT 3	1500-2000 g
	ROSADA (CUS) HGT 4	2000-2500 g
FILETE Porción muscular del pescado, obtenida mediante un corte paralelo a la columna vertebral, limpia de espinas.	ROSADA (CUS) FILETE 1	<100 g
	ROSADA (CUS) FILETE 2	100-200 g
	ROSADA (CUS) FILETE 3	>200 g
FILETE SIN PIEL Porción muscular del pescado, obtenida mediante un corte paralelo a la columna vertebral, limpia de espinas y piel.	ROSADA (CUS) FILETE S/P 1	<100 g
	ROSADA (CUS) FILETE S/P 2	100-200 g
	ROSADA (CUS) FILETE S/P 3	>200 g
ALAS Recorte en forma de uve de la zona ventral (aletas) del pescado, limpio de vísceras.	ROSADA (CUS) ALAS	
CABEZA Incluye el hocico, desde el ojo hasta la parte más anterior de la mandíbula superior, el opérculo y la mejilla.	ROSADA (CUS) CABEZAS	

⁽¹⁾ Abreviaturas asociadas a la denominación comercial: HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola; S/P: sin piel.

La rosada es una especie muy valorada, de gran calidad organoléptica y con gran arraigo en nuestros mercados internos. Su forma, fusiforme, determina su aprovechamiento en el procesado, así como la tipología de las materias primas derivadas. Los tamaños mayores, se destinan a hacer rodajas que posteriormente se comercializan a granel, en segunda piel e incluso en bolsas de peso reducido (previo glaseo); en este proceso, se obtiene un porcentaje de “colas” apreciable (debido a la fisonomía del pez) que, normalmente, se filetean posteriormente. Los tamaños menores suelen comercializarse individuales y glaseados a granel (catering) y en segunda piel (Sieiro et al., 2013).

Raya

La *Amblyraja radiata* (Donovan, 1808) es la especie más abundante del género *Raja* capturada por la flota congeladora gallega en los caladeros del Atlántico Norte (Sieiro et al., 2013). El género *Raja* se encuentra dentro de la familia Rajidae. Originalmente todas las rayas fueron agrupadas en la familia Rajidae con un solo género, *Raja*. Actualmente, la familia comprende 26 géneros y casi 250 especies (Ebert y Stehmann, 2013). La identificación de las especies no siempre es sencilla. Diversos caracteres de las rayas son muy variables según la edad, el sexo e incluso de un individuo a otro. En las rayas, las aletas pectorales se hallan soldadas en toda su longitud a la cabeza y el tronco, formando así un disco muy deprimido, prolongado por una cola claramente diferenciada y provista de dos aletas dorsales muy pequeñas y desplazadas hacia atrás, próxima a la aleta caudal también muy reducida (Bauchot y Pras, 1993).

La *Amblyraja radiata* presenta una cola más corta que el cuerpo con dos pequeñas aletas dorsales. El disco es romboidal en los adultos y redondeado en los individuos jóvenes. Por la parte inferior es lisa y de color blanco; sin embargo, en la parte superior, de color marrón con posible presencia de manchas negras, es muy rugosa con pequeñas espinas por todas partes, unas más grandes que otras. Alcanza una longitud máxima de unos 110 cm, pero el tamaño máximo y la madurez varían según la latitud en la que habiten.

Se distribuye por el Atlántico Noreste (Svalbard, Groenlandia y de Islandia al Canal Inglés, incluyendo el Mar del Norte (excepto la parte sur) y la parte occidental del Báltico) y Atlántico Noroeste (Groenlandia y la Bahía de Hudson y de Canadá hasta Carolina del Sur en EE.UU.) (Figura 3.18). Es una especie bentónica, que se encuentra en alta mar sobre todo tipo de fondos, aunque preferentemente sobre fondos arenosos y fangosos, en un rango de profundidad entre los 20 y 1400 m, pero más frecuente entre los 50 y 100 m. Se alimentan de crustáceos, peces y gusanos poliquetos. Su dieta va variando a medida que crecen en tamaño (Ebert y Stehmann, 2013; Froese y Pauly, 2017).

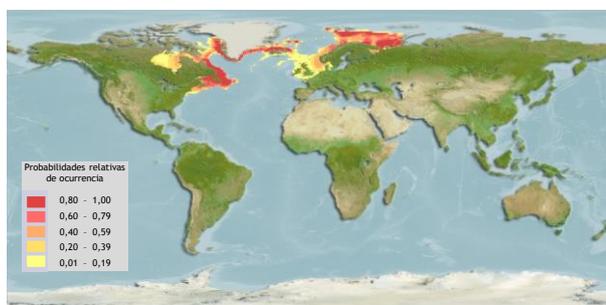


Figura 3.18. Mapa de distribución de la *Amblyraja radiata* (adaptada de Froese y Pauly, 2017)

Esta especie de raya está incluida como vulnerable dentro de la lista roja de especies amenazadas de la UICN (Froese y Pauly, 2017). Las rayas se pescan por arrastre y tienen cierta importancia económica (Bauchot y Pras, 1993). En la base de datos de la FAO no es posible identificar las capturas de *Raja* spp., ya que las distintas especies de rayas no se encuentran agrupadas por el género, por lo que se presentan los datos referentes a la familia Rajidae. La captura total comunicada para esta familia a la FAO en 2015 fue de 16.342 t para los caladeros del Atlántico Norte (Figura 3.19). Siendo Estados Unidos de América el país con mayor número de capturas (10.911 t) seguido de España, con 3.163 t capturadas, de las cuales 2.911 t pertenecen al caladero Atlántico Noroeste (Zona FAO nº 21) (FAO, 2017c).

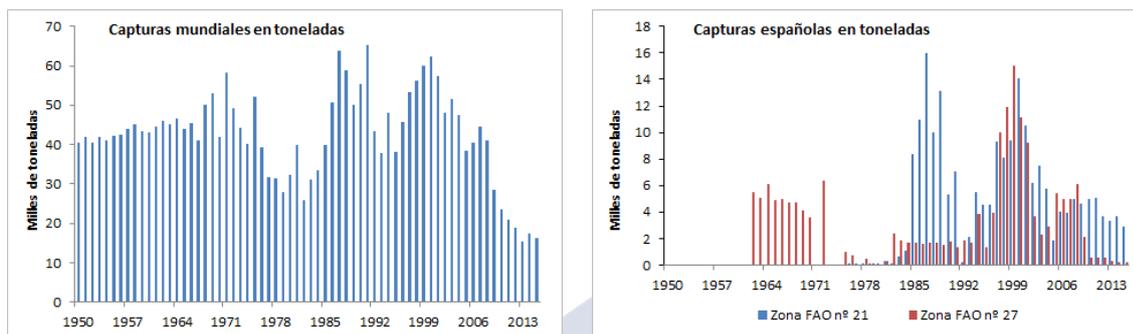


Figura 3.19. Serie histórica (1950-2015) de capturas mundiales y españolas de la Familia Rajidae en el Atlántico Norte (elaboración propia en base a datos de FAO, 2017c)

Los ejemplares de *Raja* spp. capturados en aguas del Atlántico Norte (Zonas FAO 21 y/o FAO 27) son procesados en los buques de pesca obteniéndose 2 presentaciones, que a su vez se pueden clasificar por peso en diversas categorías (Tabla 3.10).

Tabla 3.10. Clasificación de las presentaciones y denominación comercial de las categorías para *Raja* spp. (NARV 20025, 2009)

Presentación	Denominación Comercial ⁽¹⁾	Rango
ALAS SIN PIEL Aletas pectorales triangulares separadas del cuerpo desde la cabeza hasta la cola, presentadas sin la piel.	RAYA (SKA) ALAS S/P 0	<200 g
	RAYA (SKA) ALAS S/P 1	200-400 g
	RAYA (SKA) ALAS S/P 2	400-800 g
	RAYA (SKA) ALAS S/P 3	>800 g
ALAS SIN PIEL REPASADAS Aletas pectorales triangulares separadas del cuerpo desde la cabeza hasta la cola, presentadas sin la piel y con las espinas de los bordes exteriores recortadas.	RAYA (SKA) ALAS S/PR 0	<200 g
	RAYA (SKA) ALAS S/PR 1	200-400 g
	RAYA (SKA) ALAS S/PR 2	400-800 g
	RAYA (SKA) ALAS S/PR 3	>800 g

⁽¹⁾ Abreviaturas asociadas a la denominación comercial: S/P: sin piel; S/PR: sin piel repasado.

Es una de las especies más desaprovechadas en lo que a su rendimiento se refiere; aproximadamente, únicamente se destina a consumo la quinta parte de su peso, más concretamente, lo que comercialmente se conoce como “alas” y que se corresponde con las aletas pectorales, a las que sistemáticamente se les despoja de la piel. Gran parte va directamente a minoristas y al consumidor final sin mayor transformación.

Determinados tamaños cursan por la vía de las empresas elaboradoras, las cuales después de desbloquearlas y darles un ligero glaseo, las envasan en catering o en segunda piel que se colocan en los expositores de supermercados y grandes superficies; identificada cada unidad con su peso unitario y etiquetado correspondiente. España y Francia son dos mercados muy importantes de consumo para este producto (Sieiro et al., 2013).

3.3.1.1 Procesado y transporte de las muestras

El procesado y envasado de los ejemplares tras la captura, se realiza en el propio buque. La Tabla 3.11 recoge, para las especies objeto de estudio, las características principales de su procesado y envasado: tipo de presentación, de distribución en la caja, de congelación y de almacenamiento.

Una vez procesado el pescado y obtenidas las diferentes presentaciones (Entero, HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola; C/P: con piel; S/P: sin piel), se introducen en las cajas previo a su congelación pudiéndose utilizar los siguientes sistemas:

- ◆ Laminado. El pescado se dispone en capas, con una lámina plástica entre capa y capa (Figura 3.20).

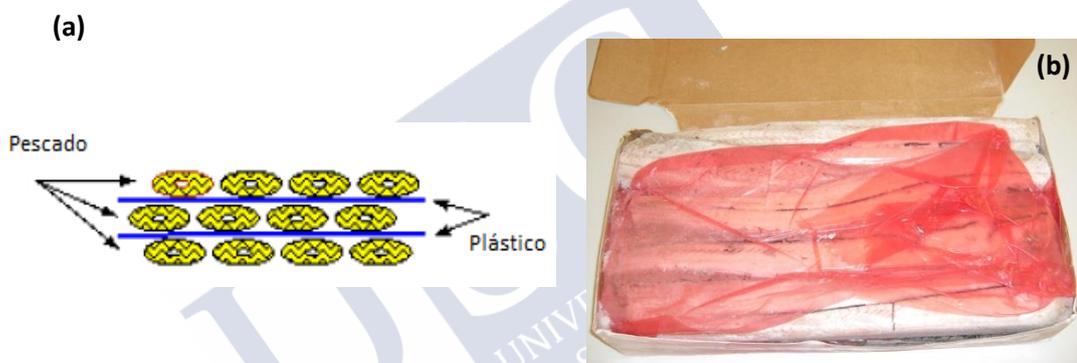


Figura 3.20. Sistema laminado (a) y pez sable negro eviscerado laminado (b)

- ◆ Interfoliado. Similar al laminado, pero adoptando una configuración en “X”, de forma que ninguna pieza llega nunca a tocar a las adyacentes (Figura 3.21).

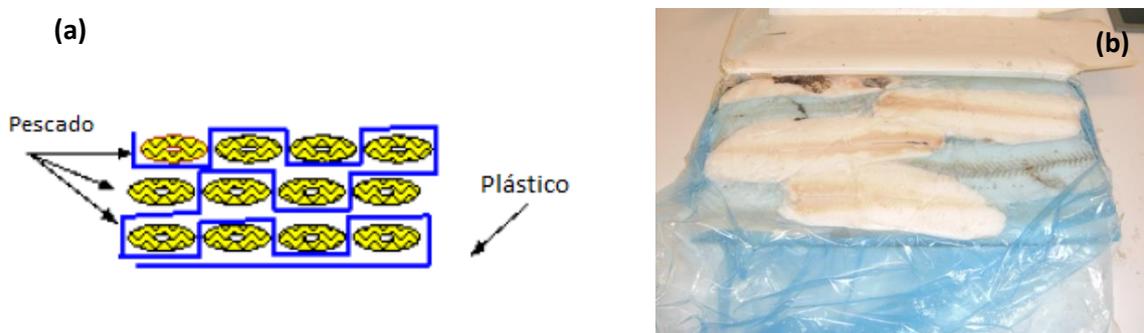


Figura 3.21. Sistema interfoliado (a) y filetes de talismán interfoliado (b)

- ◆ Envuelto. Cada ejemplar es envuelto en plástico uno a uno (Figura 3.22).



Figura 3.22. Platija americana envuelta (a) y rosada envuelta (b)

El siguiente paso al procesado del pescado es la congelación, que puede ser en armario de placas o túnel:

- ◆ Armario de placas (congelación por contacto). El pescado se empaqueta normalmente en cajas que se introducen en bandejas de acero inoxidable, o bien se coloca directamente en las bandejas de acero inoxidable y luego se introduce en los armarios de placas para su congelación. El proceso dura entre 2 y 3 horas.
- ◆ Túnel (congelación por circulación de aire). El pescado se coloca normalmente en bandejas de aluminio, o bien, se empaqueta en los fondos de las cajas, y luego se introduce en los túneles en bandejeros para su congelación. Este proceso dura alrededor de 8 horas (<http://hermanosgandon.com/>, 2021).

El proceso siguiente a la congelación es el envasado en cajas de cartón, previo a su almacenamiento a temperaturas de congelación. A continuación, se muestran los diferentes modelos de cajas de cartón en los que se reciben las muestras en este estudio.

- ◆ Caja con tapa (toda blanca o solo la tapa). Dependiendo del buque puede presentar distintos tamaños (Figura 3.23 y Figura 3.24). En este tipo de envase, los pescados se colocan longitudinal o transversalmente en la caja de cartón, pero todos ellos paralelos entre sí.



Figura 3.23. Platija americana (a) y pez palo (b) en caja de 10 kg

3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado



Figura 3.24. Rosada en caja con tapa

- ◆ Caja con solapas marrón. El pescado se introduce previamente en una bolsa de polipropileno (Figura 3.25).



Figura 3.25. Alas de raya en caja grande

El pescado es almacenado a temperaturas de congelación (por debajo de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) hasta su desembarque. Previo al momento de la descarga en puerto, las muestras pueden acumular un tiempo de almacenamiento en bodega.

Una vez en tierra, las muestras son enviadas a una empresa de almacenamiento de congelados, Frigoriz S.A. en Guitiriz (Lugo), donde son conservadas a temperaturas de congelación en una cámara robotizada a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla 3.11. Características de las muestras de las especies estudiadas

Especie	Zona de pesca FAO	Presentación ⁽¹⁾	Distribución en caja	Tipo de congelación	Envase	Peso medio (g)
Halibut negro (<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>)	21	Entero C/P	Interfoliado	Armario (por contacto)	Caja 10 kg 477x242x98 mm	432,0±9,9
	21	HGT C/P	Envuelto	Armario (por contacto)	Caja 10 kg 470x253x86,5 mm	300,3±40,7
Platija americana (<i>Hippoglossoides platessoides</i>)	21	HGT C/P	Envuelto	Armario (por contacto)	Caja 10 kg 470x253x86,5 mm	263,5±36,6
Granadero de roca (<i>Coryphaenoides rupestris</i>)	27	HGT S/P	Interfoliado	Armario (por contacto)	Caja 10 kg 470x253x86,5 mm	267,6±46,5
Talismán (<i>Alepocephalus bairdii</i>)	27	Filete C/P	Interfoliado	Armario (por contacto)	Caja 10 kg 470x253x86,5 mm	165±32,6
Pez sable negro (<i>Aphanopus carbo</i>)	27	Entero S/P	Laminado	Túnel	Caja grande 690x390x130 mm	1.078,8±248,4
	27	HGT S/P	Laminado	Armario (por contacto)	Caja 10 kg 470x253x86,5 mm	691,2±151,4
Pez palo (<i>Molva dypterygia</i>)	27	HGT C/P	Laminado	Armario (por contacto)	Caja 10 kg 477x242x98 mm	1.308,2±383,3
Rosada (<i>Genypterus blacodes</i>)	41	HGT C/P	Envuelto	Túnel	Caja con tapa 720x416x135 mm	685,5±56,7
Raya (<i>Amblyraja radiata</i>)	21	Alas S/P	Envuelto	Túnel	Caja grande 690x390x170 mm	83,2±14,5

⁽¹⁾ Abreviaturas asociadas al formato de presentación: HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola; C/P: con piel; S/P: sin piel.

3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado

3.3.1.2 Preparación de las muestras para el análisis sensorial

En el momento de realizar los análisis, se van a buscar las cajas necesarias al almacén Frioriz S.A. y se llevan al laboratorio, en la Facultad de Veterinaria de Lugo, donde se almacenan en un arcón congelador que las mantiene a temperaturas inferiores a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, tal como recomienda el Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2012), hasta el momento de su descongelación (Figura 3.26). La cadena de frío es respetada en todo momento.



Figura 3.26. Muestras de granadero de roca almacenadas en el arcón congelador de la Facultad de Veterinaria a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Para realizar el proceso de descongelación se toman 10 ejemplares de cada uno de los productos pesqueros congelados (uno por catador) de diferentes lugares de varias cajas y se depositan en bandejas de plástico alimentario provistas de rejilla (Figura 3.27(a)), con el fin de evitar el contacto del pescado con el líquido de descongelación, y se cubren las bandejas con film transparente (Figura 3.27(b)). El proceso de descongelación se realiza a temperaturas de refrigeración ($4\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) dentro de los frigoríficos ubicados en el laboratorio (Figura 3.28).



Figura 3.27. Bandeja de plástico alimentario con rejilla (a) y platija americana descongelándose en bandeja de plástico alimentario con rejilla y cubierta con film transparente (b)

Así pues, una vez puesto a descongelar y hasta el momento de la realización del análisis sensorial, el pescado se mantiene almacenado en las neveras (Figura 3.28) en bandejas como las descritas anteriormente, cubierto de hielo (Figura 3.29(a)) y tapado con el film transparente (Figura 3.29(b)). Durante el almacenamiento en refrigeración, cada 24 horas se elimina el líquido de descongelación, se sustituyen las bandejas por otras limpias y se colocan

los pescados girándolos y variando su posición en la bandeja. Además, también se renueva el hielo diariamente, tal como recomienda el Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2012).



Figura 3.28. Rosada descongelada durante el almacenamiento refrigerado cubierta de hielo



Figura 3.29. Halibut negro eviscerado en bandeja de plástico cubierta de hielo (a) y rosada en bandeja de plástico cubierta de hielo y tapada con film transparente (b)

Como los catadores se reúnen una vez a la semana, es necesario establecer unos calendarios de descongelación (Figura 3.30) con el fin de que el día de la sesión de cata, los jueces dispongan de las muestras con los días de almacenamiento tras la descongelación correspondientes.

3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado

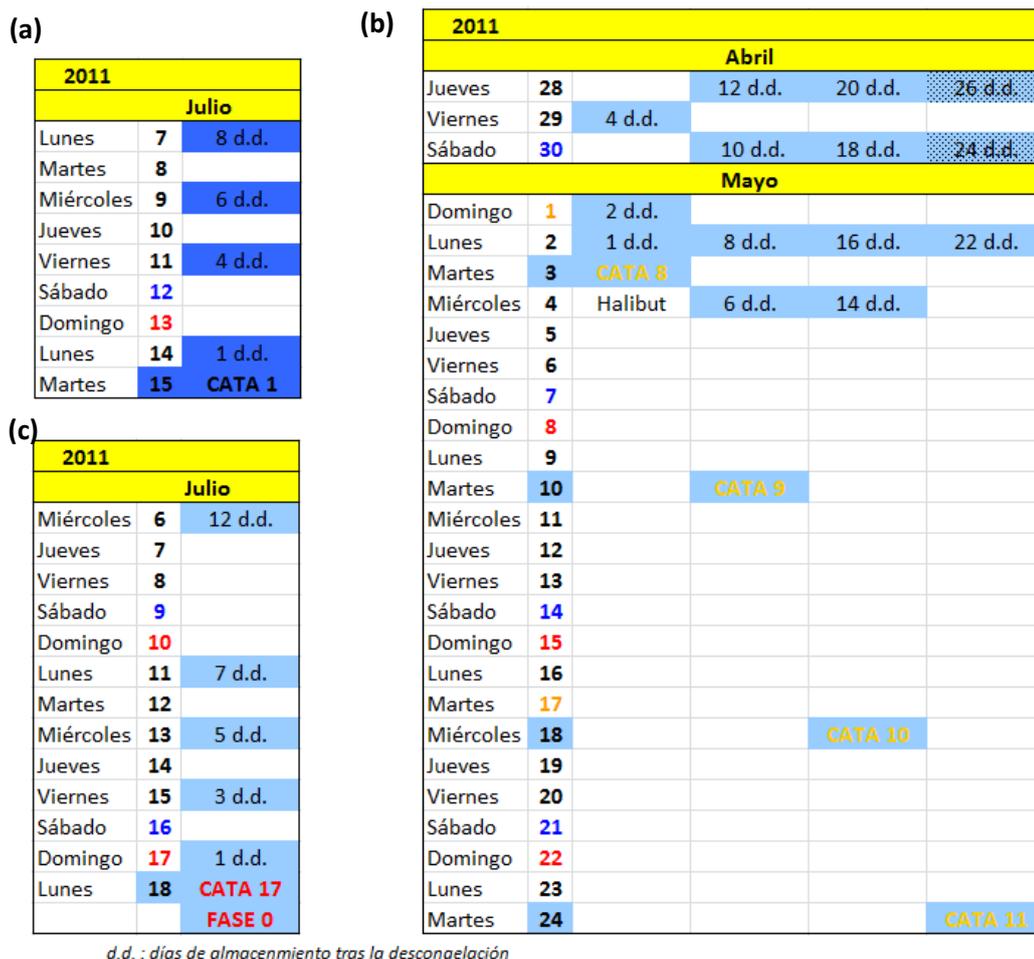


Figura 3.30. Ejemplos de calendarios de descongelación. Fase del desarrollo del esquema QIM del halibut negro entero (a). Fase de validación del esquema QIM del halibut negro eviscerado sin cabeza y sin cola (b). Fase inicial del estudio de almacenamiento a temperaturas de congelación durante un año del halibut negro eviscerado sin cabeza y sin cola (c)

En la Tabla 3.12 se muestra el número total de ejemplares de cada especie y presentación utilizados en el estudio. Asimismo, se especifica el número de ejemplares de cada una de ellas utilizados en cada una de las etapas del estudio.

Para algunos de los productos no se desarrolla el esquema QIM, sino que se procede a la adaptación de un esquema QIM ya desarrollado. En unos casos se trata de una presentación comercial diferente de la misma especie para la que ya se había desarrollado un esquema QIM (ej. halibut negro) y en otros se trata de especies diferentes, pero con una presentación comercial similar que permite dicha adaptación (ej. platija americana).

En cada sesión de cata, a cada catador, se le presentan como máximo 5 pescados descongelados almacenados a temperaturas de refrigeración durante un periodo de días diferente. Estos pescados son presentados al azar y codificados con números de tres dígitos elegidos aleatoriamente, pero en los que se verifica que no guarden relación con el tiempo de almacenamiento (Sveinsdottir et al., 2003; Cyprian et al., 2008) para evitar sesgos psicológicos (UNE-ISO 6658:2008). Al final de la sesión, el grupo es informado del tiempo de almacenamiento descongelado de cada muestra (Cardenas et al., 2007) con el fin de mantener la motivación de los catadores (UNE 87027:1998).

Tabla 3.12. Ejemplares y su uso en etapas del estudio para cada producto pesquero

Especie	Presentación ⁽¹⁾	Nº ejemplares	Utilización ⁽²⁾
Halibut negro (<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>)	Entero C/P	200	DQ (120) VQ y VU (80)
	HGT C/P	360	AQ (40) VQ y VU (120) EAC (200)
Platija americana (<i>Hippoglossoides platessoides</i>)	HGT C/P	350	AQ (40) VQ y VU (110) EAC (200)
Granadero de roca (<i>Coryphaenoides rupestris</i>)	HGT S/P	410	DQ (120) VQ y VU (90) EAC (200)
Talismán (<i>Alepocephalus bairdii</i>)	Filete C/P	330	AQ (40) VQ y VU (90) EAC (200)
Pez sable negro (<i>Aphanopus carbo</i>)	Entero S/P	120	DQ (120)
	HGT S/P	350	AQ (40) VQ y VU (110) EAC (200)
Pez palo (<i>Molva dypterygia</i>)	HGT C/P	430	DQ (120) VQ y VU (110) EAC (200)
Rosada (<i>Genypterus blacodes</i>)	HGT C/P	350	AQ (40) VQ y VU (110) EAC (200)
Raya (<i>Amblyraja radiata</i>)	Alas S/P	420	DQ (120) VQ y VU (100) EAC (200)

⁽¹⁾ Abreviaturas de la presentación: HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola; C/P: con piel; S/P: sin piel.

⁽²⁾ Abreviaturas de las etapas del estudio: DQ: desarrollo del esquema QIM; AQ: adaptación del esquema QIM; VQ: validación del esquema QIM; VU: determinación de la vida útil; EAC: Efecto del almacenamiento a temperaturas de congelación. Entre paréntesis, el número de ejemplares utilizados en cada una de las etapas.

3.3.2 Análisis sensorial

La mejor manera de evaluar el grado de frescura o deterioro del pescado consiste en aplicar técnicas de evaluación sensorial (FAO/OMS, 2012). Para realizar el análisis sensorial, la Norma UNE 87027:1998, indica que se requiere un mínimo de seis jueces, para poder tener en cuenta las diferencias entre individuos. Para el desarrollo y posterior aplicación del esquema QIM se cuenta con un panel de catadores con experiencia, constituido por 10 personas (5 hombres y 5 mujeres) entrenados para tal fin siguiendo la metodología habitual en análisis sensorial. Este grupo se reúne una vez por semana en la sala de cata ubicada en el Área de Tecnología de Alimentos de la Facultad de Veterinaria de Lugo.

La sala de cata (Figura 3.31) consta de diez cabinas idénticas y separadas por mamparas lo suficientemente altas y anchas para aislar a los jueces unos de otros, siendo el color de las paredes y mobiliario de un tono neutro en base a la norma existente sobre instalación de salas de cata. Cada cabina está equipada con: escupidera y lavabo, lámpara fluorescente y luces de color rojo y verde (UNE-EN ISO 8589:2010; UNE-EN ISO 8589:2010/A1).



Figura 3.31. Sala de cata (a) y catadores realizando una cata (b)

3.3.2.1 Sesiones de cata para el desarrollo del esquema QIM

El desarrollo del esquema QIM fue llevado a cabo siguiendo el procedimiento de la norma UNE 87027:1998. Según esta norma se utilizan pruebas descriptivas que se definen como “*pruebas o métodos teóricos de evaluación de propiedades organolépticas de un producto, de forma reproducible, usando términos seleccionados de un glosario previamente establecido mediante pruebas descriptivas simples*”. El propósito de esta fase de identificación de descriptores es que no sea omitido ningún aspecto relevante del producto.

Para llevar a cabo el análisis sensorial basado en pruebas descriptivas se planificó el estudio tomando como referencia las instrucciones recogidas en Torre (2001). El análisis sensorial descriptivo requiere un panel bien entrenado que opere como cualquier otro instrumento analítico del laboratorio. Dicho panel suministra datos sobre la intensidad o el nivel de una serie de atributos sensoriales de los productos. Estos se denominan descriptores y contribuyen a describir la impresión global del producto, por lo que deben ser precisos, discriminantes, exhaustivos e independientes. Su número puede ir de 5 hasta 15 y, en ciertos casos, puede ser aún superior.

La finalidad de este análisis es describir, con un número mínimo de palabras y un máximo de eficacia, el producto a analizar, de manera que tenga una carta de identidad precisa, reproducible y comprensible para todos. Esta descripción deberá ser independiente del grupo de sujetos que la ha generado y deberá, igualmente, ser comparable a otros análisis del mismo tipo efectuados sobre otros productos de la misma familia.

El desarrollo de una ficha QIM se lleva a cabo en tres fases. La finalidad de cada fase y la estrategia a seguir para alcanzar los objetivos se describen a continuación. La puesta en práctica de cada fase se detalla con el desarrollo de la primera ficha QIM (Sección 3.4.1), correspondiente al halibut negro entero. En las demás especies y presentaciones se mostrarán solo los aspectos particulares de cada fase.

Fase de generación de descriptores provisionales

Se facilitan las muestras codificadas a los catadores y estos, de forma individual, generan términos descriptivos que después se unen en una lista común, con los del resto del grupo.

Mediante discusiones en grupo, actuando el responsable del panel como moderador, se realiza una reducción cualitativa del número de descriptores, donde se eliminan: términos hedónicos, términos cuantitativos, términos que describen el producto en sí mismo y términos no pertinentes. El responsable del panel tiene que explicar por qué se consideran inadecuados dichos términos. La lista resultante se presenta de nuevo a los catadores para que, de forma individual, juzguen la intensidad percibida en una escala de 0 a 5, especificando que 0

equivale a la ausencia de percepción de la propiedad considerada y 5 a la percepción máxima (UNE-ISO 4121:2006).

Fase de determinación de descriptores definitivos

En esta fase se utilizan técnicas estadísticas, que se describen en la Sección 3.3.3.1, para reducir el número de términos provisionales generados en la fase previa. La reducción se lleva a cabo en dos pasos.

En primer lugar, se eliminan los descriptores más prescindibles, por ser poco mencionados y/o recibir puntuaciones bajas de los catadores. En este paso se desechan los descriptores de menor media geométrica ($M = \sqrt{F \times I}$), que se define como la raíz cuadrada del producto de la frecuencia (F) y de la intensidad relativa (I) de cada descriptor, en donde:

$$F = \frac{\text{número de veces que se menciona el descriptor}}{\text{número de veces que es posible mencionar al descriptor}}$$

$$I = \frac{\text{suma de las puntuaciones que recibe el descriptor}}{\text{puntuación máxima que puede recibir el descriptor}}$$

De este modo se mantienen tanto los descriptores que son importantes debido a la intensidad con que son percibidos por los catadores, como los que son citados con mayor frecuencia.

La segunda reducción de descriptores se lleva a cabo mediante técnicas estadísticas de análisis multivariante aplicadas a las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores seleccionados en el paso anterior. A partir de los componentes principales de un análisis factorial se busca agrupar estos descriptores (las variables) en base a su correlación. La correlación observada entre las variables de un grupo podrá atribuirse a un factor implícito. La interpretación de dichos factores conduce a una reducción de descriptores basada en agrupar descriptores que se pueden considerar sinónimos (correlacionados positivamente) o antónimos (correlacionados negativamente) y eliminar descriptores que son poco relevantes.

Fase de elaboración del esquema QIM para la valoración de la calidad

Para cada uno de los términos se fija la forma de evaluación, se procede al establecimiento de las escalas de valoración utilizando puntos de demérito, que varían de 0 a 1, de 0 a 2 o de 0 a 3, y se aporta la descripción de cada uno de los puntos de cada escala.

Por último, para finalizar el desarrollo del esquema QIM, se elabora una ficha con los descriptores seleccionados junto con las escalas y se calcula el índice de calidad máximo como la suma de las puntuaciones más altas establecidas para cada uno de los descriptores.

Antes de utilizar el esquema QIM desarrollado se realiza su puesta a punto (Hyldig et al., 2007) mediante sesiones de cata en las que se verifica que los atributos seleccionados son los adecuados. Dichas sesiones sirven a su vez como entrenamiento del panel de catadores, para así conseguir que éste funcione como un equipo analítico, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 8586:2014.

3.3.2.2 Sesiones de cata para la validación del esquema QIM y determinación de la vida útil

La técnica de desarrollo del esquema QIM busca lograr que el QI presente una fuerte correlación lineal positiva con el periodo de almacenamiento en refrigeración. Esto es, cabe esperar que a mayor número de días que las muestras permanecen almacenadas en

refrigeración cubiertas de hielo, mayor sea el QI y, por tanto, el deterioro de la muestra. La relación funcional entre el QI y el tiempo en refrigeración se establece mediante un análisis de regresión lineal simple.

A fin de llevar a cabo el análisis de correlación y regresión, a cada catador se le proporciona una muestra y el esquema QIM desarrollado, bolígrafo, guantes, cuchillo (Figura 3.32) y bata desechable. Como se ha indicado anteriormente, cada catador evalúa como máximo cinco muestras por sesión con el fin de evitar la fatiga (UNE-ISO 6658:2008), utilizando la ficha QIM previamente desarrollada. Con los datos obtenidos se procede a la validación final del esquema QIM, mediante las técnicas estadísticas, que se describen en la Sección 3.3.3.2. En primer lugar, se evalúan los coeficientes de correlación de cada descriptor con el QI, para examinar su pertinencia. Se calcula además, el coeficiente de correlación del QI con el tiempo en descongelación (r), que tendrá que ser próximo a uno si el desarrollo del esquema QIM ha conducido a una ficha adecuada para la especie. Finalmente, se determina la recta mínimo cuadrática para describir dicha relación, y se evalúa el porcentaje de variabilidad del QI que se puede atribuir a su relación lineal con el tiempo en descongelación (mediante r^2).

Para cada una de las especies y presentaciones de la Tabla 3.2 se determina el tiempo de vida útil estimado tras el inicio de la descongelación y se examina la precisión de dicha estimación mediante técnicas estadísticas, que se describen en la Sección 3.3.3.3. El cálculo de la vida útil se examina inicialmente a través del ajuste del modelo de regresión lineal simple determinado en la fase de validación del esquema QIM (Giménez et al., 2012). A continuación, en aquellos casos en los que es posible, se realiza el estudio de un modelo de regresión alternativo que permita mejorar la precisión de su estimación, enfoque ya abordado en la literatura previa (Guillerm-Regost et al., 2006). En cuanto al análisis de la precisión de la estimación de la vida útil, éste ya ha sido tratado en la literatura científica en numerosas ocasiones (Agüeira et al., 2015; Andrade et al., 2015; Lanzarín et al., 2016; Gonçalves, y Soares, 2017; Li et al., 2017; Shalhe et al., 2018; Khodanazary, 2019), aunque la técnica aquí utilizada, que es diferente, aporta sencillez y buenos resultados en el análisis de los datos experimentales.



Figura 3.32. Cabina preparada para la evaluación del halibut negro entero (a) y filete de talismán (b)

3.3.3 Análisis estadístico

3.3.3.1 Tratamiento estadístico para la selección de descriptores

Se describen a continuación las técnicas estadísticas utilizadas en la fase de desarrollo de los esquemas QIM para la selección de descriptores a incluir en la ficha QIM.

Como ya se comentó, la primera reducción de descriptores se basa en la media geométrica de la frecuencia (F) y de la intensidad relativa (I) de cada descriptor, obtenidas a partir de las puntuaciones de los catadores, $M = \sqrt{F \times I}$. En este trabajo de investigación se establece como criterio general eliminar un 15% de descriptores en base al valor de M , los de menor M . Se considerarán, no obstante, como excepciones, aquellos casos en los que todos los valores de M resulten especialmente altos.

La segunda reducción de descriptores se lleva a cabo mediante un análisis factorial (FA) (Figura 3.33). En la aplicación de esta técnica (Prupp, 2013) se considera que existen un conjunto k de variables no medidas directamente (factores) que junto con los errores experimentales son los causantes de las variables medidas, los descriptores provisionales (DP) elegidos en el paso previo. A modo ilustrativo, si se considera que existen $k=2$ factores y son $i=6$ las variables medidas (los descriptores DP_i), representando con cuadrados las variables y con círculos los factores y los errores experimentales desconocidos, el siguiente esquema ilustra la estructura de los datos a analizar, en donde la flecha indica causalidad.

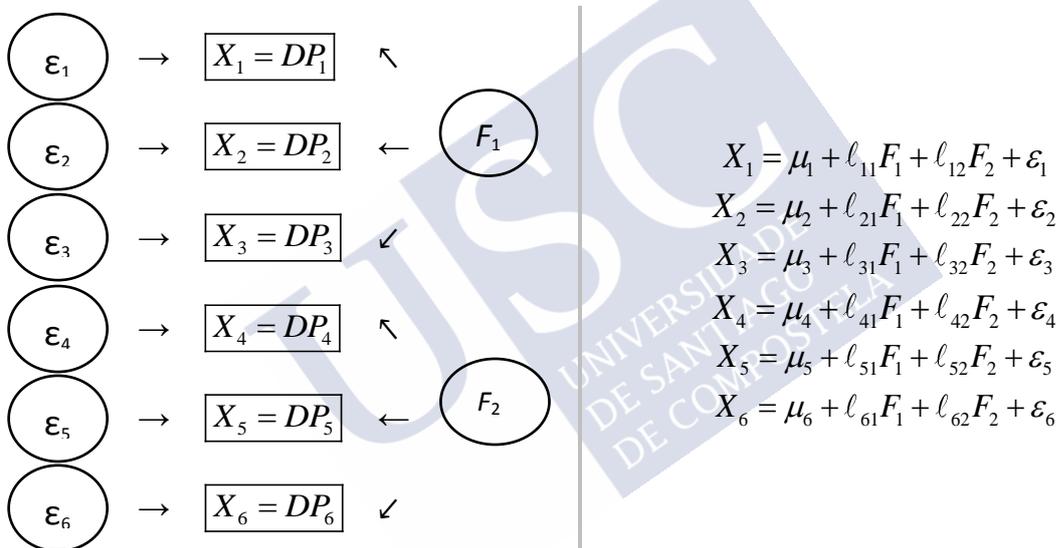


Figura 3.33. Ejemplo de la posible estructura de un conjunto de 6 descriptores provisionales (DP) y su correspondiente modelo estadístico para el análisis factorial (adaptada de Prupp, 2013)

En el análisis factorial se asume que las variables observadas, $X_i = DP_i$, son linealmente dependientes de los factores subyacentes. En el ejemplo anterior,

$$X_i = \mu_i + l_{i1}F_1 + l_{i2}F_2 + \varepsilon_i$$

En el modelo estadístico anterior, μ y ε representan un valor fijo esperado y el error aleatorio, respectivamente. Los coeficientes l_{i2} del factor 2 (F2) serán nulos en las variables X_1, X_2 y X_3 mientras que los coeficientes l_{i1} del factor 1 (F1) serán nulos en las variables X_4, X_5 y X_6 . En la práctica, no obstante, estos coeficientes serán desconocidos y habrá que estimarlos.

Si se puede asumir que las variables siguen una distribución aproximadamente normal, sustituyendo las variables originales por las variables estandarizadas, los coeficientes ℓ_{ij} se pueden interpretar como una medida de la correlación entre el factor subyacente y la variable en cuestión. Los coeficientes ℓ_{ij} , que son conocidos como saturaciones (o *loadings*, en inglés), permiten agrupar las variables (los descriptores provisionales) en base a su correlación. Las variables de un grupo particular tendrán una correlación (positiva o negativa) alta entre ellas y su correlación con las variables de otros grupos será baja.

La correlación observada entre las variables de un grupo podrá atribuirse al factor implícito: su contribución en dicho factor será importante y baja en los otros. En este paso, es la identificación de dichos factores la que permitirá la definición de los descriptores definitivos para la ficha de cata. La reducción de descriptores se lleva a cabo agrupando descriptores sinónimos o antónimos y eliminando descriptores de contribución pequeña.

Para la extracción inicial de los factores implícitos se hace uso del método de componentes principales, que se explica a continuación. No obstante, el problema de estimación de las saturaciones (los coeficientes ℓ_{ij}) no está determinado (si hay más de un factor), existen infinitas soluciones: encontrada una solución se puede obtener una transformación que también sea una solución válida. Entre las transformaciones posibles, las “rotaciones ortogonales” proporcionan transformaciones que mantienen la incorrelación de los factores. Dentro de este grupo de rotaciones, el “método varimax”, aquí utilizado, busca la máxima varianza para cada factor F_i lo que simplifica la interpretación de los factores: se pretende que cada factor tenga pocas saturaciones altas y el resto bajas, de manera que la interpretación de los factores en términos de las variables sea simple.

El método de componentes principales (PCA) consiste en la transformación del conjunto de variables originales en otro conjunto de variables, a los que se conoce como componentes principales (PC), obtenidas como combinación lineal de aquellas. Las nuevas variables (tantas como las iniciales) conservan toda la información relativa a la variabilidad de las variables de partida, pero de manera que con solo pocos componentes se puede explicar de forma razonable dicha información del conjunto de datos originales.

A modo ilustrativo, si son $i=6$ las variables medidas, los 6 componentes principales son aquellas combinaciones lineales incorreladas que se van formando siguiendo el principio de que su varianza sea tan grande como sea posible (el primer componente será la que más varianza explica, etc.). Si consideramos que los dos primeros componentes principales (PC) recogen bien la estructura de los datos (en lo que a variabilidad se refiere) tendríamos el siguiente esquema:

$$\begin{aligned}
 PC_1 &= l_{11}X_1 + l_{21}X_2 + l_{31}X_3 + l_{41}X_4 + l_{51}X_5 + l_{61}X_6 \\
 PC_2 &= l_{12}X_1 + l_{22}X_2 + l_{32}X_3 + l_{42}X_4 + l_{52}X_5 + l_{62}X_6 \\
 &\dots\dots\dots \\
 PC_3 &= l_{13}X_1 + l_{23}X_2 + l_{33}X_3 + l_{43}X_4 + l_{53}X_5 + l_{63}X_6 \\
 PC_4 &= l_{14}X_1 + l_{24}X_2 + l_{34}X_3 + l_{44}X_4 + l_{54}X_5 + l_{64}X_6 \\
 PC_5 &= l_{15}X_1 + l_{25}X_2 + l_{35}X_3 + l_{45}X_4 + l_{55}X_5 + l_{65}X_6 \\
 PC_6 &= l_{16}X_1 + l_{26}X_2 + l_{36}X_3 + l_{46}X_4 + l_{56}X_5 + l_{66}X_6
 \end{aligned}$$

Los dos componentes principales importantes, que explican una proporción alta de la variabilidad de los datos originales

Los demás componentes principales pueden considerarse en cierto sentido como error aleatorio.

La variabilidad explicada por cada PC suele denotarse por λ (son los autovalores de la matriz de covarianzas de las variables medidas). En el ejemplo anterior,

$$\left[\begin{array}{l} \text{Proporción de la varianza} \\ \text{poblacional total atribuible} \\ \text{al k-ésimo componente principal} \end{array} \right] = \frac{\lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6} .$$

Generalmente, se considera que si entre un 80% y un 90% de la variabilidad total se puede atribuir a unos pocos componentes principales (los primeros), estos componentes pueden servir para reemplazar a las variables originales medidas sin una pérdida importante de información (en lo que a variabilidad se refiere).

En la práctica, se utiliza el PCA como método de extracción de factores en el Análisis Factorial, por lo que los componentes principales importantes se interpretan como los factores subyacentes.

El análisis factorial basado en el método de componentes principales para la extracción de factores se lleva a cabo en el paquete estadístico *IBM SPSS Statistics 18*. En el procedimiento *FACTOR* se utiliza la opción *EXTRACTION PC* para utilizar el método de Componentes Principales, la opción *ROTATION VARIMAX* para obtener la rotación basada en el método varimax y la opción *METHOD=CORRELATION* para utilizar en el PCA la matriz de correlaciones (en vez de la matriz de covarianzas), lo que equivale a tipificar las variables originales. Para seleccionar el número de componentes se sigue el “criterio de la varianza”, consistente en seleccionar los componentes que explican un porcentaje de la varianza que se considere suficiente. En este estudio de investigación se considera como valor satisfactorio de variabilidad explicada un 85% o superior.

3.3.3.2 Métodos de validación del esquema QIM

El objetivo es examinar si la relación entre los días de almacenamiento en refrigeración (X) y el QI (Y) es aproximadamente lineal. El análisis se basa en las puntuaciones medias de los catadores para cada periodo.

El grado de asociación lineal se cuantifica mediante el coeficiente de correlación lineal de Pearson,

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} .$$

La relación funcional se establece mediante el método de mínimos cuadrados, basado en minimizar $\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$, en donde para Y , el QI, se toma como referencia un modelo de regresión lineal simple,

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon,$$

en el que se asume que los errores experimentales son independientes, de media nula y varianza constante. La recta ajustada resultante, $\hat{Y} = a + bX$, establece la relación lineal entre el QI y el tiempo en descongelación.

Para ciertas aplicaciones de interés como, la determinación de la vida útil (Sección 3) y la evaluación de la influencia del tiempo de almacenamiento en congelación (Sección 4), en aquellos casos en los que con el esquema QIM desarrollado el modelo lineal no resulte el más satisfactorio, se determinará la relación entre X e Y con un modelo de regresión alternativo de fácil interpretación. En todas las aplicaciones del análisis de regresión del QI frente al tiempo de descongelación se asume que el error experimental sigue aproximadamente una distribución normal. Esta condición, si el modelo de regresión es adecuado, es asumible teniendo en cuenta que el QI total es la media de los QI de todos los jueces, y el QI individual de cada juez es la suma de las puntuaciones de los parámetros del esquema QIM.

3.3.3.3 Determinación de la vida útil

El problema de determinación de la vida útil, x_0 , se ha resuelto como un problema de calibración. Los pasos a seguir, para cada una de las especies y presentaciones consideradas, son los que se describen a continuación.

Como punto de partida se toma como referencia un modelo de regresión, $Y = f_{\theta}(X) + \varepsilon$, que exprese el QI (Y) en términos de los días en refrigeración (X) y un error aleatorio (ε), en donde la función de regresión (o curva de calibración), $f_{\theta}(x)$, es una función monótona que depende de un conjunto de parámetros desconocidos $\theta = (\alpha, \beta, \dots)$.

A partir de los datos $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n$ (que satisfacen $y_i = f_{\theta}(x_i) + \varepsilon_i$) obtenidos para la validación de la ficha QIM, utilizando el método de mínimos cuadrados, se obtiene la estimación $\hat{\theta} = (a, b, \dots)$ (de θ) que proporciona el ajuste mínimo cuadrático $f_{\hat{\theta}}(x)$ de la función de regresión. Los errores aleatorios ε_i se considerará que son independientes y con distribución $N(0, \sigma^2)$, al menos aproximadamente.

Se calcula el índice de calidad máximo para un estado apto para el consumo: como norma general (con excepciones que se explicarán), para el conjunto de descriptores que definen la ficha QIM, se considera una puntuación unitaria para cada uno y se suman dichas puntuaciones, obteniéndose un valor y_0 . Mediante predicción inversa basada en el ajuste mínimo cuadrático se obtiene el valor \hat{x}_0 que proporciona y_0 . En el caso de una relación lineal, $y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$, mediante la recta mínimo cuadrática, $Y = a + bX$, se obtiene una vida útil estimada de $\hat{x}_0 = (y_0 - a)/b$. Este estimador, conocido también como el estimador clásico, es el estimador de máxima verosimilitud (con las condiciones previas sobre los errores). Con otros modelos de referencia, el estimador clásico se obtiene, de forma análoga,

invirtiendo la curva de calibrado ajustada por mínimos cuadrados: $\hat{x}_0 = f_{\hat{\theta}}^{-1}(y_0)$ (Mullins, 2003; Lavagnini y Magno, 2007), de donde viene su denominación de predicción inversa.

Por último, se evalúa la precisión de la estimación de la vida útil mediante un intervalo de confianza (o intervalo de calibración) para x_0 , $I = (x_m, x_M)$ de un nivel de confianza $100(1-\alpha)\%$, que por norma general será del 95% de confianza. Para determinar los límites x_m y x_M del intervalo existen varios métodos (Lavagnini y Magno, 2007). En el problema en cuestión, en el que se tiene un único valor de referencia, y_0 , para determinar un único valor x_0 , se utilizan los dos métodos de uso más común, que han sido implementados recientemente en el programa estadístico R (Greenwell y Schubert, 2014).

El primer método proporciona un intervalo de un nivel de confianza exacto si se cumplen las condiciones señaladas sobre los errores ($\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ independientes). Se traza una línea horizontal en el gráfico de dispersión de los datos a nivel de y_0 que tendrá dos puntos de corte con las bandas de predicción para Y . La abscisa (obtenida por inversión) correspondiente a la intersección con la banda superior proporciona x_m , mientras que la abscisa correspondiente a la intersección con la banda inferior proporciona x_M . En el caso de una relación lineal ($Y = a + bX$), los límites de dicho intervalo de confianza vienen dados por,

$$I_{inversión} = \left(\hat{x}_0 + \frac{k}{1-k} (\hat{x}_0 - \bar{x}) \mp \frac{1}{1-k} t_{g, \alpha/2} \frac{s}{b} \left[(1-k) \left(1 + \frac{1}{n} \right) + \frac{(\hat{x}_0 - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right]^{1/2} \right) \quad (2.1)$$

en donde $k = t_{g, \alpha/2}^2 s^2 / (b^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2)$ y $t_{g, \alpha/2}$ es el percentil $1-\alpha/2$ de una distribución t de Student con g de grados de libertad. El valor de g , los grados de libertad residuales, es el que se utiliza en el cálculo del cuadrado medio residual, $s^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / g$. En la práctica g se corresponde con $g = n - p$, en donde p es el número de coeficientes de regresión.

El segundo procedimiento es el método de Wald, en el que se asume que \hat{x}_0 es aproximadamente normal (lo cual, en algunos casos, podría no ser así). Este método da lugar a intervalos simétricos respecto de \hat{x}_0 , $I = (\hat{x}_0 \mp c)$, lo que permite la interpretación de c como el margen de error. Para obtener los límites del intervalo I , se hace uso de una aproximación del error estándar de \hat{x}_0 , $SE(\hat{x}_0)$, la cual proporciona un intervalo de confianza aproximado, en donde el margen de error c viene dado por $c = t_{g, \alpha/2} \cdot SE(\hat{x}_0)$.

Cuando la curva de calibrado sea la recta mínimo cuadrática ($Y = a + bX$), se tendrá que $g = n - 2$ y el intervalo,

$$I_{Wald} = \left(\hat{x}_0 \mp t_{g, \alpha/2} \frac{s}{b} \left[1 + \frac{1}{n} + \frac{(\hat{x}_0 - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right]^{1/2} \right), \quad (2.2)$$

que es prácticamente coincidente con el intervalo (2.1) cuando $k \approx 0$. Como se aprecia en dicha expresión, el margen de error depende del denominador error estándar de predicción inversa (Demidenko et al., 2013),

$$SEIP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i)^2}{n-2}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / (n-2)}}{b} = \frac{s}{b},$$

que será utilizado para valorar globalmente la calidad de la técnica de predicción inversa.

Con cada especie y presentación se realiza un análisis de regresión exhaustivo en busca de un modelo de regresión que permita estimar con precisión la vida útil. En dicho análisis se consideran ajustes mínimo cuadráticos de modelos alternativos al modelo lineal simple, lo que requiere adaptar las expresiones anteriores. Un caso de interés es aquel en el que se puede asumir que la recta de regresión pasa por el origen. En este caso el ajuste mínimo cuadrático será de la forma, $Y = bX$, $g = n - 1$ y el intervalo obtenido por el método de Wald adopta la expresión,

$$I_{Wald} = \left(\hat{x}_0 \mp t_{n-1, \alpha/2} \cdot \frac{s}{b} \left[1 + \frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right]^{1/2} \right). \quad (2.3)$$

Como se verá, los modelos de regresión polinómicos de grado uno ($Y = a + bX$ o $Y = bX$ y grado dos ($Y = a + bX + cX^2$), junto con el modelo de regresión potencial ($Y = aX^b$), son suficientes para lograr una buena modelización de los datos obtenidos en la validación de la ficha QIM de las diferentes especies y presentaciones. Aunque se examinan otros modelos (el modelo exponencial, $Y = ae^{bX}$, y el modelo polinómico de grado tres, $Y = a + bX + cX^2 + dX^3$, entre ellos), por brevedad no se presentan los resultados, dado que o bien los ajustes obtenidos son peores, o bien suponen incrementar la complejidad del modelo sin que la mejoría en el grado de ajuste sea relevante. Los ajustes de los modelos se obtienen por el método de mínimos cuadrados ordinario, en el caso de los modelos polinómicos, y por el método de mínimos cuadrados no lineales en el caso del modelo potencial.

Los análisis estadísticos correspondientes a esta Sección 3.3.3.3 se realizan con el paquete estadístico *IBM SPSS Statistics* versión 18, la hoja de cálculo Microsoft Excel y el programa estadístico R (con el paquete *investr*) (Greenwell y Schubert, 2014).

3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se exponen los resultados de los estudios llevados a cabo para obtener, validar y aplicar el esquema QIM para cada uno de los productos pesqueros descritos en la Tabla 3.2, así como los obtenidos en la determinación de la vida útil.

Cada esquema QIM se ilustra con una galería fotográfica que permite observar la evolución de las características organolépticas de las muestras, lo que resulta de gran utilidad para facilitar la aplicabilidad de las técnicas de evaluación sensorial aquí propuestas.

La vida útil del pescado es el tiempo durante el cual es apto para el consumo humano (Martinsdóttir et al., 2004). En este estudio se define como el número de días, desde el inicio de la descongelación, que el pescado puede ser almacenado en refrigeración hasta que, en base a sus características organolépticas, llega a ser no apto para el consumo humano.

Los límites de consumo pueden ser determinados, cuando el panel o parte del panel detectan atributos de deterioro en las muestras (Sveinsdóttir et al., 2003). En este estudio se establece (con excepciones que se motivarán) que el fin de la vida útil se alcanza cuando los

catadores otorgan a cada uno de los descriptores estudiados una puntuación de 1, puesto que una puntuación mayor indicaría que el pescado está deteriorado.

Dado que la gran mayoría de los estudios previos toman como referencia un modelo de regresión lineal para el análisis de los datos de validación del esquema QIM, este será también el punto de partida para la determinación de la vida útil en este estudio. No obstante, además de un modelo de regresión lineal simple, $Y = a + bX$, en donde Y ="QI" y X ="días en refrigeración", se considera también un modelo de regresión lineal por el origen, $Y = aX^*$, en términos de una transformación de la variable X , $X^* = X^*$, motivada por un ajuste de un modelo potencial, $Y = aX^b$. Con el modelo lineal simple como referencia, se determinan los intervalos de confianza del 95% para el tiempo de vida útil por los dos métodos presentados en la Sección 3.3.3.3: el método de inversión y el método de Wald. Con el modelo lineal por el origen ($Y = aX^*$), por brevedad se presentan únicamente los resultados del método de inversión (los intervalos correspondientes al método de Wald pueden obtenerse con facilidad en base a las fórmulas explícitas para los límites (Sección 3.3.3.3)).

Las conclusiones que se derivan de los resultados obtenidos en la determinación de la vida útil serán la base para proponer nuevos métodos para la estimación de la vida útil y su evaluación mediante intervalos de confianza que se presentan en la Sección 3.4.1. Con los nuevos procedimientos propuestos, tal y como se va a observar, se logran resultados de precisión altamente satisfactorios.

Para facilitar el seguimiento de los resultados, se hace una presentación exhaustiva de los mismos en el caso del halibut negro y más reducida para las demás especies. Como se muestra a continuación, la investigación llevada a cabo con el halibut negro es una buena referencia para otras especies porque requiere de todas las técnicas posibles a utilizar. En primer lugar, se lleva a cabo el desarrollo y validación del esquema QIM para el halibut negro entero y después se hace la adaptación del esquema QIM a otra presentación (que en esta especie será "eviscerado, sin cabeza y sin cola"). El proceso de adaptación del esquema QIM se realiza también con otras especies. En cuanto a la determinación de la vida útil, para las demás especies únicamente se detallarán aquellos aspectos que por ser diferentes así lo requieran.

3.4.1 Halibut negro entero

El trabajo desarrollado en esta sección y los resultados obtenidos han sido publicados en el artículo: López-García et al. (2014) (*VER APÉNDICE*).

3.4.1.1 Desarrollo del esquema QIM

Fase de generación de descriptores

En una primera fase, se lleva a cabo la generación de descriptores por parte del panel de catadores entrenados, con el objeto de seleccionar aquellos términos que proporcionen más información sobre los atributos sensoriales del halibut negro entero. Para ello se les presentan a los jueces muestras con diferente grado de deterioro, es decir, muestras descongeladas y almacenadas con hielo a temperaturas de refrigeración durante 1, 4, 6 y 8 días. Junto con las muestras se les entrega, un folio en blanco y bolígrafo para que anoten todos los atributos que consideren que varían con el tiempo.

La generación de descriptores se realiza en cabinas individuales, para proporcionar a los jueces la concentración necesaria para la identificación individual de los términos descriptivos sin dejarse influenciar por otros jueces tal como indica la norma UNE 87027:1998.

Uniando todos los términos generados por cada uno de los jueces, se consigue generar una lista con 66 descriptores. A continuación, se realiza una reducción cualitativa del número

de éstos mediante consenso entre los catadores, moderados por el director del panel. Después de esta eliminación, el número de descriptores queda reducido a 34.

Fase de selección de descriptores definitivos

En una segunda fase, se reduce el número de descriptores en base a las técnicas de análisis estadístico recogidas en la norma UNE 87027:1998, descritas en la Sección 3.3.3. Para ello, nuevamente se presentan a los jueces, junto con la lista de términos generados, muestras descongeladas mantenidas a temperaturas de refrigeración durante 1, 4, 8 y 12 días y se les pide que, para cada producto y cada uno de los 34 descriptores, juzguen la intensidad percibida en una escala de 0 a 5, especificando que 0 equivale a la ausencia de percepción de la propiedad considerada y 5 a la percepción máxima (UNE-ISO 4121:2006).

En primer lugar, con las puntuaciones otorgadas por los catadores a cada descriptor, se realiza la primera reducción en el número de descriptores. Para ello, se calculan las frecuencias relativas (F) y las intensidades relativas (I). De acuerdo con la norma UNE 87027:1998, se deben eliminar los descriptores que presentan la media geométrica $M = \sqrt{F \times I}$ más pequeña.

Siguiendo los criterios generales (Sección 3.3.2.1 y 3.3.3.1), se decide eliminar los cinco descriptores de menor valor de M , en fondo gris en la Tabla 3.13, por lo que se reduce así la lista a 29 descriptores.

La segunda reducción en el número de descriptores se realiza en base a un análisis multivariante. Con las puntuaciones otorgadas por los catadores a los 29 términos se realiza un Análisis Factorial utilizando el método de Análisis de Componentes Principales para la extracción de factores (Tablas 3.14 y 3.15).

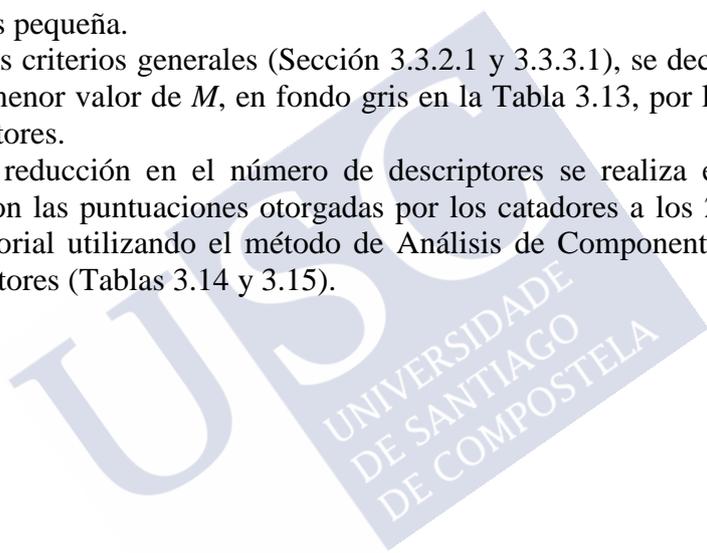


Tabla 3.13. Media geométrica de los 34 descriptores iniciales del halibut negro entero

Descriptor	frecuencia (F)	intensidad (I)	media geométrica (M)
Agallas: Color agalla	95,83	85,00	90,25
Ojos: Brillo	91,67	83,33	87,40
Ojos: Transparencia	91,67	80,00	85,63
Textura: Firmeza	91,67	79,17	85,19
Agallas: Olor agalla	95,83	75,00	84,78
Aspecto general	95,83	74,17	84,31
Aspecto interno: Aspecto vísceras	95,83	69,17	81,42
Piel: Brillo	95,83	69,17	81,42
Textura: Elasticidad	87,50	73,33	80,10
Agallas: Firmeza de la agalla	95,83	65,83	79,43
Piel: Tersura	95,83	65,00	78,93
Humedad exterior	95,83	63,33	77,91
Aspecto interno: Color	83,33	72,50	77,73
Olor externo: Intensidad	83,33	72,50	77,73
Aspecto interno. Consistencia del músculo	91,67	65,83	77,68
Ojos: Forma	87,50	68,33	77,33
Escamas: Agarre de la piel	91,67	64,17	76,69
Aspecto interno: Olor	87,50	66,67	76,38
Aspecto interno: Adherencia del peritoneo	87,50	64,17	74,93
Piel: Uniformidad	95,83	58,33	74,77
Cavidad abdominal: Firmeza	95,83	56,67	73,69
Aspecto interno: Olor vísceras	87,50	61,67	73,46
Piel: Tono	87,50	55,83	69,90
Boca: Mucosidad	91,67	51,67	68,82
Olor externo: Otros	70,83	63,33	66,98
Aletas: Turgencia, firmeza	95,83	45,00	65,67
Piel: Mucosidad recubriendo la piel	79,17	53,33	64,98
Agallas: Mucosidad	79,17	45,00	59,69
Agallas: Rigidez del opérculo	83,33	42,50	59,51
Piel: Color de la mucosidad	75,00	41,67	55,90
Escamas: Firmeza	70,83	40,00	53,23
Agallas: Facilidad del opérculo	75,00	37,50	53,03
Agallas: Color del opérculo	75,00	32,50	49,37
Boca: Mucosa suelta	58,33	25,83	38,82

Tabla 3.14. Análisis Factorial con extracción de factores por el método de Análisis de Componentes Principales para el halibut negro entero

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	14,697	50,678	50,678	14,697	50,678	50,678	6,868	23,681	23,681
2	3,460	11,930	62,608	3,460	11,930	62,608	6,320	21,792	45,474
3	2,310	7,964	70,573	2,310	7,964	70,573	4,059	13,997	59,471
4	1,655	5,705	76,278	1,655	5,705	76,278	3,092	10,662	70,133
5	1,378	4,751	81,029	1,378	4,751	81,029	2,223	7,664	77,797
6	1,117	3,850	84,880	1,117	3,850	84,880	2,054	7,082	84,880
7	,923	3,182	88,062						
8	,860	2,965	91,027						
9	,737	2,541	93,568						
10	,483	1,666	95,234						
11	,302	1,043	96,277						
12	,269	,928	97,205						
13	,183	,631	97,837						
14	,158	,544	98,381						
15	,148	,512	98,892						
16	,088	,302	99,195						
17	,067	,231	99,426						
18	,054	,185	99,611						
19	,048	,165	99,777						
20	,039	,134	99,911						
21	,014	,047	99,958						
22	,011	,037	99,995						
23	,001	,005	100						
24	8,6E-16	3,0E-15	100						
25	6,6E-16	2,3E-15	100						
26	-1,1E-16	-3,9E-16	100						
27	-1,5E-16	-5,2E-16	100						
28	-4,4E-16	-1,5E-15	100						
29	-7,3E-16	-2,5E-15	100						

Tabla 3.15. Análisis Factorial con extracción de factores (rotados por el método Varimax) por el método de Análisis de Componentes Principales para el halibut negro entero

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
Aspecto interno: Olor vísceras	,899					
Aspecto interno: Adherencia del peritoneo	,808	,177	,239	,135		
Textura: Firmeza	,788	,460	,118	,138	-,114	,130
Textura: Elasticidad	,763	,400	,225	,263	-,107	,248
Humedad exterior	,750	,258	,350	,159	,110	
Aletas: Turgencia, firmeza	,715		,135	,232	,529	
Aspecto general	,714	,468	,167	,121		,237
Cavidad abdominal: Firmeza	,712	,351	,102	,104	,410	,235
Aspecto interno: Aspecto vísceras	,685	,225	-,100	,249	,326	,272
Aspecto interno: Olor	,642	,512	,248	,163	,144	,233
Ojos: Transparencia	,167	,907		,202	,171	
Ojos: Brillo	,215	,889		,210	,233	,159
Agallas: Color agalla	,371	,806	-,167	,191	,198	
Escamas: Agarre a la piel	,387	,780	,229	,154		
Piel: Mucosidad recubriendo la piel	,245	,768	,385	,170		
Ojos: Forma	,256	,675		,358	,276	,441
Boca: Mucosidad	,385	,494	,323	,428	,477	
Piel: Uniformidad	,198		,876	,230		
Piel: Brillo	,206		,872	,199		,241
Piel: Tersura	,311		,815	-,109	-,171	
Piel: Tono			,726	-,123	,274	,116
Agallas: Rigidez del opérculo	-,117	-,220	-,666		-,386	-,297
Olor externo: Intensidad	,220	,224		,870	,125	,227
Agallas: Olor agalla	,237	,320		,867		-,112
Olor externo: Otros (a mar limpio, rancio, amoníaco, inodoro)	,267	,369	,211	,646	,174	,490
Agallas: Mucosidad		,497	,195		,655	
Agallas: Firmeza de la agalla	,264	,445		,416	,614	-,131
Aspecto interno: Consistencia músculo	,184		,235		-,144	,828
Aspecto interno: Color músculo	,335	,471	,203	,273	,191	,558

Método de extracción: Análisis de componentes principales

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 7 iteraciones.

En base al criterio habitual de seleccionar los componentes con autovalor asociado mayor de 1, se obtienen 6 componentes principales, que explican el 84,88% ($\approx 85\%$) de la varianza total (Tabla 3.14), que se considera satisfactorio (acorde con el criterio general indicado en la

Sección 3.3.3.1). En aras de facilitar la interpretación de los componentes se realiza una rotación, por el método Varimax, que se recoge en la matriz de la Tabla 3.15. En dicha matriz se destacan con fondo gris los descriptores asociados a cada componente, mostrándose dichos descriptores ordenados en función de su contribución al componente principal.

Los componentes principales resultantes de la rotación se toman como referencia para definir los descriptores a incluir en la ficha de cata. La selección de descriptores se realiza teniendo en cuenta la contribución de cada uno de ellos al componente principal al que está asociado, así como las correlaciones entre descriptores y diversas consideraciones adicionales basadas en la experiencia en estudios sensoriales.

Primer componente. La *adherencia del peritoneo* y la *firmeza* se seleccionan por su alta contribución a este componente. El *olor de vísceras* se descarta ya que se decide evaluar solamente el *olor en las agallas*, asociado al cuarto componente. Se selecciona también en este componente el *aspecto de las vísceras*, ya que es un término casi indispensable en la evaluación de la frescura del pescado.

Segundo componente. Se introduce el descriptor *aspecto del ojo* para unificar *transparencia* y *brillo de los ojos* que son los atributos de mayor contribución a este componente y se completa la caracterización de los ojos con un descriptor de uso generalizado en la evaluación de la frescura del pescado, la *forma del ojo*. Se elige además el *color de la agalla* por su alta contribución al componente.

Tercer componente. Este componente está asociado a las características de la piel. De los dos descriptores de contribución más alta, se selecciona el *brillo de la piel*, por ser más sencillo de evaluar que la *uniformidad*, dado que se trata de pescado congelado en bloque y la uniformidad de la piel puede verse alterada por los procesos que conlleva la congelación.

Cuarto componente. Entre los dos descriptores de mayor contribución, se decide por consenso evaluar el *olor en la agalla* y no el *olor externo*, por tener la agalla un olor más definido y ser, por tanto, más fácil de evaluar.

Quinto componente. De este componente se elige el descriptor de mayor contribución, la *mucosidad en las agallas*.

Sexto componente. De este componente, a pesar de que el descriptor de mayor contribución es la *consistencia del músculo*, esta se descarta por estar estrechamente correlacionada con la *firmeza*, ya seleccionada en el primer componente (tablas de correlaciones no incluidas por brevedad). Asociado a este componente, se selecciona el otro descriptor, el *color del músculo*.

Mediante este análisis se reduce el número de descriptores a 10:

- *adherencia del peritoneo*
- *firmeza*
- *aspecto de las vísceras*
- *aspecto del ojo, que engloba transparencia y brillo*
- *forma del ojo*
- *color de la agalla*
- *brillo de la piel*
- *olor en la agalla*
- *mucosidad en las agallas*
- *color del músculo*

A lo largo de varias sesiones de cata, se decide por consenso, entre los catadores y el director del panel de catadores, incluir el término *sangre en espina*, con lo que, son 11 los descriptores que pasan a formar la tabla de valoración.

Fase de selección de escalas y de elaboración del esquema QIM

En la tercera, y última fase, se establecen las escalas para cada uno de los 11 descriptores seleccionados. Para ello, se incluye en una ficha de cata los descriptores obtenidos, ordenados siguiendo la secuencia habitual de percepción de cada uno de ellos, dejando espacios en blanco para que los catadores seleccionen la escala y realicen una descripción que se corresponda con cada uno de los puntos de la misma. En este caso, se decide calificar los descriptores con escalas que varían de 0 a 2 o de 0 a 3. Estas sesiones de cata se realizan mediante discusiones en grupo, bajo la guía del responsable del panel según la norma UNE 87027:1998 en las que se presentan muestras de halibut negro entero descongelado con 1, 4, 8 y 14 días de almacenamiento en refrigeración. También, se les proporcionan a los catadores definiciones recogidas en la norma UNE-EN ISO 5492:2010 de vocabulario de análisis sensorial, para que sirvan de guía.

Finalmente, después de varias sesiones de cata comentada, se obtiene la ficha definitiva, incluyendo los términos y escalas seleccionadas, y el índice de calidad (QI) resultante que en este caso es de 0 a 24 puntos, correspondiendo el valor 0 al pescado fresco y el 24 al de máxima degradación (Tabla 3.16).

Galería fotográfica

A lo largo del estudio se realizan las fotografías del pescado correspondientes a los diferentes días de almacenamiento descongelado en refrigeración, con el objetivo de documentar gráficamente el esquema QIM desarrollado. A modo de ejemplo, se incluyen imágenes ilustrativas de los diferentes descriptores a día 1, 5 y 14 de almacenamiento refrigerado, pudiendo observarse la evolución de los diferentes aspectos evaluados (Figura 3.34).

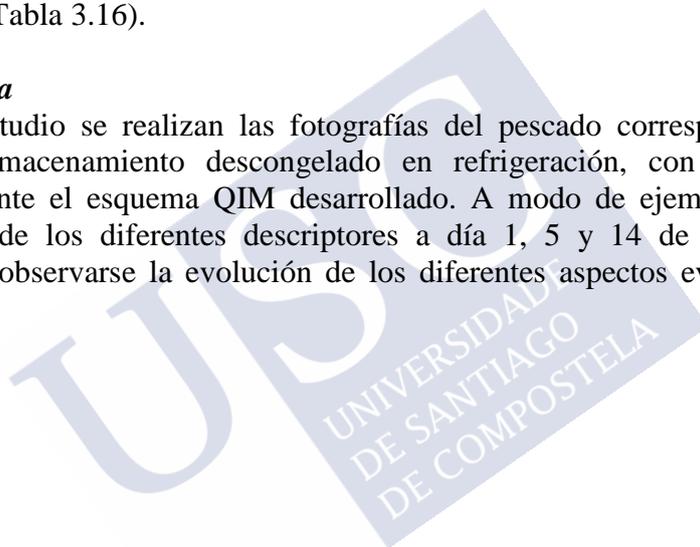


Tabla 3.16. Esquema QIM para el halibut negro entero descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

PARÁMETRO DE CALIDAD		DESCRIPCIÓN	PUNTOS
HALIBUT NEGRO entero <i>Reinhardtius hippoglossoides</i> Nombre: _____ Fecha: _____ Número de muestra: _____			
			
Brillo de la piel (D ₁)		Muy brillante	0
		Brillante	1
		Mate	2
Firmeza (presión suave) (D ₂)		Muy firme, elástico (La marca de los dedos desaparece rápidamente)	0
		Firme (El dedo deja marca más de 3 segundos)	1
		Blando (no se recupera)	2
Ojos	Forma (D ₃)	Convexo	0
		Plano	1
		Cóncavo	2
	Aspecto (D ₄)	Negros, borde plateado alrededor de pupila	0
		Mate, sin borde plateado	1
		Lechoso	2
Agallas	Color (D ₅)	Rojo ladrillo	0
		Rojo pálido, rosáceo	1
		Pardo verdoso	2
	Mucosidad (D ₆)	Ausencia	0
		Limpio claro	1
		Amarillento algo espeso	2
		Marrón espeso	3
	Olor (D ₇)	Mar, algas	0
		Neutro	1
		Rancio, ácido, agrio	2
		Putrefacto	3
	Color del músculo (D ₈)	Marfil, translúcido	0
Ligeramente amarillento, opaco		1	
Amarillo verdoso, opaco		2	
Sangre en espina (D ₉)	Rojo vivo, rosado, ausencia	0	
	Rojo marrón	1	
	Marrón	2	
Visceras (D ₁₀)	Enteras, rosado vivo	0	
	Enteras, ligeramente marrón	1	
	Masa sin estructura, marrón más oscuro	2	
Peritoneo (arrancar con los dedos) (D ₁₁)	Muy adherido	0	
	Fácilmente separable	1	
	Desintegrado	2	
Índice de calidad (QI)			0-24

Tiempo de almacenamiento refrigerado tras la descongelación

1 día

5 días

14 días

Brillo de la Piel
Firmeza



Muy brillante
Muy firme, elástico

Brillante
Firme

Mate
Blando

Ojos: Forma
Ojos: Aspecto



Convexo
Negros, borde plateado alrededor de la pupila

Plano
Mate, sin borde plateado

Cóncavo
Lechoso

Agallas: Color
Agallas: Mucosidad



Rojo ladrillo
Ausencia

Rojo pálido, rosáceo
Limpio claro

Pardo verdoso
Marrón espeso

Color del músculo
Sangre en espina



Marfil, translúcido
Rojo vivo, rosado, ausencia



Ligeramente amarillento, opaco
Rojo marrón



Amarillo verdoso, opaco
Marrón

Vísceras
Peritoneo



Enteras, rosado vivo
Muy adherido



Enteras, ligeramente marrón
Fácilmente separable



Masa sin estructura, marrón más oscuro
Desintegrado

Figura 3.34. Galería fotográfica del halibut negro entero descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

3.4.1.2 Validación

El esquema QIM se diseña, para cada especie, con el objetivo de conseguir un grado de asociación lineal fuerte entre el QI y los días de almacenamiento durante toda la vida comercial. Establecida esta relación, a partir de la puntuación QIM obtenida para una muestra de pescado se puede hacer una estimación de la vida comercial remanente, esto es, del número de días que le quedan al pescado almacenado en esas mismas condiciones hasta que llegue al final de su vida útil (Abaroa et al., 2008).

Para examinar la relación entre el QI y los días de almacenamiento, utilizando la ficha de cata desarrollada, se realizan 2 nuevas sesiones de cata. En cada una de ellas, los catadores evalúan 4 muestras de halibut negro entero almacenado en hielo a temperaturas de refrigeración y que lleva descongelado 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 días. En la Tabla 3.17 se presentan las puntuaciones medias de todos los parámetros seleccionados. Con los resultados obtenidos se calcula el Índice de Calidad (QI) medio de cada día de almacenamiento.

Tabla 3.17. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en el halibut negro entero con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración

Días en refrigeración	1	2	4	6	8	10	12	14	Coefficiente de correlación
D ₁	0,75 (0,25)	0,38 (0,18)	1,00 (0,19)	1,13 (0,30)	1,22 (0,15)	1,44 (0,18)	1,11 (0,11)	1,57 (0,20)	0,84
D ₂	0,25 (0,16)	0,25 (0,19)	1,00 (0,18)	1,38 (0,18)	1,22 (0,15)	1,11 (0,20)	1,78 (0,15)	2,00 (0,00)	0,92
D ₃	0,50 (0,19)	1,13 (0,13)	1,63 (0,18)	1,75 (0,16)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	1,89 (0,11)	2,00 (0,00)	0,82
D ₄	0,50 (0,19)	0,63 (0,18)	1,00 (0,33)	1,00 (0,27)	1,67 (0,17)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	0,96
D ₅	0,50 (0,19)	0,63 (0,18)	0,88 (0,23)	0,88 (0,23)	1,22 (0,15)	1,89 (0,11)	1,44 (0,18)	1,71 (0,18)	0,92
D ₆	0,63 (0,18)	1,38 (0,32)	1,13 (0,35)	1,88 (0,35)	1,44 (0,41)	2,89 (0,11)	2,11 (0,35)	3,00 (0,00)	0,87
D ₇	0,75 (0,16)	0,75 (0,16)	0,75 (0,16)	1,13 (0,13)	1,78 (0,22)	2,22 (0,28)	2,33 (0,29)	2,29 (0,36)	0,96
D ₈	0,38 (0,18)	0,25 (0,16)	0,63 (0,18)	1,00 (0,19)	1,56 (0,29)	1,56 (0,18)	1,78 (0,15)	1,86 (0,14)	0,97
D ₉	0,25 (0,16)	0,25 (0,16)	0,63 (0,18)	1,00 (0,19)	2,00 (0,00)	1,78 (0,15)	1,56 (0,18)	1,86 (0,14)	0,89
D ₁₀	0,38 (0,18)	0,75 (0,16)	1,00 (0,19)	1,50 (0,19)	1,56 (0,18)	1,33 (0,17)	1,89 (0,11)	2,00 (0,00)	0,93
D ₁₁	0,00 (0,00)	0,25 (0,16)	0,50 (0,19)	1,13 (0,13)	1,33 (0,17)	1,44 (0,18)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	0,98
QI	4,88 (0,95)	6,63 (0,63)	10,13 (1,30)	13,75 (1,31)	17,0 (0,78)	19,67 (0,69)	19,89 (0,87)	22,29 (0,81)	0,98

D₁: Brillo de la piel, D₂: Firmeza, D₃: Ojos-forma, D₄: Ojos-aspecto, D₅: Agallas-color, D₆: Agallas-mucosidad, D₇: Agallas-olor, D₈: Color del músculo, D₉: Sangre en espina, D₁₀: Visceras, D₁₁: Peritoneo.

Gráficamente, se puede apreciar en la Figura 3.35 que durante el periodo de almacenamiento se detectan cambios graduales y apreciables para todos los parámetros evaluados, ya que los valores de todos ellos presentan una tendencia a incrementarse con el tiempo de almacenamiento en las condiciones de refrigeración establecidas.

3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado

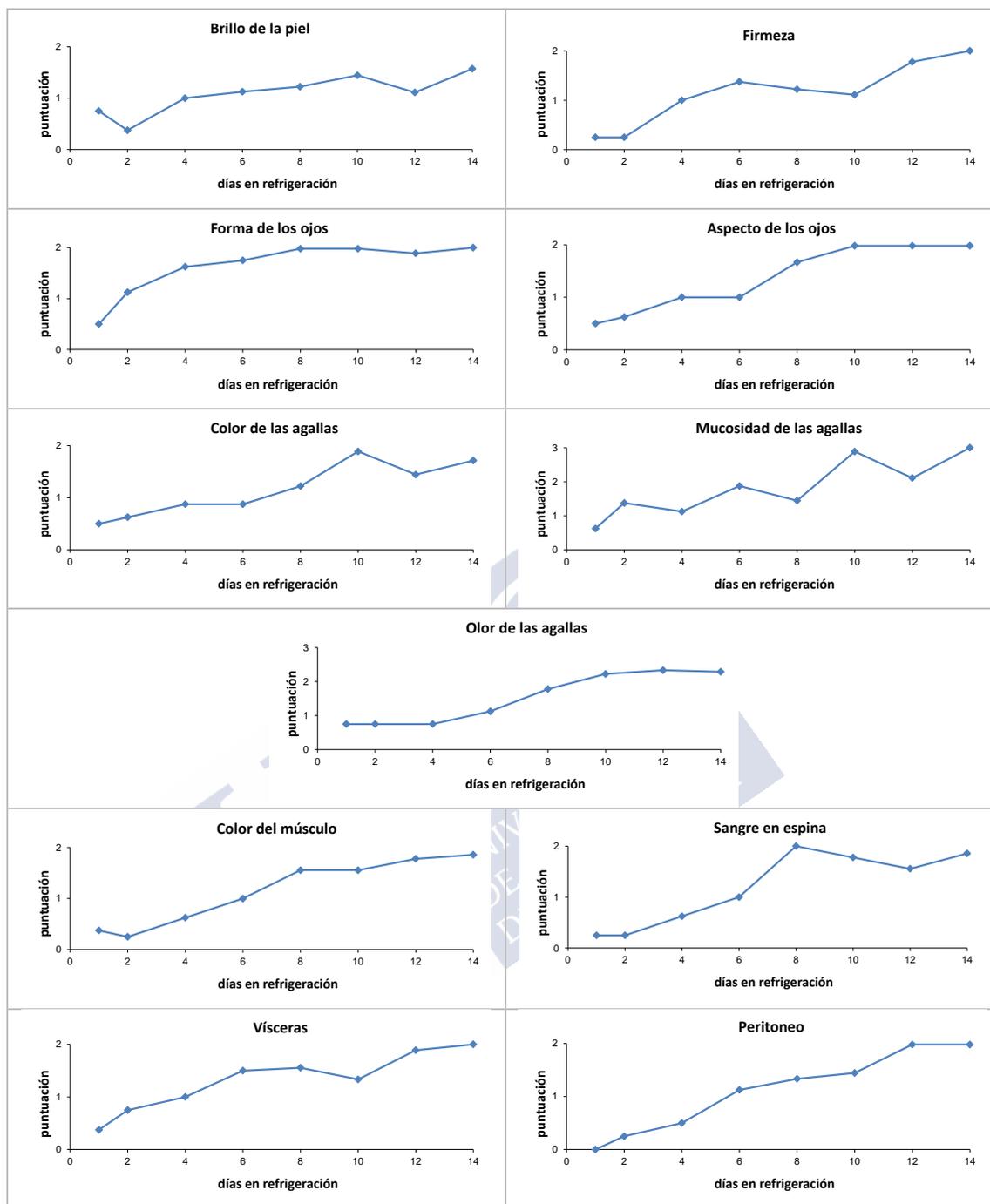


Figura 3.35. Puntuaciones medias de los descriptores del halibut negro entero evaluados con el esquema QIM

El coeficiente de correlación entre la puntuación media de cada descriptor y el tiempo de almacenamiento (Tabla 3.17) es, alto, aunque existen descriptores (*firmeza*, *olor de las agallas* o *sangre en espina*) para los cuales la tendencia a aumentar con el tiempo no es lineal, tal y como se aprecia en la Figura 3.35. La relación del QI con el tiempo es aproximadamente lineal (Figura 3.36) y presenta el coeficiente de correlación más alto ($r=0,98$). Además, el QI, como aúna la información de un conjunto de atributos destacados (11 en este caso), es una variable con un rango de variación amplio. Por consiguiente, la predicción del tiempo de

descongelación será más precisa y simple utilizando el esquema QIM, que utilizando un único atributo cuya valoración oscila entre 0 y un máximo de 3 (Sveinsdottir et al., 2003; Bekaert, 2006). Esto es debido, tal como afirma Nunes et al. (2007), a que en el sistema QIM no se hace énfasis en ningún aspecto en particular, por lo que la muestra no es rechazada en base a un único atributo. Además, pequeñas diferencias en la evaluación de un descriptor no tienen influencia relevante en la puntuación total.

El QI alcanza el último día de estudio una puntuación total de 22,29 puntos, es decir, tras permanecer el halibut negro entero 14 días descongelado a temperaturas de refrigeración no se consigue llegar al QI máximo (24 puntos) del esquema QIM desarrollado para esta especie. Lo mismo ocurrió en otras especies de peces planos ya estudiadas, como el halibut patagón (*Paralichthys patagonicus*) (Massa et al., 2005) y el halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) (Guillerm-Regost et al., 2006).

Al analizar los atributos de forma individual (Figura 3.35), se observa que el QI no alcanza la puntuación máxima dado que los descriptores *brillo de la piel*, *color* y *olor de las agallas* y *sangre en espina* no alcanzan su valor máximo, al igual que ocurre en el estudio que hacen Sveinsdottir et al. (2003) en el salmón de acuicultura entero y eviscerado, en el que los descriptores referentes al *brillo de la piel*, *color* y *olor de agallas* y *sangre en abdomen* se quedan por debajo de la puntuación máxima. En el caso particular del *brillo de la piel*, Cardenas et al. (2007) tampoco alcanzan la puntuación máxima cuando aplican el esquema QIM a filetes de bacalao con piel. Esto puede ser debido a que, al conservar las muestras cubiertas de hielo durante el almacenamiento, la piel permanece húmeda en todo momento mostrando así cierto brillo. En las gráficas se observa también, que el descriptor *sangre en espina* alcanza el valor máximo a día 8 de almacenamiento descongelado y después disminuye un poco, al igual que ocurre en la *sangre en el abdomen* del salmón de acuicultura estudiado por Sveinsdottir et al. (2002). En el presente estudio, esto puede ser debido a que, algunos ejemplares presentaban ausencia de sangre en espina, contemplado en el punto 0 de demérito, por lo que, al hacer la media de las puntuaciones de todos los catadores, ésta descendería.

La ecuación de la recta de regresión mínimo cuadrática, $Y=1,3602X+4,5853$, describe la relación lineal entre el promedio del índice de calidad y el tiempo de almacenamiento en refrigeración (Figura 3.36). El coeficiente de determinación, $R^2=0,9662$, permite concluir que el 96,62% de la variabilidad del QI se puede explicar mediante la relación lineal con el tiempo en refrigeración, por lo que el ajuste se considera satisfactorio.

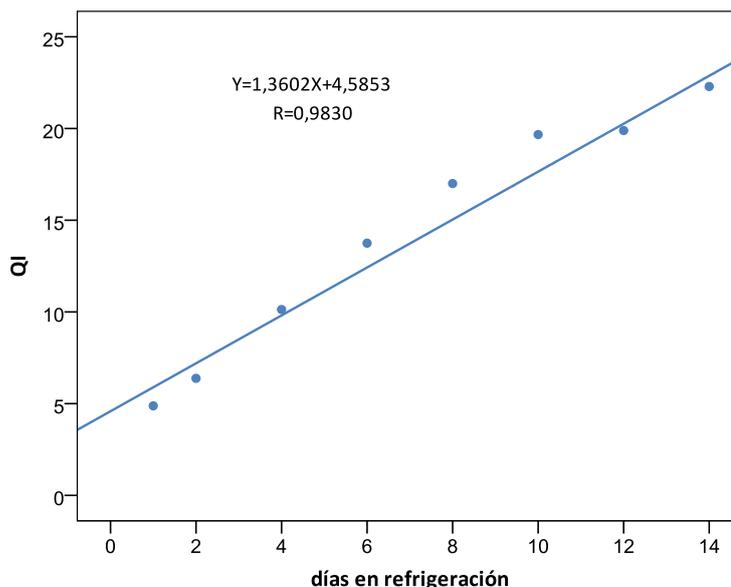


Figura 3.36. Valores medios del QI del halibut negro entero frente a los días en refrigeración y la correspondiente recta mínimo cuadrática con el coeficiente de correlación asociado

3.4.1.3 Vida útil

Para el halibut negro entero, mediante predicción inversa, basada en la recta mínimo cuadrática obtenida en la etapa de validación, $Y=1,3602X+4,5853$, se determina que la vida útil estimada es de 5 días, dado que para un $QI=11$, la predicción del tiempo descongelado es de $\hat{x}_0 = 4,72$ días.

Para evaluar la precisión de la predicción del tiempo de vida útil, resulta de interés el intervalo de predicción de un nivel de confianza aproximado del 95% para la vida útil $I=(x_m, x_M)$. Los valores $x_m = \hat{x}_0 - c$ y $x_M = \hat{x}_0 + c$ se obtienen por predicción inversa (Mullins 2003), a partir de los límites (y_m, y_M) del intervalo de predicción de Y en el valor \hat{x}_0 . El margen de error es de $c = t \cdot SE = 2,5$ días, siendo $t=2,447$ el percentil 97,5% de la distribución t de Student con 6 grados de libertad, y $SE(\hat{x}_0)=1,0236$ el error estándar de \hat{x}_0 . Estos resultados son similares a los obtenidos por otros autores mediante PLS-*Partial Least Squares* (Sveinsdottir et al., 2003; Cardenas et al., 2007). La validez de la técnica de predicción inversa basada en la recta mínimo cuadrática se justifica también por el pequeño valor obtenido para el error estándar de predicción inversa (Demidenko et al., 2013), $SEIP=0,45$ días.

A modo de ilustración de la calidad de las predicciones por el método de predicción inversa, en la Figura 3.37 se muestran las predicciones en cada periodo siguiendo el método de validación cruzada: en cada periodo de tiempo x_i se hace una predicción \hat{x}_{-i} prescindiendo del par (x_i, y_i) en el cálculo de la recta mínimo cuadrática.

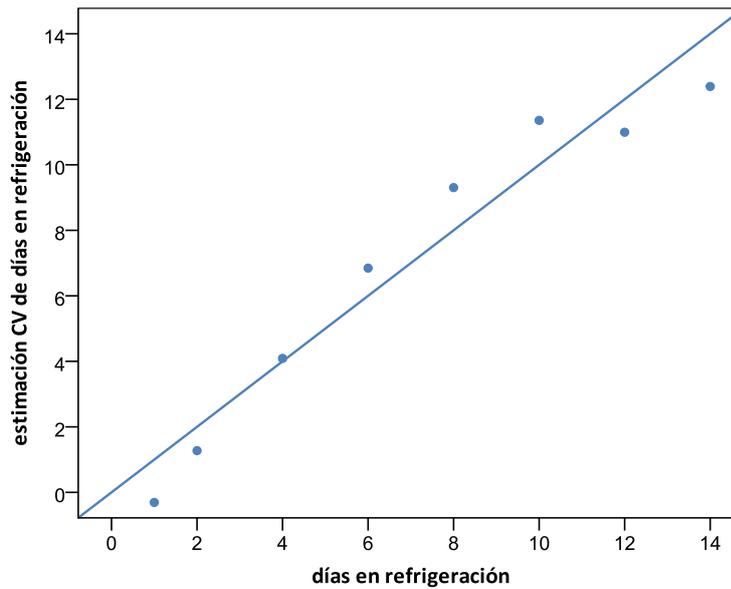


Figura 3.37. Estimación por el método de regresión inversa del número de días en refrigeración del halibut negro entero, utilizando la técnica de validación cruzada (CV). La línea de referencia es la bisetriz

Aunque en base a lo anterior, el modelo lineal resulta válido para las aplicaciones sensoriales, en la Figura 3.37, y en el análisis de los residuos (no incluido por brevedad) se aprecia la existencia de una ligera curvatura de la función de regresión del QI medio en función del tiempo en refrigeración (Figura 3.36). Un análisis de regresión más exhaustivo permite concluir que un modelo potencial $Y = aX^b$ (siendo Y el QI medio y X el número de días en descongelación) proporciona un mejor ajuste. Dicho modelo equivale a un modelo lineal, $\ln(Y) = a^* + b \cdot \ln(X)$, cuyo ajuste mínimo cuadrático es $\ln(Y) = 1,5337 + 0,6016 \ln(X)$. Tomando como valores iniciales de los coeficientes $a_0 = \exp(1,5337)$ y $b_0 = 0,6016$, el método de mínimos cuadrados no lineales proporciona un ajuste del modelo potencial $\hat{Y} = 4,6889X^{0,5972}$, para el cual $R = r_{\hat{Y}} = 0,9945$, lo que indica que el ajuste es casi perfecto, como se aprecia en la Figura 3.38.

El tiempo de vida útil estimado mediante predicción inversa basada en el modelo potencial es de $\hat{x}_0 = 4,17$ días. El ajuste del modelo potencial equivale a una recta que pasa por el origen en términos de $X^* = X^{0,5972}$, $Y = 4,6889X^*$ (Figura 3.39). Dicha recta puede utilizarse para obtener un intervalo de predicción de un nivel de confianza aproximado del 95% para el tiempo de vida útil.

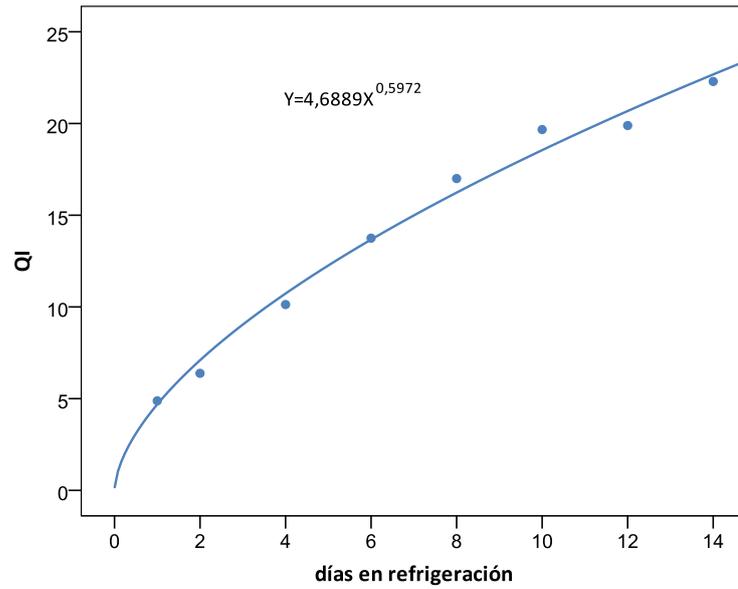


Figura 3.38. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales para el halibut negro entero

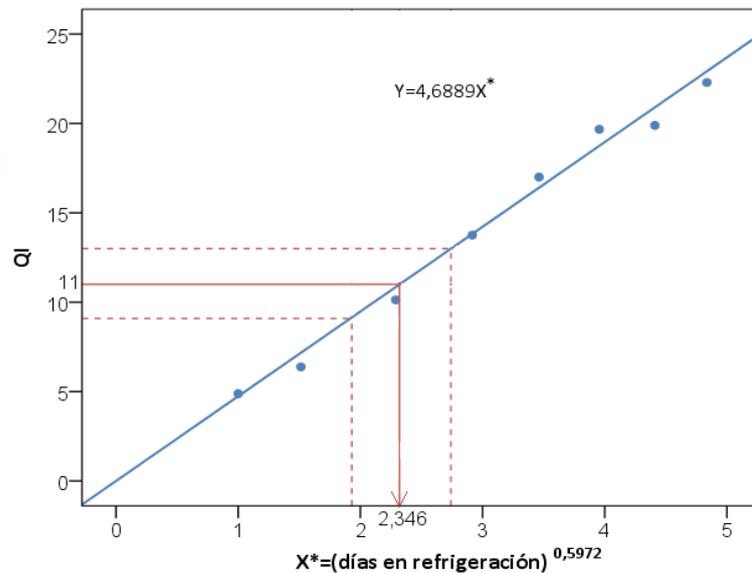


Figura 3.39. Ajuste mínimo cuadrático del modelo de regresión lineal por el origen, $Y=aX^*$, y procedimiento de cálculo del intervalo del 95% de confianza para el tiempo de vida útil del halibut negro entero en base al método de predicción inversa

En la Tabla 3.18 se recogen, a modo de comparación, el intervalo basado en el ajuste del modelo de regresión lineal original, $Y = a + bX$, y el correspondiente al ajuste de una recta por el origen $Y = aX^*$. Este último ajuste, equivalente al modelo potencial, permite evaluar con mayor precisión el rango de variación del tiempo de vida útil, $I=(3,01; 5,47)$ días. Este intervalo permite, además, dar por bueno el tiempo de vida útil ya establecido, de 5 días, que debe interpretarse como un máximo.

Tabla 3.18. Vida útil del halibut negro entero, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. $Y = QI$ medio, $X =$ el número de días descongelado, $X^* = X^{0,5972}$

Modelo de referencia	$Y = 1,3602X + 4,5853$		$Y = 4,6889X^*$
Estimación de la vida útil	4,72		4,17
Intervalo de confianza del 95% y método	(2,08;7,18) Inversión	$(4,72 \mp 2,5) \Leftrightarrow (2,21;7,22)$ Wald	(3,01;5,47) Inversión

3.4.2 Halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola

3.4.2.1 Desarrollo del esquema QIM por adaptación

Partiendo del esquema QIM desarrollado para halibut negro entero (Sección 3.4.1), se procede a realizar una adaptación del mismo que permita evaluar el pescado descabezado y eviscerado. Para ello, se eliminan los parámetros que se analizan en la cabeza y en las vísceras. Además, mediante consenso entre los catadores se decide evaluar el *olor interno* en el momento del corte, debido a que el olor es un importante indicador de frescura. También, Gutiérrez et al. (2015) proyectan un esquema QIM inicial para tilapia roja (*Oreochromis spp.*) entera, similar al esquema propuesto por Martinsdóttir et al. (2004) para la gallineta nórdica, que posteriormente adaptan al pescado eviscerado.

A continuación, se establecen las escalas para cada uno de los descriptores seleccionados. Se sigue el procedimiento descrito para halibut negro entero en la Sección 3.4.1.1. Para ello, se realizan sesiones de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998). En estas sesiones se presentan muestras de halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola descongelado con 1, 4, 8 y 14 días de almacenamiento refrigerado y una ficha de cata en la que se incluyen los descriptores, dejando espacios en blanco para que los catadores seleccionen la escala y realicen la descripción que se corresponda con cada uno de los puntos de dicha escala.

De este modo, se obtiene la ficha de cata definitiva compuesta por 6 descriptores observándose que el QI va desde 0 hasta 13 puntos, correspondiendo el valor 0 al pescado fresco y el 13 al de máxima degradación (Tabla 3.19).

Galería fotográfica

A lo largo del estudio se realizan las fotografías correspondientes a los días de almacenamiento en refrigeración del pescado descongelado para ilustrar el esquema QIM desarrollado. A modo de ejemplo se incluyen imágenes de los diferentes descriptores a día 1, 7 y 22 de almacenamiento refrigerado tras la descongelación, pudiendo observarse la evolución de los diferentes aspectos evaluados (Figura 3.40).

Tabla 3.19. Esquema QIM para el halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

HALIBUT NEGRO eviscerado, sin cabeza y sin cola <i>Reinhardtius hippoglossoides</i> Nombre: _____ Fecha: _____ Número de muestra: _____		
		
PARÁMETRO DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
Brillo de la piel (D ₁)	Muy brillante	0
	Brillante	1
	Mate	2
Firmeza (presión suave) (D ₂)	Muy firme, elástico (La marca de los dedos desaparece rápidamente)	0
	Firme (El dedo deja marca más de 3 segundos)	1
	Blando (no se recupera)	2
Olor interno (D ₃)	Mar, algas	0
	Neutro	1
	Rancio, ácido, agrio	2
	Putrefacto	3
Sangre en espina (D ₄)	Rojo vivo, rosado, ausencia	0
	Rojo marrón	1
	Marrón	2
Color del músculo (D ₅)	Marfil, translúcido	0
	Ligeramente amarillento, opaco	1
	Amarillo verdoso, opaco	2
Peritoneo (arrancar con los dedos) (D ₆)	Muy adherido	0
	Fácilmente separable	1
	Desintegrado	2
Índice de calidad (QI)		0-13

Tiempo de almacenamiento refrigerado tras la descongelación

	1 día	7 días	22 días
Brillo de la Piel	Muy brillante	Brillante	Mate
Firmeza	Muy firme, elástico	Firme	Blando
Sangre en espina	Rojo vivo, rosado, ausencia	Rojo marrón	Marrón
Color del músculo	Marfil, translúcido	Ligeramente amarillento, opaco	Amarillo verdoso, opaco
Peritoneo	Muy adherido	Fácilmente separable	Desintegrado

Figura 3.40. Galería fotográfica del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

3.4.2.2 Validación

Para examinar, utilizando la ficha de cata desarrollada, la relación entre el QI y los días de almacenamiento, se realizan 4 nuevas sesiones de cata (véase calendario en Figura 3.30(b)). En cada una de ellas, los catadores evalúan 1, 3 o 4 muestras de halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola almacenado en hielo a temperaturas de refrigeración y que lleva descongelado 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 y 22 días. Con los resultados obtenidos se calcula el Índice de Calidad (QI) medio de cada día de almacenamiento.

Tabla 3.20. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración

Días en refrigeración	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	QI
1	0,75 (0,25)	0,88 (0,13)	1,00 (0,33)	0,13 (0,13)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	2,75 (0,59)
2	0,25 (0,16)	0,63 (0,26)	0,63 (0,18)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	1,50 (0,33)
4	1,00 (0,27)	1,00 (0,33)	0,88 (0,23)	0,38 (0,18)	0,38 (0,18)	0,50 (0,27)	4,13 (1,08)
6	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	0,78 (0,15)	0,78 (0,22)	0,78 (0,28)	0,56 (0,18)	4,89 (0,56)
8	1,00 (0,00)	1,44 (0,18)	2,00 (0,00)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	7,44 (0,18)
10	1,00 (0,00)	1,56 (0,18)	2,00 (0,00)	1,56 (0,18)	1,22 (0,15)	1,22 (0,15)	8,56 (0,53)
12	1,00 (0,00)	1,57 (0,20)	1,57 (0,20)	1,86 (0,14)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	8,00 (0,49)
14	1,00 (0,00)	1,14 (0,14)	1,57 (0,20)	1,57 (0,20)	1,43 (0,20)	1,29 (0,18)	8,00 (0,44)
16	1,29 (0,18)	1,43 (0,20)	2,00 (0,31)	1,71 (0,18)	1,57 (0,20)	1,57 (0,20)	9,57 (1,00)
18	1,29 (0,18)	1,57 (0,20)	2,00 (0,38)	1,86 (0,14)	1,29 (0,18)	1,71 (0,18)	9,71 (0,78)
20	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,71 (0,18)	1,71 (0,18)	2,00 (0,00)	1,29 (0,18)	10,71 (0,29)
22	1,29 (0,18)	2,00 (0,00)	3,00 (0,00)	1,57 (0,20)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	11,86 (0,34)
Coefficiente de correlación	0,72	0,88	0,89	0,88	0,96	0,94	0,96

D₁: Brillo de la piel, D₂: Firmeza, D₃: Olor interno, D₄: Sangre en espina, D₅: Color del músculo, D₆: Peritoneo.

En la Tabla 3.20 se presentan las puntuaciones medias de todas las características organolépticas evaluadas. Gráficamente, se puede apreciar en la Figura 3.41 que todos muestran una tendencia a presentar los valores más elevados con el tiempo de almacenamiento en las condiciones de refrigeración establecidas. Durante el periodo de almacenamiento se detectan cambios graduales y apreciables para todos los parámetros evaluados, alcanzando el último día de estudio una puntuación total de 11,86 puntos, es decir, tras permanecer el halibut negro eviscerado 22 días descongelado a temperaturas de refrigeración no se consigue llegar al QI máximo (13 puntos) del esquema QIM desarrollado para esta especie. Al analizar los atributos de forma individual, se observa que los descriptores *brillo de la piel* y *sangre en espina* no alcanzan su valor máximo, tal como ocurría con el halibut negro entero (Sección 3.4.1).

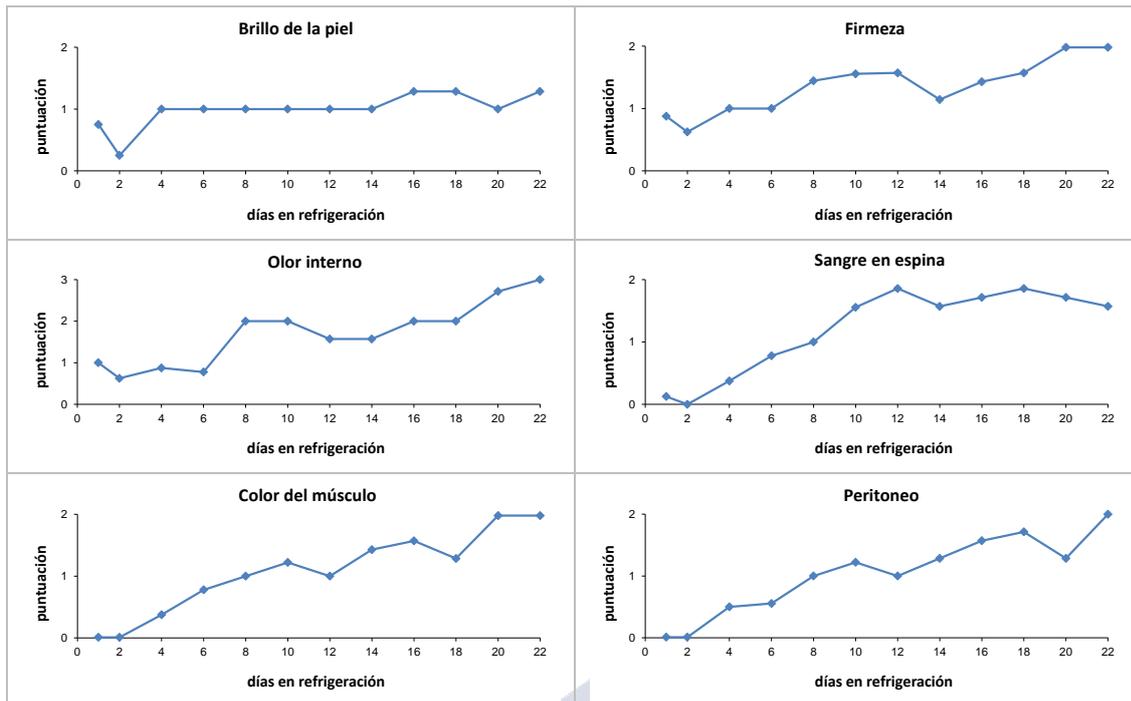


Figura 3.41. Puntuaciones medias de los descriptores del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola evaluados con el esquema QIM

El coeficiente de correlación entre la puntuación media individual de cada descriptor y el tiempo de almacenamiento (Tabla 3.20) es alto, salvo para el *brillo de la piel* (D_1), dado que en este caso el incremento de las valoraciones con el tiempo es pequeño. No obstante, para el QI, la relación con el tiempo es aproximadamente lineal (Figura 3.42) y el coeficiente de correlación es el más alto ($r=0,96$). Así pues, nuevamente para esta presentación del halibut (eviscerado, sin cabeza y sin cola), se consigue una variable QI que aúna la información de un conjunto de atributos relevantes suficiente (6), con un rango de variación amplio. Con lo que, la predicción del tiempo de descongelación será más precisa y simple utilizando el esquema QIM que utilizando un único atributo (Sveinsdottir et al., 2003).

Se calcula la ecuación de la recta de regresión mínimo cuadrática, $Y=0,4397X+2,3866$, que describe la relación lineal entre el promedio del índice de calidad para cada día de almacenamiento y el tiempo de almacenamiento en refrigeración (Figura 3.42). El coeficiente de determinación, $R^2=0,9166$, permite considerar que un 91,66% de la variabilidad del QI se puede atribuir a su relación lineal con el tiempo en refrigeración, lo que se considera satisfactorio.

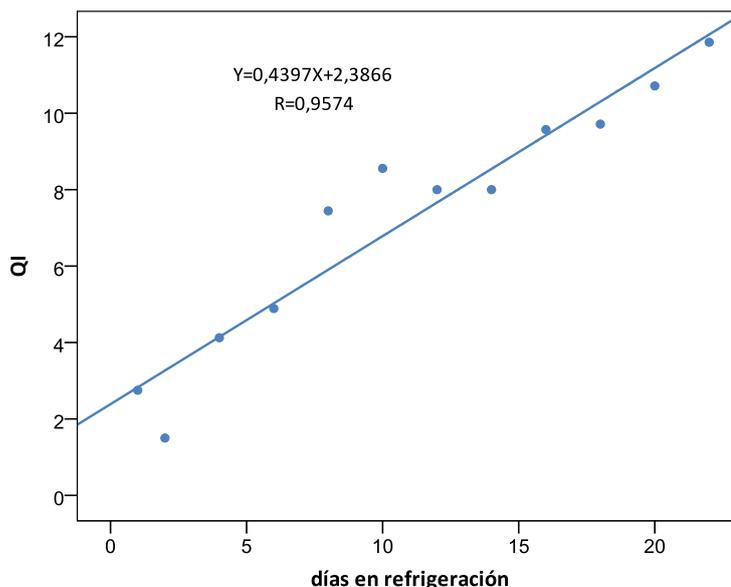


Figura 3.42. Valores medios del QI del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola frente a los días en refrigeración y la correspondiente recta mínimo cuadrática con el coeficiente de correlación asociado

3.4.2.3 Vida útil

En la etapa de validación para este producto se obtuvo que la recta mínimo cuadrática que describe la relación lineal entre el QI (Y) y el tiempo de almacenamiento en refrigeración (X) es, $Y=0,4397X+2,3866$. Mediante predicción inversa se determina que la vida útil estimada es de 8 días, dado que para un $QI=6$, la predicción del tiempo descongelado es de $\hat{x}_0=8,22$ días.

La precisión de la predicción del tiempo de vida útil puede evaluarse mediante el margen de error para un nivel de confianza aproximado del 95%, $c= t \cdot SE = 5,23$ días (el percentil 97,5% de la distribución t de Student con 10 grados de libertad es $t=2,228$ y el error estándar de \hat{x}_0 es $SE(\hat{x}_0)=2,3459$). El intervalo de predicción de un nivel de confianza aproximado del 95% para la vida útil (método de Wald) es entonces $I = (x_m, x_M) = (2,99; 13,45)$, dado que es de la forma $I = (\hat{x}_0 \pm c)$.

La precisión de la técnica de predicción inversa basada en la recta mínimo cuadrática puede valorarse globalmente mediante el error estándar de predicción inversa (Demidenko et al., 2013), que para esta especie-presentación toma el valor de $SEIP = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i)^2 / (n - 2)} = 2,51$ días.

Tanto el margen de error (al nivel de confianza del 95%) del tiempo de vida útil, como el $SEIP$ del método de predicción inversa son considerablemente mayores a los obtenidos para el halibut negro entero.

Examinando de nuevo la relación entre el QI y el tiempo en refrigeración, se observa que el ajuste mínimo cuadrático de un modelo polinómico de grado dos, $1,3774+0,7209X-0,0125X^2$ (Figura 3.43), proporciona un ajuste mejor que el modelo lineal, tal como ocurre en el caso del hálbitat atlántico (*Hippoglossus hippoglossus*) (Guillerm-Regost et al., 2006). Esto puede corroborarse comparando los errores cuadráticos medios correspondientes al ajuste lineal, $s^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / (n - 2) = 0,969$, y al ajuste de un polinomio de grado dos,

$s^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / (n-3) = 0,755$. De hecho, si se parte de un modelo polinómico de grado tres, el proceso de selección de variables “hacia atrás” finaliza al considerar el ajuste del polinomio de grado dos, el cual no supone una pérdida significativa en el grado de ajuste con respecto al de grado tres. El ajuste mínimo cuadrático del polinomio de grado dos, $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$ ($\Leftrightarrow Y = \bar{y} + b_1(X - \bar{x}) + b_2(X^2 - \bar{x}^2)$) permite obtener el siguiente intervalo de predicción de un nivel de confianza aproximado del 95% para la vida útil: $I = (3,63; 11,85)$. La vida útil estimada en base al modelo polinómico de grado dos es de 7 días ($\hat{x}_0 = 7,35$).

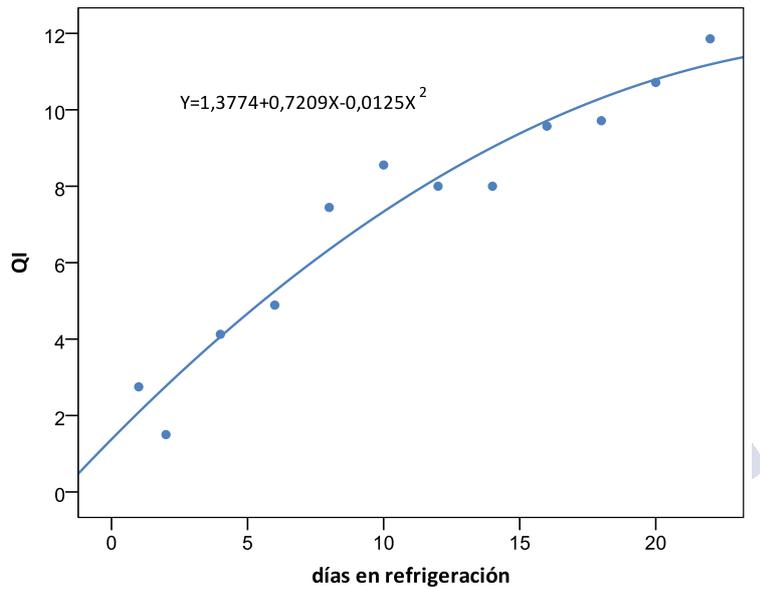


Figura 3.43. Polinomio de grado dos ajustado por el método de mínimos cuadrados para el halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola

Al igual que en el caso de un ajuste lineal, se obtiene mediante predicción inversa, a partir de los límites $I_Y = (y_m, y_M)$ del intervalo de predicción de Y en el valor \hat{x}_0 (Lavagnini y Magno, 2007), $I_Y = (\hat{y}_0 \pm c)$ en donde,

$$\hat{y}_0 = \bar{y} + b_1(\hat{x}_0 - \bar{x}) + b_2(\hat{x}_0^2 - \bar{x}^2),$$

$$c = t_{g, \alpha/2} \cdot s^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{n} + (\hat{x}_0 - \bar{x})^2 \frac{ss_{TT}}{\Delta} + (\hat{x}_0^2 - \bar{x}^2)^2 \frac{ss_{XX}}{\Delta} - 2 \cdot (\hat{x}_0 - \bar{x}) \cdot (\hat{x}_0^2 - \bar{x}^2) \frac{ss_{XT}}{\Delta} \right)^{1/2},$$

con $g = n - 3$, $s^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / (n - 3)$, $ss_{XT} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(t_i - \bar{t})$ siendo $T = X^2$, $ss_{XX} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ y $ss_{TT} = \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2$ y $\Delta = ss_{XX}ss_{TT} - ss_{TX}^2$. Las estimaciones por regresión inversa se llevan a cabo a partir de las relaciones equivalentes,

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 \Leftrightarrow x = (-b_1 + \sqrt{b_1^2 - 4b_2(b_0 - y)}) / (2b_2).$$

Su aplicación al intervalo $I_Y = (y_m, y_M)$ correspondiente a $\hat{x}_0 = 7,35$ conducen al intervalo de confianza de un nivel de confianza aproximado del 95% para la vida útil ya indicados. En la Tabla 3.21 se recoge el correspondiente intervalo obtenido por el método de inversión (Sección 3.3.3.3), que resulta prácticamente coincidente con el anterior.

Un análisis de regresión más exhaustivo permite concluir que un modelo potencial $Y = aX^b$ (siendo $Y = \text{''QI''}$ y $X = \text{''el número de días en descongelación''}$) proporciona un mejor ajuste que mejora ligeramente al cuadrático ya que $s^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / (n-2) = 0,6734$. Dicho modelo equivale a un modelo lineal, $\ln(Y) = a^* + b \cdot \ln(X)$, cuyo ajuste mínimo cuadrático es $\ln(Y) = 0,59746 + 0,5946 \ln(X)$. Tomando como valores iniciales de los coeficientes $a_0 = e^{0,59746} = 1,8175$ y $b_0 = 0,5946$, el método de mínimos cuadrados no lineales proporciona un ajuste del modelo potencial $\hat{Y} = 1,9199X^{0,5785}$ (Figura 3.44), para el cual $R = r_{Y\hat{Y}} = 0,9706$, claramente superior al del ajuste lineal ($R = r_{XY} = 0,9574$). Aunque el ajuste cuadrático tiene un coeficiente de correlación asociado de $R = r_{Y\hat{Y}} = 0,9703$, casi igual al del modelo potencial, la comparación de ambos modelos debe hacerse en términos del error cuadrático medio por tener un número de coeficientes diferentes. Así pues, el modelo potencial es el mejor ajuste de los considerados. El tiempo de vida útil estimado mediante predicción inversa basada en el modelo potencial es de $\hat{x}_0 = 7,17$ días.

La vida útil estimada para halibut negro eviscerado es mayor que en el caso del halibut negro entero. Estos resultados son similares a los reportados por Gutiérrez et al. (2015), quienes, aplicando el esquema QIM, determinan una vida útil para la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) entera sin eviscerar de entre 6-9 días y de 8-11 días para el mismo pescado eviscerado. Diler y Genç (2018) también obtienen una diferencia de 2 días en el tiempo de vida útil determinado, utilizando el esquema QIM, para la trucha arcoiris (*Onchorynchus mykiss*) entera sin eviscerar (12 días) y eviscerada (14 días). Mientras que, Erikson et al. (2018) obtienen una diferencia más acusada para la misma especie, *Onchorynchus mykiss*, entera sin eviscerar y eviscerada cuando aplican el esquema QIM. Concluyen que la vida útil para la trucha arcoiris sin eviscerar es de 2 semanas frente a las 3 semanas determinadas para el pescado eviscerado. Por otra parte, Erkan y Özden (2008), que también utilizan el esquema QIM, determinan para la sardina (*Sardina pilchardus*) entera sin eviscerar y eviscerada una vida útil de 7 días, con una puntuación de demérito de 20,10 y 20,23 puntos respectivamente, no encontrando diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ambas presentaciones durante los 9 días que dura el almacenamiento en refrigeración con hielo. También, Rong et al. (2009) obtienen que, en base al análisis microbiológico, químico y sensorial (diferente al QIM), la vida útil de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) almacenada a temperaturas de 5 ± 1 °C es de 12 días para el pescado entero y 10 días para que el pescado eviscerado y atribuyen esta diferencia al proceso de eviscerado, que acusan de ser la causa de la contaminación cruzada del pescado por mesas de procesamiento, cuchillos, etc. Según Abaroa et al. (2008), los responsables del deterioro del pescado son, fundamentalmente, las enzimas y los microorganismos presentes de forma natural en la piel y en el sistema digestivo de los peces. Para evitar la contaminación de la carne y así reducir el ataque microbiano, el Reglamento (CE) 853/2004 indica que el eviscerado debe realizarse de manera higiénica y lo antes posible tras la captura o el desembarque de los productos.

El intervalo de confianza para el tiempo de vida útil basado en la recta mínimo cuadrática por el origen $Y = aX^*$ (equivalente al ajuste potencial) es $I = (3,6; 11,6)$, que está en la línea del obtenido con el modelo polinómico de grado dos (Tabla 3.21).

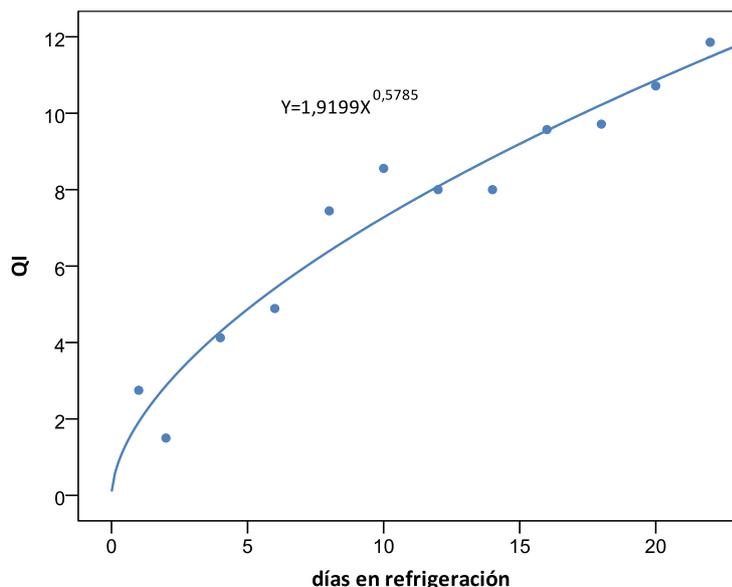


Figura 3.44. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales para el halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola

Tabla 3.21. Vida útil del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. $Y= QI$ medio, $X=$ el número de días descongelado, $X^*=X^{0,5785}$

Modelo de referencia	$Y=0,4397X+2,3866$		$Y=1,9199X^*$	$Y=1,3774+0,7209X-0,0125X^2$
Estimación vida útil	8,22		7,17	7,35
Intervalo de confianza del 95% y método	(2,7;13,4) Inversión	$(8,22 \mp 5,23) \Leftrightarrow (3;13,4)$ Wald	(3,6;11,6) Inversión	(3,63;11,85) Inversión

3.4.3 Platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola

3.4.3.1 Desarrollo del esquema QIM por adaptación

Para la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola se realiza una adaptación del esquema QIM empleado para el halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola (Sección 3.4.2). Dicha adaptación, se decide realizar en una sesión de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998) mediante consenso entre los catadores, dado que son especies muy similares en apariencia comercial. En la literatura científica también se encuentran ejemplos de desarrollo del esquema QIM por adaptación entre especies distintas. Así, en pescado fresco, Erkan y Özden (2008) hacen una adaptación para sardina (*Sardina pilchardus*) basándose en el esquema QIM desarrollado para arenque por Özogull et al. (2000), Özyurt et al. (2009) desarrollan un esquema QIM para salmonete de fango (*Mullus barbatus*) y salmonete oriental (*Upeneus moluccensis*) basándose en el esquema desarrollado para arenque por Nielsen y Hyldig (2004) y, más recientemente, Mu et al. (2017) modifican el esquema QIM desarrollado por Cardenas et al. (2007) para filetes de bacalao con piel para adaptarlo a filetes de carbonero (*Pollachius virens*) sin piel. En pescado congelado, únicamente se ha encontrado el trabajo de Herrero et al. (2003) que desarrollan el esquema QIM para merluza (*Merluccius capensis*) congelada basándose en los esquemas desarrollados por Warm et al. (1998) para bacalao congelado.

Los descriptores incluidos en la ficha son, por tanto, los mismos que los incluidos en la ficha de cata del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola. Además, mediante consenso entre los catadores se decide eliminar el descriptor *sangre en espina* porque en los ejemplares examinados se comprobó que era escasa y llevaba a confusión.

A continuación, se establecen las escalas para cada uno de los descriptores seleccionados. Se sigue el procedimiento descrito para halibut negro entero en la Sección 3.4.1.1. Para ello, se realizan sesiones de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998). En estas sesiones se presentan muestras de platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola, descongelada con 1, 4, 8 y 14 días de almacenamiento refrigerado y una ficha de cata en la que se incluyen los descriptores, dejando espacios en blanco para que los catadores seleccionen la escala y realicen la descripción que se corresponda con cada uno de los puntos de la misma.

De este modo, se obtiene la ficha de cata definitiva compuesta por 5 descriptores, observándose que el QI va desde 0 a 13 puntos, correspondiendo el valor 0 al pescado fresco y 13 a la máxima degradación (Tabla 3.22).

Galería fotográfica

A lo largo del estudio se realizan las fotografías correspondientes a los días de almacenamiento en refrigeración del pescado descongelado para ilustrar la guía QIM. A modo de ejemplo, se incluyen imágenes de los diferentes descriptores a día 1, 6, 14 y 20 de almacenamiento refrigerado tras la descongelación, pudiendo observarse la evolución de los diferentes aspectos evaluados (Figura 3.45).

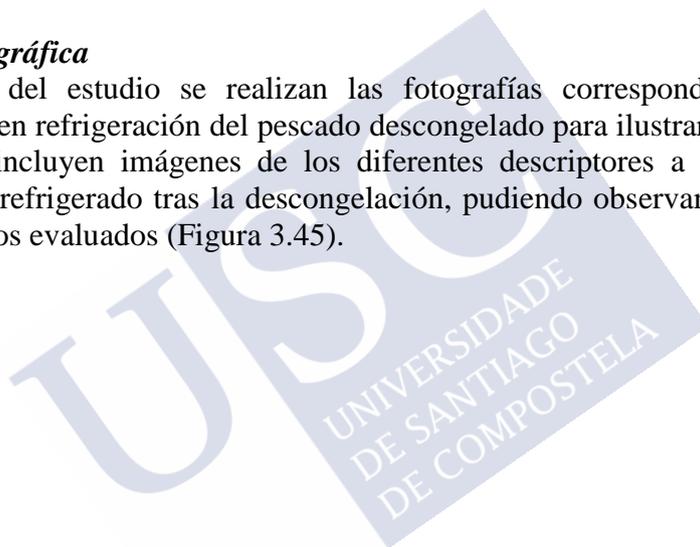


Tabla 3.22. Esquema QIM para la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración

PLATIJA AMERICANA eviscerada, sin cabeza y sin cola <i>Hippoglossoides platessoides</i> Nombre: _____ Fecha: _____ Número de muestra _____		
PARÁMETRO DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
Brillo piel (mirar ambas caras) (D ₁)	Muy brillante	0
	Brillante	1
	Mate (dorsal y ventral), ligeramente verdoso (ventral)	2
	Mate (dorsal y ventral), verdoso azulado (ventral)	3
Firmeza (presión suave) (D ₂)	Muy firme, elástico (La marca de los dedos desaparece rápidamente)	0
	Firme (El dedo deja marca más de 3 segundos)	1
	Blando (no se recupera)	2
Olor interno (en el momento del corte) (D ₃)	Mar, algas	0
	Neutro, ligero olor a pescado	1
	A pescado, rancio, ácido, agrio	2
	Putrefacto, fétido	3
Color del músculo (D ₄)	Translúcido, azulado	0
	Céreo, azulado-ligeramente amarillo	1
	Apagado, ligeramente decolorado, amarillento	2
	Opaco, decolorado, amarillo marrón	3
Peritoneo (arrancar con los dedos) (D ₅)	Muy adherido	0
	Fácilmente separable	1
	Desintegrado	2
Índice de calidad (QI)		0-13

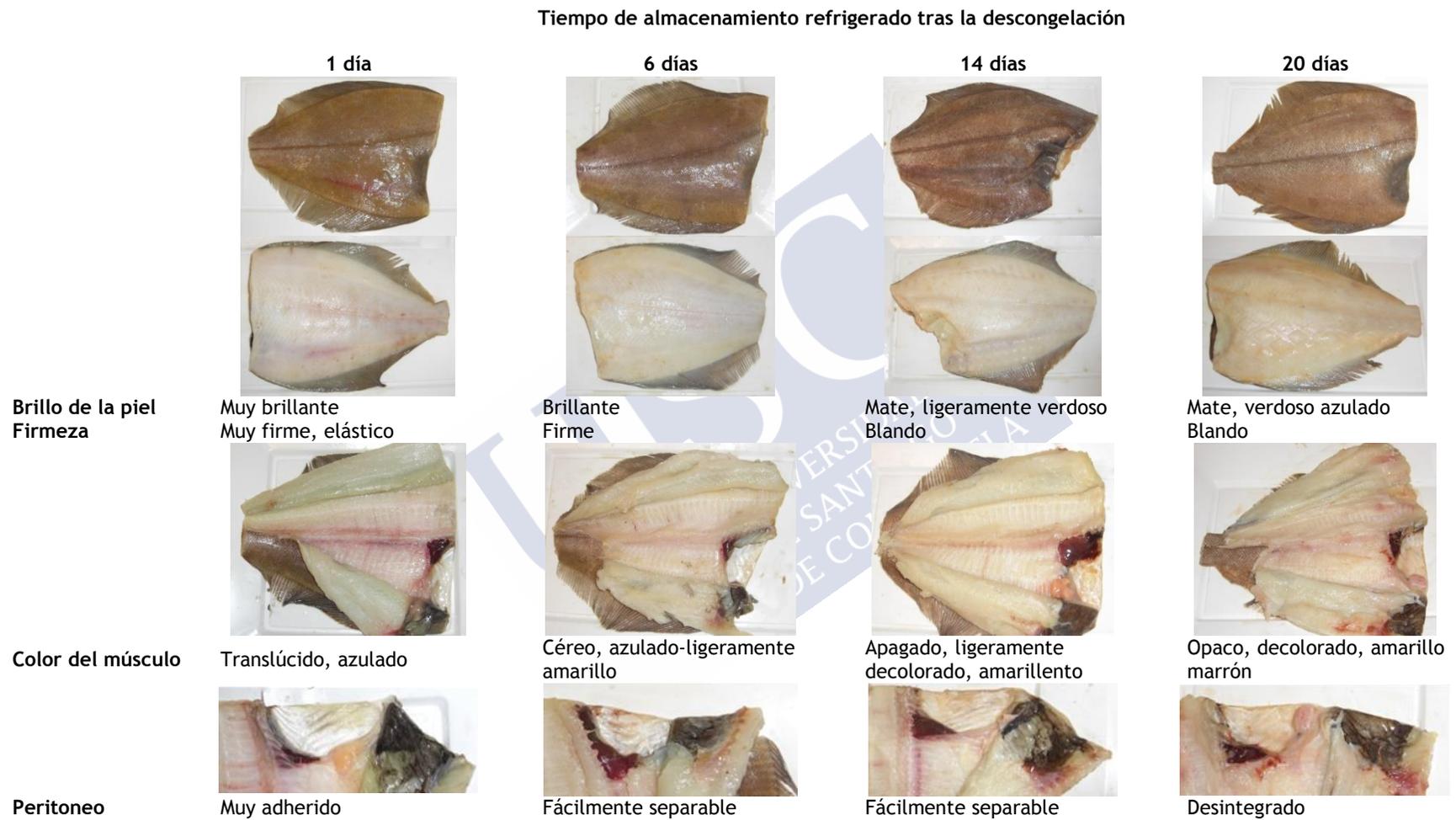


Figura 3.45. Galería fotográfica de la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración

3.4.3.2 Validación

Para examinar la relación entre el QI utilizando la ficha de cata desarrollada y los días de almacenamiento se realizan 3 nuevas sesiones de cata. En cada una de ellas, los catadores evalúan 3 o 4 muestras de platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola almacenada en hielo a temperaturas de refrigeración y que lleva descongelada 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 días. Con los resultados obtenidos se calcula el Índice de Calidad (QI) medio para cada día de almacenamiento.

Tabla 3.23. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración

Días en refrigeración	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	QI
1	0,50 (0,22)	0,33 (0,21)	0,67 (0,21)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	1,50 (0,56)
2	0,67 (0,21)	1,17 (0,17)	0,67 (0,21)	0,00 (0,00)	0,67 (0,21)	3,17 (0,70)
4	1,33 (0,21)	1,00 (0,37)	1,00 (0,26)	0,83 (0,31)	0,67 (0,21)	4,83 (1,08)
6	1,29 (0,18)	1,29 (0,18)	1,14 (0,14)	1,57 (0,20)	0,71 (0,18)	6,00 (0,49)
8	1,00 (0,00)	1,71 (0,18)	1,29 (0,18)	1,29 (0,18)	1,00 (0,00)	6,29 (0,18)
10	1,29 (0,18)	1,29 (0,18)	2,00 (0,22)	1,71 (0,18)	1,00 (0,00)	7,29 (0,61)
12	0,86 (0,26)	1,57 (0,20)	1,71 (0,18)	2,00 (0,31)	1,57 (0,20)	7,71 (0,71)
14	1,33 (0,21)	1,67 (0,21)	2,00 (0,00)	2,33 (0,21)	1,33 (0,21)	8,67 (0,56)
16	1,00 (0,37)	1,67 (0,21)	2,33 (0,21)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	9,00 (0,37)
18	1,33 (0,21)	1,67 (0,21)	3,00 (0,00)	2,67 (0,21)	2,00 (0,00)	10,67 (0,42)
20	2,67 (0,21)	2,00 (0,00)	3,00 (0,00)	2,50 (0,22)	1,67 (0,21)	11,83 (0,31)
Coeficiente de correlación	0,66	0,84	0,98	0,94	0,93	0,98

D₁: Brillo de la piel, D₂: Firmeza, D₃: Olor interno, D₄: Color del músculo, D₅: Peritoneo.

En la Tabla 3.23 se presentan las puntuaciones medias de todos los parámetros seleccionados. Gráficamente se puede apreciar en la Figura 3.46 que todos presentan una tendencia a incrementarse con el tiempo de almacenamiento en las condiciones de refrigeración establecidas. Durante el periodo de almacenamiento se detectan cambios graduales y apreciables para todos los parámetros evaluados, alcanzando el último día de estudio una puntuación total de 11,83 puntos, es decir, tras permanecer la platija americana eviscerada 20 días descongelada a temperaturas de refrigeración no se consigue llegar al QI máximo (13 puntos) del esquema QIM desarrollado para esta especie. Al analizar los atributos de forma individual, se observa (Figura 3.46) que esto es debido a que los descriptores *brillo de la piel*, *color del músculo* y *peritoneo* no alcanzan su valor máximo.

3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado

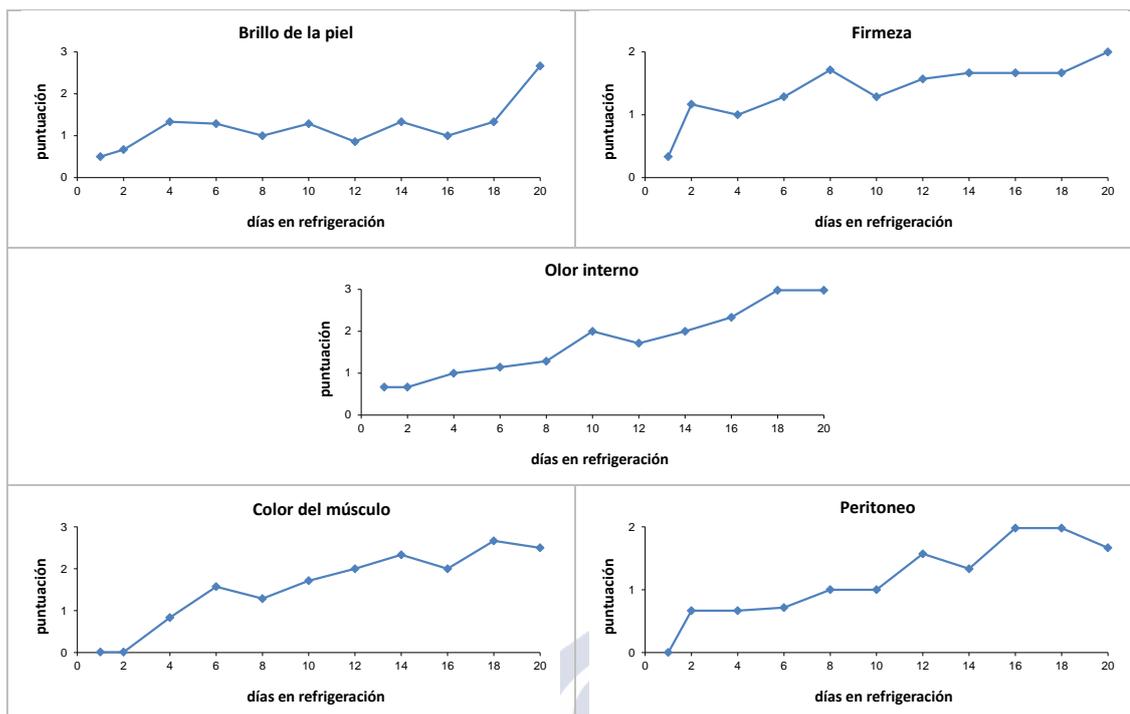


Figura 3.46. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM

El análisis de los coeficientes de correlación muestra que el QI presenta el coeficiente de correlación más alto ($r=0,98$) con el número de días en refrigeración, y además la relación entre ambas variables es aproximadamente lineal (Figura 3.47). Por tanto, para esta especie y presentación, la predicción del tiempo en refrigeración será más precisa y simple utilizando el QI, con un rango de variación amplio, al estar basado en el esquema QIM que aglutina un número suficiente de atributos, que utilizando un único atributo (Sveinsdottir et al., 2003).

Se calcula la ecuación de la recta de regresión mínimo cuadrática, $Y=0,4666X+2,2873$, que describe la relación lineal entre el índice de calidad y el tiempo de almacenamiento en refrigeración (Figura 3.47). El coeficiente de determinación, $R^2=0,961$, permite considerar que mediante la recta obtenida se puede explicar un 96,1% de la variabilidad del QI, lo que se considera satisfactorio.

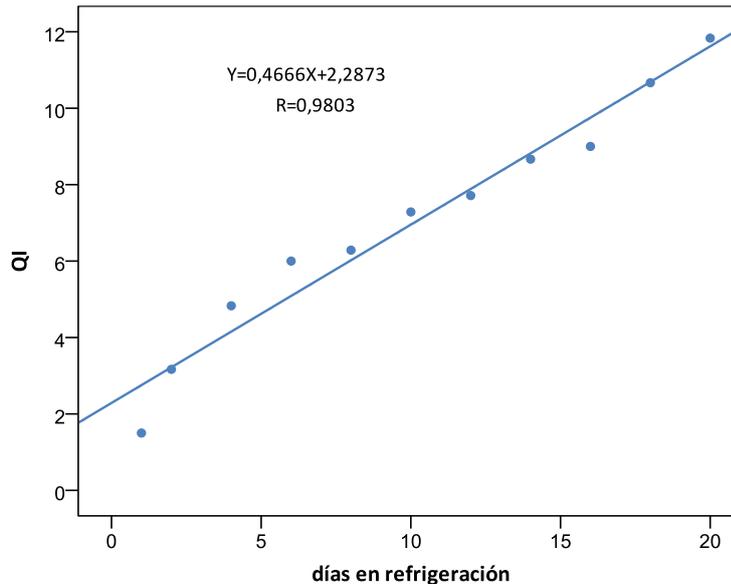


Figura 3.47. Recta de regresión del QI medio de la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado

3.4.3.3 Vida útil

Para este producto, en la etapa de validación, se obtuvo que la recta mínimo cuadrática que describe la relación lineal entre el QI (Y) y el tiempo de almacenamiento en refrigeración (X) es, $Y=0,4666X+2,2873$, con un coeficiente de correlación $R=0,9803$. Mediante predicción inversa se determina que la vida útil estimada es de 6 días, dado que para un $QI=5$, la predicción del tiempo descongelado es de $\hat{x}_0=5,81$ días.

La precisión de la predicción del tiempo de vida útil puede evaluarse mediante el margen de error para un nivel de confianza aproximado del 95%, $c = t \cdot SE = 3,32$ días (el percentil 97,5% de la distribución t de Student con 9 grados de libertad es $t=2,262$ y el error estándar de \hat{x}_0 es $SE(\hat{x}_0)=1,4663$). El intervalo de predicción (método de Wald) de un nivel de confianza aproximado del 95% para la vida útil es entonces $I = (x_m, x_M) = (2,50; 9,13)$, dado que es de la forma $I = (\hat{x}_0 \pm c)$. Como medida global de la validez de la técnica de predicción inversa basada en la recta mínimo cuadrática se puede considerar el error estándar de predicción inversa, $SEIP=0,9477$, que toma un valor pequeño.

Aun siendo satisfactorios los resultados anteriores, se realiza un análisis de regresión más exhaustivo, en aras de mejorar la precisión de la estimación de la vida útil, concluyéndose que un modelo potencial $Y = aX^b$ (siendo Y el QI medio y X el número de días en descongelación) proporciona un ajuste mejor que la recta mínimo cuadrática. El modelo potencial equivale a un modelo lineal, $\ln(Y) = a^* + b \cdot \ln(X)$, cuyo ajuste mínimo cuadrático es $\ln(Y)=0,591+0,6120\ln(X)$. Tomando como valores iniciales de los coeficientes $a_0=e^{0,591}=1,8058$ y $b_0=0,6120$, el método de mínimos cuadrados no lineales proporciona un ajuste del modelo potencial $\hat{Y}=1,9324X^{0,5825}$ (Figura 3.48), para el cual $R = r_{\hat{Y}}=0,9876$, lo que indica que el ajuste mejora al lineal.

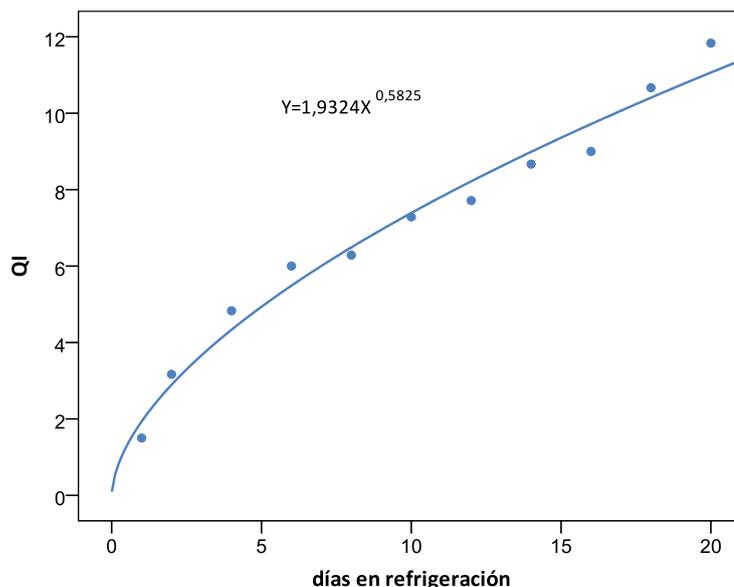


Figura 3.48. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales para la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola

El tiempo de vida útil estimado mediante predicción inversa basada en el modelo potencial es de 5 días (para un $QI=5$, $\hat{x}_0=5,11$). El ajuste del modelo potencial equivale a una recta por el origen en términos de $X^*=X^{0,5825}$, $Y=1,9324X^*$. Dicha recta puede utilizarse para obtener un intervalo de confianza aproximado del 95% para el tiempo de vida útil (Tabla 3.24).

Tabla 3.24. Vida útil de la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. $Y= QI$ medio, $X=$ el número de días descongelado, $X^*=X^{0,5825}$

Modelo de referencia	$Y=0,4666X+2,2873$		$Y=1,9324X^*$
Estimación de la vida útil	5,81		5,11
Intervalo de confianza del 95% y método	(2,36;9,07) Inversión	$(5,81 \mp 3,32) \Leftrightarrow (2,50;9,13)$ Wald	(3,08;7,41) Inversión

El intervalo de confianza para el tiempo de vida útil basado en la recta mínimo cuadrática por el origen $Y = aX^*$ (equivalente al ajuste potencial) es $I=(3,08;7,41)$, se considera satisfactorio y permite concluir que la vida útil es de 7 días como máximo. Cabe comentar que tanto un modelo polinómico de grado dos, como un modelo polinómico de grado tres también proporcionan ajustes que mejoran al lineal, pero a la vista de que los resultados basados en el modelo potencial (de ecuación más simple) son satisfactorios, no se presentan ya los resultados para los modelos polinómicos.

La platija americana junto con el halibut negro eviscerado, son dos de las especies y presentaciones de este estudio para las que el tiempo de vida útil estimado es mayor. Huss (1998) indica que la piel gruesa y los compuestos antibacterianos encontrados en el mucus de los peces planos pueden contribuir a su duración, debido a que este mucus contiene enzimas bacteriológicas, anticuerpos y otras sustancias antibacterianas, y en general, el lento deterioro

de algunas especies de pescado ha sido atribuido al lento crecimiento microbiano. Ndraha (2017), en su trabajo de revisión sobre la evaluación de la calidad del pescado, llegó a la conclusión de que la actividad microbiológica afecta de manera importante a la calidad del mismo.

3.4.4 Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel

El trabajo desarrollado en esta sección y los resultados obtenidos han sido publicados en el artículo: López-García et al. (2021) (*VER APÉNDICE*).

3.4.4.1 Desarrollo del esquema QIM

En el desarrollo del esquema QIM para el granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, se sigue el procedimiento descrito para halibut negro entero en la Sección 3.4.1.1.

Selección de descriptores para el esquema QIM

En una primera fase, en cabinas individuales, se lleva a cabo la generación de descriptores provisionales por parte del panel de catadores entrenado, con el objeto de seleccionar aquellos términos que proporcionen más información sobre los atributos sensoriales del granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel. Para ello, en una sesión de cata, se les presentan a los jueces muestras almacenadas con hielo a temperaturas de refrigeración que llevan descongeladas 1, 4, 8 y 12 días. Junto con las muestras se les entrega, un folio en blanco y bolígrafo para que anoten todos los atributos que consideren que varían con el tiempo.

Uniendo todos los términos generados por cada uno de los jueces, se consigue generar una lista con 31 descriptores. A continuación, se realiza una reducción cualitativa del número de éstos mediante consenso entre los catadores, moderados por el director del panel. Después de esta eliminación, el número de descriptores provisionales queda reducido a 26.

En una segunda fase, se reduce el número de descriptores en base a técnicas de análisis estadístico multivariante (UNE 87027:1998), tras un descarte previo de los descriptores provisionales menos relevantes en base al criterio de la media geométrica.

Para aplicar dichos criterios de reducción, en una sesión de cata, se presentan a los jueces, junto con la lista de términos, muestras descongeladas y almacenadas durante 1, 4, 8 y 15 días y se les pide que, para cada producto y cada uno de los 26 descriptores, juzguen la intensidad percibida. Los descriptores seleccionados son 22, aquellos con un valor de M mayor del 60% (se descarta el 15% restante de los descriptores siguiendo los criterios de la Sección 3.3.3.1) (Tabla 3.25).

Tabla 3.25. Media geométrica de los 26 descriptores iniciales del granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel

Descriptor	frecuencia F	intensidad I	media geométrica M
Olor externo	100,00	96,88	98,43
Color externo	100,00	95,00	97,47
Color interno	100,00	91,88	95,85
Olor interno	100,00	91,25	95,52
Olores extraños	100,00	90,63	95,2
Firmeza	100,00	86,88	93,21
Adherencia peritoneo	100,00	81,25	90,14
Color grasa superficie	100,00	78,13	88,39
Brillo externo	96,88	80,63	88,38
Aspecto general	96,88	77,50	86,65
Presencia/ausencia peritoneo	100,00	74,38	86,24
Uniformidad color	96,88	74,38	84,88
Brillo interior	100,00	70,00	83,67
Presencia/ausencia vísceras	100,00	68,13	82,54
Presencia mucosidad externa	93,75	71,88	82,09
Presencia/ausencia grasa superficie	96,88	68,13	81,24
Resistencia al corte	90,63	71,25	80,36
Color sangre espina	93,75	68,75	80,28
Restos sangre superficie	90,63	61,88	74,88
Presencia/ausencia sangre espina	93,75	55,63	72,21
Suciedad superficie	81,25	53,13	65,70
Restos piel	81,25	48,13	62,53
Color bordes corte	84,38	39,38	57,64
Presencia/ausencia aletas dorsales	84,38	38,13	56,72
Facilidad separación con espina	78,13	40,63	56,34
Recubrimiento bajo peritoneo	81,25	36,88	54,74

Para llevar a cabo una segunda reducción del número de descriptores, con los 22 términos que quedan en la ficha de cata y con las puntuaciones otorgadas por los catadores se realiza un Análisis Factorial utilizando el método de Análisis de Componentes Principales para la extracción de factores. Los componentes principales resultantes se toman como referencia para definir los descriptores definitivos a incluir en la ficha de cata. Con el criterio de seleccionar los componentes principales con autovalor asociado mayor que 1, los 6 componentes principales resultantes explican un 84,18% de variabilidad explicada. En aras de alcanzar una variabilidad explicada de al menos el 85%, se opta por extraer 7 factores, obteniéndose que los 7 componentes principales explican ya un 87,3% de la varianza, que se considera satisfactorio (Sección 3.3.3.1). Para facilitar la interpretación de los componentes se realiza una rotación (por el método Varimax), que se recoge en la Tabla 3.26. En ella se identifican en fondo gris los descriptores que permiten interpretar cada componente, los descriptores con una contribución más alta en el componente. En dicha matriz, estos descriptores aparecen ordenados en función de su contribución al componente principal en cuestión.

Tabla 3.26. Análisis Factorial con extracción de factores (rotados por el método Varimax) por el método de Análisis de Componentes Principales para el granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel

	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
Olores extraños	,9253	,250			,109		,104
Color externo (blanco opaco, marfil, amarillento)	,8959	,107		,225	,158		
Olor externo (inodoro, a mar, rancio, moho)	,8958	,143	,114		,121		-,129
Color interno del músculo	,8712	,147		,302	,111		,133
Brillo externo	-,183	,8117	,102		,223		,401
Presencia de mucosidad externa	,412	,7804	,119			,143	
Presencia / ausencia de grasa en superficie	,371	,7599	,182	,121	,123	,226	
Uniformidad del color	,196	,6866	,215	,182			,396
Presencia / ausencia de vísceras en cavidad abdominal	,188		,8626	,128	,195		
Restos de piel	-,274	,244	,8536				
Presencia / ausencia de sangre en espina	,304	,279	,6976	,242	-,243	-,338	,177
Restos de sangre en superficie	,308	,315	,6201	,467		-,189	,142
Color de la sangre en espina (rojo, rojo oscuro, marrón)	,376		,401	,7321	,119		,225
Firmeza	,388	,255	,157	,7289	,273	,112	
Brillo (humedad del músculo al abrirlo)	,170	,631		,6430	,276		
Adherencia del peritoneo	,316	,198		,275	,8008		
Presencia / ausencia del peritoneo	,205	,589	,289		,6144		
Resistencia al corte (textura dura, gran resistencia al corte, músculo pegado al cuchillo)		,239			,218	,8527	-,139
Suciedad en superficie	,112		,297		,389	-,6775	-,319
Color de la grasa en superficie (crema, amarillo)	,152	,388		,354	,500	,5280	,306
Aspecto general		,380	,182	,101			,8214
Olor interno (en el momento del corte)	,501		-,224	,237	,448		,5319

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 23 iteraciones.

A continuación, se realiza la reducción de descriptores, teniendo en cuenta la contribución de cada descriptor al componente principal al que está asociado (Tabla 3.26), así como consideraciones adicionales basadas en la experiencia en estudios sensoriales.

En el primer componente hay dos descriptores referentes a olores, con un grado de asociación importante ($r=0,87$), *olores extraños* y *olor externo*. Se decide incluir el *olor externo* porque es un descriptor importante en la evaluación de la frescura del pescado.

Los otros dos descriptores del primer componente hacen referencia al color. Se decide evaluar el *color externo*, además de por tener mayor contribución a este componente, porque al ser un pescado sin piel el *color del músculo* ya se observa externamente. De hecho, con los datos disponibles se obtiene un coeficiente de correlación muy alto ($r=0,94$) entre los términos *color externo* y *color interno* del músculo.

En el segundo componente, de los dos descriptores de mayor contribución, se selecciona el término *presencia de mucosidad externa*. Se descarta el *brillo externo*, pues, aunque su

contribución al componente es más elevada, es más difícil de evaluar por ser un pescado sin piel.

Del tercer componente principal, se seleccionan los dos descriptores de mayor contribución: *la presencia/ausencia de vísceras en la cavidad abdominal y restos de piel*. Entre los términos descartados, el término *presencia/ausencia de sangre en espina* se considera que queda evaluado en el término *color de la sangre en espina* del cuarto componente.

En el cuarto componente los términos *color de la sangre en espina* y *firmeza* son los dos que tienen una mayor contribución, por lo que se decide incluir ambos en la ficha de cata.

En el quinto componente se selecciona *adherencia del peritoneo* por ser el término que tiene una mayor contribución.

En el sexto componente se selecciona el término con mayor contribución al componente, *resistencia al corte*. También se selecciona *suciedad en superficie*, aunque su contribución no es elevada, presenta baja correlación con los demás términos de este componente.

En el séptimo componente no se elige el término con mayor contribución, *aspecto general*, ya que es más difícil de definir y, por tanto, de evaluar que el *olor interno*, que es el seleccionado.

Como resultado del análisis multivariante previo se reduce el número de descriptores a 8, dado que se decide incluir un apartado de observaciones, que contiene términos no asociados a la frescura que no serán utilizados en el cálculo del QI, pero que podrían influir en esta, como es la *presencia/ausencia de vísceras*. Durante el estudio, para todas las especies en las que se incluye el apartado de observaciones, no se encuentran indicios de que estas observaciones influyan en los resultados, por lo que, finalmente no se hace uso de ellas. En el esquema QIM desarrollado por Kent et al., (2005) para merluza eviscerada congelada también incluyen un descriptor relacionado con la presencia de restos de vísceras, pero en este caso, a diferencia del presente estudio, si se tiene en cuenta en el cálculo del QI.

- *Color externo*
- *Olor externo*
- *Mucosidad externa*
- *Color de la sangre en espina*
- *Firmeza*
- *Adherencia del peritoneo*
- *Resistencia al corte*
- *Olor interno*
- *Observaciones (Restos de piel, Presencia/ausencia de vísceras en la cavidad abdominal, Suciedad en superficie)*

A lo largo de varias sesiones de cata, se llega por consenso entre los catadores y el director del panel de catadores a que dos de los descriptores seleccionados se pueden eliminar. Por un lado, *resistencia al corte*, se decide eliminar porque se considera que depende de diferentes factores, como son, el afilado del cuchillo y la habilidad de cada juez con el mismo. Y, por otro lado, se decide eliminar el descriptor *olor interno* y que quede solamente el *olor externo* que es más sencillo de evaluar y al estar el pescado sin piel, el *olor externo* se corresponde con el olor del músculo.

También se decide añadir una nueva observación, *otras*, en la que los catadores podrán anotar cualquier anomalía que encuentren en las muestras.

Escalas de valoración del esquema QIM

En la tercera, y última fase, se establecen las escalas para cada uno de los 6 descriptores seleccionados. Para ello, se realizan sesiones de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998). En estas sesiones se presentan muestras de granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel descongelado con 1, 6, 13 y 22 días de almacenamiento refrigerado y una ficha de cata en la que se incluyen los descriptores, dejando espacios en blanco para que los catadores seleccionen la escala y realicen la descripción que se corresponda con cada uno de los puntos de la escala.

De este modo, se obtiene la ficha de cata definitiva compuesta por 6 descriptores y 4 observaciones, donde el QI va de 0 a 13 puntos, correspondiendo el valor 0 al pescado fresco y el 13 al de máxima degradación (Tabla 3.27).

Galería fotográfica

A lo largo del estudio se realizan las fotografías correspondientes a los días de almacenamiento en refrigeración del pescado descongelado para ilustrar el esquema QIM de esta especie. A modo de ejemplo se incluyen imágenes de los diferentes descriptores a día 1, 5, 12 y 16 de almacenamiento refrigerado tras la descongelación, pudiendo observarse la evolución de los diferentes aspectos evaluados (Figura 3.49).



Tabla 3.27. Esquema QIM para granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

GRANADERO DE ROCA eviscerado, sin cabeza, cola ni piel <i>Coryphaenoides rupestris</i> Nombre: _____ Fecha: _____ Número de muestra: _____		
PARÁMETRO DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
Color externo (D ₁)	Blanco-rosáceo, translúcido	0
	Céreo, ligeramente amarillo	1
	Amarillento	2
	Amarillo verdoso	3
Olor externo (D ₂)	Mar, algas	0
	Neutro	1
	Rancio, ácido, agrio	2
	Putrefacto, fétido	3
Mucosidad externa (D ₃)	Ausencia	0
	Presencia	1
Firmeza (Presión suave) (D ₄)	Muy firme, elástico (La marca de los dedos desaparece rápidamente)	0
	Firme (El dedo deja marca más de 3 segundos)	1
	Blando (no se recupera)	2
Sangre en espina (D ₅)	Rojo vivo, rosado, ausencia	0
	Rojo marrón	1
	Marrón	2
Peritoneo (Arrancar con los dedos) (D ₆)	Muy Adherido	0
	Fácilmente separable	1
	Desintegrado (antes de tocar)	2
Índice de calidad (QI)		0-13
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Restos de vísceras <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No • Restos de piel <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No • Suciedad en superficie <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No • Otras: 		

	Tiempo de almacenamiento refrigerado tras la descongelación			
	1 día	5 días	12 días	16 días
Color externo	Blanco-rosáceo, translúcido	Céreo, ligeramente amarillo	Amarillento	Amarillo verdoso
Mucosidad externa	Ausencia	Ausencia	Presencia	Presencia
Firmeza	Muy firme, elástico	Firme	Blando	Blando
Sangre en espina	Rojo vivo, rosado, ausencia	Rojo marrón	Rojo marrón	Marrón
Peritoneo	Muy adherido	Fácilmente separable	Fácilmente separable	Desintegrado

Figura 3.49. Galería fotográfica del granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

3.4.4.2 Validación

Para examinar la relación entre el QI utilizando la ficha de cata desarrollada y los días de almacenamiento se realizan 3 nuevas sesiones de cata. En cada una de ellas, los catadores evalúan 2, 3 o 4 muestras de granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel almacenado en hielo a temperaturas de refrigeración y que lleva descongelado 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 días. Con los resultados obtenidos se calcula el Índice de Calidad (QI) medio de cada periodo de almacenamiento en refrigeración.

Tabla 3.28. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración

Días en refrigeración	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	QI
1	0,00 (0,00)	0,75 (0,16)	0,00 (0,00)	0,25 (0,16)	0,00 (0,00)	0,88 (0,13)	1,88 (0,30)
2	0,88 (0,23)	0,88 (0,13)	0,00 (0,00)	0,75 (0,16)	0,38 (0,18)	1,00 (0,00)	3,88 (0,40)
4	1,13 (0,13)	1,38 (0,18)	0,25 (0,16)	0,88 (0,13)	0,00 (0,00)	1,00 (0,00)	4,63 (0,26)
6	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	0,00 (0,00)	1,20 (0,20)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	5,20 (0,20)
8	1,60 (0,24)	1,60 (0,24)	0,00 (0,00)	1,20 (0,20)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	6,40 (0,40)
10	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	0,00 (0,00)	1,80 (0,20)	1,00 (0,00)	1,40 (0,24)	8,20 (0,37)
12	2,40 (0,24)	2,40 (0,24)	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	1,20 (0,37)	1,40 (0,24)	10,40 (0,60)
14	2,43 (0,20)	2,71 (0,18)	0,86 (0,14)	2,00 (0,00)	1,57 (0,20)	2,00 (0,00)	11,57 (0,43)
16	3,00 (0,00)	3,00 (0,00)	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	13,00 (0,00)
Coefficiente de correlación	0,97	0,97	0,80	0,96	0,94	0,91	0,99

D₁: Color externo, D₂: Olor externo, D₃: Mucosidad externa, D₄: Firmeza, D₅: Sangre en espina, D₆: Peritoneo.

En la Tabla 3.28 se presentan las puntuaciones medias de todos los parámetros seleccionados y se observa que todos los atributos evaluados evolucionan hasta alcanzar su puntuación máxima. En la Figura 3.50 se puede apreciar, para cada atributo, cómo es la tendencia a incrementarse con el tiempo de almacenamiento en las condiciones de refrigeración establecidas. En todos los parámetros evaluados se aprecian cambios graduales, a excepción de la *mucosidad externa*, para la cual la escala de valoración es más simple. El último día de estudio se alcanza una puntuación total de 13 puntos, que se corresponde con el QI máximo del esquema QIM desarrollado para esta especie.

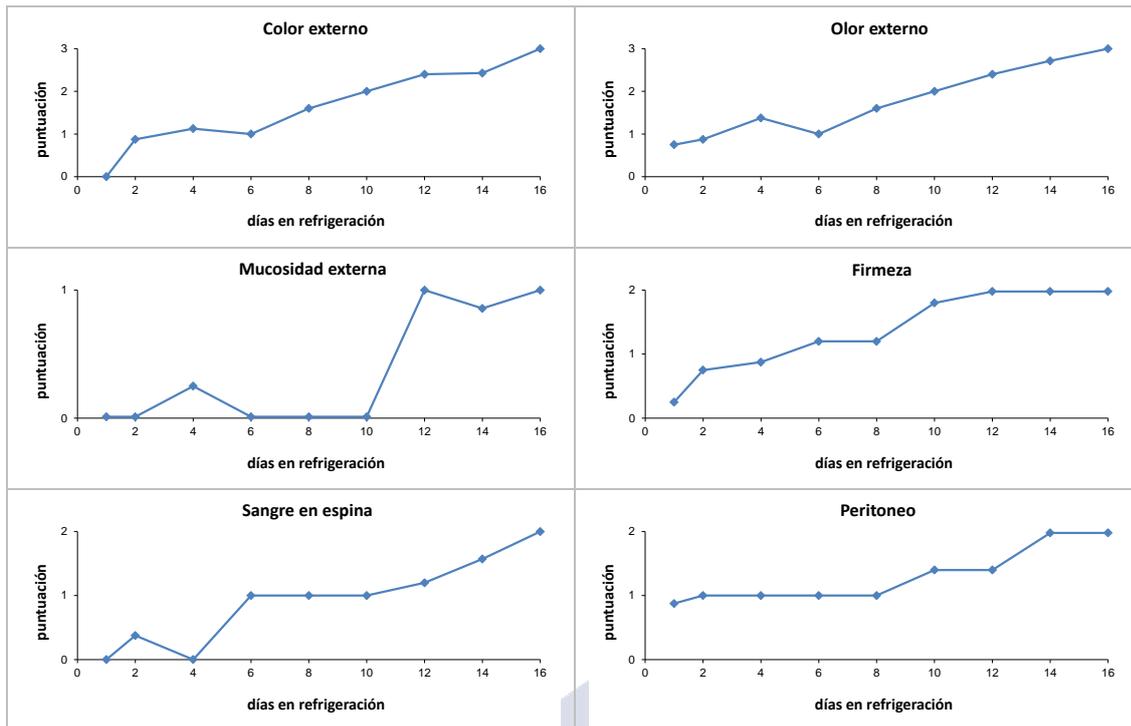


Figura 3.50. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel con el esquema QIM

El coeficiente de correlación entre la puntuación media individual de cada descriptor y el tiempo de almacenamiento (Tabla 3.28) es en general alto, aunque, por ejemplo, en el caso de los descriptores *mucosidad externa* (con una escala de valoración binaria) y *peritoneo*, la tendencia a aumentar con el tiempo no es lineal como se aprecia en la Figura 3.50. No obstante, la relación del QI con el tiempo en refrigeración es aproximadamente lineal (Figura 3.51) y además el grado de asociación de ambas variables es muy alto ($r=0,99$). Así pues, para esta especie y presentación, la predicción del tiempo en refrigeración utilizando el esquema QIM, basado en un número suficiente de atributos, será simple y más precisa que utilizando un único atributo cuya valoración oscila entre 0 y un máximo de 3 (Sveinsdottir et al., 2003; Bekaert, 2006).

Se calcula la ecuación de la recta de regresión mínimo cuadrática, $Y=0,7066X+1,5069$, que describe la relación lineal entre el índice de calidad promedio y el tiempo de almacenamiento en refrigeración (Figura 3.51). La recta obtenida proporciona un buen ajuste, $R^2=0,9794$, por lo que un 97,94% de la variabilidad del QI se puede atribuir a su relación lineal con el tiempo en refrigeración.

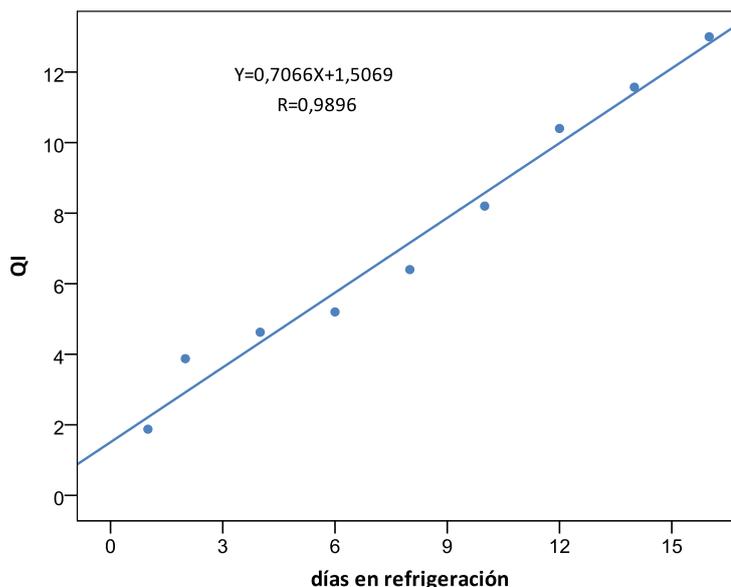


Figura 3.51. Recta de regresión del QI medio del granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado

3.4.4.3 Vida útil

Para esta especie y presentación, el fin de la vida útil se establece cuando los catadores otorgan a cada uno de los descriptores estudiados una puntuación de 1, a excepción de la *mucosidad externa*, descriptor en el que se toma el valor de 0, ya que la escala oscila entre 0 (ausencia) y 1 (presencia) y que haya mucosidad es un indicador de deterioro (Campus et al., 2011; Sant’Ana et al., 2011).

En la etapa de validación del esquema QIM para este producto se obtuvo que la recta mínimo cuadrática que describe la relación lineal entre el QI (Y) y el tiempo en descongelación (X) es, $Y=0,7066X+1,5069$. Mediante predicción inversa se determina que la vida útil estimada es de 5 días, dado que para un $QI=5$, la predicción del tiempo en refrigeración es de $\hat{x}_0=4,94$ días.

La precisión de la predicción del tiempo de vida útil puede evaluarse mediante el margen de error para un nivel de confianza aproximado del 95%, $c = t \cdot SE = 2,09$ días (el percentil 97,5% de la distribución *t* de Student con 7 grados de libertad es $t=2,365$ y el error estándar de \hat{x}_0 es $SE(\hat{x}_0)=0,8838$). El intervalo de predicción (método de Wald) de un nivel de confianza aproximado del 95% para la vida útil es entonces $I = (x_m, x_M) = (2,85; 7,03)$, dado que es de la forma $I = (\hat{x}_0 \pm c)$.

La precisión de la técnica de predicción inversa basada en la recta mínimo cuadrática puede hacerse globalmente mediante el error estándar de predicción inversa (Demidenko et al., 2013), que para esta especie-presentación toma el valor de $SEIP = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i)^2 / (n - 2)} = 0,34$ días.

Tanto el margen de error (al nivel de confianza del 95%) del tiempo de vida útil, como el *SEIP* del método de predicción inversa son satisfactorios, téngase en cuenta que el coeficiente de correlación lineal es $R=0,9896$. Se observó además que ninguno de los modelos de

regresión alternativos examinados (entre ellos, los modelos polinómicos de grado dos y tres y el modelo potencial) proporciona un mejor ajuste que el modelo lineal.

Tabla 3.29. Vida útil del ganadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. Y= QI medio, X= el número de días descongelado

Modelo de referencia	Y=0,7066X+1,5069	
Estimación de la vida útil	4,94	
Intervalo de confianza del 95% y método	(2,78;7) Inversión	(4,94 \mp 2,09) \leftrightarrow (2,85;7,03) Wald

3.4.5 Filetes de talismán sin piel

3.4.5.1 Desarrollo del esquema QIM por adaptación

El esquema QIM para filetes de talismán sin piel se realiza mediante una adaptación del esquema QIM empleado para el granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel (Sección 3.4.4). Al igual que en el caso de la platija americana, se decide realizar dicha adaptación en una sesión de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998) mediante consenso entre los catadores, dado que son especies muy similares en apariencia comercial.

Teniendo en cuenta las similitudes y diferencias en la presentación comercial de las dos especies, se decide mantener todos los descriptores incluidos en la ficha de cata del granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, excepto la *sangre en espina* y el *peritoneo*, que se eliminan al ser el talismán un pescado presentado en filetes. Además, mediante consenso entre el panel de catadores y el director del mismo, se decide incluir el descriptor *grado de rigidez*, que se determina observando el tamaño del hueco que se crea al doblar el filete a la mitad y poner el plato a la altura de los ojos. Y, por último, en el apartado de observaciones se decide mantener *restos de piel y otras* e incluir *restos de peritoneo*.

A continuación, se establecen las escalas para cada uno de los descriptores seleccionados. Se sigue el procedimiento descrito para halibut negro entero en la Sección 3.4.1. Para ello, se realizan sesiones de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998). En estas sesiones se presentan muestras de filetes de talismán sin piel descongelados con 1, 4, 7 y 12 días de almacenamiento refrigerado y una ficha de cata en la que se incluyen los descriptores, dejando espacios en blanco para que los catadores seleccionen la escala y realicen la descripción que se corresponda con cada uno de los puntos de la escala.

De este modo, se obtiene la ficha de cata definitiva compuesta por 5 descriptores y 2 observaciones, donde el QI va de 0 a 11 puntos, correspondiendo el valor 0 al pescado fresco y el 11 al de máxima degradación (Tabla 3.30).

Galería fotográfica

A lo largo del estudio se realizan las fotografías correspondientes a los días de almacenamiento en refrigeración del pescado descongelado para ilustrar el esquema QIM de esta especie. A modo de ejemplo, se incluyen imágenes de los diferentes descriptores a día 1, 4, 12 y 16 de almacenamiento refrigerado tras la descongelación, en las que se puede observar la evolución de los diferentes aspectos evaluados (Figura 3.52).

3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado

Tabla 3.30. Esquema QIM para filetes de talismán sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

TALISMÁN filetes sin piel <i>Alepocephalus bairdii</i> Nombre: _____ Fecha: _____ Número de muestra: _____		
PARÁMETRO DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
Color (D ₁)	Blanco	0
	Marfil	1
	Amarillento	2
	Amarillo verdoso	3
Olor (D ₂)	Mar, algas	0
	Neutro	1
	Rancio, ácido, agrio	2
	Putrefacto, fétido	3
Mucosidad (D ₃)	Ausencia	0
	Presencia	1
Firmeza (Presión suave) (D ₄)	Muy firme, elástico (La marca de los dedos desaparece rápidamente)	0
	Firme (El dedo deja marca más de 3 segundos)	1
	Blando (no se recupera)	2
Grado de rigidez (Doblar el filete por la mitad) (D ₅)	Alta (Al doblar se forma un hueco)	0
	Baja (Al doblar se forma un pequeño hueco)	1
	Nula (Al doblar queda totalmente plegado)	2
Índice de calidad (QI)		0-11
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Restos de piel <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No • Restos de peritoneo <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No • Otras: 		



Figura 3.52. Galería fotográfica de los filetes de talismán sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

3.4.5.2 Validación

Para examinar la relación entre el QI utilizando la ficha de cata desarrollada y los días de almacenamiento se realizan 2 nuevas sesiones de cata. En cada una de ellas, los catadores evalúan 4 o 5 muestras de filetes de talismán sin piel almacenados en hielo a temperaturas de refrigeración y que llevan descongelados 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 días. Con los resultados obtenidos se calcula el Índice de Calidad (QI) medio de cada día de almacenamiento.

Tabla 3.31. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en filetes de talismán sin piel con el esquema QIM y correlación con los días en almacenamiento refrigerado

Días de descongelado	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	QI
1	0,00 (0,00)	0,71 (0,18)	0,00 (0,00)	0,57 (0,20)	0,29 (0,18)	1,57 (0,48)
2	0,14 (0,14)	1,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,57 (0,20)	0,29 (0,18)	2,00 (0,31)
4	0,86 (0,14)	1,14 (0,14)	0,00 (0,00)	1,29 (0,29)	0,86 (0,14)	4,14 (0,34)
6	1,00 (0,00)	1,71 (0,18)	0,29 (0,18)	1,57 (0,20)	1,00 (0,00)	5,57 (0,48)
8	1,43 (0,30)	2,00 (0,00)	0,29 (0,18)	2,00 (0,00)	1,43 (0,20)	7,14 (0,55)
10	1,75 (0,25)	2,00 (0,00)	0,63 (0,18)	1,75 (0,16)	1,63 (0,18)	7,75 (0,67)
12	2,00 (0,19)	2,25 (0,16)	0,88 (0,13)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	9,13 (0,35)
14	2,75 (0,16)	2,75 (0,16)	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	1,88 (0,13)	10,38 (0,26)
16	3,00 (0,00)	3,00 (0,00)	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	11,00 (0,00)
Coefficiente de correlación	0,99	0,99	0,97	0,88	0,97	0,99

D₁: Color, D₂: Olor, D₃: Mucosidad, D₄: Firmeza, D₅: Grado de rigidez.

En la Tabla 3.31 se presentan las puntuaciones medias de todos los parámetros seleccionados. Gráficamente se puede apreciar en la Figura 3.53 que todos presentan una tendencia a incrementarse con el tiempo de almacenamiento en las condiciones de refrigeración establecidas. En todos los parámetros evaluados los cambios son graduales, hasta alcanzar la puntuación máxima de cada uno. Por ello, el último día de estudio la puntuación total es de 11 puntos, que se corresponde con el QI máximo del esquema QIM desarrollado para esta especie.

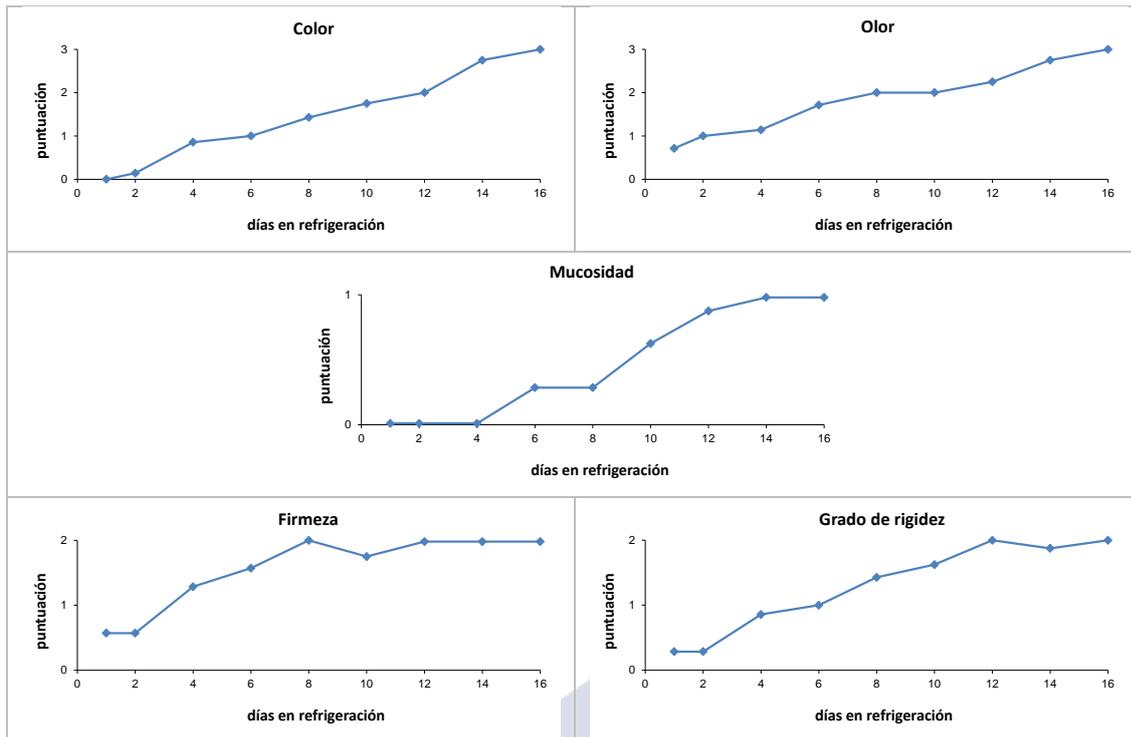


Figura 3.53. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en filetes de talismán sin piel con el esquema QIM

El coeficiente de correlación entre la puntuación media individual de cada descriptor y el tiempo de almacenamiento (Tabla 3.31) es, en general, alto; si bien, la tendencia (Figura 3.53) se aleja más de la linealidad en los descriptores con una escala de valoración más pequeña (*mucosidad*, *firmeza* y *grado de rigidez*). No obstante, para el QI la relación con el tiempo es aproximadamente lineal (Figura 3.54) y el coeficiente de correlación es muy alto ($r=0,99$). Por tanto, para esta especie y presentación, la predicción del tiempo en refrigeración utilizando el esquema QIM desarrollado, basado en un número de atributos suficiente (5), será simple y preferible a utilizar un único atributo cuya valoración oscila entre 0 y un máximo de 3 (Sveinsdottir et al., 2003; Bekaert, 2006).

En el análisis de regresión del QI frente al tiempo en refrigeración se obtiene la recta de regresión mínimo cuadrática $Y=0,6448X+1,2895$ (Figura 3.54). Dicho ajuste se considera muy satisfactorio, el valor del coeficiente de determinación ($R^2=0,9834$) indica que un 98,34% de la variabilidad del QI se puede atribuir a su relación lineal con el tiempo en refrigeración.

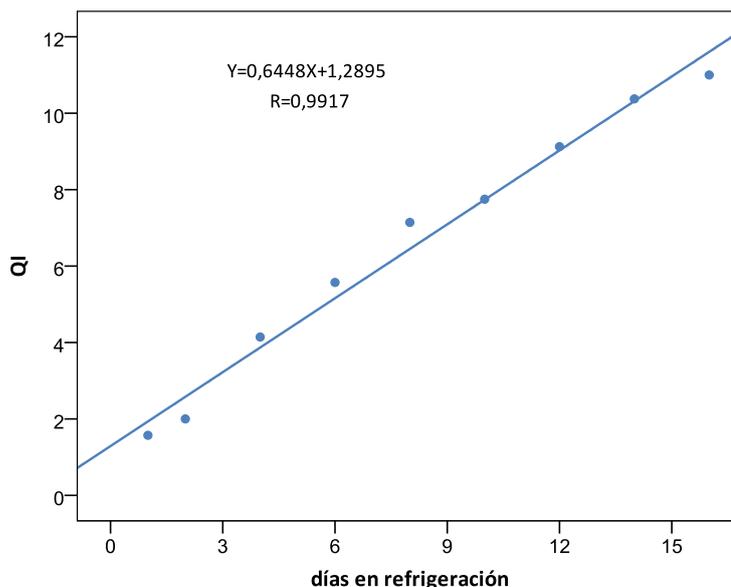


Figura 3.54. Recta de regresión del QI medio del talismán sin piel en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado

3.4.5.3 Vida útil

Para esta especie y presentación, al igual que en el granadero de roca, se establece el fin de la vida útil cuando los catadores otorgan a cada uno de los descriptores estudiados una puntuación de 1, a excepción de la *mucosidad externa*, descriptor en el que se toma el valor de 0.

En la etapa de validación del esquema QIM para este producto se obtuvo que la recta mínimo cuadrática, que describe la relación lineal entre el QI (Y) y el tiempo de almacenamiento en refrigeración (X) es, $Y=0,6448X+1,2895$, con un coeficiente de correlación $R=0,9917$. Mediante predicción inversa se determina que la vida útil estimada es de 4 días, dado que para un $QI=4$, la predicción del tiempo descongelado es de $\hat{x}_0=4,20$ días.

El talismán es la única especie de este estudio que se presenta en filetes y se encuentra entre las especies para las que se obtiene un tiempo de vida útil más corto. Según Rong et al. (2009), esto puede ser debido a la significativa mayor superficie de músculo expuesta a la contaminación microbiana en el caso del pescado fileteado frente a otras presentaciones como el entero eviscerado. Además, Tzikas et al. (2009) señalan que el pescado fileteado es más propenso al desarrollo de la oxidación que el pescado entero, debido probablemente, a una mayor exposición de los tejidos al oxígeno y un mayor contacto entre el tejido blanco del músculo y los contaminantes de la sangre en el fileteado. Estos resultados son corroborados por otros autores. Así, Taliadourou et al. (2003) determinan un tiempo de vida útil para la lubina de acuicultura (*Dicentrarchus labrax*) entera sin eviscerar de entre 12-13 días y de 8-9 días para el mismo pescado en filetes. Chytiri et al. (2004) obtienen una vida útil para la trucha arcoiris (*Onchorynchus mykiss*) entera y en filetes de entre 15-16 días y de entre 10-12, respectivamente. Y los propios Rong et al. (2009) determinan una vida útil para la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en filetes de 6 días frente a los 12 días del pescado entero y 10 días del pescado eviscerado.

La precisión de la predicción del tiempo de vida útil puede evaluarse mediante el margen de error para un nivel de confianza aproximado del 95%, $c = t \cdot SE = 1,89$ días (el percentil 97,5% de la distribución t de Student con 7 grados de libertad es $t=2,365$ y el error estándar de

\hat{x}_0 es $SE(\hat{x}_0)=0,7991$). El intervalo de predicción (método de Wald) de un nivel de confianza aproximado del 95% para la vida útil es entonces $I = (x_m, x_M) = (2,31;6,09)$, dado que es de la forma $I = (\hat{x}_0 \pm c)$. Como medida global de la validez de la técnica de predicción inversa basada en la recta mínimo cuadrática se puede considerar el error estándar de predicción inversa, $SEIP=0,2708$, que toma un valor pequeño.

Aun siendo satisfactorios los resultados anteriores, se realiza un análisis de regresión más exhaustivo, en aras de mejorar la precisión de la estimación de la vida útil, concluyéndose que un modelo potencial $Y = aX^b$ (siendo Y el QI medio y X el número de días en descongelación) proporciona un ajuste mejor que la recta mínimo cuadrática. El modelo potencial equivale a un modelo lineal, $\ln(Y) = a^* + b \cdot \ln(X)$, cuyo ajuste mínimo cuadrático es $\ln(Y)=0,3544+0,7466\ln(X)$. Tomando como valores iniciales de los coeficientes $a_0=e^{0,3544}=1,4253$ y $b_0=0,7466$ el método de mínimos cuadrados no lineales proporciona un ajuste del modelo potencial $\hat{Y}=1,4851X^{0,7297}$ (Figura 3.55), para el cual $R=r_{\hat{Y}}=0,9974$, lo que indica que el ajuste mejora ligeramente al lineal.

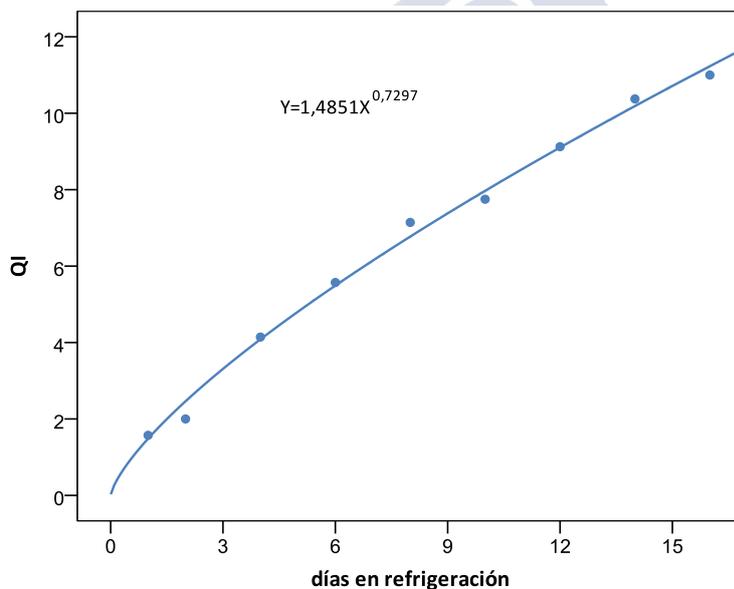


Figura 3.55. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales para filetes de talismán sin piel

El tiempo de vida útil estimado mediante predicción inversa basada en el modelo potencial es de $\hat{x}_0 = 3,89$ días. El ajuste del modelo potencial equivale a una recta por el origen en términos de $X^*=X^{0,7297}$, $Y=1,4851X^*$. Dicha recta puede utilizarse para obtener un intervalo de confianza aproximado del 95% para el tiempo de vida útil (Tabla 3.32).

Tabla 3.32. Vida útil de filetes de talismán sin piel, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. $Y = QI$ medio, $X =$ el número de días descongelado, $X^* = X^{0,7297}$

Modelo de referencia	$Y = 0,6448X + 1,2895$		$Y = 1,4851X^*$
Estimación de la vida útil	4,20		3,89
Intervalo de confianza del 95% y método	(2,25;6,05) Inversión	$(4,2 \mp 1,89) \Leftrightarrow (2,31;6,09)$ Wald	(3,03;4,85) Inversión

El intervalo de confianza para la vida útil obtenido en base a la recta mínimo cuadrática por el origen $Y = aX^*$ (equivalente al ajuste potencial) es $I = (3,03;4,85)$, se considera satisfactorio, y permite dar por bueno el tiempo de vida útil de 4 días, que habrá que considerar como un máximo. Cabe comentar que tanto un modelo polinómico de grado dos, como un modelo polinómico de grado tres también proporcionan ajustes que mejoran ligeramente al modelo lineal, pero a la vista de los buenos resultados basados en el modelo potencial, de ecuación más simple, no se presentan los resultados para dichos modelos polinómicos.

3.4.6 Pez sable negro entero sin piel

3.4.6.1 Desarrollo del esquema QIM

El desarrollo del esquema QIM para el pez sable negro entero sin piel se lleva a cabo siguiendo el procedimiento descrito en la Sección 3.4.1.1.

Selección de descriptores para el esquema QIM

En una primera fase se procede a la generación de descriptores preliminares por parte del panel de catadores entrenados, en cabinas individuales, con el objeto de seleccionar aquellos términos que proporcionen más información sobre los atributos sensoriales del pez sable negro entero sin piel. Para ello se les presentan a los jueces muestras almacenadas con hielo a temperaturas de refrigeración que llevaban en refrigeración 1, 4, 8 y 12 días. Junto con las muestras se les entrega, un folio en blanco y bolígrafo para que anoten todos los atributos que consideren que varían con el tiempo.

Uniéndolos todos los términos generados por cada uno de los jueces, se obtiene una lista con 26 descriptores iniciales. A continuación, se realiza una reducción cualitativa del número de éstos mediante consenso entre los catadores, moderados por el director del panel. Los descriptores descartados son: *restos de piel*, *daños externos*, *suciedad en superficie* y *otros defectos*. Después de esta eliminación, el número de descriptores queda reducido a 22.

En una segunda fase, se procede a la selección de los descriptores definitivos mediante eliminación y agregación de descriptores preliminares en base a las técnicas de análisis estadístico recogidas en la norma UNE 87027:1998 (la media geométrica y un análisis multivariante). Para ello, se presentan a los jueces, junto con la lista de términos, muestras descongeladas y almacenadas durante 1, 4, 8 y 12 días y se les pide que, para cada producto y cada uno de los 22 descriptores, juzguen la intensidad percibida. Con los datos obtenidos, en primer lugar, se calcula la media geométrica M (Tabla 3.33):

Tabla 3.33. Media geométrica de los 22 descriptores iniciales del pez sable negro entero sin piel

Descriptor	frecuencia F	intensidad I	media geométrica M
Ojos: transparencia	100,00	100,00	100,00
Ojos: brillo	100,00	98,75	99,37
Ojos: forma	100,00	98,13	99,06
Vísceras: consistencia	100,00	96,88	98,43
Olor externo	100,00	96,88	98,43
Agallas: olor	100,00	96,25	98,11
Agallas: color	100,00	95,00	97,47
Músculo: firmeza	100,00	94,38	97,15
Agallas: mucosidad	100,00	92,50	96,18
Músculo: color	100,00	92,50	96,18
Olor interno	100,00	90,63	95,20
Vísceras: color	100,00	92,50	94,87
Adherencia peritoneo	100,00	88,75	94,21
Presencia mucosidad externa	96,88	88,13	92,40
Ojos: integridad	100,00	85,00	92,20
Adherencia a la espina	100,00	84,38	91,86
Color externo	100,00	84,38	91,86
Brillo externo	100,00	79,38	89,09
Consistencia parte ventral	100,00	79,38	89,09
Color sangre en espina	100,00	78,75	88,74
Resistencia al corte	100,00	72,50	85,15
Agallas consistencia	100,00	61,25	78,26

En una primera etapa, según la norma UNE 87027:1998, se deben eliminar los descriptores que presentan la M más pequeña. Las puntuaciones de todos los descriptores son, en general, altas. Todos tienen frecuencia (F) casi del 100% e intensidad (I) alta, lo que hace que las medias geométricas estén todas por encima del 75% (posiblemente debido a que los catadores tienen mucha experiencia). Por este motivo se decide no eliminar ningún descriptor en esta etapa.

En una segunda etapa, se procede a la reducción del número de descriptores en base a un Análisis Factorial (AF) utilizando el método de Análisis de Componentes Principales (ACP) para la extracción de factores. Se observa en primer lugar, que todos los catadores han otorgado la puntuación más alta, de 5 puntos en la escala de intensidad percibida, al término *transparencia de los ojos* (Tabla 3.33); por este motivo se considera adecuado incluirlo en la ficha de cata, por lo que ya no se incluye en el análisis estadístico. El AF basado en el ACP se lleva cabo, por tanto, con los 21 descriptores restantes. Se obtienen 6 componentes principales con autovalor asociado mayor que 1, que explican un 81,11% de la variabilidad. Se decide entonces incrementar la variabilidad explicada incrementando a 7 los factores a extraer. Los 7 componentes principales obtenidos explican ya un 84,72% ($\approx 85\%$) de la varianza, que se considera satisfactorio (Sección 3.3.3.1). Para facilitar la interpretación de los componentes se realiza una rotación (por el método Varimax), que se recoge en la Tabla 3.34. En ella se identifican en fondo gris los descriptores que permiten interpretar cada componente: los descriptores con una contribución más alta en el componente. En dicha matriz, estos

descriptores se presentan ordenados en función de su contribución al componente principal al que están asociados.

Tabla 3.34. Análisis Factorial con extracción de factores (rotados por el método Varimax) por el método de Análisis de Componentes Principales en pez sable negro entero sin piel

	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
Presencia de mucosidad externa	,918		-,218	-,103			
Brillo externo	,820	,224	,128	,297		-,147	,170
Olor externo	,819	-,200	-,111		,136	,148	,211
Color externo (blanco-rosado, pardeado)	,687	,137	,325	,345	-,177	-,119	,134
Consistencia de las vísceras (integridad)		,881	,230		,147		,168
Color de las vísceras	-,106	,795	,175	,238	,423		-,127
Adherencia del peritoneo		,694	,332	,564			
Olor interno (en el momento del corte)	,437	,685	-,266	,176		-,100	,310
Agallas: Color		,132	,908	,206	,169		
Agallas: Olor		,527	,764		,136		,109
Color interno del músculo	,194	,311		,820	-,151	-,133	,120
Resistencia al corte (textura dura, gran resistencia al corte, músculo pegado al cuchillo)			,440	,615		,128	,388
Firmeza del músculo	,113		,472	,554		-,176	,421
Ojos: Brillo	-,169	,166			,864		-,174
Adherencia del músculo a la espina		,125	,233	-,153	,800		,232
Ojos: Forma (convexo, plano, cóncavo)	,425		,225	-,363	,568	,140	-,176
Consistencia en la parte ventral	,330			,112	,141	,830	-,229
Ojos: Integridad	-,257	-,130		-,308		,780	
Agallas: Consistencia al pasar el dedo	-,446		-,180			,665	,447
Agallas: Presencia de mucosidad	,176	,184	,171	,256			,758
Color de la sangre en espina (en corte transversal)	,608			,128	-,118	-,284	,647

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 12 iteraciones.

A continuación, se realiza la siguiente reducción de descriptores, buscando términos que representen bien a cada componente (Tabla 3.34).

Del primer componente, entre los términos evaluados visualmente, *color externo*, *brillo externo* y *presencia de mucosidad externa*, se decide incluir únicamente en la ficha de cata definitiva el *color externo*, que se considera el más fácil de evaluar. Además, se incluye el término *olor externo*, que tiene una alta contribución y además es un descriptor importante en la evaluación de la frescura del pescado.

Del segundo componente, se seleccionan los dos términos relativos a las vísceras, que son los de mayor contribución al componente: la *consistencia de las vísceras* y el *color de las vísceras*. Cabe además observar que el *olor interno* está representado en parte en el *olor externo*, ya seleccionado, pues al estar el pescado sin piel, el *olor externo* se corresponde con el olor del músculo.

En el tercer componente se selecciona el término que tiene una mayor contribución, *color de las agallas*, que además es más fácil de evaluar.

En el cuarto componente se selecciona el término *color interno* que es el de mayor contribución al componente. De los otros dos términos, *firmeza del músculo* y *resistencia al corte*, se decide utilizar únicamente la *firmeza*, ya que la *resistencia al corte* depende de diversos factores como la habilidad de cada juez con el cuchillo y el afilado del mismo.

En el quinto componente se eligen los términos relacionados con los ojos: *brillo de los ojos* y *forma de los ojos*, aspectos de uso generalizado en la evaluación de la frescura del pescado.

En el sexto componente se seleccionan los términos con mayor contribución al componente: *consistencia de la parte ventral* e *integridad de los ojos*.

Del séptimo componente se selecciona la *mucosidad en las agallas*, que es el que presenta una mayor contribución al componente.

Mediante este análisis se reduce el número de descriptores a 12:

- *Forma de los ojos*
- *Brillo de los ojos*
- *Integridad de los ojos*
- *Color de las agallas*
- *Mucosidad de las agallas*
- *Color externo*
- *Olor externo*
- *Firmeza*
- *Consistencia de la parte ventral*
- *Color interno*
- *Consistencia vísceras*
- *Color vísceras*

Como ya se indicó, se incluye también el término *transparencia de los ojos*, de gran importancia de acuerdo con la puntuación máxima que le otorgan todos los jueces (por lo que fue excluido del análisis multivariante al tener varianza nula).

Además, se decide incluir un apartado de observaciones que incluye a los términos que habían sido excluidos de los análisis estadísticos: *presencia de restos de piel*, *daños externos*, *suciedad en superficie* y otros.

Por último, a lo largo de varias sesiones de cata, se llega por consenso entre los catadores y el director del panel de catadores a que algunos términos se pueden agrupar para definir al producto. Por un lado, la *consistencia de las vísceras* y el *color de las vísceras*, que además están correlacionados ($r=0,75$), se unifican en el descriptor *aspecto de las vísceras*. Por otro lado, en el descriptor final *ojos: forma* y *aspecto* se unifican los descriptores *transparencia de los ojos*, *forma de los ojos*, *brillo de los ojos* e *integridad de los ojos*.

Escalas de valoración del esquema QIM

En la tercera, y última fase, se establecen las escalas para cada uno de los 9 descriptores seleccionados. Para ello, se realizan sesiones de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998). En estas sesiones se presentan muestras de pez sable negro entero sin piel descongelado con 1, 4, 8 y 12 días de almacenamiento refrigerado y una ficha de cata en la que se incluyen los descriptores, dejando espacios en blanco para que los catadores seleccionen la escala y realicen la descripción que se corresponda con cada uno de los puntos de la escala.

De este modo, se obtiene la ficha de cata definitiva compuesta por 9 descriptores y 3 observaciones, donde el QI va de 0 a 19 puntos, correspondiendo el valor 0 al pescado fresco y el 19 al de máxima degradación (Tabla 3.35). Resultados similares son los obtenidos por Nunes et al. (2007) para esta especie en fresco y con piel. El esquema que desarrollaron, en el que solo evalúan atributos externos, incluye 11 descriptores, 2 de los cuales están relacionados con la piel, y un QI total de 19 puntos.

Galería fotográfica

A lo largo del estudio se realizan las fotografías correspondientes a los días de almacenamiento en refrigeración del pescado descongelado. A modo de ejemplo se incluyen imágenes ilustrativas de los diferentes descriptores a día 1, 4 y 12 de almacenamiento refrigerado, pudiendo observarse la evolución de los diferentes aspectos evaluados (Figura 3.56).

En el caso del pez sable negro entero sin piel, al no estar prevista inicialmente dicha presentación en el proyecto *SENSOQIM (1OTAL01OCT)*, no pudo realizarse la validación del esquema QIM por no disponer de muestras suficientes.



Tabla 3.35. Esquema QIM para el pez sable negro entero sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

PARÁMETRO DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	
PEZ SABLE NEGRO entero sin piel <i>Aphanopus carbo</i> Nombre: _____ Fecha: _____ Número de muestra: _____			
			
Ojos: forma y aspecto (D₁)	Convexo, brillante	0	
	Plano o ligeramente hundido, mate	1	
	Hundido, cóncavo, lechoso	2	
Agallas	Color (D₂)	Rojo ladrillo	0
		Rojo pálido	1
		Pardo verdoso	2
	Mucosidad (D₃)	Ausencia	0
		Limpio, claro	1
	Amarillento	2	
Color externo (D₄)	Blanco marfil	0	
	Blanco rosado	1	
	Amarillo verdoso	2	
Olor externo (D₅)	Mar, algas	0	
	Neutro	1	
	Rancio, ácido, agrio	2	
	Putrefacto, fétido	3	
Firmeza ⁽¹⁾ (D₆)	Muy firme, elástico (La marca de los dedos desaparece rápidamente)	0	
	Firme (El dedo deja marca más de 3 segundos)	1	
	Blando (no se recupera)	2	
Consistencia en la parte ventral (D₇)	Firme	0	
	Medio	1	
	Blando, poco consistente	2	
Color interno (D₈)	Marfil, translúcido, brillante	0	
	Marfil amarillento	1	
	Marfil marrón, opaco	2	
Aspecto vísceras (D₉)	Enteras	0	
	Ligeramente desintegradas	1	
	Totalmente desintegradas	2	
Índice de calidad (QI)		0-19	

⁽¹⁾ Presión suave cogiendo el pescado con los dos dedos por la parte superior del lomo a la altura que termina la cavidad abdominal

Observaciones:

• Restos de piel	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
• Daños externos	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
• Suciedad en superficie	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
• Otras:		

Tiempo de almacenamiento refrigerado tras la descongelación

	1 día	4 días	12 días
Color externo	Blanco marfil	Blanco rosado	Amarillo verdoso
Firmeza	Muy firme, elástico	Firme	Blando
Consistencia en parte ventral	Firme	Medio	Blando, poco consistente
Ojos: forma y aspecto	Convexo, brillante	Plano o ligeramente hundido, mate	Hundido, cóncavo, lechoso
Agallas: color	Rojo ladrillo	Rojo pálido	Pardo verdoso
Agallas: mucosidad	Ausencia	Limpio, claro	Amarillento

Figura 3.56. Galería fotográfica del pez sable negro entero sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

3.4.7 Pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel

3.4.7.1 Desarrollo del esquema QIM por adaptación

Partiendo del esquema QIM desarrollado para pez sable negro entero sin piel (Sección 3.4.6), se procede a realizar una adaptación del mismo que permita evaluar el pescado descabezado y eviscerado. Para ello, se eliminan los parámetros que se analizan en la cabeza y las vísceras. Además, mediante consenso entre los catadores se decide incluir en la evaluación el descriptor *color de la sangre en la espina*, porque es un parámetro que se evalúa en los pescados eviscerados, y *mucosidad externa*, que supone una alternativa razonable a la *mucosidad de las agallas* considerada en el pez entero (*mucosidad externa* es el descriptor más relevante del primer componente principal de la Tabla 3.34). Por último, en el apartado de observaciones se decide incluir *restos de vísceras*.

A continuación, se establecen las escalas para cada uno de los descriptores seleccionados. Se sigue el procedimiento descrito para halibut negro entero en la Sección 3.4.1.1. Para ello, se realizan sesiones de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998). En estas sesiones se presentan muestras de pez sable negro eviscerado, sin cabeza y sin cola y sin piel descongelado con 1, 4, 8 y 12 días de almacenamiento refrigerado y una ficha de cata en la que se incluyen los descriptores, dejando espacios en blanco para que los catadores seleccionen la escala y realicen la descripción que se corresponda con cada uno de los puntos de la escala.

De este modo, se obtiene la ficha de cata definitiva compuesta por 7 descriptores y 4 observaciones, donde el QI máximo total es de 14 puntos, correspondiendo el valor 0 al pescado fresco (Tabla 3.36).

Galería fotográfica

A lo largo del estudio se realizan las fotografías correspondientes a los días de almacenamiento en refrigeración del pescado descongelado para ilustrar el esquema QIM desarrollado. A modo de ejemplo se incluyen imágenes de los diferentes descriptores a día 1, 5 y 20 de almacenamiento refrigerado tras el inicio de la descongelación, pudiendo observarse la evolución de los diferentes aspectos evaluados (Figura 3.57).

Tabla 3.36. Esquema QIM para el pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

PARÁMETRO DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
Color externo (D ₁)	Blanco marfil	0
	Blanco rosado	1
	Amarillo verdoso	2
Olor externo (D ₂)	Mar, algas	0
	Neutro	1
	Rancio, ácido, agrio	2
	Putrefacto, fétido	3
Mucosidad externa (D ₃)	Ausencia	0
	Presencia	1
Firmeza ⁽¹⁾ (D ₄)	Muy firme, elástico (La marca de los dedos desaparece rápidamente)	0
	Firme (El dedo deja marca más de 3 segundos)	1
	Blando (no se recupera)	2
Consistencia en la parte ventral (D ₅)	Firme	0
	Medio	1
	Blando, poco consistente	2
Color interno (D ₆)	Marfil, translúcido, brillante	0
	Marfil amarillento	1
	Marfil marrón, opaco	2
Sangre en espina (D ₇)	Rojo vivo, rosado, ausencia	0
	Rojo marrón	1
	Marrón	2
Índice de calidad (QI)		0-14

(1) Presión suave cogiendo el pescado con los dos dedos por la parte superior del lomo a la altura que termina la cavidad abdominal

Observaciones:

• Restos de piel	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
• Restos de vísceras	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
• Daños externos	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
• Suciedad en superficie	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
• Otras:		



Tiempo de almacenamiento refrigerado tras la descongelación

	1 día	5 días	20 días
Color externo	Blanco marfil	Blanco rosado	Amarillo verdoso
Mucosidad externa	Ausencia	Ausencia	Presencia
Firmeza	Muy firme, elástico	Firme	Blando
Consistencia en parte ventral	Firme	Medio	Blando, poco consistente
Color interno	Marfil, translúcido, brillante	Marfil amarillento	Marfil marrón, opaco
Sangre en espina	Rojo vivo, rosado, ausencia	Rojo marrón	Marrón

Figura 3.57. Galería fotográfica del pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

3.4.7.2 Validación

Para examinar la relación entre el QI utilizando la ficha de cata elaborada anteriormente y los días de almacenamiento se realizan 3 nuevas sesiones de cata. En cada una de ellas, los catadores evalúan 3 o 4 muestras de pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel almacenado en refrigeración a temperaturas de refrigeración y que lleva descongelado 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 días. Con los resultados obtenidos se calcula el Índice de Calidad (QI) medio de cada día de almacenamiento.

Tabla 3.37. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración

Días en refrigeración	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	QI
1	0,43 (0,20)	0,43 (0,20)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,86 (0,40)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	1,71 (0,68)
2	0,14 (0,14)	0,57 (0,20)	0,00 (0,00)	0,29 (0,18)	1,00 (0,38)	0,71 (0,18)	0,00 (0,00)	2,71 (0,64)
4	0,57 (0,20)	1,71 (0,18)	0,00 (0,00)	0,43 (0,20)	1,29 (0,36)	1,43 (0,20)	1,00 (0,31)	6,43 (0,75)
6	1,00 (0,00)	2,00 (0,22)	0,57 (0,20)	1,00 (0,00)	1,43 (0,30)	1,00 (0,00)	0,57 (0,37)	7,57 (0,61)
8	1,00 (0,00)	1,71 (0,18)	0,43 (0,20)	1,29 (0,18)	1,00 (0,31)	1,29 (0,18)	0,57 (0,20)	7,29 (0,42)
10	1,29 (0,18)	2,86 (0,14)	1,00 (0,00)	1,71 (0,18)	1,14 (0,14)	1,86 (0,14)	1,71 (0,29)	11,57 (0,37)
12	2,00 (0,00)	2,57 (0,20)	1,00 (0,00)	1,86 (0,14)	1,43 (0,20)	1,43 (0,20)	0,86 (0,34)	11,14 (0,40)
14	1,57 (0,20)	2,57 (0,20)	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	1,43 (0,20)	1,43 (0,30)	12,00 (0,53)
16	2,00 (0,00)	2,71 (0,18)	1,00 (0,00)	1,71 (0,18)	2,00 (0,00)	1,86 (0,14)	1,57 (0,30)	12,86 (0,40)
18	2,00 (0,00)	2,71 (0,18)	1,00 (0,00)	1,86 (0,14)	2,00 (0,00)	1,71 (0,18)	1,86 (0,14)	13,14 (0,34)
20	2,00 (0,00)	2,86 (0,14)	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	13,86 (0,14)
Coefficiente de correlación	0,94	0,87	0,89	0,92	0,89	0,82	0,89	0,95

D₁: Color externo, D₂: Olor externo, D₃: Mucosidad externa, D₄: Firmeza, D₅: Consistencia en la parte ventral, D₆: Color interno, D₇: Sangre en espina.

En la Tabla 3.37 se presentan las puntuaciones medias de todos los parámetros seleccionados. Gráficamente, se puede apreciar en la Figura 3.58 que todos presentan una tendencia a incrementarse con el tiempo de almacenamiento en las condiciones de refrigeración establecidas. Durante el periodo de almacenamiento se detectan cambios graduales y apreciables para todos los parámetros evaluados, alcanzando el último día de estudio una puntuación total de 13,86 puntos, es decir, tras permanecer el pez sable negro eviscerado 20 días descongelado a temperaturas de refrigeración no se consigue llegar al QI máximo (14 puntos) del esquema QIM desarrollado para esta especie. La diferencia no obstante es pequeña y se puede atribuir al *olor externo*, el único descriptor que no alcanza su puntuación máxima.

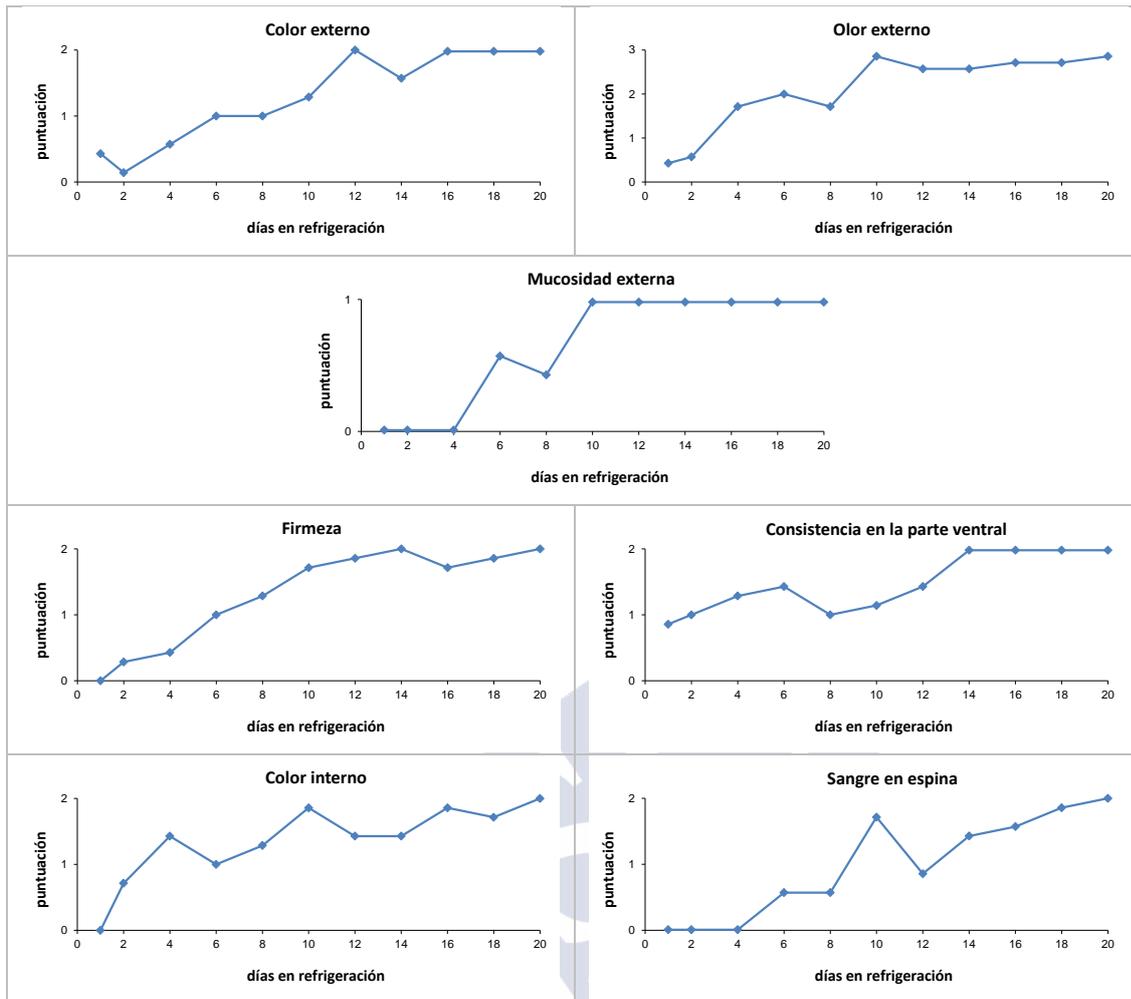


Figura 3.58. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel con el esquema QIM

El coeficiente de correlación entre la puntuación media individual de cada descriptor y el tiempo de almacenamiento (Tabla 3.37) es en general alto. No obstante, para alguno de los descriptores con escala de valoración más baja (0-1 o 0-1-2) se aprecia que la relación no es lineal, como es el caso de la *mucosidad externa* y la *sangre en espina* (Figura 3.58). No obstante, con el QI, además de ser el coeficiente de correlación muy alto ($r=0,95$), la relación con el tiempo es aproximadamente lineal (Figura 3.59). Por tanto, para esta especie y presentación, la predicción del tiempo en refrigeración será más precisa y simple utilizando el esquema QIM, basado en un número suficiente de atributos, que utilizando un único atributo cuya valoración oscila entre 0 y un máximo de 3 (Sveinsdottir et al., 2003; Bekaert, 2006).

Mediante un análisis de regresión del QI frente al tiempo de descongelación se obtiene la recta de regresión mínimo cuadrática, $Y=0,6212X+2,8488$, que describe la relación lineal entre el promedio del índice de calidad y el tiempo de almacenamiento en refrigeración (Figura 3.59). La recta tiene asociado un coeficiente de determinación $R^2=0,9029$, por lo que el 90,29% de la variabilidad del QI (un porcentaje elevado, satisfactorio) se puede atribuir a su relación lineal con el tiempo en descongelación.

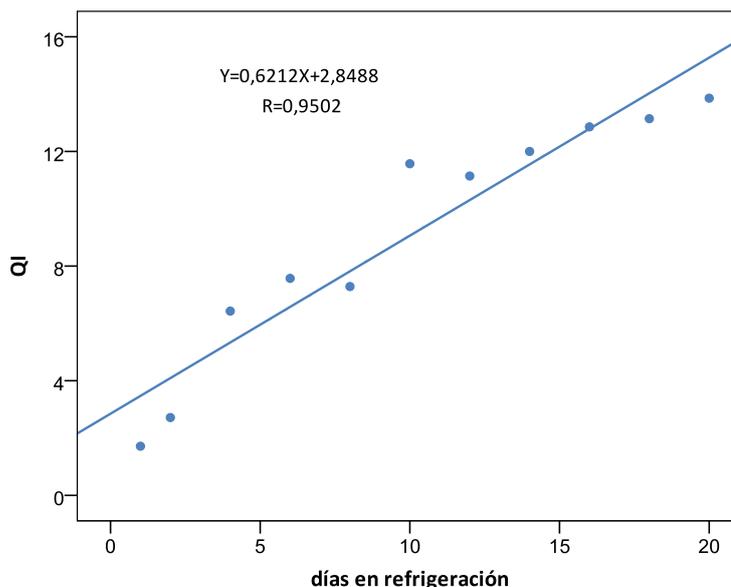


Figura 3.59. Recta de regresión del QI medio del pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado

3.4.7.3 Vida útil

Para esta especie y presentación, al igual que en el granadero de roca y talismán, se establece el fin de la vida útil cuando los catadores otorgan a cada uno de los descriptores estudiados una puntuación de 1, a excepción de la *mucosidad externa*, descriptor en el que se toma el valor de 0.

En la etapa de validación del esquema QIM para este producto, la recta mínimo cuadrática, que describe la relación lineal entre el QI (Y) y el tiempo desde el inicio de la descongelación (X) es, $Y=0,6212X+2,8488$, con un coeficiente de correlación $R=0,950$. Mediante predicción inversa se determina que la vida útil estimada es de 5 días, dado que para un $QI=6$, la predicción del tiempo descongelado es de $\hat{x}_0=5,07$ días.

La precisión de la predicción del tiempo de vida útil puede evaluarse mediante el margen de error para un nivel de confianza aproximado del 95%, $c=t \cdot SE=5,44$ (el percentil 97,5% de la distribución t de Student con 9 grados de libertad es $t=2,262$ y el error estándar de \hat{x}_0 es $SE(\hat{x}_0)=2,4056$). El intervalo de predicción (método de Wald) de un nivel de confianza aproximado del 95% para la vida útil es entonces $I=(x_m, x_M)=(0;10,51)$, dado que es de la forma $I=(\hat{x}_0 \pm c)$. Como medida global de la validez de la técnica de predicción inversa basada en la recta mínimo cuadrática se puede considerar el error estándar de predicción inversa, $SEIP=2,5144$.

Con el fin de mejorar la predicción de la vida útil, se realizó un análisis de regresión más exhaustivo, concluyéndose que un modelo potencial $Y = aX^b$ (siendo Y el QI medio y X el número de días en descongelación) proporciona un ajuste mejor que la recta mínimo cuadrática. El modelo potencial equivale a un modelo lineal, $\ln(Y) = a^* + b \cdot \ln(X)$, cuyo ajuste mínimo cuadrático es $\ln(Y)=0,6345+0,7048\ln(X)$. Tomando como valores iniciales de los coeficientes $a_0=e^{0,6345}=1,8861$ y $b_0=0,7048$, el método de mínimos cuadrados no lineales

proporciona un ajuste del modelo potencial $\hat{Y}=2,5335X^{0,5826}$ (Figura 3.60), para el cual $R=r_{\hat{Y}}=0,9769$, lo que indica que el ajuste mejora al lineal.

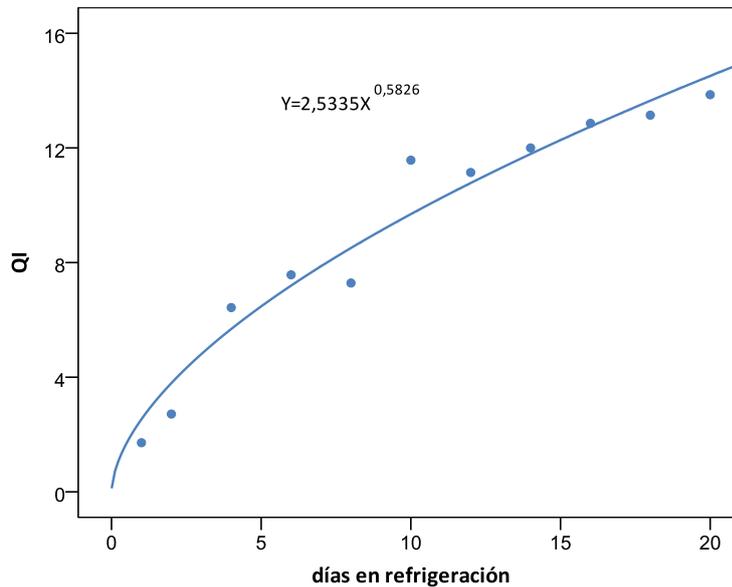


Figura 3.60. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales en pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel

El tiempo de vida útil estimado mediante predicción inversa basada en el modelo potencial es de 4 días (para un QI=6, $\hat{x}_0=4,39$). El ajuste del modelo potencial equivale a una recta por el origen en términos de $X^*=X^{0,5826}$, $Y=2,5335X^*$. Dicha recta puede utilizarse para obtener un intervalo de confianza aproximado del 95% para el tiempo de vida útil (Tabla 3.38).

Tabla 3.38. Vida útil del pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. $Y=QI$ medio, X = el número de días descongelado, $X^*=X^{0,5826}$

Modelo de referencia	$Y=0,6212X+2,8488$	$Y=2,5335X^*$	
Estimación de la vida útil	5,07	4,39	
Intervalo de confianza del 95% y método	(0;10,37) Inversión	$(5,07 \mp 5,44) \Leftrightarrow (0;10,51)$ Wald	(1,90;7,74) Inversión

El intervalo de confianza para la vida útil, obtenido en base a la recta mínimo cuadrática por el origen $Y = aX^*$ (equivalente al ajuste potencial), es $I=(1,90; 7,74)$. Este intervalo se considera satisfactorio y permite concluir que la vida útil es de 7 días como máximo. Cabe comentar que, tanto un modelo polinómico de grado dos, como un modelo polinómico de grado tres también proporcionan ajustes que mejoran al lineal, pero a la vista de los buenos resultados basados en el modelo potencial, de ecuación más simple, no se presentan los resultados para los modelos polinómicos.

3.4.8 Pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola

3.4.8.1 Desarrollo del esquema QIM

En el desarrollo del esquema QIM para pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola, se sigue el procedimiento descrito en la Sección 3.4.1.1.

Selección de descriptores para el esquema QIM

En una primera fase, se realiza la selección preliminar de descriptores. Se presentan a los jueces muestras almacenadas con hielo a temperaturas de refrigeración en un periodo de 1, 4, 8 y 12 días. Uniendo todos los términos generados por cada uno de los jueces, se obtiene una lista con 15 descriptores.

En una segunda fase, se procede a la selección de los descriptores definitivos. Para ello se presentan a los jueces, junto con la lista de términos, muestras descongeladas y almacenadas en refrigeración durante 1, 4, 8 y 12 días y se les pide que, para cada producto y cada uno de los 15 descriptores, juzguen la intensidad.

En primer lugar, con los datos obtenidos se determina la media geométrica (Tabla 3.39). Los descriptores seleccionados (13), son aquellos con un valor de M mayor del 65% (se descarta el 15% restante de los descriptores siguiendo los criterios de la Sección 3.3.3.1).

Tabla 3.39. Media geométrica de los 13 descriptores iniciales del pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola

Descriptor	frecuencia F	intensidad I	media geométrica M
Presencia/ausencia vísceras	100,00	88,75	94,21
Color externo	100,00	86,88	93,21
Color músculo	100,00	86,25	92,87
Olor interno	96,88	88,13	92,40
Olores externo	93,75	85,00	89,27
Integridad peritoneo	100,00	78,13	88,39
Aspecto vísceras	93,75	81,25	87,28
Firmeza músculo	100,00	75,63	86,96
Presencia mucosidad externa	93,75	76,88	84,89
Daños externos	96,88	65,63	79,73
Color sangre en espina	96,88	55,00	72,99
Suciedad superficie	96,88	47,50	67,83
Color peritoneo	81,25	52,50	65,31
Otros defectos	78,13	52,50	64,04
Presencia quistes músculo	78,13	41,88	57,20

En segundo lugar, con los datos de los 13 descriptores pre-seleccionados, se realiza una segunda reducción del número de descriptores en base a un Análisis Factorial, utilizando el método de Análisis de Componentes Principales para la extracción de factores. Se obtienen 3 componentes principales con autovalor asociado mayor que 1, que explican un 81,40% de la variabilidad. Se decide incrementar ésta, al menos al 85%, aumentando los factores a extraer hasta 5. La variabilidad explicada por los cinco componentes principales, el 91,28%, se considera satisfactoria (Sección 3.3.3.1). Para facilitar la interpretación de los componentes, se realiza una rotación (por el método Varimax), que se recoge en la Tabla 3.40. Los

descriptores que permiten interpretar cada componente (en fondo gris) se presentan ordenados en función de su contribución al componente principal al que están asociados.

Tabla 3.40. Análisis Factorial con extracción de factores (rotados por el método Varimax) por el método de Análisis de Componentes Principales en pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola

	Componentes				
	1	2	3	4	5
Olor interno	,942		,189	,132	
Presencia mucosidad externa	,806	,361		-,244	,250
Olor externo	,788	,473	,241		,229
Presencia ausencia vísceras	,159	,870	-,148	,224	,121
Color externo	,510	,709	,227		,313
Color músculo	,592	,672		,133	
Daños externos	,500	,617	,139		,460
Suciedad superficie			,899		,315
Color sangre espina		-,114	,873	,196	-,203
Firmeza músculo	,287	,301	,868		,101
Aspecto vísceras	,110	,453	-,117	,847	
Color peritoneo	-,230	-,171	,525	,750	,195
Integridad peritoneo	,312	,314	,113	,232	,826

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

A continuación, se realiza la siguiente reducción de descriptores, buscando términos que representen bien a cada componente (Tabla 3.40).

Del primer componente, de los descriptores evaluados por el olfato, se decide seleccionar el *olor externo* porque es más sencillo de evaluar que el *olor interno*. También se selecciona el descriptor evaluado visualmente, *presencia de mucosidad externa*, que tiene una alta contribución a este componente.

Se seleccionan los tres términos de mayor contribución en el segundo componente. El término *presencia/ausencia de vísceras* es el que presenta la contribución más alta. Los términos *color externo* y *color del músculo* se seleccionan debido a que el color es un importante indicador de frescura. Se descarta *daños externos*, el término de contribución más baja, que además no varía con el tiempo.

En el tercer componente se seleccionan los términos *firmeza del músculo* y *color de la sangre en espina*, ambos presentan alta contribución a este componente. Se descarta el término *suciedad en superficie* porque no cambia con el tiempo.

En el cuarto componente se selecciona el *color del peritoneo*. El término *aspecto de las vísceras*, el de mayor contribución al componente, se descarta porque es un pescado eviscerado y aunque en algunos ejemplares se pueden encontrar vísceras debido a una evisceración deficiente, lo habitual es que no las presente.

En el quinto componente se selecciona el término que lo define, la *integridad del peritoneo*.

Mediante este análisis se reduce el número de descriptores a 8, dado que *presencia/ausencia de vísceras* se decide incluirlo en el apartado de observaciones:

- *Presencia mucosidad externa*
- *Olor externo*
- *Firmeza del músculo*
- *Color sangre en espina*
- *Color externo*
- *Color del músculo*
- *Integridad del peritoneo*
- *Color del peritoneo*
- *Observaciones (Presencia/ausencia de vísceras)*

A lo largo de varias sesiones de cata, mediante consenso entre los catadores y el director del panel, se decide eliminar el descriptor seleccionado *color del peritoneo*, porque se observa que en esta especie no presenta variaciones notables con el tiempo.

También se decide añadir una nueva observación, *otras*, en la que los catadores podrán anotar cualquier anomalía que encuentren en las muestras.

Escalas de valoración del esquema QIM

Para finalizar el desarrollo del esquema QIM se establecen las escalas para cada uno de los 7 descriptores seleccionados. Para ello, se realizan sesiones de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998). En estas sesiones se presentan muestras de pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola descongelado con 1, 4, 8 y 12 días de almacenamiento refrigerado y una ficha de cata en la que se incluyen los descriptores, dejando espacios en blanco para que los catadores seleccionen la escala y realicen la descripción que se corresponda con cada uno de los puntos de la escala.

De este modo, se obtiene la ficha de cata definitiva compuesta por 7 descriptores y 1 observación, donde el QI va desde 0 a 16 puntos, correspondiendo el valor 0 al pescado fresco y el 16 al de máxima degradación (Tabla 3.41).

Galería fotográfica

A lo largo del estudio, se realizan las fotografías correspondientes a los días de almacenamiento en refrigeración del pescado descongelado para ilustrar el esquema QIM desarrollado. A modo de ejemplo, se incluyen imágenes de los diferentes descriptores a día 1, 5, 12 y 20 de almacenamiento refrigerado tras la descongelación, pudiendo observarse la evolución de los diferentes aspectos evaluados (Figura 3.61).

Tabla 3.41. Esquema QIM para el pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

PEZ PALO eviscerado, sin cabeza y sin cola (<i>Molva dypterygia</i>)		
Nombre: _____ Fecha: _____		
Número de muestra: _____		
PARÁMETRO DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
Color externo (en su conjunto) (D ₁)	Gris-rosado, brillante	0
	Gris, mate	1
	Gris-amarillo, mate	2
	Amarillo-verdoso, mate	3
Olor externo (D ₂)	Mar, algas	0
	Neutro	1
	Rancio, ácido, agrio	2
	Putrefacto, fétido	3
Mucosidad externa (D ₃)	Ausencia	0
	Presencia	1
Firmeza (Presión suave sobre el lomo en el punto medio del pescado) (D ₄)	Muy firme, elástico (La marca de los dedos desaparece rápidamente)	0
	Firme (El dedo deja marca más de 3 segundos)	1
	Blando (no se recupera)	2
Color del músculo (D ₅)	Marfil-rosado, vivo	0
	Marfil-amarillento, mate	1
	Amarillo-marrón, mate	2
	Amarillo-verdoso, mate	3
Sangre en espina (D ₆)	Rojo vivo, rosado, ausencia	0
	Rojo marrón	1
	Marrón	2
Peritoneo (Rascando con la punta del cuchillo) (D ₇)	Muy adherido	0
	Fácilmente separable	1
	Desintegrado (antes de tocar)	2
Índice de calidad (QI)		0-16
Observaciones:		
<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de vísceras <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No • Otras: _____ 		

Tiempo de almacenamiento refrigerado tras la descongelación

	1 día	5 días	12 días	20 días
Color externo Mucosidad externa Firmeza	 Gris-rosado, brillante Ausencia Muy firme, elástico	 Gris, mate Ausencia Firme	 Gris-amarillo, mate Presencia Blando	 Amarillo-verdoso, mate Presencia Blando
Color del músculo	 Marfil-rosado, vivo	 Marfil-amarillento, mate	 Amarillo-marrón, mate	 Amarillo-verdoso, mate
Sangre en espina Peritoneo	 Rojo vivo, rosado, ausencia Muy adherido	 Rojo marrón Fácilmente separable	 Rojo marrón Fácilmente separable	 Marrón Desintegrado

Figura 3.61. Galería fotográfica del pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola descongelado y almacenado a temperaturas de refrigeración

3.4.8.2 Validación

Para examinar la relación entre el QI utilizando la ficha de cata desarrollada y los días de almacenamiento se realizan 3 nuevas sesiones de cata. En cada una de ellas, los catadores evalúan 3 o 4 muestras de pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola almacenado en hielo a temperaturas de refrigeración y que lleva descongelado 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 días. Con los resultados obtenidos se calcula el Índice de Calidad (QI) medio de cada día de almacenamiento.

Tabla 3.42. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración

Días de descongelado	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	QI
1	0,50 (0,22)	0,33 (0,21)	0,00 (0,00)	0,33 (0,21)	0,17 (0,17)	0,00 (0,00)	0,67 (0,21)	2,00 (0,26)
2	0,83 (0,17)	0,50 (0,22)	0,00 (0,00)	0,33 (0,21)	0,33 (0,21)	0,00 (0,00)	1,00 (0,00)	3,00 (0,68)
4	0,67 (0,21)	1,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,67 (0,21)	1,17 (0,17)	0,00 (0,00)	1,00 (0,00)	4,50 (0,34)
6	1,00 (0,00)	1,00 (0,26)	0,00 (0,00)	1,50 (0,22)	1,00 (0,00)	0,50 (0,34)	1,00 (0,00)	6,00 (0,52)
8	1,83 (0,17)	1,83 (0,31)	0,83 (0,17)	1,83 (0,17)	1,50 (0,34)	1,00 (0,26)	1,33 (0,21)	10,17 (1,30)
10	1,67 (0,21)	1,50 (0,22)	0,33 (0,21)	1,33 (0,21)	1,83 (0,17)	0,83 (0,17)	1,33 (0,21)	8,83 (0,79)
12	2,33 (0,21)	2,50 (0,34)	0,83 (0,17)	1,83 (0,17)	2,67 (0,33)	1,17 (0,40)	1,50 (0,22)	12,83 (1,22)
14	2,00 (0,00)	2,17 (0,17)	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,67 (0,21)	1,67 (0,21)	1,50 (0,22)	13,00 (0,58)
16	2,20 (0,20)	2,40 (0,24)	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	3,00 (0,00)	1,20 (0,49)	1,00 (0,00)	12,80 (0,20)
18	2,80 (0,20)	2,40 (0,24)	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	3,00 (0,00)	1,20 (0,49)	1,00 (0,00)	13,40 (0,40)
20	3,00 (0,00)	3,00 (0,00)	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	3,00 (0,00)	1,40 (0,40)	1,60 (0,24)	15,00 (0,55)
Coefficiente de correlación	0,96	0,95	0,90	0,88	0,97	0,90	0,59	0,96

D₁: Color externo, D₂: Olor externo, D₃: Mucosidad externa, D₄: Firmeza, D₅: Color del músculo, D₆: Sangre en espina, D₇: Peritoneo.

En la Tabla 3.42 se presentan las puntuaciones medias de todos los parámetros seleccionados. Gráficamente, se puede apreciar en la Figura 3.62 que todos muestran una tendencia a presentar valores más elevados a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento en las condiciones de refrigeración establecidas. Durante el periodo de almacenamiento se detectan cambios graduales y apreciables para todos los parámetros evaluados, alcanzando el último día de estudio una puntuación total de 15 puntos, es decir, tras permanecer el pez palo 20 días descongelado a temperaturas de refrigeración no se consigue llegar al QI máximo (16 puntos) del esquema QIM desarrollado para esta especie. Esto es consecuencia de que los descriptores *sangre en espina* y *peritoneo* no alcanzan su puntuación máxima (Tabla 3.42).

3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado

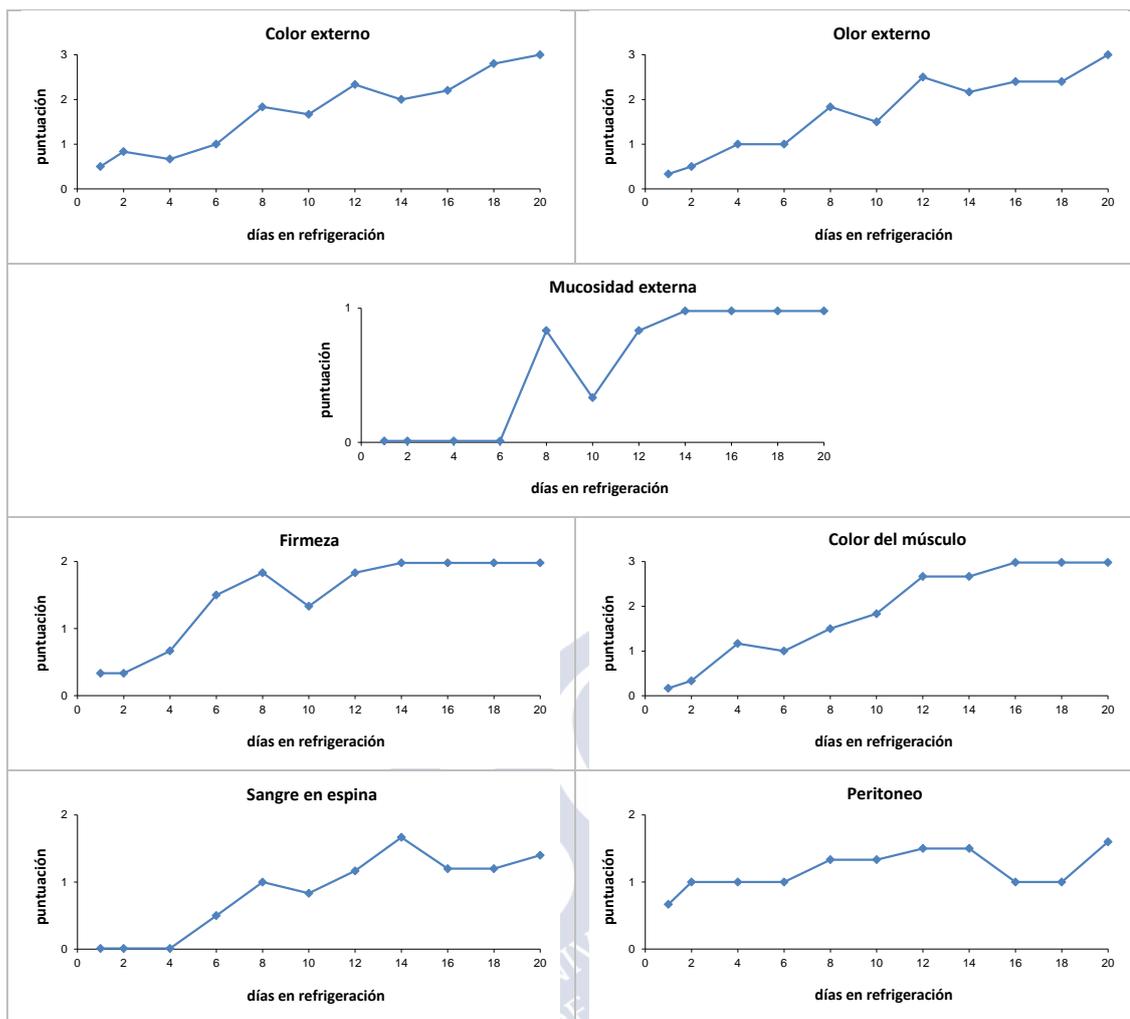


Figura 3.62. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM

El coeficiente de correlación entre la puntuación media individual de cada descriptor y el tiempo de almacenamiento (Tabla 3.42) es, en general, alto con la excepción del *peritoneo* ($r=0,59$), aunque como se aprecia en la Figura 3.62, la tendencia a aumentar con el tiempo no es lineal en algunos casos (correspondientes a descriptores con una escala de valoración baja: *mucosidad externa*, *sangre en espina* y *peritoneo*). No obstante, para el QI, además de presentar un coeficiente de correlación alto ($r=0,96$), la relación con el tiempo es aproximadamente lineal (Figura 3.63). Así pues, para esta especie y presentación, la predicción del tiempo de descongelación será más precisa y simple utilizando el esquema QIM, basado en un número suficiente de atributos, lo que permite considerar una escala de valoración suficientemente amplia, que utilizando un único atributo cuya valoración oscila entre 0 y un máximo de 3 (Sveinsdottir et al., 2003; Bekaert, 2006).

En el análisis de regresión del QI frente al tiempo de descongelación se puede asumir, además, que el error experimental sigue aproximadamente una distribución normal dado que el QI individual de cada juez es la suma de las puntuaciones de 7 parámetros y el QI total es la media de los QI de todos los jueces. La ecuación de la recta de regresión mínimo cuadrática, $Y=0,6869X+2,2993$, que describe la relación lineal entre el promedio del índice de calidad y el tiempo de almacenamiento en refrigeración (Figura 3.63), tiene asociado un coeficiente de

determinación $R^2=0,9212$, lo que permite considerar que la recta obtenida proporciona un buen ajuste.

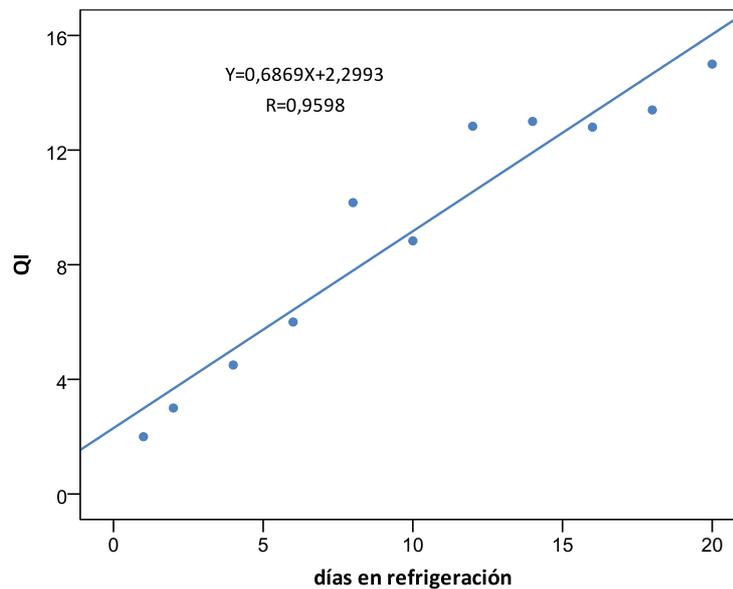


Figura 3.63. Recta de regresión del QI medio del pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado

3.4.8.3 Vida útil

Para esta especie y presentación, al igual que en el granadero de roca, talismán y pez sable negro eviscerado, se establece el fin de la vida útil cuando los catadores otorgan a cada uno de los descriptores estudiados una puntuación de 1, a excepción de la *mucosidad externa*, descriptor en el que se toma el valor de 0.

En la etapa de validación del esquema QIM para este producto se obtuvo que la recta mínimo cuadrática que describe la relación lineal entre el QI (Y) y el tiempo en refrigeración (X) es, $Y=0,6869X+2,2993$, con un coeficiente de correlación $R=0,9598$. Mediante predicción inversa se determina que la vida útil estimada es de 5 días, dado que para un $QI=6$, la predicción del tiempo descongelado es de $\hat{x}_0=5,39$ días.

La precisión de la predicción del tiempo de vida útil puede evaluarse mediante el margen de error para un nivel de confianza aproximado del 95%, $c=t \cdot SE=4,84$ (el percentil 97,5% de la distribución t de Student con 9 grados de libertad es $t=2,262$ y el error estándar de \hat{x}_0 es $SE(\hat{x}_0)=2,1383$). El intervalo de predicción (método de Wald) de un nivel de confianza aproximado del 95% para la vida útil es entonces $I=(x_m, x_M)=(0,55; 10,23)$, dado que es de la forma $I=(\hat{x}_0 \pm c)$. Como medida global de la validez de la técnica de predicción inversa basada en la recta mínimo cuadrática se puede considerar el error estándar de predicción inversa, $SEIP=1,9994$.

Tanto el margen de error (al nivel de confianza del 95%) del tiempo de vida útil, como el $SEIP$ del método de predicción inversa son considerablemente mayores a los obtenidos con otras especies. Con el fin de mejorar la predicción de la vida útil, se realiza un análisis de regresión más exhaustivo, concluyéndose que un modelo potencial $Y = aX^b$ (siendo Y el QI medio y X el número de días en descongelación) proporciona un ajuste mejor que la recta

mínimo cuadrática. El modelo potencial equivale a un modelo lineal, $\ln(Y) = a^* + b \cdot \ln(X)$, cuyo ajuste mínimo cuadrático es $\ln(Y) = 0,6417 + 0,7032 \ln(X)$. Tomando como valores iniciales de los coeficientes $a_0 = e^{0,6417} = 1,8997$ y $b_0 = 0,7032$, el método de mínimos cuadrados no lineales proporciona un ajuste del modelo potencial $\hat{Y} = 2,1434X^{0,6570}$ (Figura 3.64), para el cual $R = r_{\hat{Y}} = 0,9742$, lo que indica que el ajuste mejora al lineal.

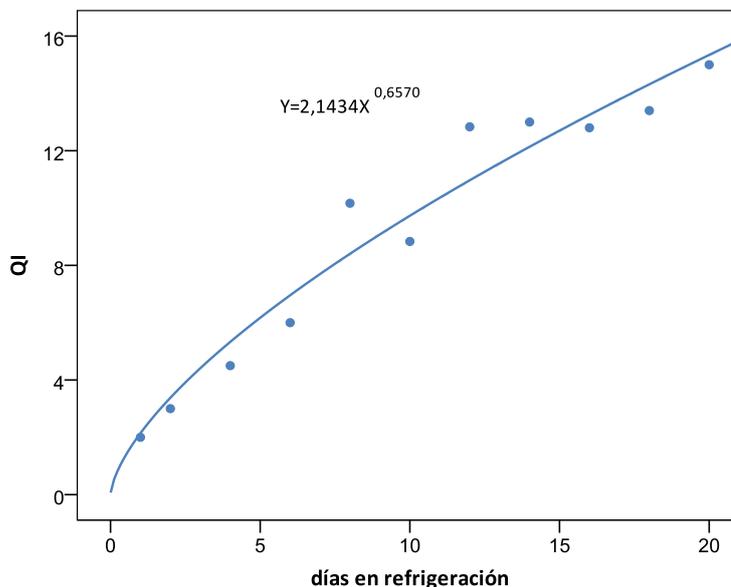


Figura 3.64. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales en pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola

El tiempo de vida útil estimado mediante predicción inversa basada en el modelo potencial es de 4 días (para un $QI=6$, $\hat{x}_0=4,79$). El ajuste del modelo potencial equivale a una recta por el origen en términos de $X^* = X^{0,6570}$, $Y = 2,1434X^*$. Dicha recta puede utilizarse para obtener un intervalo de confianza aproximado del 95% para el tiempo de vida útil (Tabla 3.43).

Tabla 3.43. Vida útil del pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. $Y = QI$ medio, $X =$ el número de días descongelado, $X^* = X^{0,6570}$

Modelo de referencia	$Y = 0,6869X + 2,2993$		$Y = 2,1434X^*$
Estimación de la vida útil	5,39		4,79
Intervalo de confianza del 95% y método	(0,18;10,11) Inversión	(5,39 \mp 4,84) \Leftrightarrow (0,55;10,23) Wald	(1,97;8,38) Inversión

El intervalo de confianza para la vida útil obtenido, en base a la recta mínimo cuadrática por el origen $Y = aX^*$ (equivalente al ajuste potencial) es $I = (1,97;8,38)$ y se considera satisfactorio. Permite concluir que la vida útil podría llegar hasta los 8 días. Cabe comentar que tanto un modelo polinómico de grado dos, como un modelo polinómico de grado tres también proporcionan ajustes que mejoran al lineal, pero a la vista de buenos los resultados

basados en el modelo potencial, de ecuación más simple, no se presentan los resultados para los modelos polinómicos.

3.4.9 Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola

3.4.9.1 Desarrollo del esquema QIM por adaptación

Para la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola, se realiza una adaptación de la ficha de cata empleada para el pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola (Tabla 3.41). Se decide hacer dicha adaptación en una sesión de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998), mediante consenso entre los catadores dado que son especies muy similares en apariencia comercial.

Los descriptores incluidos en la ficha son los mismos que los seleccionados en la ficha de cata del pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola. Mediante consenso entre los catadores se decide no incluir ni descartar ninguno.

A continuación, se establecen las escalas para cada uno de los descriptores seleccionados. Se sigue el procedimiento descrito en la Sección 3.4.1.1. Para ello, se realizan sesiones de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998). En estas sesiones se presentan muestras de rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola, almacenadas en refrigeración durante 1, 4, 8 y 14 días.

De este modo, se obtiene la ficha de cata definitiva compuesta por 7 descriptores y 1 observación, donde el QI va de 0 a 16 puntos, correspondiendo el valor 0 al pescado fresco y el 16 al de máxima degradación (Tabla 3.44).

Galería fotográfica

A lo largo del estudio se realizan las fotografías correspondientes a los días de almacenamiento en refrigeración del pescado descongelado para ilustrar la guía QIM elaborada. A modo de ejemplo, se incluyen imágenes de los diferentes descriptores a día 1, 6, 12 y 20 de almacenamiento refrigerado tras la descongelación, pudiendo observarse la evolución de los diferentes aspectos evaluados (Figura 3.65).

Tabla 3.44. Esquema QIM para la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración

ROSADA eviscerada, sin cabeza y sin cola (<i>Genypterus blacodes</i>)		
Nombre: _____ Fecha: _____		
Número de muestra: _____		
PARÁMETRO DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
Color externo (D ₁)	Rosado vivo-blanco, brillante	0
	Rosado-blanco	1
	Rosa mate-blanco amarillento	2
Olor externo (D ₂)	Mar, algas	0
	Neutro	1
	Rancio, ácido, agrio	2
	Putrefacto, fétido	3
Mucosidad externa (D ₃)	Ligero mucus transparente, acuoso	0
	Mucus transparente o blanquecino con aspecto de gel	1
	Ausencia o mucus espeso y lechoso en alguna zona	2
Firmeza (Presión suave sobre el lomo en el punto medio del pescado) (D ₄)	Muy firme, elástico (La marca de los dedos desaparece rápidamente)	0
	Firme (El dedo deja marca más de 3 segundos)	1
	Blando (no se recupera)	2
Color del músculo (D ₅)	Marfil-rosado, vivo	0
	Marfil, mate	1
	Marfil-amarillento, mate	2
	Amarillo-verdoso, mate	3
Sangre en espina (D ₆)	Rojo vivo, rosado, ausencia	0
	Rojo marrón	1
	Marrón	2
Peritoneo (de color blanco) (Rascando con la punta del cuchillo) (D ₇)	Muy adherido	0
	Fácilmente separable	1
	Desintegrado	2
Índice de calidad (QI)		0-16
Observaciones:		
• Presencia de vísceras	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
• Otras:		

Tiempo de almacenamiento refrigerado tras la descongelación

	1 día	6 días	12 días	20 días
Color externo	Rosado vivo-blanco, brillante	Rosado-blanco	Rosa mate-blanco amarillento	Rosa mate-blanco amarillento
Mucosidad externa	Ligero mucus transparente, acuoso	Mucus transparente o blanquecino con aspecto de gel	Ausencia o mucus espeso y lechoso en alguna zona	Ausencia o mucus espeso y lechoso en alguna zona
Firmeza	Muy firme, elástico	Firme	Blando	Blando
Color del músculo	Marfil-rosado, vivo	Marfil, mate	Marfil-amarillento, mate	Amarillo-verdoso, mate
Sangre en espina	Rojo vivo, rosado, ausencia	Rojo marrón	Rojo marrón	Marrón
Peritoneo	Muy adherido	Fácilmente separable	Fácilmente separable	Desintegrado

Figura 3.65. Galería fotográfica de la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración

3.4.9.2 Validación

Para examinar la relación entre el QI utilizando la ficha de cata desarrollada y los días de almacenamiento se realizan 3 nuevas sesiones de cata. En cada una de ellas, los catadores evalúan 3 o 4 muestras de rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola almacenada en hielo a temperaturas de refrigeración y que lleva descongelada 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 días. Con los resultados obtenidos se calcula el Índice de Calidad (QI) medio correspondiente a cada periodo.

Tabla 3.45. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración

Días de descongelado	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	QI
1	0,00 (0,00)	0,60 (0,24)	0,40 (0,24)	0,20 (0,20)	0,40 (0,40)	0,60 (0,24)	0,60 (0,24)	2,80 (0,97)
2	0,50 (0,29)	0,75 (0,25)	0,00 (0,00)	0,25 (0,25)	0,25 (0,25)	0,50 (0,29)	0,75 (0,25)	3,00 (0,91)
4	0,25 (0,25)	1,00 (0,00)	0,75 (0,25)	0,75 (0,25)	1,00 (0,00)	1,00 (0,41)	0,75 (0,25)	5,50 (0,87)
6	1,20 (0,20)	1,40 (0,24)	1,00 (0,45)	0,80 (0,37)	1,60 (0,24)	1,20 (0,20)	0,40 (0,24)	7,60 (1,57)
8	1,80 (0,20)	2,00 (0,45)	1,20 (0,37)	1,40 (0,24)	1,80 (0,37)	1,00 (0,00)	1,20 (0,37)	10,40 (0,93)
10	1,00 (0,00)	2,00 (0,32)	1,20 (0,37)	1,20 (0,20)	1,60 (0,40)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	9,00 (1,14)
12	1,80 (0,20)	2,40 (0,24)	1,40 (0,24)	1,40 (0,24)	2,60 (0,24)	1,40 (0,24)	1,40 (0,24)	12,40 (0,51)
14	1,75 (0,16)	2,13 (0,23)	1,63 (0,26)	1,50 (0,19)	2,38 (0,18)	1,50 (0,19)	1,00 (0,00)	11,88 (0,91)
16	1,88 (0,13)	2,75 (0,16)	1,75 (0,16)	1,50 (0,19)	2,63 (0,18)	2,00 (0,00)	1,00 (0,00)	13,50 (0,68)
18	2,00 (0,00)	3,00 (0,00)	2,00 (0,00)	1,75 (0,16)	2,75 (0,16)	1,88 (0,13)	1,38 (0,18)	14,75 (0,25)
20	2,00 (0,00)	3,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	3,00 (0,00)	2,00 (0,00)	1,50 (0,19)	15,50 (0,19)
Coefficiente de correlación	0,88	0,97	0,96	0,95	0,96	0,95	0,79	0,97

D₁: Color externo, D₂: Olor externo, D₃: Mucosidad externa, D₄: Firmeza, D₅: Color del músculo, D₆: Sangre en espina, D₇: Peritoneo.

En la Tabla 3.45 se presentan las puntuaciones medias de todos los parámetros seleccionados. Gráficamente, se puede apreciar en la Figura 3.66 que todos muestran una tendencia a presentar valores más elevados con el tiempo de almacenamiento en las condiciones de refrigeración establecidas. Durante el periodo de almacenamiento se detectan cambios graduales y apreciables para todos los parámetros evaluados, alcanzando el último día de estudio una puntuación total de 15,50 puntos, es decir, tras permanecer la rosada 20 días descongelada a temperaturas de refrigeración no se consigue llegar al QI máximo (16 puntos) del esquema QIM. Esto es consecuencia de que el descriptor *peritoneo* no alcanza su puntuación máxima. Además, para este descriptor, la tendencia a aumentar con el tiempo no es lineal (Figura 3.66).

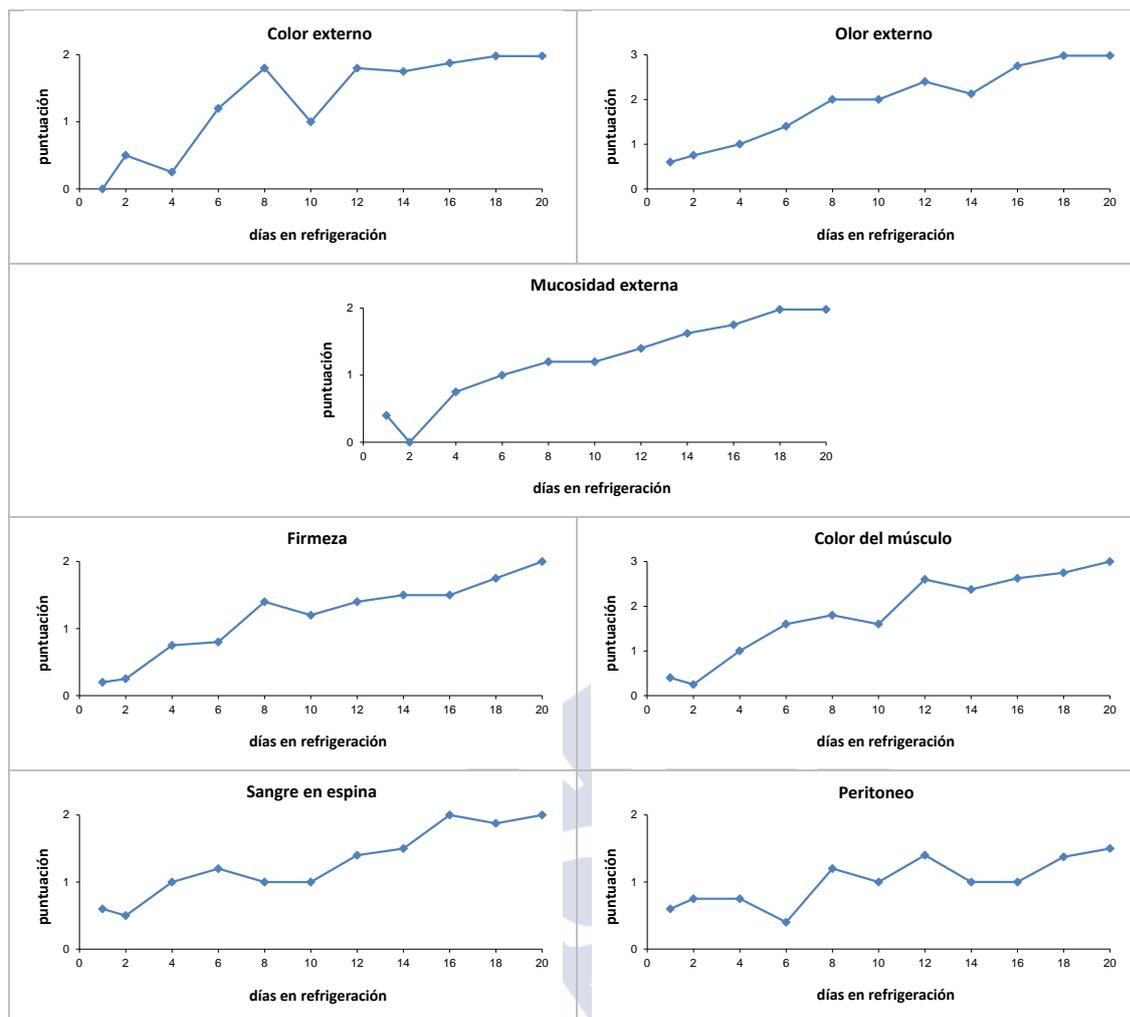


Figura 3.66. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola con el esquema QIM

El coeficiente de correlación entre la puntuación media individual de cada descriptor y el tiempo de almacenamiento (Tabla 3.45) es en la mayoría de los casos alto, incluso en el caso de alguno los descriptores para los que la tendencia a aumentar con el tiempo no es lineal, como el *color externo*. En el caso del *peritoneo* el grado de asociación lineal es también importante, aunque no fuerte (Figura 3.66). No obstante, para el QI, además de presentar un coeficiente de correlación alto ($r=0,94$), la relación con el tiempo es aproximadamente lineal (Figura 3.67). Por tanto, para esta especie y presentación, la predicción del tiempo de descongelación será más precisa y simple utilizando el esquema QIM (porque al basarse en un número suficiente de atributos tiene un rango de puntuaciones de magnitud razonable) que, utilizando un único atributo, cuya valoración oscila entre 0 y un máximo de 3 (Sveinsdottir et al., 2003; Bekaert, 2006).

En el análisis de regresión del QI frente al tiempo de descongelación, se puede asumir, además, que el error experimental sigue aproximadamente una distribución normal dado que el QI individual de cada juez es la suma de las puntuaciones de 7 parámetros, y el QI total es la media de los QI de todos los jueces. Se calcula la ecuación de la recta de regresión mínimo cuadrática, $Y=0,6729X+2,8756$, que describe la relación lineal entre el promedio del índice de calidad y el tiempo de almacenamiento en refrigeración (Figura 3.67). El coeficiente de

determinación, $R^2=0,9476$, permite concluir que un alto porcentaje de la variabilidad del QI se puede explicar mediante el ajuste obtenido en términos de los días en refrigeración.

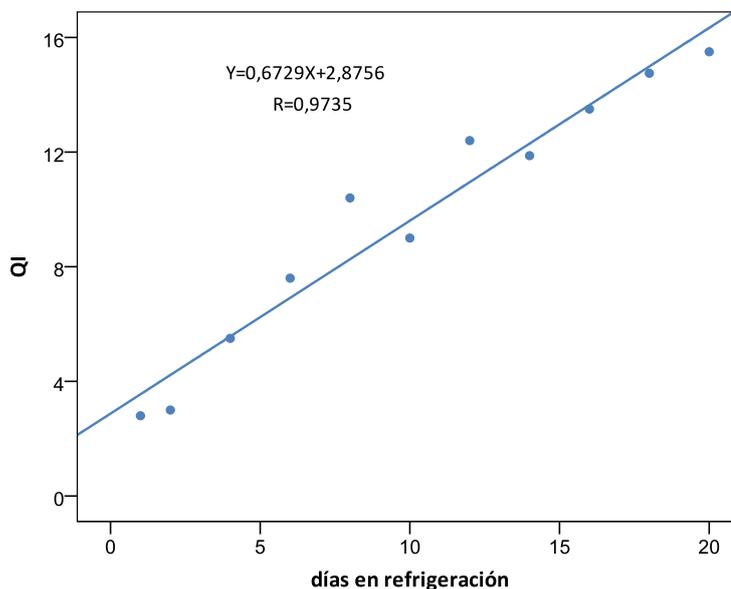


Figura 3.67. Recta de regresión del QI medio de la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado

3.4.9.3 Vida útil

En la etapa de validación del esquema QIM para este producto, la recta mínimo cuadrática, que describe la relación lineal entre el QI (Y) y el tiempo en refrigeración (X), obtenida es $Y=0,6729X+2,8756$ y presenta un coeficiente de correlación $R=0,9735$. Mediante predicción inversa se determina que la vida útil máxima estimada es de 6 días, dado que para un $QI=7$, la predicción del tiempo descongelado es de $\hat{x}_0=6,13$ días.

La precisión de la predicción del tiempo de vida útil puede evaluarse mediante el margen de error, para un nivel de confianza aproximado del 95%, $c = t \cdot SE = 3,86$ (el percentil 97,5% de la distribución t de Student con 9 grados de libertad es $t=2,262$ y el error estándar de \hat{x}_0 es $SE(\hat{x}_0)=1,7073$). El intervalo de predicción (método de Wald) de un nivel de confianza aproximado del 95% para la vida útil es entonces $I = (x_m, x_M) = (2,27; 9,99)$, dado que es de la forma $I = (\hat{x}_0 \pm c)$. Como medida global de la validez de la técnica de predicción inversa basada en la recta mínimo cuadrática se puede considerar el error estándar de predicción inversa, $SEIP=1,2918$.

Con el fin de mejorar la predicción de la vida útil, se realiza un análisis de regresión más exhaustivo, concluyéndose que un modelo potencial $Y = aX^b$ (siendo Y el QI medio y X el número de días en descongelación) proporciona un ajuste mejor que la recta mínimo cuadrática. El modelo potencial equivale a un modelo lineal, $\ln(Y) = a^* + b \cdot \ln(X)$, cuyo ajuste mínimo cuadrático es $\ln(Y)=0,8847+0,6215\ln(X)$. Tomando como valores iniciales de los coeficientes $a_0=e^{0,8847}=2,4222$ y $b_0=0,6215$, el método de mínimos cuadrados no lineales proporciona un ajuste del modelo potencial $\hat{Y}=2,4891X^{0,6126}$ (Figura 3.68), para el cual $R=r_{\hat{Y}}=0,9849$, lo que indica que el ajuste mejora al lineal.

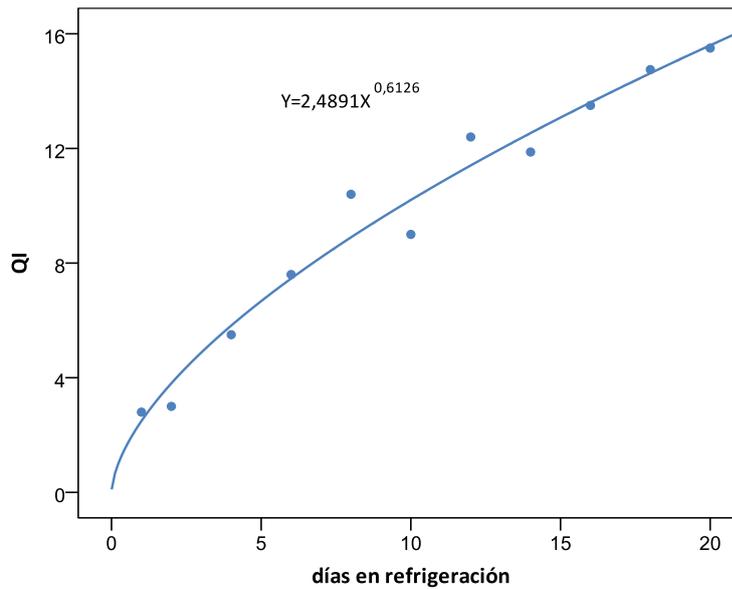


Figura 3.68. Modelo potencial $Y=aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales en rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola

El tiempo de vida útil estimado, mediante predicción inversa basada en el modelo potencial, es de 5 días (para un $QI=7$, $\hat{x}_0=5,41$). El ajuste del modelo potencial equivale a una recta por el origen en términos de $X^*=X^{0,6126}$, $Y=2,4891X^*$. Dicha recta puede utilizarse para obtener un intervalo de confianza aproximado del 95% para el tiempo de vida útil (Tabla 3.46).

Tabla 3.46. Vida útil de la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. $Y=QI$ medio, $X=$ el número de días descongelado, $X^*=X^{0,6126}$

Modelo de referencia	$Y=0,6729X+2,8756$		$Y=2,4891X^*$
Estimación de la vida útil	6,13		5,41
Intervalo de confianza del 95% y método	(2,07;9,93) Inversión	$(6,13 \mp 3,86) \Leftrightarrow (2,27;9,99)$ Wald	(3,13;8,08) Inversión

El intervalo de confianza para la vida útil obtenido, en base a la recta mínimo cuadrática por el origen $Y = aX^*$ (equivalente al ajuste potencial), es $I=(3,13;8,08)$ y se considera satisfactorio. Permite concluir que, como máximo, la vida útil podría llegar a 8 días. Cabe comentar que, tanto un modelo polinómico de grado dos, como un modelo polinómico de grado tres, proporcionan ajustes que mejoran al lineal, pero a la vista de buenos los resultados basados en el modelo potencial, de ecuación más simple, no se presentan los resultados para los modelos polinómicos.

La rosada junto con el halibut negro eviscerado y la platija americana, son las especies y presentaciones de este estudio para las que se estima un tiempo de vida útil mayor. Estas especies tienen en común la presencia de una cubierta de mucus en su piel, lo que puede contribuir a esta vida útil más amplia, dado que, tal como afirman Huss (1998) y Ruitter (1999) la mucosidad presente en la piel de algunas especies de pescado, que contiene compuestos antibacterianos, como anticuerpos y enzimas bacteriolíticas, es una barrera de

protección natural contra la actividad de los microorganismos, que como ya se indicó con anterioridad es uno de los responsables del deterioro del pescado.

3.4.10 Alas de raya sin piel

3.4.10.1 Desarrollo del esquema QIM

En el desarrollo del esquema QIM para alas de raya, se sigue el procedimiento descrito en la Sección 3.4.1.1.

Selección de descriptores para el esquema QIM

En una primera fase, se lleva a cabo la generación de descriptores por parte del panel de catadores entrenado, con el objeto de seleccionar aquellos términos que proporcionen más información sobre los atributos sensoriales de las alas de raya sin piel. Para ello, se les presentan a los jueces muestras almacenadas con hielo a temperaturas de refrigeración que llevaban descongeladas 1, 4, 8 y 12 días.

Uniéndolos todos los términos generados por cada uno de los jueces, se consigue elaborar una lista con 13 descriptores. A continuación, se realiza una reducción cualitativa del número de descriptores mediante consenso entre los catadores moderados por el director del panel. Después de esta eliminación, el número de descriptores queda reducido a 11.

En una segunda fase, se reduce el número de descriptores en base a las técnicas de análisis estadístico recogidas en la Norma UNE 87027:1998. Para aplicar dichos criterios de reducción, se presentan a los jueces, junto con la lista de términos, muestras descongeladas y almacenadas durante 1, 4, 8 y 12 días y se hace la primera reducción de descriptores en base a la media geométrica (Tabla 3.47), seleccionando 9, todos ellos con un valor de M superior al 80%. La segunda reducción de descriptores, a partir de un Análisis Factorial basado en el método de Análisis de Componentes Principales, en esta especie, se decide omitir porque el número de descriptores ya es reducido y la media geométrica de los ya seleccionados es para todos elevada.

Tabla 3.47. Media geométrica de los 11 descriptores iniciales de alas de raya sin piel

Descriptor	frecuencia F	intensidad I	media geométrica M
Olor externo	100,00	93,33	96,61
Color externo dorsal	100,00	93,33	96,61
Color externo ventral	100,00	93,33	96,61
Elasticidad externa	100,00	93,33	96,61
Mucosidad	100,00	88,33	93,99
Restos de piel	100,00	73,33	85,63
Restos de vísceras	100,00	73,33	85,63
Olor interno	100,00	73,33	85,63
Color interno	100,00	73,33	85,63
Color en sección transversal	100,00	58,33	76,38
Color externo en superficie	100,00	68,33	71,59

Mediante este análisis el número de descriptores queda reducido a 7, ya que se decide incluir en un apartado de observaciones a los descriptores *restos de piel* y *restos de vísceras*.

- *Olor externo*
- *Color externo dorsal*
- *Color externo ventral*
- *Elasticidad externa*
- *Mucosidad*
- *Olor interno*
- *Color interno*
- *Observaciones (Restos de piel y Restos de vísceras)*.

A lo largo de varias sesiones de cata, se llega por consenso entre los catadores y el director del panel de catadores a que algunos términos se pueden agrupar, mientras que se pueden eliminar e incluir otros. De esta forma, se decide unificar los términos *color externo dorsal* y *color externo ventral* en el descriptor *color externo*. Además, se decide eliminar los descriptores *olor interno* y *color interno* porque estos atributos son más sencillos de evaluar externamente y al estar el pescado sin piel se observa que, *externo* e *interno* se corresponden. Por otra parte, al abrir el pescado para evaluar los descriptores internos citados anteriormente, se observa una dureza mayor en las fibras del músculo a medida que aumentan los días de almacenamiento, por lo que se decide incluir el término *dureza fibras*.

También, se decide añadir dos nuevas observaciones: *suciedad en superficie* y *otras*, en esta última, los catadores podrán anotar cualquier anomalía que encuentren en las muestras.

Escalas de valoración del esquema QIM

En la tercera, y última fase, se establecen las escalas para cada uno de los 5 descriptores seleccionados. Para ello, se realizan sesiones de cata comentada bajo la guía del responsable del panel (UNE 87027:1998). En estas sesiones se presentan muestras de alas de raya sin piel descongeladas con 1, 4, 8 y 14 días de almacenamiento refrigerado.

De este modo, se obtiene la ficha de cata definitiva compuesta por 5 descriptores y 3 observaciones, donde el QI va desde 0 a 10 puntos, correspondiendo el valor 0 al pescado fresco y el 10 al de máxima degradación (Tabla 3.48).

Galería fotográfica

A lo largo del estudio se realizan las fotografías correspondientes a los días de almacenamiento en refrigeración del pescado descongelado para ilustrar la guía QIM que se elaboró e incluye esta especie. A modo de ejemplo, se incluyen imágenes de los diferentes descriptores a día 1, 4 y 18 de almacenamiento refrigerado tras la descongelación, pudiendo observarse la evolución de los diferentes aspectos evaluados (Figura 3.69).

Tabla 3.48. Esquema QIM para alas de raya sin piel descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración

RAYA (alas de raya sin piel) <i>(Amblyraja radiata)</i> Nombre: _____ Fecha: _____ Número de muestra: _____		
PARÁMETRO DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
Color externo (en la parte más carnosa) (D ₁)	Rosado, brillante	0
	Grisáceo, amarillo-marrón	1
	Amarillo, verde-azulado	2
Olor externo (D ₂)	Mar, algas	0
	Neutro, no amoniacal	1
	Leve olor amoniacal	2
	Amoniacal penetrante, putrefacto, fétido	3
Mucosidad externa (D ₃)	Ausencia	0
	Presencia	1
Elasticidad externa (D ₄)	Muy firme, elástico (La marca de los dedos desaparece rápidamente)	0
	Firme (El dedo deja marca más de 3 segundos)	1
	Blando (no se recupera)	2
Dureza fibras (Al abrir el pescado) (D ₅)	Blando	0
	Rígido	1
	Muy rígido	2
Índice de calidad (QI)		0-10
Observaciones:		
• Restos de piel	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
• Presencia de vísceras	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
• Suciedad en superficie	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
• Otras:		

Tiempo de almacenamiento refrigerado tras la descongelación

	1 día	4 días	18 días
Color externo	Rosado, brillante	Grisáceo, amarillo-marrón	Amarillo, verde-azulado
Mucosidad externa	Ausencia	Ausencia	Presencia
Elasticidad externa	Muy firme, elástico	Firme	Blando

Figura 3.69. Galería fotográfica de las alas de raya sin piel descongelada y almacenada a temperaturas de refrigeración

3.4.10.2 Validación

Para examinar la relación entre el QI utilizando la ficha de cata desarrollada y los días de almacenamiento, se realizan 3 nuevas sesiones de cata. En cada una de ellas, los catadores evalúan 3 o 4 muestras de alas de raya sin piel almacenadas en hielo a temperaturas de refrigeración y que llevan descongeladas 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 días. Con los resultados obtenidos se calcula el Índice de Calidad (QI) medio de cada día de almacenamiento.

Tabla 3.49. Puntuaciones medias y errores típicos de los descriptores evaluados en alas de raya sin piel con el esquema QIM y coeficientes de correlación con los días de almacenamiento en refrigeración

Días de descongelado	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	QI
1	0,29 (0,18)	0,71 (0,18)	0,00 (0,00)	0,29 (0,18)	0,57 (0,20)	1,86 (0,63)
2	0,43 (0,20)	1,14 (0,26)	0,00 (0,00)	1,00 (0,31)	0,43 (0,20)	3,00 (0,72)
4	1,00 (0,00)	1,43 (0,20)	0,00 (0,00)	1,00 (0,00)	0,57 (0,20)	4,00 (0,22)
6	1,00 (0,00)	1,50 (0,22)	0,00 (0,00)	1,67 (0,21)	1,00 (0,00)	5,17 (0,17)
8	1,83 (0,17)	1,50 (0,34)	0,00 (0,00)	1,83 (0,17)	1,00 (0,00)	6,17 (0,31)
10	1,67 (0,21)	2,83 (0,17)	0,17 (0,17)	1,50 (0,22)	1,17 (0,17)	7,33 (0,42)
12	2,00 (0,00)	2,50 (0,22)	0,17 (0,17)	1,50 (0,34)	2,00 (0,00)	8,17 (0,48)
14	1,67 (0,21)	3,00 (0,00)	0,33 (0,21)	1,83 (0,17)	1,50 (0,34)	8,33 (0,56)
16	1,50 (0,22)	2,83 (0,17)	0,83 (0,17)	2,00 (0,00)	1,67 (0,21)	8,83 (0,48)
18	1,67 (0,21)	3,00 (0,00)	1,00 (0,00)	2,00 (0,00)	2,00 (0,00)	9,67 (0,21)
Coefficiente de correlación	0,79	0,94	0,86	0,84	0,93	0,98

D₁: Color externo, D₂: Olor externo, D₃: Mucosidad externa, D₄: Elasticidad externa, D₅: Dureza fibras

En la Tabla 3.49 se presentan las puntuaciones medias de todos los parámetros seleccionados. Gráficamente se puede apreciar en la Figura 3.70 que todos ellos presentan una tendencia a incrementarse con el tiempo de almacenamiento en las condiciones de refrigeración establecidas. Durante el periodo de almacenamiento se detectan cambios graduales y apreciables para todos los parámetros evaluados, alcanzando el último día de estudio una puntuación total de 9,67 puntos, es decir, tras permanecer la raya 18 días descongelada a temperaturas de refrigeración no se consigue llegar al QI máximo (10 puntos) del esquema QIM desarrollado para esta especie. Esto es debido a que el parámetro *color externo* no alcanza su puntuación máxima.

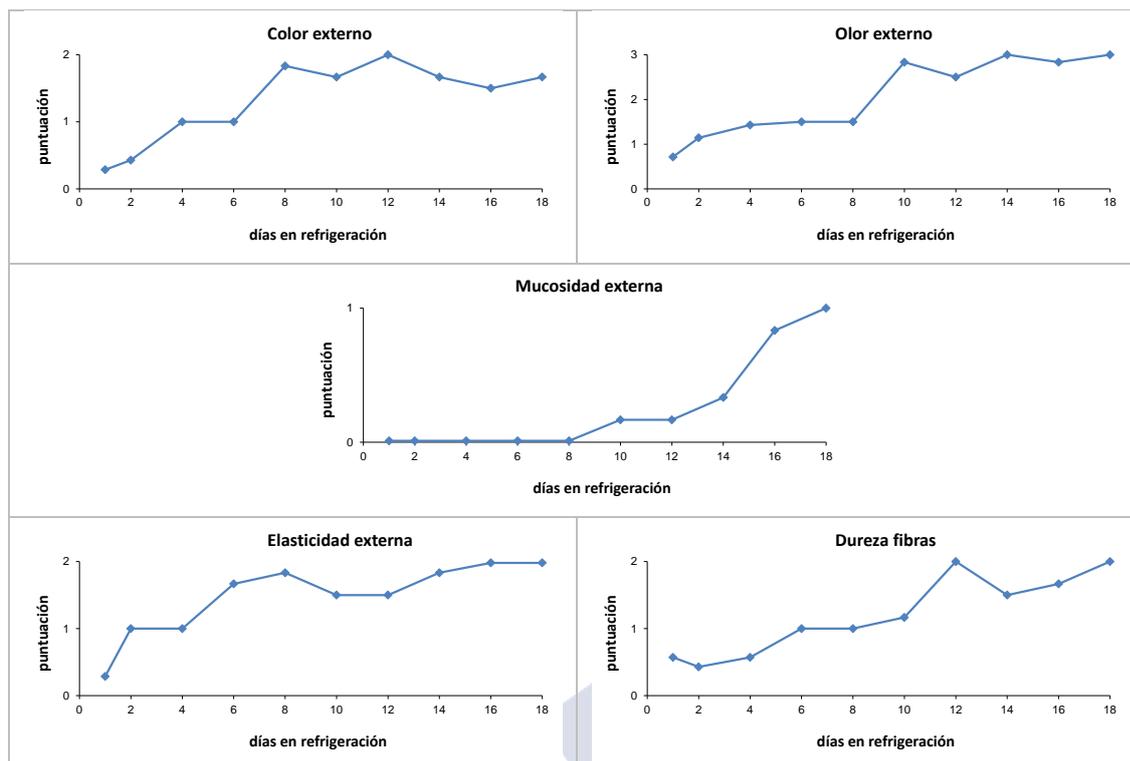


Figura 3.70. Puntuaciones medias de los descriptores evaluados en alas de raya sin piel con el esquema QIM

El coeficiente de correlación entre la puntuación media individual de cada descriptor y el tiempo de almacenamiento (Tabla 3.49) es en la mayoría de los casos alto, aunque, por ejemplo, en el caso del descriptor *color externo* el grado de asociación lineal es moderado y en el descriptor *mucosidad externa* la tendencia a aumentar con el tiempo no es lineal, tal y como se aprecia en la Figura 3.70. No obstante, para el QI, además de presentar el coeficiente de correlación más alto ($r=0,98$), la relación con el tiempo es aproximadamente lineal (Figura 3.71). Por tanto, para esta especie y presentación, la predicción del tiempo de descongelación será más precisa y simple utilizando un esquema QIM basado en un número suficiente de atributos (porque permitirá dar una posible puntuación total de magnitud razonable) que utilizando un único atributo, cuya valoración oscila entre 0 y un máximo de 3 (Sveinsdottir et al., 2003; Bekaert, 2006).

En el análisis de regresión del QI frente al tiempo de descongelación, se puede asumir, además, que el error experimental sigue aproximadamente una distribución normal dado que el QI individual de cada juez es la suma de las puntuaciones de 5 parámetros, y el QI total es la media de los QI de todos los jueces. Se calcula la ecuación de la recta de regresión mínimo cuadrática ($Y=0,4428X+2,2228$) que describe la relación lineal entre el promedio del índice de calidad para cada día de almacenamiento y el tiempo de almacenamiento en refrigeración (Figura 3.71). El coeficiente de determinación, próximo a 1 ($R^2=0,9641$), permite considerar que la recta obtenida proporciona un buen ajuste (La variabilidad explicada por la regresión es del 96,41%).

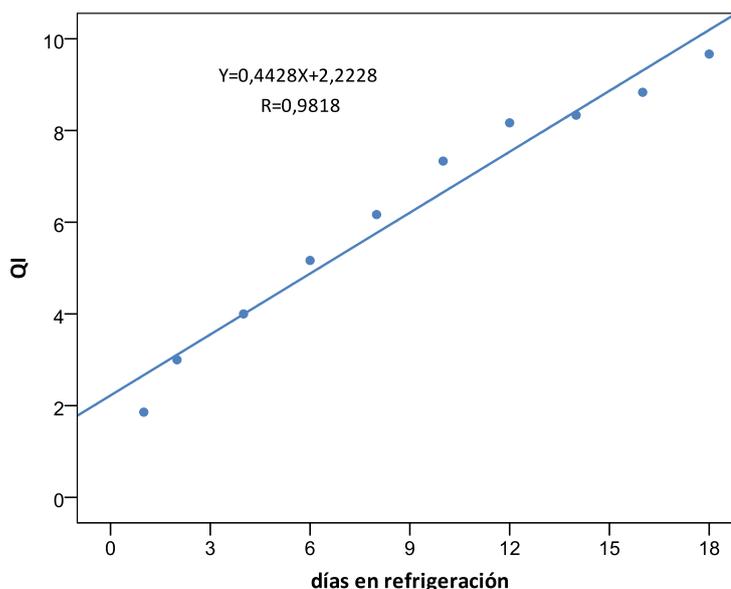


Figura 3.71. Recta de regresión del QI medio de alas de raya sin piel en función del tiempo de almacenamiento y coeficiente de correlación asociado

3.4.10.3 Vida útil

Para esta especie y presentación, al igual que en el granadero de roca, talismán, pez sable negro y pez palo, se establece el fin de la vida útil cuando los catadores otorgan a cada uno de los descriptores estudiados una puntuación de 1, a excepción de la *mucosidad externa*, descriptor en el que se toma el valor de 0.

En la etapa de validación del esquema QIM para este producto, la recta mínimo cuadrática, que describe la relación lineal entre el QI (Y) y el tiempo en refrigeración (X), obtenida es $Y=0,4428X+2,2228$, con un coeficiente de correlación $R=0,9818$. Mediante predicción inversa se determina que la vida útil estimada es de 4 días, dado que para un $QI=4$, la predicción del tiempo descongelado es de $\hat{x}_0=4,01$ días.

La raya es la única especie cartilaginosa de este estudio y la que presenta un tiempo de vida útil más corto. Estos resultados corroboran la afirmación de Huss (1998), incluida en la Sección 1.1.2, en la cual se indica que, en general, las especies de pescado óseas permanecen comestibles más tiempo que las cartilaginosas.

La precisión de la predicción del tiempo de vida útil puede evaluarse mediante el margen de error, para un nivel de confianza aproximado del 95%, $c = t \cdot SE = 3,02$ días (el percentil 97,5% de la distribución t de Student con 8 grados de libertad es $t=2,306$ y el error estándar de \hat{x}_0 es $SE(\hat{x}_0)=1,3117$). El intervalo de predicción (método de Wald) de un nivel de confianza aproximado del 95% para la vida útil es entonces $I = (x_m, x_M) = (0,99; 7,03)$, dado que es de la forma $I = (\hat{x}_0 \pm c)$. Como medida global de la validez de la técnica de predicción inversa basada en la recta mínimo cuadrática, se puede considerar el error estándar de predicción inversa, $SEIP=0,7274$.

Tanto el margen de error (al nivel de confianza del 95%) del tiempo de vida útil, como el $SEIP$ del método de predicción inversa, son satisfactorios. No obstante, con el fin de mejorar la predicción de la vida útil, se realiza un análisis de regresión más exhaustivo, concluyéndose que un modelo potencial $Y = aX^b$ (siendo Y el QI medio y X el número de días en descongelación) proporciona un ajuste mejor que la recta mínimo cuadrática. El modelo

potencial equivale a un modelo lineal, $\ln(Y) = a^* + b \cdot \ln(X)$, cuyo ajuste mínimo cuadrático es $\ln(Y) = 1,9110 + 0,5646 \ln(X)$. Tomando como valores iniciales de los coeficientes $a_0 = \exp(1,9110)$ y $b_0 = 0,5646$, el método de mínimos cuadrados no lineales proporciona un ajuste del modelo potencial $\hat{Y} = 1,9604X^{0,5536}$ (Figura 3.72), para el cual $R = r_{\hat{Y}} = 0,9965$, lo que indica que el ajuste potencial es casi perfecto y mejora al lineal.

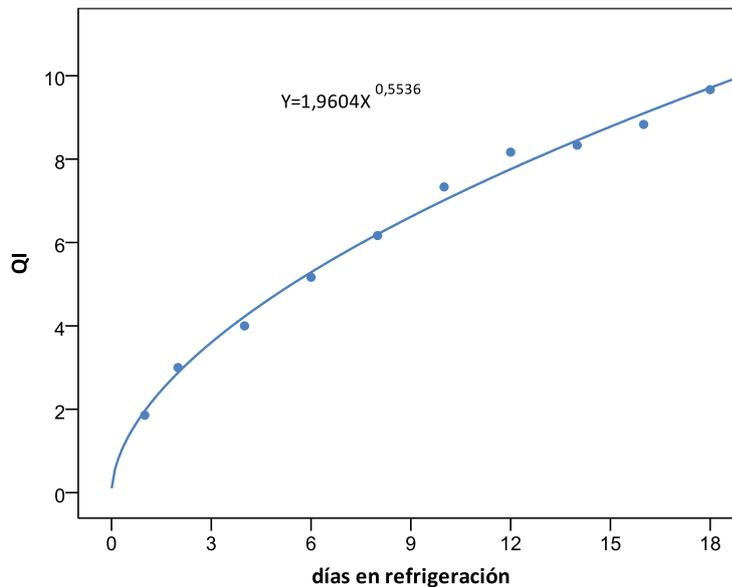


Figura 3.72. Modelo potencial $Y = aX^b$ ajustado por el método de mínimos cuadrados no lineales en alas de raya sin piel

El tiempo de vida útil estimado mediante predicción inversa basada en el modelo potencial es de 3 días (para un $QI = 4$, $\hat{x}_0 = 3,63$). El ajuste del modelo potencial equivale a una recta por el origen en términos de $X^* = X^{0,5536}$, $Y = 1,9604X^*$. Dicha recta puede utilizarse para obtener un intervalo de confianza aproximado del 95% para el tiempo de vida útil (Tabla 3.50).

Tabla 3.50. Vida útil de alas de raya sin piel, estimada por predicción inversa, e intervalos de predicción de un nivel de confianza del 95%. $Y = QI$ medio, $X =$ el número de días descongelado, $X^* = X^{0,5536}$

Modelo de referencia	$Y = 0,4428X + 2,2228$	$Y = 1,9604X^*$
Estimación de la vida útil	4,01	3,63
Intervalo de confianza del 95% y método	(0,82; 6,95) Inversión	(2,73; 4,66) Inversión
	(4,01 \mp 3,02) \Leftrightarrow (0,99; 7,03) Wald	

El intervalo de confianza para la vida útil obtenido en base a la recta mínimo cuadrática por el origen $Y = aX^*$ (equivalente al ajuste potencial) es, $I = (2,73; 4,66)$, se considera muy satisfactorio y permite concluir que la vida útil es de 4 días como máximo. Cabe comentar que tanto un modelo polinómico de grado dos, como un modelo polinómico de grado tres, también proporcionan ajustes que mejoran al lineal, pero a la vista de los buenos resultados

basados en el modelo potencial, de ecuación más simple, no se presentan los resultados para los modelos polinómicos.

Finalmente, es de destacar que se ha elaborado y publicado una guía práctica visual (Romero et al., 2014), elaborada por el equipo de investigación, en la que se incluyen los esquemas QIM y las galerías fotográficas desarrolladas para las diferentes especies pesqueras congeladas descritas. La guía está actualmente a disposición del sector pesquero en general, y, en particular, del de congelados, con el objetivo de proporcionar una herramienta para la valoración objetiva de la calidad de las especies consideradas.

3.4.11 Nuevas propuestas para la determinación de la vida útil

A continuación, se hace una novedosa propuesta para la modelización de los resultados obtenidos en la validación de las fichas QIM, motivada por las conclusiones que se extraen de los resultados previos. Dicha propuesta, como se verá, resulta de gran utilidad y sencillez para las especies objeto de estudio. Además, en base a un estudio exploratorio, no exhaustivo, se muestra que la propuesta puede ser de utilidad también para la validación del método QIM en especies de pescado fresco, a la vista de los buenos resultados obtenidos con la nueva propuesta aplicada a fichas QIM desarrolladas por otros autores.

En las secciones previas relativas a la determinación de la vida útil (Secciones 3.4.1.3 a 3.4.10.3), se aprecia que los intervalos de confianza obtenidos en base a la recta mínimo cuadrática por el origen, $\hat{Y} = aX^*$, equivalente al ajuste potencial, $\hat{Y} = aX^b$, permiten acotar de forma satisfactoria el tiempo de vida útil en la mayoría de las especies estudiadas. Estos intervalos, no obstante, deben considerarse solamente como orientativos, dado que en su cálculo se utiliza la variable $X^* = X^b$, esto es, se hace uso del coeficiente b como si fuese conocido, cuando en realidad es un valor estimado. En aras de evitar dicho inconveniente, a continuación, se examinan dos métodos alternativos para el cálculo de los intervalos de confianza para la vida útil.

En primer lugar, se utiliza el ajuste por mínimos cuadrados no lineales del modelo potencial $Y = aX^b$ directamente. Los intervalos de confianza basados en dichos ajustes (Greenwell y Schubert, 2014), se recogen en la Tabla 3.53. Los coeficientes de correlación de los ajustes potenciales obtenidos por el método de mínimos cuadrados no lineales, se recogen en la Tabla 3.52.

En la segunda propuesta, se hace uso de un modelo lineal en términos de una transformación de la variable X . Los ajustes del modelo potencial obtenidos en las secciones relativas a la determinación de la vida útil (Secciones 3.4.1.3 a 3.4.10.3) presentan una característica destacable: el coeficiente de la potencia, b (de la ecuación $Y = aX^b$), es un valor que no varía mucho de unas especies a otras, siempre entre 0,55 y 0,66 (Tabla 3.51) salvo en los filetes de talismán.

Tabla 3.51. Coeficiente b del modelo potencial $\hat{Y} = aX^b$ para las especies y presentaciones en las que se utiliza dicho ajuste para predecir la vida útil

Especie y presentación	Coeficiente b del ajuste $\hat{Y} = aX^b$
Halibut negro entero	0,5972
Halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola	0,5785
Platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola	0,5825
Filetes de talismán sin piel	0,7297
Pez sable negro eviscerado, sin cabeza, cola y piel	0,5826
Pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola	0,6570
Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola	0,6126
Alas de raya sin piel	0,5536

La similitud de los coeficientes b obtenidos para las diferentes especies y presentaciones sugiere la posibilidad de considerar un modelo de regresión alternativo al modelo potencial. El modelo a considerar es un modelo lineal que expresa el QI (Y) en términos de $X^* = \sqrt{X}$ (la raíz del número de días en refrigeración), $Y = a + b\sqrt{X}$. En este modelo se considera un modelo potencial con coeficiente $b=1/2=0,50$ conocido, que permite introducir una curvatura similar a la de los modelos potenciales ajustados, y se permite que la ordenada en el origen, a , sea distinta de cero para poder mejorar el ajuste del modelo potencial con $b=0,50$ fijo. La potencia se fija en 0,50 por dos razones: su proximidad a los coeficientes de los ajustes potenciales obtenidos y la sencillez de interpretación del modelo resultante (simplemente hay que sustituir X por su raíz cuadrada en el modelo lineal). Desde un punto de vista estadístico, sería posible fijar b en un valor que conduciría a ajustes algo mejores, pero menos atractivos desde el punto de vista de su puesta en práctica. Así, a simple vista, se puede apreciar que un valor fijo para $b=0,60$ conduciría a buenos resultados basados en el modelo $Y = aX^{0,60}$ (0,60 es el punto medio entre la mediana y la media de las potencias obtenidas en los ajustes potenciales). No obstante, la transformación de $X^* = X^{0,60}$ resultaría menos atractiva para aplicar en el sector pesquero que la raíz cuadrada considerada.

Tabla 3.52. Coeficientes de correlación $R=r_{\hat{Y}}$ de los ajustes mínimo cuadráticos de $Y=$ "QI" en función de $X=$ "días en refrigeración" correspondientes al modelo potencial $Y = aX^b$ y al modelo lineal del tipo $Y = a + b\sqrt{X}$ en pescado descongelado

Especie y presentación	R de $\hat{Y} = aX^b$	R de $\hat{Y} = a + b\sqrt{X}$
Halibut negro entero	0,9945	0,9946
Halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola	0,9706	0,9704
Platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola	0,9876	0,9870
Filetes de talismán sin piel	0,9974	0,9957
Pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	0,9769	0,9799
Pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola	0,9742	0,9758
Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola	0,9849	0,9848
Alas de raya sin piel	0,9965	0,9967

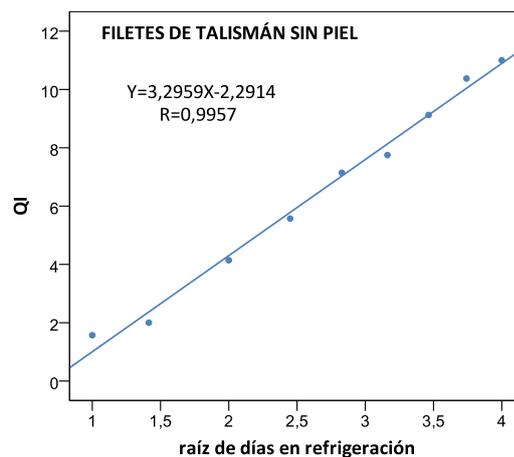
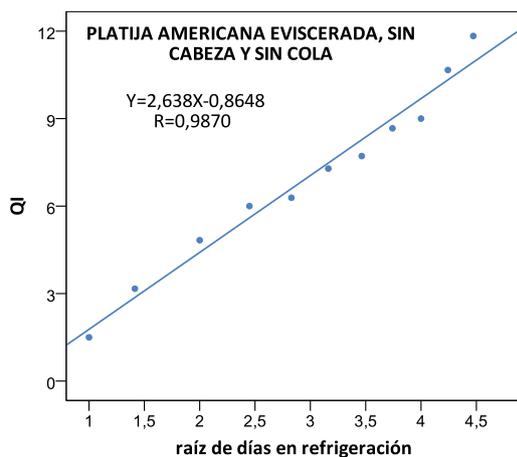
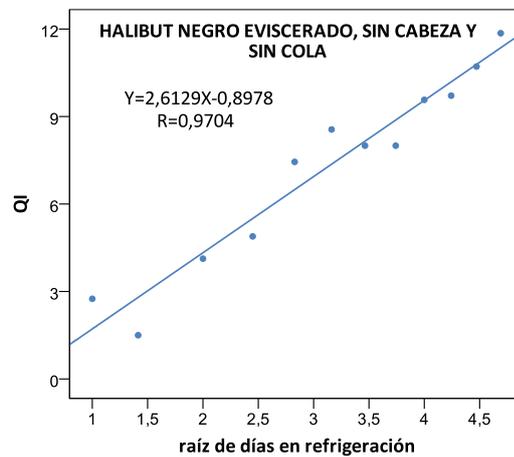
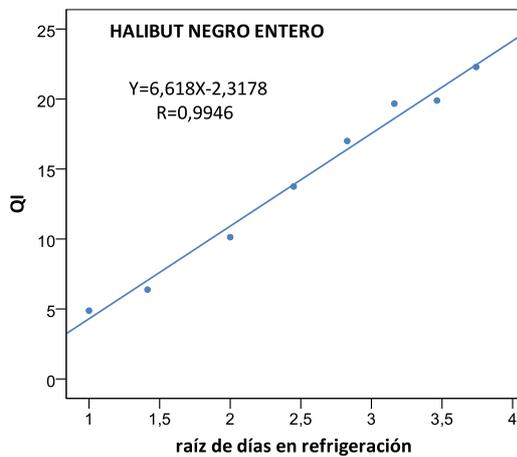
Tabla 3.53. Intervalos de confianza del 95% para los tiempos de vida útil calculados por el método de inversión a partir de los intervalos de predicción del QI. Modelos de referencia estimados: el ajuste potencial $Y = aX^b$ obtenido por el método de mínimos cuadrados no lineales y el ajuste del modelo lineal (respecto a \sqrt{X}) $Y = a + b\sqrt{X}$ obtenido por el método de mínimos cuadrados ordinario

Modelo de referencia Vida útil estimada e intervalo del 95%	$Y = aX^b$		$Y = a + b\sqrt{X}$	
	\hat{x}_0	$I = (x_m, x_M)$	\hat{x}_0	$I = (x_m, x_M)$
Halibut negro entero	4,2	(3,0;5,4)	4,1	(2,9;5,3)
Halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola	7,2	(3,6;11,6)	7,0	(3,5;11,4)
Platija americana eviscerada, sin cabeza ni cola	5,1	(3,1;7,4)	4,9	(3,0;7,3)
Filetes de talismán sin piel	3,9	(3,0;4,8)	3,6	(2,7;4,7)
Pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	4,4	(1,9;7,7)	4,5	(2,2;7,3)
Pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola	4,8	(2,0;8,4)	4,6	(2,1;7,8)
Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola	5,4	(3,1;8,1)	5,2	(3,1;7,8)
Alas de raya sin piel	3,6	(2,7;4,6)	3,6	(2,7;4,5)

En la Tabla 3.52 se comparan los coeficientes de correlación correspondientes a las rectas mínimo cuadráticas en términos de \sqrt{X} de la forma $Y = a + b\sqrt{X}$, con los correspondientes a los ajustes potenciales obtenidos por el método de mínimos cuadrados no lineales. En la Figura 3.73 se muestran dichos ajustes lineales con respecto a \sqrt{X} , mientras que en la Figura 3.74 se muestran las funciones de regresión estimadas equivalentes (en función de X). Como se puede apreciar, los ajustes basados en el modelo $Y = a + b\sqrt{X}$ son plenamente satisfactorios para aquellas especies que previamente se habían analizado con el modelo potencial.

La Tabla 3.53 recoge los intervalos de confianza para la vida útil determinados con ambas propuestas: el modelo de regresión potencial y el modelo lineal basado en la \sqrt{X} . Los ajustes de ambos modelos conducen pues a intervalos muy similares, con diferencias poco relevantes a efectos prácticos. Como era de esperar, se puede observar la similitud de dichos intervalos con los obtenidos en las secciones relativas a la determinación de la vida útil (Secciones 3.4.1.3 a 3.4.10.3) con la recta mínimo cuadrática por el origen $Y = aX^*$ con $X^* = X^b$ (Tablas 3.18, 3.21, 3.24, 3.32, 3.38, 3.43, 3.46 y 3.50).

No obstante cabe decir, que para cada especie y presentación, de los tres intervalos obtenidos como alternativa al intervalo correspondiente al modelo lineal simple, el basado en el modelo potencial es el más apropiado: su cálculo se basa en el ajuste del modelo potencial sin hacer uso de suposiciones previas. En los otros dos casos se presupone $b=0,5$ si se usa \sqrt{X} y que b es conocido (siendo realmente estimado) si se usa la recta por el origen.



3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado

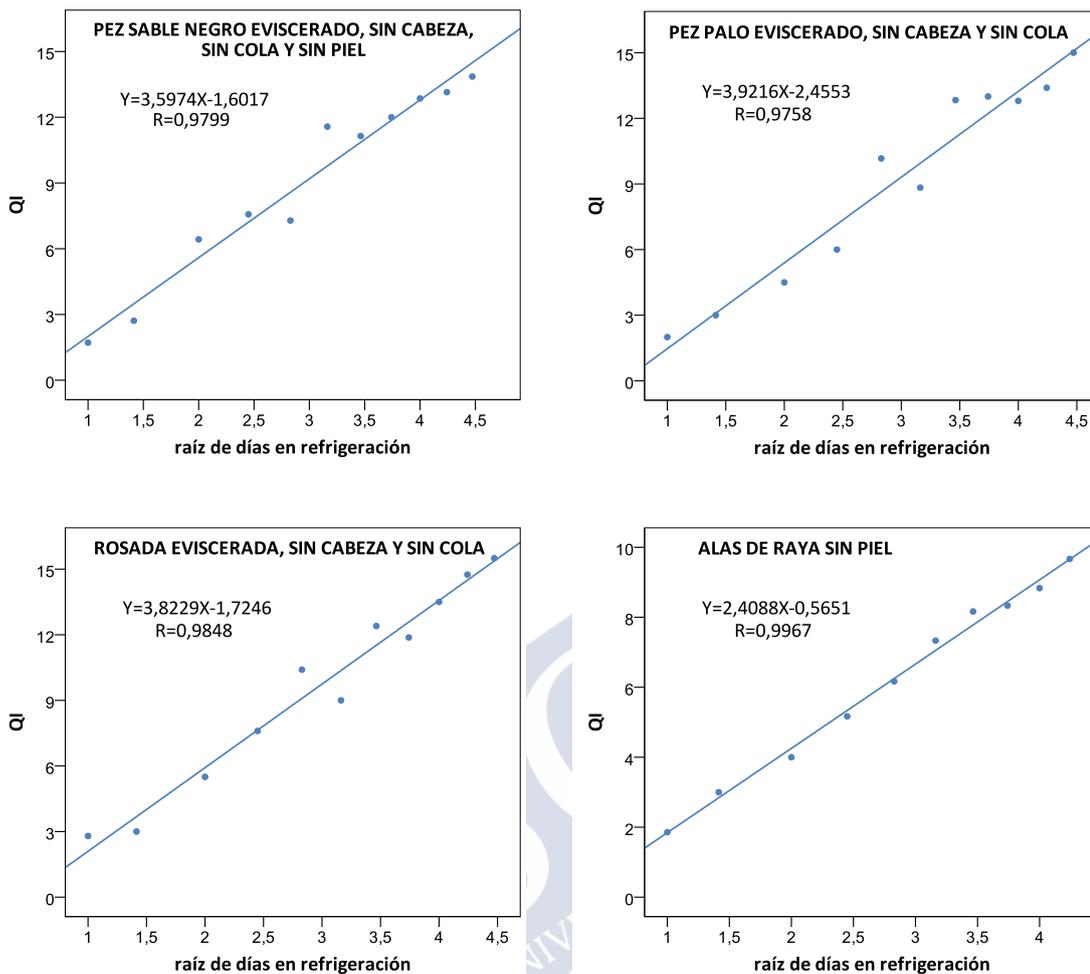
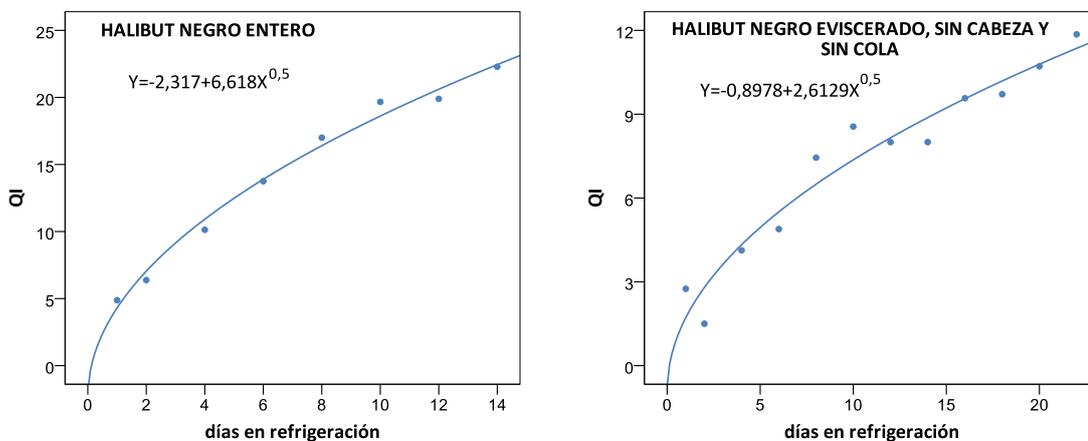


Figura 3.73. Ajustes mínimo cuadráticos del modelo de regresión lineal $Y = a + bX^*$, en donde Y es el QI medio y X^* es la raíz cuadrada de los días en refrigeración



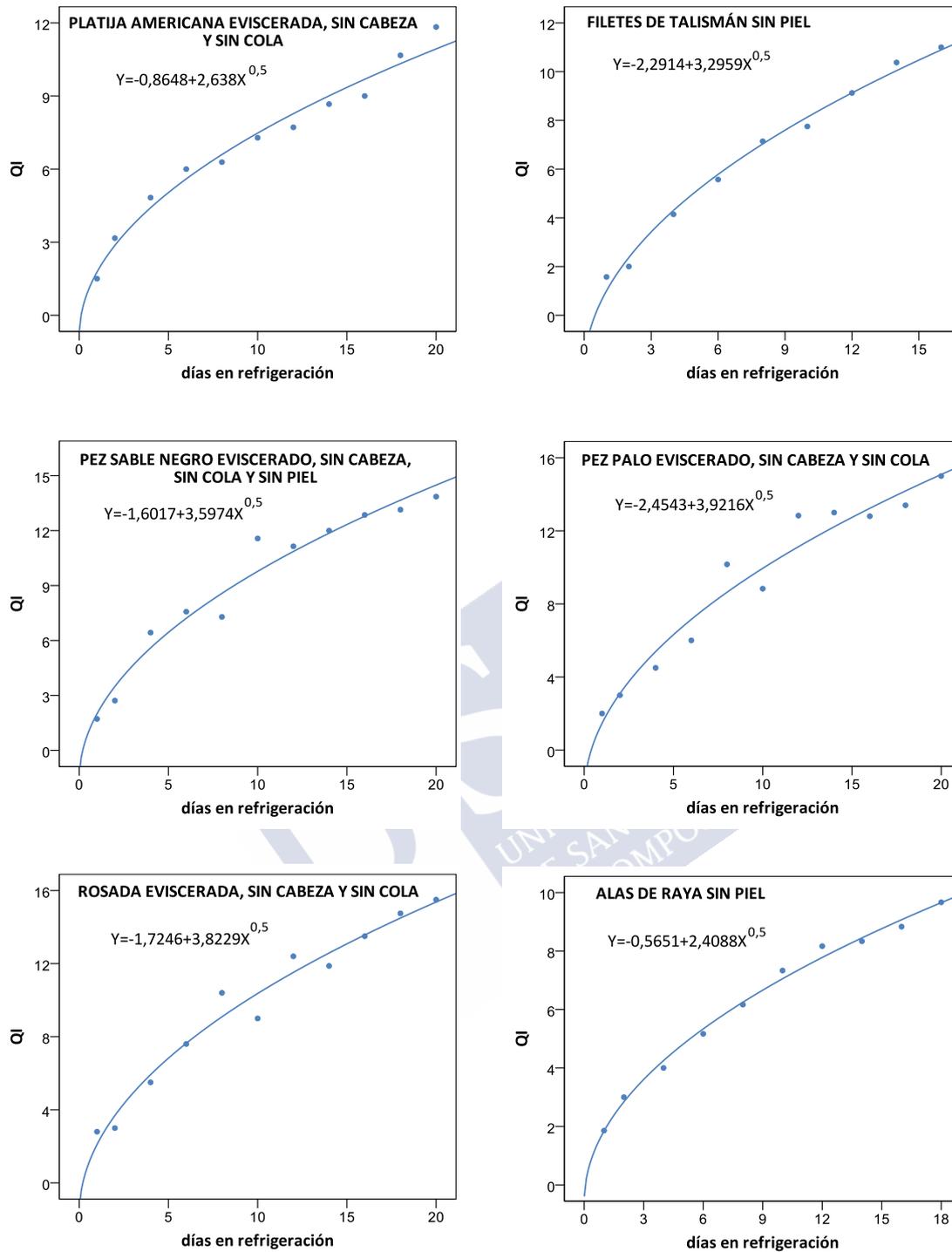


Figura 3.74. Funciones de regresión estimadas, $f(x) = a + b\sqrt{X}$, que se derivan de los correspondientes ajustes mínimo cuadráticos de la Figura 3.73

En lo que precede se han presentado los intervalos de confianza para los tiempos de vida útil obtenidos por el método de inversión a partir de los intervalos de predicción del QI. En su cálculo se asume que $y_0 = f_{\theta}(x_0) + \varepsilon_0$, esto es, se considera que el valor y_0 del QI

considerado como marcador del fin de la vida útil engloba un error aleatorio ε_0 , siendo $\mu_0 = f_\theta(x_0)$ el valor medio (que se considera desconocido) que tendría el QI en el fin de la vida útil. Si se puede asumir que el valor fijado como marcador del fin de la vida útil es realmente μ_0 , los intervalos de confianza para los tiempos de vida útil habría que obtenerlos por el método de inversión a partir de los intervalos de estimación de μ_0 . Este intervalo no involucra al error aleatorio ε_0 , por lo que conduce a intervalos de confianza para la vida útil más estrechos, lo que permitiría mejorar la evaluación de la vida útil. Los intervalos resultantes de aplicar el último enfoque se recogen en la Tabla 3.54, en donde se puede apreciar la reducción de la amplitud del intervalo para cada especie. Los intervalos de la Tabla 3.53 se conocen como intervalos de calibración (o de predicción inversa), mientras que los intervalos de la Tabla 3.54 se denominan intervalos de regulación (o de estimación inversa).

Tabla 3.54. Intervalos de confianza del 95% para los tiempos de vida útil calculados por el método de inversión a partir de los intervalos de estimación del QI medio. Modelos de referencia estimados: el ajuste potencial $Y = aX^b$ obtenido por el método de mínimos cuadrados no lineales y el ajuste del modelo lineal (respecto a \sqrt{X}) $Y = a + \sqrt{X}$ obtenido por el método de mínimos cuadrados ordinario

Modelo de referencia	$Y = aX^b$		$Y = a + b\sqrt{X}$	
Vida útil estimada e intervalo del 95%	\hat{x}_0	$I = (x_m, x_M)$	\hat{x}_0	$I = (x_m, x_M)$
Halibut negro entero	4,2	(3,7;4,7)	4,1	(3,6;4,5)
Halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola	7,2	(5,7;8,6)	7,0	(5,8;8,1)
Platija americana eviscerada, sin cabeza ni cola	5,1	(4,3;6,0)	4,9	(4,2;5,7)
Filetes de talismán sin piel	3,9	(3,5;4,3)	3,6	(3,2;4,0)
Pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	4,4	(3,2;5,6)	4,5	(3,5;5,4)
Pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola	4,8	(3,5;6,1)	4,6	(3,6;5,6)
Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola	5,4	(4,4;6,4)	5,2	(4,4;6,0)
Alas de raya sin piel	3,6	(3,2;4,0)	3,6	(3,2;3,9)
Modelo de referencia	$Y = a + bX$			
Vida útil estimada e intervalo del 95%	\hat{x}_0	$I = (x_m, x_M)$		
Granadero de roca eviscerado sin cabeza, sin cola y sin piel	4,9	(4,1;5,7)		

3.4.11.1 Evaluación de las nuevas propuestas en otros contextos

En las secciones previas, se muestran los buenos resultados que proporcionan tanto el modelo potencial como el modelo lineal en términos de la raíz de los días en refrigeración en pescado congelado, a la hora de modelizar los datos obtenidos para validar la ficha QIM de diferentes especies congeladas.

Dado que las fichas QIM de pescado fresco son numerosas en la literatura científica (Sección 3.1), no se aborda aquí un examen completo de la utilidad de ambos modelos con productos pesqueros frescos. No obstante, a modo de ilustración del interés en dicho contexto, la Tabla 3.55 recoge, para una muestra de especies, los coeficientes de correlación del modelo potencial y del modelo lineal basado en la raíz de los días transcurridos desde su captura. Para todas las especies recogidas en dicha tabla, el modelo potencial proporciona un ajuste mejor que el lineal en cuanto que el valor del coeficiente R es mayor (los tres modelos comparados

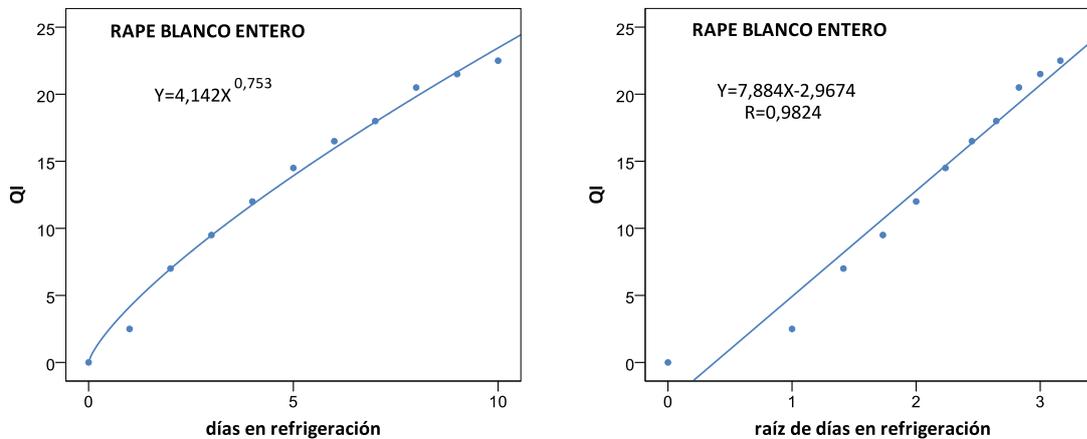
requieren la estimación de dos coeficientes, a y b). Lo mismo ocurre con el modelo lineal en términos de \sqrt{X} , salvo en el caso del rape blanco entero (cuyo R es ligeramente inferior al modelo lineal).

Tabla 3.55. Coeficientes de correlación $R=r_{YY}$ de los ajustes mínimo cuadráticos de $Y=“QI”$ en función de $X=“\text{días en refrigeración}”$ correspondientes a los modelos lineal, potencial y lineal respecto a \sqrt{X} en especies de pescado fresco

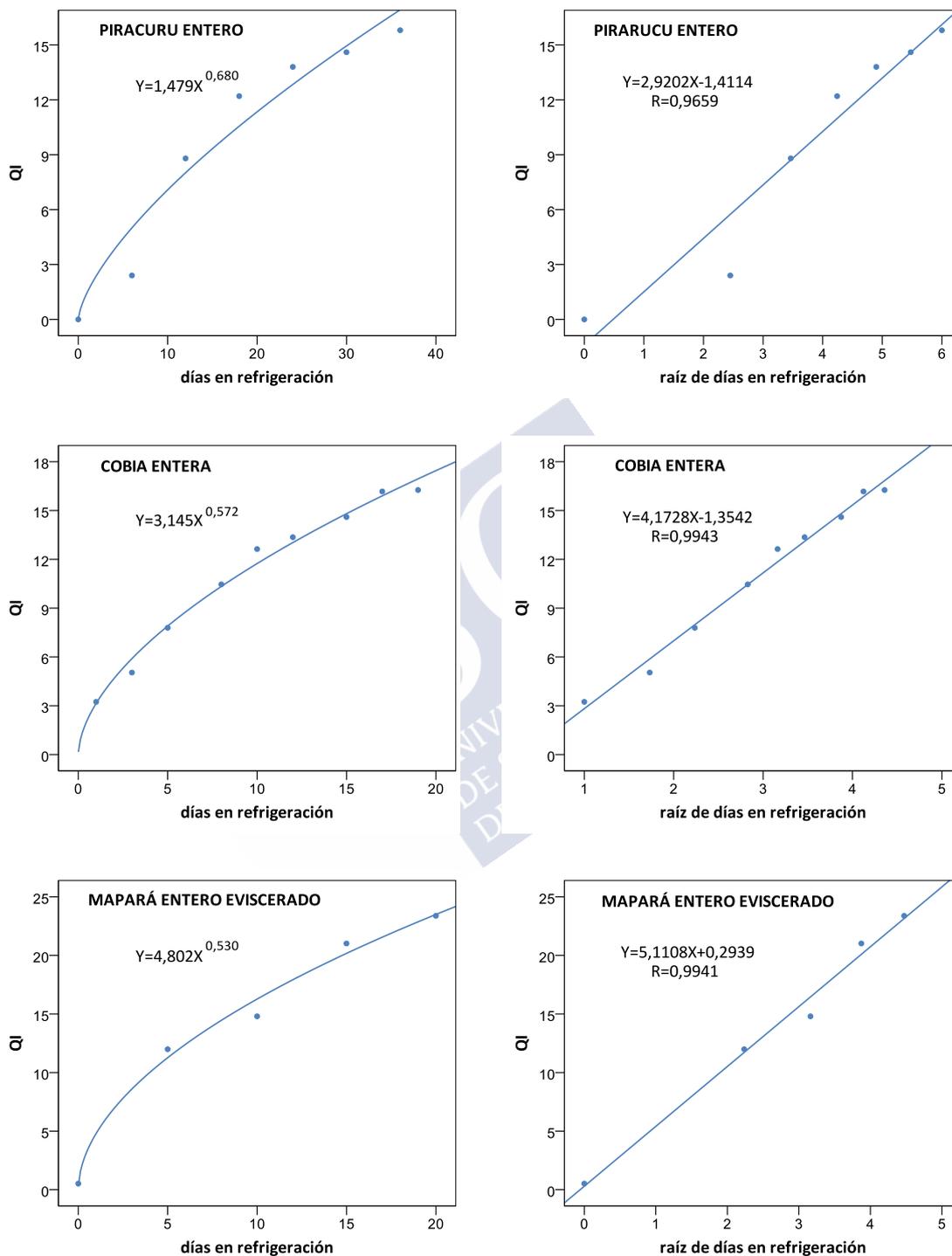
Especie y presentación	$Y = a + bX$	$Y = aX^b$	$Y = a + b\sqrt{X}$
1. Rape blanco entero (<i>Lophios piscatorius</i>)	0,9862	0,9934	0,9824
2. Pirarucu entero (<i>Arapaima gigas</i>)	0,9519	0,9860	0,9659
3. Cobia entera (<i>Rachycentron canadum</i>)	0,9769	0,9891	0,9943
4. Mapará entero eviscerado (<i>Hypophthal musmarginatis</i>)	0,9632	0,9633	0,9941
5. Tambatinga híbrida entera eviscerada (<i>Colossoma macropomum x Piaractus brachypomum</i>)	0,9584	0,9927	0,9817
6. Tilapia del Nilo entera eviscerada (<i>Oreochromis niloticus</i>)	0,9857	0,9977	0,9993
7. Merluza entera eviscerada (<i>Merluccius merluccius</i>)	0,9811	0,9982	0,9916

Los resultados mostrados en la Tabla 3.55 se calcularon con los datos utilizados en los siguientes artículos científicos: Pennisi et al. (2011) en el caso 1, Oliveira et al. (2014) en el caso 2, Fogaça et al. (2016) en el caso 3, Gurgel et al. (2016) en el caso 4, Ritter et al. (2016) en el caso 5 y Castro et al. (2017) en el caso 6. En el caso de la merluza entera eviscerada (7), los datos fueron obtenidos por nuestro grupo de investigación y aún no están publicados.

En la Figura 3.75 se muestran, a nivel ilustrativo, los ajustes de tipo potencial y lineal respecto a \sqrt{X} , $Y = a + b\sqrt{X}$, en especies de pescado fresco, que en base a los coeficientes de correlación de la Tabla 3.55 proporcionan mejores ajustes que el lineal, salvo para el rape blanco entero.



3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado



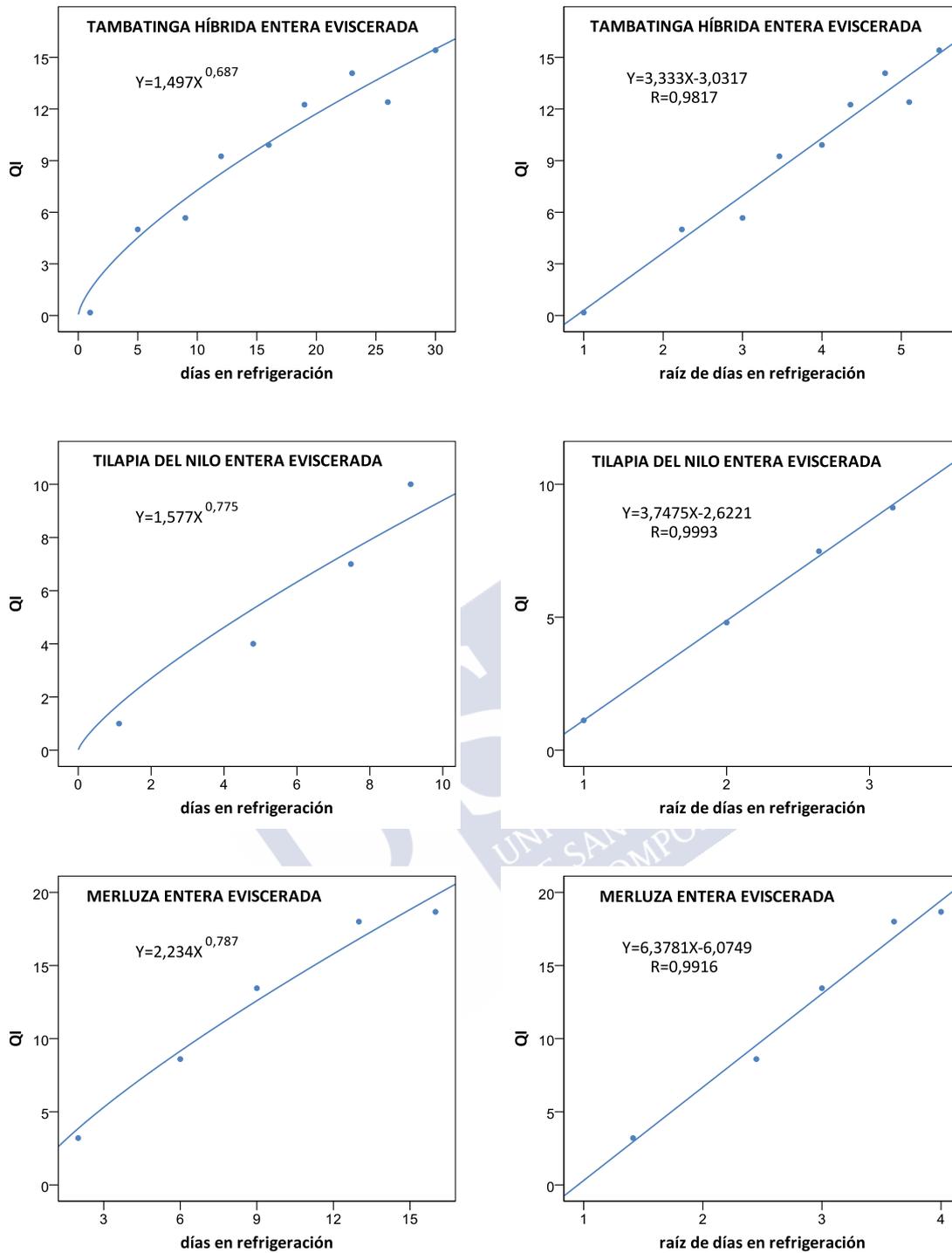


Figura 3.75. Ajustes mínimo cuadráticos de un modelo potencial $Y = aX^b$ (izquierda) y un modelo lineal del tipo $Y = a + b\sqrt{X}$ (derecha) en especies frescas

3.5 CONCLUSIONES

- Se desarrolla y valida un esquema QIM específico para cada una de las presentaciones de las siguientes especies descongeladas y almacenadas a temperaturas de refrigeración: halibut negro (*Reinhardtius hippoglossoides*) entero y eviscerado, sin cabeza y sin cola,

3 Desarrollo y validación del esquema QIM y determinación de la vida útil para pescado congelado

platija americana (*Hippoglossoides platessoides*) eviscerada, sin cabeza y sin cola, granadero de roca (*Coryphaenoides rupestris*) eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, filetes talismán (*Alepocephalus bairdii*) sin piel, pez sable negro (*Aphanopus carbo*) entero sin piel y eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, pez palo (*Molva dypterygia*) eviscerado, sin cabeza y sin cola, rosada (*Genypterus blacodes*) eviscerada, sin cabeza y sin cola y alas de raya (*Amblyraja radiata*) sin piel.

- Se propone utilizar el QI para estimar el tiempo de vida útil puesto que en el análisis de regresión lineal (del QI frente al tiempo en refrigeración) se obtiene un ajuste satisfactorio en todos los casos ya que el coeficiente de determinación (R^2) es siempre superior a 0,90 (la variabilidad del QI explicada por la regresión es de al menos un 90%).
- Se logra determinar el tiempo de vida útil de todas las especies y presentaciones con un grado de precisión satisfactorio (valorado mediante el correspondiente intervalo de confianza del 95%), en base a los datos de validación de los esquemas QIM desarrollados. Oscila entre 4,01 y 8,22 días para las alas de raya sin piel y el halibut negro eviscerado sin cabeza y sin cola, respectivamente.
- Como era de esperar, la vida útil estimada de la especie cartilaginosa estudiada (raya) es más corta que la de los peces óseos.
- De los peces óseos, la vida útil más corta la presenta el talismán fileteado sin piel, lo que puede indicar que la ausencia de piel como tejido protector y la mayor superficie de músculo expuesta provoca una degradación más rápida.
- El mucus presente en la piel de algunas especies (halibut negro, platija americana y rosada) y la evisceración de los pescados previa a la congelación (halibut negro eviscerado vs. halibut negro entero) contribuyen de forma positiva a la obtención de un tiempo de vida útil mayor.
- Se considera que, para todas las especies, salvo para el granadero de roca, la determinación de la vida útil mediante un modelo de regresión potencial, mejora los resultados obtenidos con el modelo de regresión lineal simple. Como alternativa al ajuste de un modelo potencial (basado en un proceso interactivo) que requiere utilizar software estadístico, se propone el ajuste de un modelo lineal en términos de la raíz del número de días de refrigeración, que siendo de cálculo simple, proporciona resultados comparables a los del modelo potencial.
- Los buenos resultados obtenidos en base al modelo potencial con pescado descongelado sugieren que dicho modelo debería de ser útil también para el análisis de los datos obtenidos en la validación de la ficha QIM en otros contextos, con pescado y especies pesqueras no congeladas.
- Los intervalos de confianza se obtuvieron con el método de inversión, que puede utilizarse asumiendo condiciones simples sobre los datos muestrales, y con el método de Wald, que requiere asumir condiciones de justificación más difícil. Sin embargo, los resultados obtenidos con el método de Wald son bastante parecidos a los obtenidos con el método de inversión, siendo los intervalos obtenidos más sencillos de interpretar, en el sentido de que facilitan el margen de error de la estimación.

- La utilización de intervalos de confianza para evaluar la precisión de la estimación de la vida útil sugiere la posibilidad de establecer una fecha de consumo preferente, en base al límite inferior, y una fecha de caducidad, en base al límite superior.

3.6 REFERENCIAS

- Abaroa, M. C., Perez-Villarreal, B., González de Zarate, A., Aboitiz, X., Bald, C., Riesco, S. y Picaza, N. (2008).** *Frescura del pescado: guía visual para su evaluación sensorial*. AZTI-Tecnalia, Bizkaia, 69 pp.
- Agüeira, D., Sanzano, P., Vaz-Pires, P., Rodríguez, E. y Yeannes, M. I. (2015).** Development of Quality Index Method scheme for common carp (*Cyprinus carpio*) stored in ice: shelf-life assessment by physicochemical, microbiological, and sensory Quality Indices. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25(5), 708–723.
- Alasalvar, C., Taylor, K. D. A., Öksüz, A., Shahidi, F. y Alexis, M. (2002).** Comparison of freshness quality of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal of Food Science*, 67(9), 3220–3226.
- Alfama, P. M., Sveinsdóttir, K. y Martinsdóttir, E. (2009).** *Quality Index Method (QIM) for frozen-thawed Atlantic Mackerel (Scomber scombrus) stored in ice: Development and Application in a shelf life study*. Fisheries training programme. Recuperado de: <http://www.unuftp.is/static/fellows/document/patricia09prf.pdf> (Abril 2019).
- Amaral, G. V. y Freitas, D. D. G. C. (2013).** Método do índice de qualidade na determinação do frescor de peixes. *Ciência Rural*, 43(11), 2093–2100.
- Anacleto, P., Barbosa, V., Maulvault, A., Rosa, R., Leonor Nunes, M., Marques, A. y Nunes, M. L. (2019).** Assessment of fish quality: the Quality Index Method versus HPLC analysis in *Sarda sarda* (Bloch, 1793). *Annals of medicine (Helsinki)*, 51(sup1), 74–74.
- Andrade, S. C. S., Mársico, E. T., Franco, R. M., Godoy, R. L. O., Pacheco, S., Queiroz, M. F. y Guimarães, C. F. M. (2012).** Validade comercial de sardinhas inteiras e refrigeradas avaliada por análises físicoquímicas, bacteriológicas e sensorial. *Ciência Rural*, 42(10), 1901–1907.
- Andrade, S. C. S., Mársico, E. T., Franco, R. M., Mano, S. B., Conte, C. A., Freitas, M.Q. y Cruz, A.G. (2015).** Effect of storage temperature at the Quality Index Method scheme and shelf-life study of mullet (*Mugil platanus*). *Journal of Food Quality*, 38(1), 60–70.
- Archer, M. (2010).** *Sensory assessment score sheets for fish and shellfish - Torry & QIM*. Development Department of Seafish. Recuperado de: https://www.seafish.org/media/Publications/sensory_assessment_scoresheets_14_5_10.pdf. (Octubre 2016).
- Baixas-Nogueras, S., Bover-Cid, S., Veciana-Nogués, T., Nunes, M. L., y Vidal-Carou, M. C. (2003).** Development of a Quality Index Method to evaluate freshness in Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*). *Journal of Food Science*, 68(3), 1067–1071.

- Baixas-Nogueras, S., Bover-Cid, S., Veciana-Nogués, M. T. y Vidal-Carou, M. C. (2007).** Effects of previous frozen storage on chemical, microbiological and sensory changes during chilled storage of Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*) after thawing. *European Food Research and Technology*, 226(1-2), 287–293.
- Baixas-Nogueras, S., Bover-Cid, S., Veciana-Nogués, M. T. y Vidal-Carou, M. C. (2009).** Effect of gutting on microbial loads, sensory properties, and volatile and biogenic amine contents of European hake (*Merluccius merluccius* var. *mediterraneus*) stored in ice. *Journal of Food Protection*, 72(8), 1671–1676.
- Balbin, J. R. L., Valiente, D., Agron, D. J. S., Antioquia, A. V. R., Cua, G. D y Ibo, J. C. S. (2017).** Assessment of the standard level of *Oreochromis niloticus* and *Chanos chanos* located in fish pen and wet market storage based on viola-jones thresholding and L*a*b color space. *7th IEEE International Conference on Control System Computing and Engineering (ICCSCE)*, pp. 258–262.
- Bandarra, N. M., Batista, I. y Nunes, M. L. (2009).** Chemical composition and nutritional value of raw and cooked black scabbardfish (*Aphanopus carbo*). *Scientia Marina*, 73(S2), 105–113.
- Barbosa, A. y Vaz-Pires, P. (2004).** Quality Index Method (QIM): development of a sensorial scheme for common octopus (*Octopus vulgaris*). *Food Control*, 15(3), 161–168.
- Bauchot, M. L. y Pras, A. (1993).** *Guía de los peces de mar de España y Europa*. Omega, S.A., Barcelona, 432 pp.
- Bekaert, K. (2006).** Development of quality index method scheme to evaluate freshness of tub gurnard (*Chelidonichthys lucernus*). En: Lutén J. B., Jacobson, C., Bekaert, K., Saebo, A. and Oehlenschläger, J. (editores). *Seafood research from fish to dish - Quality, safety and processing of wild and farmed fish*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 289–296.
- Bernardi, D. C., Mársico, E. T. y Freitas, M. Q. (2013).** Quality Index Method (QIM) to assess the freshness and shelf life of fish. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(4), 587–598.
- Bogdanović, T., Šimat, V., Frka-Roić, A., Marković, K. (2012).** Development and application of Quality Index Method scheme in a shelf-life study of wild and fish farm affected bogue (*Boops boops* L.). *Journal of Food Science*, 77(2), S99–S106.
- Borges, A., Conte-Junior, C. A., Franco, R. M. y Freitas, M. Q. (2013).** Quality Index Method (QIM) developed for pacu *Piaractus mesopotamicus* and determination of its shelf life. *Food Research International*, 54(1), 311–317.
- Briz, J. y García, R. (2004).** *Análisis sensorial de productos alimentarios. Metodología y aplicación a casos prácticos*. 2ª edición. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 384 pp.
- Cakli, S., Kilinc, B., Cadun, A., Dincer, T. y Tolasa, S. (2006).** Effects of gutting and uncutting on microbiological, chemical, and sensory properties of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(7), 519–527.

- Campus, M., Bonaglini, E., Cappuccinelli, R., Porcu, M. C., Tonelli, R. y Roggio, T. (2011).** Effect of modified atmosphere packaging on quality index method (QIM) scores of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) at low and abused temperatures. *Journal of Food Science*, 76(3), 185–191.
- Cardenas Bonilla, A., Sveinsdottir, K. y Martinsdottir, E. (2007).** Development of Quality Index Method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) fillets and application in shelf life study. *Food Control*, 18(4), 352–358.
- Castro, P. L. d., Lewandowski, V., Souza, M. L. R., Coradini, M. F., Alexandre, A. A. C., Sary, C. y Ribeiro, R. P. (2017).** Effect of different periods of pre-slaughter stress on the quality of the Nile tilapia meat. *Food Science and Technology*, 37(1), 52–58.
- Castro, P. L. d., Rincón, L., Álvarez, B., Rey, E. y Ginés, R. (2018).** Blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*) fed different diets. Histologic study of the lipid muscle fiber distribution and effect on quality during shelf life. *Aquaculture*, 484, 71–81.
- Cheng, J. H., Sun, D. W., Zeng, X. A. y Liu, D. (2015).** Recent advances in methods and techniques for freshness quality determination and evaluation of fish and fish fillets: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(7), 1012–1025.
- Chytiri, S. Chouliara, I., Savvaidis, I. N. y Kontominas, M. G. (2004).** Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. *Food Microbiology*, 21(2), 157–165.
- Churchill, O. J., Fernandez-Piquer, J., Powell, S. M. y Tamplin, M. L. (2016).** Microbial and sensorial models for head-on and gutted (HOG) Atlantic salmon (*Salmo salar*) stored from 0 to 15 °C. *Food Microbiology*, 57, 144–150.
- Codex (1999).** *Directrices Codex CAC/GL 31-1999. Directrices del Codex para la evaluación sensorial del pescado y los mariscos en laboratorio.* Recuperado de: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/guidelines/es/> (Mayo 2015).
- Cyprian, O. O., Sveinsdóttir, K., Magnússon, H. y Martinsdóttir, E. (2008).** Application of quality index method (QIM) scheme and effects of short-time temperature abuse in shelf life study of fresh water arctic char (*Salvelinus alpinus*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 17(3), 303–321.
- Demidenko, E., Willians, B. B., Flood, A. B. y Swartz, M. (2013).** Standard error of inverse prediction for dose-response relationship: approximate and exact statistical inference. *Statistics in Medicine*, 32(12), 2048–2061.
- Digre, H., Rosten, C., Erikson, U., Mathiassen, J. R. y Aursand, I. G. (2017).** The on-board live storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) caught by trawl: fish behaviour, stress and fillet quality. *Fisheries Research*, 189, 42–54.
- Diler, A. y Genç, I. Y. (2018).** A practical quality index method (QIM) developed for aquacultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food Properties*, 21(1), 858–867.
- Dwyer, K. S., Buren, A. y Koen-Alonso, M. (2010).** Greenland halibut diet in the Northwest Atlantic from 1978 to 2003 as an indicator of ecosystem change. *Journal of Sea Research*, 64(4), 436–445.

- Ebert, D. A. y Stehmann, M. F. W. (2013).** *Sharks, batoids, and chimaeras of the North Atlantic*. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes, n° 7. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 523 pp. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/017/i3178e/i3178e.pdf> (Junio 2017).
- Erikson, U., Shabani, F., Beli, E., Muji, S. y Rexhepi, A. (2018).** The impacts of perimortem stress and gutting on quality index and colour of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during ice storage: a commercial case study. *European Food Research and Technology*, 244(2), 197–206.
- Erikson, U., Truong, H. T. M., Le, D. V., Pham, P. D., Svennevig, N. y Phan, V. T. (2019).** Harvesting procedures, welfare and shelf life of ungutted and gutted shortfin pompano (*Trachinotus falcatus*) stored in ice. *Aquaculture*, 498, 236–245.
- Erkan, N. y Özden, O. (2008).** Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(9), 1549–1559.
- FAO (2017a).** *Fisheries and Aquaculture Department. FAO Major Fishing Areas*. Recuperado de: <http://www.fao.org/fishery/area/search/es> (Junio 2017).
- FAO (2017b).** *Species Fact Sheets*. Recuperado de: <http://www.fao.org/fishery/species/search/en> (Junio 2017).
- FAO (2017c).** *Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2015 (FishstatJ)*. FAO Fisheries and Aquaculture Department [online], Rome. Updated 2017. Recuperado de: www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en (Junio 2017).
- FAO/OMS (2012).** *Codex alimentarius. Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros*. 2° edición. Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 264 pp. Recuperado de: http://www.fao.org/tempref/codex/Publications/Booklets/Practice_code_fish/CCFFP_2012_ES.pdf (Marzo 2018).
- Froese, R. y Pauly, D. (Editores) (2017).** *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Recuperado de: www.fishbase.org (Junio 2017).
- Fogaça, F. H. d. S., Gonzaga, M. A., Vieira, S. G. A., Araujo, T. D. S., Farias, A., Ferreira-Bravo, I. A., Silva, T. F. A., Calvet, R. M., Pereira, A. L. M. y Prentice-Hernández, C. (2016).** Appraising the shelf life of farmed cobia, *Rachycentron canadum*, by application of a Quality Index Method. *Journal of the World Aquaculture Society*, 48(1), 70–82.
- Gibson, R. N. (2005).** *Flatfishes: Biology and exploitation*. Blackwell Publishing, Oxford, 391 pp.
- Giménez, A., Ares, F. y Ares, G. (2012).** Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49(1), 311–325.
- Giuffrida, A., Valenti, D., Giarratana, F., Ziino, G. y Panebianco, A. (2013).** A new approach to modelling the shelf life of Gilthead seabream (*Sparus aurata*). *International Journal of Food Science and Technology*, 48(6), 1235–1242.

- Gonçalves, A. A., Lima, J. T. A. X. y Paula, F. E. R. (2015).** Development of Quality Index Method (QIM) scheme for spiny lobster (*Panulirus argus* Latreille, 1804) stored in ice. *Food Control*, 47, 237–245.
- Gonçalves, A. A. y Soares, K. M. P. (2017).** Quality Index Method scheme for whole fresh carapeba (*Eucinostomus gula* Quoy & Gaimard, 1824) stored in ice. *Brazilian Journal of Food Technology, Campinas*, 20, e2016088.
- Greenwell, B. M. y Schubert, C. M. (2014).** Investr: an R Package for inverse estimation. *The R Journal*, 6(1), 90–100.
- Guillerm-Regost, C., Haugen, T., Nortvedt, R., Carlehög, M., Lunestad B. T., Kiessling, A. y Rørå, A. M. B. (2006).** Quality characterization of farmed Atlantic halibut during ice storage. *Journal of Food Science*, 71(2), 83–90.
- Gurgel, A. O., Souza, S. C. R. y Pires, C. R. F. (2016).** Método do índice de qualidade para avaliação do frescor do Mapará (*Hypophthalmus marginatus*). *Journal of Bioenergy and Food Science*, 3(2), 103–112.
- Gutiérrez, N., Amoroch, C., Sandoval, A. y Ruiz, Y. (2015).** Quality Index Method developed for gutted and ungutted red tilapia (*Oreochromis ssp*). *Revista MVZ Córdoba*, 20(1), 4461–4471.
- Herrero, A. M., Huidorbo, A. y Careche, M. (2003).** Development of a Quality Index Method for frozen hake (*M. capensis* and *M. paradoxus*). *Journal of Food Science*, 68(3), 1086–1092.
- <https://www.balticshipping.com/> (2021).** Recuperado en marzo de 2021.
- <http://hermanosgandon.com/> (2021).** Recuperado en marzo de 2021.
- Huss, H. H. (1998).** *El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad*. FAO, Documento Técnico de Pesca, n° 348. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 202 pp.
- Hyldig, G., Bremmer, A., Martinsdóttir, E. y Schelvis, R. (2007).** Quality Index Method. En: Nollet, L.M.L. (editor). *Handbook of meat, poultry and seafood quality*. Blackwell Publishing, Iowa, 529–547.
- Inácio, P., Bernardo, F. y Vaz-Pires, P. (2003).** Effect of washing with tap and treated seawater on the quality of whole scad (*Trachurus trachurus*). *European Food Research and Technology*, 217(5), 406–411.
- Julshamn, K., Frantzen, S., Valdersnes, S., Nilsen, B., Maage, A. y Nedreaas, K. (2011).** Concentrations of mercury, arsenic, cadmium and lead in Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) caught off the coast of northern Norway. *Marine Biology Research*, 7(8), 733–745.
- Kent, M., Knöchel, R., Daschner, F., Schimmer, O., Tejada, M., Huidobro, A., Nunes, L., Batista, I. y Martins, A. (2005).** Determination of the quality of frozen hake using its microwave dielectric properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 40(1), 55–65.
- Khodanazary, A. (2019).** Freshness assessment of shrimp *Metapenaeus affinis* by quality index method and estimation of its shelf life. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 309–319.

- Knowles, T. G., Brown, S. N., Warriss, P. D., Lines, J., Tinarwo, A. y Sendon, M. (2008).** Effect of electrical stunning at slaughter on the quality of farmed turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture Research*, 39(16), 1731–1738.
- Kuvei, F. G., Khodanazary, A. y Zamani, I. (2019).** Quality index method (QIM) sensory scheme for gutted greenback grey mullet *Chelon subviridis* and its shelf life determination. *International journal of food properties*, 22(1), 618–629.
- Lanzarín, M., Ritter, D. O., Novaes, S. F., Monteiro, M. L. G., Almeida Filho, E. S., Mársico, E. T., Franco, R. M., Conte Jr., C. A., Freitas, M. Q. (2016).** Quality Index Method (QIM) for ice stored gutted Amazonian Pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum* x *Leiarius marmoratus*) and estimation of shelf life. *Food Science and Technology*, 65, 363–370.
- Lavagnini, I. y Magno, F. (2007).** A statistical overview on univariate calibration, inverse regression, and detection limits: application to gas chromatography/mass spectrometry technique. *Mass Spectrometry Reviews*, 26(1), 1–18.
- Le, T. N., Nhu Khue, D., Nguyen Ba, T. y Thi Van Thi, T. (2017).** Towards improved quality benchmarking and shelf life evaluation of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Food Chemistry*, 235(1), 220–226.
- Li, X., Chen, Y., Cai, L., Xu, Y., Yi, S., Zhu, W., Mi, H., Li, J. y Lin, H. (2017).** Freshness assessment of turbot (*Scophthalmus maximus*) by Quality Index Method (QIM), biochemical and proteomic methods. *Food Science and Technology*, 78(1), 172–180.
- López-García, M. M., Ramil-Novo, L. A., Vázquez-Odériz, M. L. y Romero-Rodríguez, M. A. (2014).** Development of a Quality Index Method for freshness assessment of thawed Greenland Halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) stored at chilling temperature. *Food and Bioprocess Technology*, 7(6), 1847–1852.
- López-García, M. M., Ramil-Novo, L. A., Vázquez-Odériz, M. L. y Romero-Rodríguez, M. A. (2021).** A QIM-Based Evaluation of Sensory Quality of Frozen–Thawed Roundnose Grenadier (*Coryphaenoides rupestris*) and Its Applications. *ACS Food Science & Technology*, 1(3), 392–398.
- Lougovois, V. P., Kyranas, E. R., Kyrana, V. R. (2003).** Comparison of selected methods of assessing freshness quality and remaining storage life of iced gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Food Research International*, 36(6), 551–560.
- Mach, D. T. N. y Nortvedt, R. (2012).** Comparison of fillet composition and initial estimation of self life of cobia (*Rachycentron canadum*) fed raw fish or fish silage moist diets. *Aquaculture Nutrition*, 19(3), 333–342.
- Martinsdóttir, E., Sveinsdóttir, K., Lutén, J., Schelvis-Smit, R. y Hyldig, G. (2004).** *La evaluación sensorial de la frescura del pescado*. QIM Eurofish (editor), Islandia, 49 pp. Recuperado de: <http://www.qim-eurofish.com/index7/index.htm> (Febrero 2011).
- Massa, A. E., Palacios, D. L., Paredi, M. E., Crupkin, M. (2005).** Postmortem changes in quality indices of ice-stored flounder (*Paralichthys patagonicus*). *Journal of Food Biochemistry*, 29(5), 570–590.

- Maulvault, A. P., Anacleto, P., Machado, R., Amaral, A., Carvalho, M. L., Lourenço, H. M., Nunes, M. L. y Marquesa, A. (2012).** Effect of sex, maturation stage and cooking methods on the nutritional quality and safety of black scabbard fish (*Aphanopus carbo* Lowe, 1839). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(7), 1545–1553.
- Morgan, M. J. y Bowering, W. R. (1997).** Temporal and geographic variation in maturity at length and age of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) from the Canadian north-west Atlantic with implications for fisheries management. *ICES Journal of Marine Science*, 54(5), 875–885.
- Mu, G., Jonsson, A., Bergsson, A. B. y Thorarinsdottir, K. A. (2017).** The effects of short-time temperature abuse on the microbial and sensory quality of chilled saithe (*Pollachius virens*) fillets. *Journal of Food Science*, 82(11), 2690–2699.
- Mullins, E. (2003).** *Statistics for the quality control chemistry laboratory*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 455 pp.
- NARV 20014 (2009).** *Materias primas congeladas obtenidas de la pesca del fletán negro*. Estándares técnicos para los productos de la pesca. Recuperado de: <http://www.arvi.org> (Junio 2012).
- NARV 20019 (2009).** *Materias primas congeladas obtenidas de la pesca del granadero de roca*. Estándares técnicos para los productos de la pesca. Recuperado de: <http://www.arvi.org> (Junio 2012).
- NARV 20021 (2009).** *Materias primas congeladas obtenidas de la pesca de la maruca azul*. Estándares técnicos para los productos de la pesca. Recuperado de: <http://www.arvi.org> (Junio 2012).
- NARV 20024 (2009).** *Materias primas congeladas obtenidas de la pesca de la platija americana*. Estándares técnicos para los productos de la pesca. Recuperado de: <http://www.arvi.org> (Junio 2012).
- NARV 20025 (2009).** *Materias primas congeladas obtenidas de la pesca de la raya*. Estándares técnicos para los productos de la pesca. Recuperado de: <http://www.arvi.org> (Junio 2012).
- NARV 20026 (2009).** *Materias primas congeladas obtenidas de la pesca del sable negro*. Estándares técnicos para los productos de la pesca. Recuperado de: <http://www.arvi.org> (Junio 2012).
- NARV 20027 (2009).** *Materias primas congeladas obtenidas de la pesca del talismán*. Estándares técnicos para los productos de la pesca. Recuperado de: <http://www.arvi.org> (Junio 2012).
- NARV 20039 (2009).** *Materias primas congeladas obtenidas de la pesca de la rosada*. Estándares técnicos para los productos de la pesca. Recuperado de: <http://www.arvi.org> (Junio 2012).
- Ndraha, N. (2017).** Fish quality evaluation using Quality Index Method (QIM), correlating with physical, chemical and bacteriological changes during the ice-storage period: a review. En: Isnansetyo, A. y Nuringtyas, T. R. (editores). *Proceeding of the 1st International Conference on Tropical Agriculture*, Springer, 185–196.

- Nielsen, D. y Hyldig, G. (2004).** Influence of handling procedures and biological factors on the QIM evaluation of whole herring (*Clupea harengus* L.). *Food Research International*, 37(10), 975–983.
- Nunes, M. L., Batista, I. y Cardoso, C. (2007).** *Aplicação do índice de qualidade (QIM) na avaliação da frescura do pescado*. Publicações Avulsas do IPIMAR, nº 15. IPIMAR, Lisboa, 51pp.
- Oliveira, P. R., Jesus, R. S., Batista, G. M. y Lessi, E. (2014).** Avaliação sensorial, físico-química e microbiológica do pirarucu (*Arapaima gigas* Schinz, 1822) durante estocagem em gelo. *Brazilian Journal of Food Technology, Campinas*, 17(1), 67–74.
- Olsen, S. H., Joensen, S., Tobiassen, T., Heia, K., Akse, L. y Nilsen, H. (2014).** Quality consequences of bleeding fish after capture. *Fisheries Research*, 153, 103–107.
- Özogul, F., Taylor, K. D. A., Quantick, P. y Özogul, Y. (2000).** Chemical, microbiological and sensory evaluation of Atlantic herring (*Clupea harengus*) stored in ice, modified atmosphere and vacuum pack. *Food Chemistry*, 71(2), 267–273.
- Özyurt, G., Kuley, E., Özkütük, S., Özogul, F. (2009).** Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. *Food Chemistry*, 114(2), 505–510.
- Palacios, J., Barriga, E., Salazar, C., Rodriguez, A. y Romero, M. (2009).** Aspectos de la biología de *Coryphaenoides delsolari* Chiringo & Iwamoto, 1977 frente a la zona norte del Perú. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37(3), 455–466.
- Pennisi, L., Olivieri, V., Vergara, A. y Ianieri, A. (2009).** Shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*) packaged in modified atmosphere: relationships between sensory and microbiological parameters. *Italian Journal of Food Safety*, 1(3), 19–22.
- Pennisi, L., Olivieri, V., D'Aurelio, R. y Piscione, I. (2011).** Application of Quality Index Method (QIM) scheme in shelf-life study of anglerfish (*Lophius piscatorius*). *Italian Journal of Food Safety*, 1(1zero), 237–241.
- Pinter, N., Maltar-Strmečki, N., Kozačinski, L., Njari, B. y Fleck, Ž. C. (2015).** Impact of radiation treatment on chemical, biochemical and sensory properties, and microbiological quality of mackerel. *Radiation Physics and Chemistry*, 117, 23–25.
- Pripp, A. H. (2013).** *Statistics in Food Science and Nutrition*. Springer, New York, 66 pp.
- Reglamento (CE) nº 853/2004** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 139, de 3 de abril de 2004, 55–205.
- Ribeiro, K. (2011).** *Qualidade da solha selvagem e criada em circuitos fechado e aberto* [Tesis doctoral]. Universidade de Aveiro, Aveiro, 71 pp.
- Ritter, D. O., Lanzarin, M., Novaes, S. F., Monteiro, M. L. G., Almeida Filho, E. S., Mársico, E. T., Franco, R. M., Conte-Junior, C. A. y Freitas, M. Q. (2016).** Quality Index Method (QIM) for gutted ice-stored hybrid tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomum*) and study of shelf life. *Food Science and Technology*, 67, 55–61.

- Romero, M. A., Vázquez-Oderiz, L., López, M. M., Ramil-Novo, L. A., Maroto, J., Estévez, N., Sieiro, P., Abollo, E., Rodríguez, A., Sendón, R., Paseiro, P., Otero, P., Cruz, J. M., Barbosa, L., Vecino, X. y Moldes, A. B. (2014).** *Guía visual para la evaluación sensorial de la calidad del pescado congelado*. Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR, Vigo, 52 pp.
- Rocculi, P., Cevoli, C., Tappi, S., Genovese, J., Urbinati, E., Picone, G., Fabbri, A., Capozzi, F. y Rosa, M. D. (2019).** Freshness assessment of European hake (*Merluccius merluccius*) through the evaluation of eye chromatic and morphological characteristics. *Food Research International*, 115(1), 234–240.
- Rong, C., Chang-hu, X., Qi, L. y Bang-zhong, Y. (2009).** Microbiological, chemical and sensory assessment of (I) whole ungutted, (II) whole gutted and (III) filleted tilapia (*Oreochromis niloticus*) during refrigerated storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(11), 2243–2248.
- Roth, B., Kramer, L., Skuland, A.V., Løvdal, T., Øines, S., Foss, A. y Imsland, A.K. (2014).** The shelf life of farmed turbot (*Scophthalmus maximus*). *Journal of Food Science*, 79(8), 1568–1574.
- Ruiter, A. (1999).** *El pescado y los productos derivados de la pesca: composición, propiedades nutritivas y estabilidad*. Acribia S.A., Zaragoza, 416 pp.
- Ruiz-Capillas, C. y Horner, W. F. A. (2002).** Quality of frozen/thawed sprat (*Sprattus sprattus*) stored in cling film and aluminum foil at 4 °C. *Journal of Food Quality*, 25(1), 1–11.
- Sant’Ana, L. S., Soares, S. y Vaz-Pires, P. (2011).** Development of a quality index method (QIM) sensory scheme and study of shelf-life of ice-stored blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). *Food Science and Technology*, 44(10), 2253–2259.
- Shalini, R., Jeya Shakila, R., Jeyasekaran, G. y Jeevithan, E. (2015).** Sensory, biochemical and bacteriological properties of octopus (*Cistopus indicus*) stored in ice. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6763–6769.
- Shalhe, M. A., Khodanazary, A. y Hosseini, S. M. (2018).** Development of a quality index method (QIM) scheme for whole Goldlined seabream *Rhabdosargus sarba* stored in ice. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 2539–2549.
- Sieiro, P., Vázquez, U., Bao, M., Maroto, J. Estévez, N. (2013).** *Especies de estudio proyecto SENSOQIM*. Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR, Vigo, 68 pp.
- Sikorski, Z. E. (1994).** *Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación*. Acribia S.A., Zaragoza, 330 pp.
- Silva, M. L. B. P. B. d., Lopes, J. M., Vieira, S. G. A., Araujo, T. D. S., Calvet, R. M., Pereira, A. L. M. y Fogaça, F. H. d. S. (2018).** Development of a quality index scheme and shelf-life study for whole tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Acta amazonica*, 48(2), 98–108.
- Šimat, V., Bogdanović, T., Krželj, M., Soldo, A. y Maršić-Lučić, J. (2012).** Differences in chemical, physical and sensory properties during shelf life assessment of wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 28(1), 95–101.

- Soares, K. M. P. y Gonçalves, A. A. (2012).** Aplicação do método do índice de qualidade (MIQ) para o estudo da vida útil de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sem pele, armazenados em gelo. *Ciências Agrárias, Londrina*, 33(6), 2289–2300.
- Sveinsdottir, K., Martinsdottir, E., Hyldig, G., Jorgensen, B. y Kristbergsson, K. (2002).** Application of Quality Index Method (QIM) scheme in shelf-life study of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Science*, 67(4), 1570–1579.
- Sveinsdottir, K., Hyldig, G., Martinsdottir, E., Jorgensen, B. y Kristbergsson, K. (2003).** Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Quality and Preference*, 14(3), 237–245.
- Sveinsdóttir, K., Alfama, P. M., Ólafsdóttir, A. y Martinsdóttir, E. (2010).** Þróun gæðastuðulsaðferðar og geymsluþol á þíddum makríl (*Scomber scombrus*) / Development of Quality Index Method and storage life of thawed mackerel (*Scomber scombrus*). *Technical Report 25–10*, Matis.
- Taliadourou, D., Papadopoulos, V., Domvridou, E., Savvaidis, I. N. y Kontominas, M. G. (2003).** Microbiological, chemical and sensory changes of whole and filleted Mediterranean aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(13), 1373–1379.
- Tantasuttikul, A., Kijroongrojana, K. y Benjakul, S. (2011).** Quality Indices of squid (*Photololigo duvaucelii*) and cuttlefish (*Sepia aculeata*) stored in ice. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 20(2), 129–147.
- Tiyo de Godoy, N., Veneziano, A. L., da Cunha Rodrigues, L., Schoffen Enke, D. B. y Lapa-Guimarães, J. N. (2019).** QIM, CATA, and Word Association methods for quality assessment of flathead gray mullet (*Mugil cephalus*): Going beyond the trained panel. *Journal of Sensory Studies*, 34(2), e12482.
- Torre, P. (2001).** Ensayos descriptivos. En: Ibáñez, F. C. y Barcina, Y. (editores). *Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones*. Springer-Verlag Ibérica, Barcelona, 126–141.
- Triqui, R. (2006).** Sensory and flavor profiles as a means of assessing freshness of hake (*Merluccius merluccius*) during ice storage. *European Food Research and Technology*, 222(1-2), 41–47.
- Tzikas, Z., Papavergou, E., Soultos, N., Ambrosiadis, I. y Georgakis, S. P. (2009).** Quality loss of mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) skinned fillets kept under vacuum during frozen storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18(3), 266–283.
- UNE 87027:1998.** *Análisis sensorial. Identificación y selección de descriptores para la elaboración de un perfil sensorial por métodos multivariantes.* (ISO 11035:1994). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 18 pp.
- UNE-ISO 4121:2006.** *Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas.* (ISO 4121:2003). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 15 pp.
- UNE-ISO 6658:2008.** *Análisis sensorial de alimentos. Metodología. Guía general.* (ISO 6658:2005). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 27 pp.

UNE-EN ISO 5492:2010. *Análisis sensorial. Vocabulario.* (ISO 5492:2008). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 38 pp.

UNE-EN ISO 8589:2010. *Análisis sensorial. Guía general para el diseño de sala de catas.* (ISO 8589:2007). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 22 pp.

UNE-EN ISO 8589:2010/A1. *Análisis sensorial. Guía general para el diseño de sala de catas.* (ISO 8589:2010/Amd 1:2014). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, 6 pp.

UNE-EN ISO 8586:2014. *Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y control de catadores y catadores expertos.* (ISO 8586:2012). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid 38 pp.

Vollen, T. y Albert, O. T. (2008). Pelagic behavior of adult Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). *Fishery Bulletin*, 106(4), 457–470.

Warm, K., Boknass, N. y Nielsen, J. (1998). Development of Quality Index Methods for evaluation of frozen cod (*Gadus morhua*) and cod fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7(1), 45–59.



4 APLICACIÓN DEL ESQUEMA QIM EN PESCADO CONGELADO A LO LARGO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

4.1 INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo de almacenamiento en congelación del pescado, pueden ocurrir diferentes procesos que modifiquen su calidad en mayor o menor grado. Sin embargo, los estudios que evalúan dicho efecto sobre la calidad del pescado son escasos, como se muestra a continuación.

El esquema QIM ha sido utilizado en pescado congelado, concretamente en bacalao (Warm et al., 1998) y en merluza (Herrero et al., 2003; Kent et al., 2005), para evaluar si el tiempo de almacenamiento en congelación durante meses afecta a su calidad, pero únicamente en pescado recién descongelado. Por su parte, Baixas-Nogueras et al. (2007) utilizan el esquema QIM (desarrollado para merluza fresca), el esquema Torry y parámetros químicos para comparar como varía el punto de rechazo para merluza congelada durante meses frente a merluza fresca. Magnússon y Martinsdóttir (1995) utilizan el esquema Torry, junto con la determinación de diferentes parámetros químicos y el recuento de bacterias, para evaluar cómo afecta el tiempo de congelación en la determinación del punto de rechazo de bacalao entero, filetes de bacalao y filetes de perca y, además, lo comparan con lo que ocurre en el mismo pescado fresco. También, Martinsdóttir y Magnússon (2001), evalúan cómo afecta el tiempo de congelación a la vida útil de filetes de bacalao utilizando el esquema Torry.

Dicho esto, cabe señalar que la evaluación del efecto del tiempo en congelación previo a la descongelación, sobre la calidad del pescado, requiere un estudio más amplio. El que aquí se aborda, en numerosas especies, basado en los esquemas QIM desarrollados en la Sección 3, permite extraer conclusiones de gran utilidad.

4.1.1 Alteraciones en la calidad del pescado producidas por la congelación

La congelación es el método más extendido para mantener el pescado en buenas condiciones durante largo tiempo y los productos congelados son considerados como productos de buena calidad y seguros. Sin embargo, variaciones producidas por cambios físicos y químicos han demostrado que el deterioro en la calidad del pescado continúa durante el almacenamiento en congelación (Rahman, 2002; Archer, 2004; Abugoch et al., 2005; Alam et al., 2012).

La congelación lleva consigo dos procesos interrelacionados: una disminución de temperatura y un cambio de fase de líquido a sólido. La baja actividad de agua de la fase líquida en el pescado congelado, así como la baja temperatura de almacenamiento, inhiben la actividad bacteriana y ejercen un efecto letal sobre algunos microorganismos, por lo que se elimina el factor que más influye en el deterioro de la calidad del pescado fresco (Mallet, 1994; Sikorski, 1994). Este proceso de congelación ralentiza, aunque no detiene, las reacciones físicas y bioquímicas que gobiernan la alteración de los alimentos. Por tanto, durante el almacenamiento en congelación se produce un lento, aunque progresivo cambio en la calidad organoléptica (Rahman, 2002).

Las alteraciones más importantes que tienen lugar desde el punto de vista físico se deben a dos fenómenos: recristalización (transformación del agua en hielo) y sublimación (transformación de hielo en vapor de agua), que tienen que ver con la estabilidad del hielo en el interior y en la superficie del producto, respectivamente. Estos cambios provocan deshidratación, lo que incrementa el riesgo de oxidación en superficie y acelera los cambios degradativos de las proteínas, lo que influye negativamente en la calidad del producto.

En cuanto a las reacciones químicas, éstas pueden ser debidas o no a procesos enzimáticos (Casp y Abril, 1999). El enranciamiento en el pescado, debido principalmente a la oxidación de los lípidos, puede desarrollarse muy rápidamente después de la congelación, no solo en pescados grasos, sino también en pescado blanco, aunque no se identifica tan claramente como enranciamiento, presentándose como olores y sabores a moho. Además, en la congelación y almacenamiento congelado, debido a la desnaturalización proteica, se produce un endurecimiento del pescado y una pérdida de la capacidad para retener los fluidos del tejido durante la descongelación, dando lugar a “exudados”. Estos efectos ocurren a velocidades mayores en pescado desmenuzado congelado que en filetes o pescado entero eviscerado y son dependientes de las fluctuaciones de temperatura. Sin embargo, en condiciones adecuadas de almacenamiento en congelación, la mayor parte del agua difunde de nuevo a las células. En este caso, una vez que el producto ha sido descongelado, la proteína adopta en parte su estado original y también su capacidad de fijación de agua anterior (Mallet, 1994; Ruiter, 1999).

Por tanto, tal y como indican Madrid et al. (1999), se pueden producir varios cambios en el pescado como consecuencia de la congelación. Unos son positivos y otros negativos. Los positivos son:

- ◆ Cuando se alcanzan temperaturas inferiores a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en las piezas de pescado, se detienen la gran mayoría de los procesos microbianos.
- ◆ Si la materia prima es de calidad y la congelación es rápida, la estructura del pescado se mantiene bastante bien durante largos periodos de tiempo.
- ◆ Cuando los productos de la pesca se envasan antes de su congelación, se preserva durante más tiempo la calidad de los mismos.
- ◆ De modo que, una congelación correctamente aplicada, partiendo de productos de calidad manejados higiénicamente, es el mejor sistema de conservación del pescado.

En cuanto a los aspectos negativos de la congelación, es preciso puntualizar que solo se presentan cuando no se realiza adecuadamente todo el proceso. Así, puede ocurrir que:

- ◆ Cuando no se envasan los productos que se van a congelar, se puede producir desecación del pescado.
- ◆ Cuando los productos congelados están expuestos a la luz intensa, se produce un pardeamiento de los mismos como consecuencia de oxidaciones superficiales. Es, por tanto, aconsejable mantenerlos al abrigo de la luz.
- ◆ En los pescados más grasos, el oxígeno puede provocar el enranciamiento de la porción grasa. El envasado al vacío o en atmósferas inertes evita que el aire esté en contacto con el producto, evitando así los problemas de rancidez.
- ◆ Durante el almacenamiento a temperaturas de congelación se pueden producir cambios en la textura provocados, entre otros factores, por la deshidratación ocurrida que conlleva asociadas alteraciones proteicas. Para evitar este fenómeno, se aconseja glasear el pescado.
- ◆ La actividad enzimática del pescado puede continuar en algunos casos, incluso durante su conservación en estado congelado, lo que puede dar origen a la alteración del sabor, aroma y textura.

Según Madrid et al. (1999), en general, los pescados magros (bacalao, merluza, etc.) y planos (lenguado, rodaballo, etc.) se pueden conservar aptos para el consumo durante 24 meses a -22 °C, mientras que los tñidos solo 18-20 meses y otros pescados grasos (caballa, pez espada, etc.) 12-14 meses. Por otra parte, Carpenter et al. (2002) indican que las características sensoriales de los productos almacenados a temperaturas de congelación elevadas se deterioran más rápidamente que los congelados a temperaturas más bajas.

Por tanto, la vida útil del pescado congelado puede ser muy variable y depende de la temperatura y tiempo de almacenamiento, del estado inicial del pescado y de otros factores como la especie, los tratamientos a los que haya sido sometido y el envasado. La calidad inicial puede estar afectada por los hábitos alimentarios, hábitat en el que se desenvuelve y el manejo a bordo entre otros (Hall, 2001).

4.2 OBJETIVOS

En esta sección se aplican los esquemas QIM desarrollados en la Sección 3 para examinar si el tiempo de congelación previo a la descongelación afecta o no a la calidad de diferentes especies pesqueras una vez descongeladas y almacenadas a temperaturas de refrigeración. Este análisis es novedoso dado que apenas existen estudios previos similares.

Los objetivos planteados son los siguientes:

1. Evaluar la influencia del tiempo de almacenamiento en congelación sobre la calidad organoléptica de diferentes especies pesqueras y diferentes presentaciones.
2. Evaluar a lo largo del tiempo de almacenamiento en congelación, la influencia del tiempo transcurrido desde la descongelación y mantenimiento a temperaturas de refrigeración sobre la calidad organoléptica de diferentes especies pesqueras congeladas en presentaciones preseleccionadas.
3. Dictaminar si el tiempo de almacenamiento en congelación influye sobre el tiempo de vida útil de las diferentes especies y presentaciones una vez descongeladas.

4.3 MATERIAL Y MÉTODOS

4.3.1 Muestras

Las especies y presentaciones seleccionadas son las recogidas en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Especies y presentaciones seleccionadas

Especie y presentación	Imagen
a) halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola	
b) platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola	
c) granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	
d) filetes de talismán sin piel	
e) pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	
f) pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola	
g) rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola	
h) alas de raya sin piel	

Como el objetivo es evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento a temperaturas de congelación en cada especie y presentación, las muestras de pescado proceden de un único lote.

La descripción, tratamiento y conservación de las muestras se incluye en la Sección 3.3.1.

Durante el estudio, las muestras se mantienen congeladas a lo largo de un año en los almacenes Frioriz S.A. en Guitiriz, Lugo (Sección 3.3.1.1). Para todas las especies y presentaciones se establecen 4 fases de estudio: el momento de desembarco del pescado congelado (Fase 1), a los 4 meses de almacenamiento en congelación en almacén frigorífico (Fase 2), a los 8 meses (Fase 3) y a los 12 meses (Fase 4).

En la tabla 4.2 se recoge el calendario de análisis de cada una de las muestras.

Tabla 4.2. Calendario de análisis de las diferentes especies y presentaciones en cada fase

Especie	Presentación ⁽¹⁾	Fase 1 (0 meses)	Fase 2 (4 meses)	Fase 3 (8 meses)	Fase 4 (12 meses)
Halibut negro	HGT C/P	18/07/2011	02/11/2011	13/03/2012	03/07/2012
Platija americana	HGT C/P	03/10/2011	14/02/2012	05/06/2012	02/10/2012
Granadero de roca	HGT S/P	29/11/2011	27/03/2012	17/07/2012	27/11/2012
Talismán	Filete S/P	24/01/2012	22/05/2012	25/09/2012	22/01/2013
Raya	Alas S/P	12/06/2012	16/10/2012	05/02/2013	11/06/2013
Rosada	HGT C/P	10/07/2012	13/11/2012	12/03/2013	09/07/2013
Pez palo	HGT C/P	18/09/2012	15/01/2013	13/05/2013	17/09/2013
Pez sable negro	HGT S/P	25/09/2012	29/01/2013	28/05/2013	24/09/2013

⁽¹⁾ Abreviaturas asociadas al formato de presentación: HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola; C/P: con piel; S/P: sin piel.

Para cada control, en los días previos a la evaluación, se seleccionan muestras de la especie y presentación correspondiente, para su descongelación y mantenimiento a temperaturas de refrigeración siguiendo el protocolo descrito en la Sección 3.3.1.2. La premisa es realizar análisis durante 5 muestreos para cada producto descongelado y mantenido a temperaturas de refrigeración. Para ello, el criterio que se sigue es tener en cuenta el día máximo de vida útil de cada especie y presentación (cálculo incluido en la Sección 3). A partir de ahí, los días de muestreo propuestos para cada especie son siempre, 3 dentro del periodo de vida útil (t_1, t_2, t_3), el propio día de fin de la vida útil (t_4) estimado mediante el modelo lineal y un día fuera del periodo de vida útil (t_5).

Los días elegidos para cada especie y presentación se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Días de almacenamiento a temperaturas de refrigeración de cada una de las especies y presentaciones congeladas

Especie	Presentación ¹⁾	Días en refrigeración				
		Días de vida útil			Vida útil	Periodo post-vida útil
		t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
Halibut negro	HGT C/P	1	3	5	7	12
Platija americana	HGT C/P	1	2	4	6	14
Granadero de roca	HGT S/P	1	2	3	5	12
Talismán	Filete S/P	1	2	3	4	12
Pez sable negro	HGT S/P	1	2	3	5	12
Pez palo	HGT C/P	1	2	3	5	12
Rosada	HGT C/P	1	2	4	6	12
Raya	Alas S/P	1	2	3	4	12

⁽¹⁾ Abreviaturas asociadas al formato de presentación: HGT: pescado entero sin cabeza, sin vísceras, sin cola; C/P: con piel; S/P: sin piel.

4.3.2 Análisis sensorial

Para el estudio del efecto del tiempo en congelación, las sesiones de cata se llevaron a cabo siguiendo el protocolo descrito en la Sección 3.3.2. Las fechas de las sesiones de cata para cada especie y presentación son las que se recogen en la Tabla 4.2.

En el caso de los filetes de talismán la sesión de cata correspondiente a la Fase 4 no se pudo realizar de manera adecuada (no asistió un número de catadores suficiente), por lo que los datos no se consideraron válidos para ser utilizados en el análisis posterior. Ante la imposibilidad de repetir dicha sesión de cata, se decide omitir la Fase 4 y realizar el análisis con las 3 primeras fases.

En cada una de las fechas control por especie y presentación, se procede a la evaluación sensorial del producto descongelado con los 5 días de almacenamiento a temperaturas de refrigeración indicados en la Tabla 4.3.

4.3.3 Esquemas QIM

Para conocer el efecto del tiempo de almacenamiento a temperaturas de congelación y de los días de descongelación sobre el QI de cada una de las especies y presentaciones recogidas en la Tabla 4.1 se utiliza el esquema QIM desarrollado y validado previamente e incluido en la Sección 3 (Secciones 3.4.2 a 3.4.5 y 3.4.7 a 3.4.10).

Cada catador dispone de un esquema QIM por muestra a analizar (por especie y por día de descongelación).

4.3.4 Análisis estadístico

Para examinar si el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación afecta o no a la calidad del pescado una vez descongelado, el análisis estadístico se centra en comparar, para cada especie y presentación, los cuatro periodos de control recogidos en la Tabla 4.2.

4.3.4.1 Análisis de regresión y análisis de la covarianza para el estudio de la evolución del QI tras la descongelación

En la comparación se asume que en cada fase, la relación entre el QI y los días de almacenamiento en refrigeración tras la descongelación, se puede describir mediante una recta (en base a los resultados obtenidos en la validación de los esquemas QIM en la Sección 3, Secciones 3.4.2.2 a 3.4.5.2 y 3.4.7.2 a 3.4.10.2), o bien, mediante una función potencial o una recta en función de la raíz de los días en refrigeración (en base al análisis sobre la vida útil de la Sección 3, Secciones 3.4.2.3 a 3.4.5.3 y 3.4.7.3 a 3.4.10.3). Partiendo de esta premisa, el objetivo es comparar las cuatro curvas implícitas (una por cada fase) que marcan la evolución del QI, que de no haber un efecto “fase”, serían idénticas.

Para cada especie y presentación evaluada, se considera como punto de partida el siguiente modelo de regresión lineal múltiple para describir la muestra global de QI medios correspondientes a las catas de las cuatro fases,

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_1 X_2 + \beta_6 X_1 X_3 + \beta_7 X_1 X_4 + \varepsilon, \quad (4.1)$$

en donde Y es el valor del QI medio, X_1 es el número de días de almacenamiento en refrigeración, X_2 es la variable binaria que indica si corresponde a la Fase 2 ($X_2 = 1$), X_3 es la variable binaria indicadora de la Fase 3 ($X_3 = 1$) y X_4 es la variable binaria que indica si se corresponde a la Fase 4 ($X_4 = 1$). La Fase 1 queda caracterizada por $X_2 = X_3 = X_4 = 0$. En la Tabla 4.4 se muestra la notación correspondiente a la muestra de QI medios a analizar para cada especie.

Tabla 4.4. Notación de los QI medios a analizar para cada especie

QI medio Días en refrigeración	Fases			
	1	2	3	4
t_1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}
t_2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}
t_3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}
t_4 (fin vida útil)	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{44}
t_5 (después de la vida útil)	Y_{51}	Y_{52}	Y_{53}	Y_{54}

La función de regresión del modelo (4.1) se corresponde con una recta $Y = a + bX$ en cada una de las fases. Los coeficientes que definen dichas rectas se recogen en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Coeficientes de las rectas de regresión de cada fase, en donde Y=valor QI medio y X=días en refrigeración

recta $Y = a + bX$	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Constante a	β_0	$\beta_0 + \beta_2$	$\beta_0 + \beta_3$	$\beta_0 + \beta_4$
Pendiente b	β_1	$\beta_1 + \beta_5$	$\beta_1 + \beta_6$	$\beta_1 + \beta_7$

La comparación de las rectas de regresión de las cuatro fases se lleva a cabo siguiendo el esquema de contrastes de hipótesis de la Figura 4.1, en el que se resumen los tres casos a los

que puede conducir el proceso de comparación. La formalización de los contrastes de las hipótesis H_0^I y H_0^{II} (frente a las hipótesis alternativas correspondientes) y los posibles casos resultantes se hace a continuación. Para cada especie y presentación se elegirá el modelo estadístico (casos I, II o III) más apropiado para la muestra de datos de QI medios.

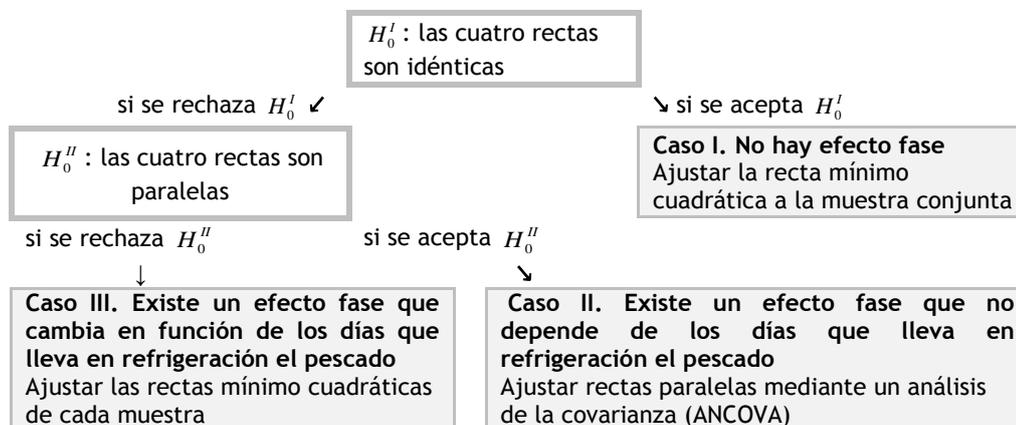


Figura 4.1. Esquema del procedimiento utilizado para la comparación de rectas de regresión de las cuatro fases

Los resultados de los contrastes de H_0^I y H_0^{II} conducirán a una de las tres situaciones siguientes:

Caso I. No hay efecto fase. En este caso, la recta subyacente de las cuatro fases es la misma,

$$Y_{ij} = \underset{\substack{\text{ordenada} \\ \text{en el origen} \\ \text{común}}}{a} + \underset{\substack{\text{pendiente} \\ \text{común}}}{b} \cdot \underset{\substack{\text{días en} \\ \text{refrigeración}}}{t_i} + \varepsilon_{ij} \quad (4.2)$$

Caso II. Las rectas asociadas a las cuatro fases no son todas iguales, pero son paralelas, por lo que, para todas las fases, la recta de regresión tendrá la misma pendiente,

$$Y_{ij} = \underset{\substack{\text{ordenada en} \\ \text{el origen en} \\ \text{la fase } j}}{a_j} + \underset{\substack{\text{pendiente} \\ \text{común}}}{b} \cdot \underset{\substack{\text{días en} \\ \text{refrigeración}}}{t_i} + \varepsilon_{ij} \quad (4.3)$$

En este caso, existe un efecto fase que no depende de los días en refrigeración del pescado. Los datos pueden describirse, de forma equivalente, mediante un modelo de análisis de la covarianza (o modelo ANCOVA):

$$Y_{ij} = \mu + \underset{\substack{\text{efecto de} \\ \text{la fase } j}}{\alpha_j} + \underset{\substack{\text{pendiente} \\ \text{común}}}{b} \cdot \underset{\substack{\text{días en} \\ \text{refrigeración}}}{t_i} + \varepsilon_{ij} \quad (4.4)$$

Caso III. Las rectas asociadas a las cuatro fases, ni son todas iguales, ni son todas paralelas. En este caso, existe un efecto fase que cambia en función de los días en

refrigeración del pescado. Para cada fase, la recta de regresión puede ser diferente, por lo que los datos son del tipo:

$$Y_{ij} = a_j + b_j \cdot t_i + \varepsilon_{ij} \quad (4.5)$$

ordenada en el origen de la fase j pendiente de la fase j días en refrigeración

Tomando como referencia el modelo de regresión (4.1), la hipótesis H_0^I : "la recta de regresión del QI frente a los días en refrigeración es la misma en las cuatro fases" equivale a contrastar,

$$H_0^I = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = 0.$$

Bajo H_0^I el modelo de regresión (4.1) equivale al modelo de regresión lineal simple (4.2). Por su parte, la hipótesis H_0^{II} : "las rectas de regresión del QI frente a los días en refrigeración de las cuatro fases son paralelas" equivale a contrastar,

$$H_0^{II} = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = 0.$$

Bajo H_0^{III} el modelo de regresión (4.1) se simplifica al modelo de regresión,

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \varepsilon. \quad (4.6)$$

El ajuste mínimo cuadrático del modelo de regresión (4.6) proporciona las rectas paralelas para las cuatro fases. Dichas rectas se pueden obtener de forma alternativa mediante el modelo de análisis de la covarianza (ANCOVA) de la Ecuación (4.4). Cuando el modelo (4.4) sea apropiado, se realizan comparaciones de fases por pares contrastando (r y s las fases de interés, $r \neq s$),

$$H_0^{r,s} : \alpha_r = \alpha_s \text{ (no hay evidencias de que la fase } r \text{ y la fase } s \text{ sean distintas),} \quad (4.7)$$

frente a la hipótesis alternativa contraria. Se utiliza para ello el método de la mínima diferencia significativa. Como resultado, se establecen los subgrupos de fases que resultan homogéneos.

El esquema de la Figura 4.2 recoge los contrastes de hipótesis explicados en los párrafos anteriores. Dichos contrastes son los de la Figura 4.1 expresados en términos del modelo de regresión múltiple de la Ecuación (4.1).

4 Aplicación del esquema QIM en pescado congelado a lo largo del tiempo de almacenamiento

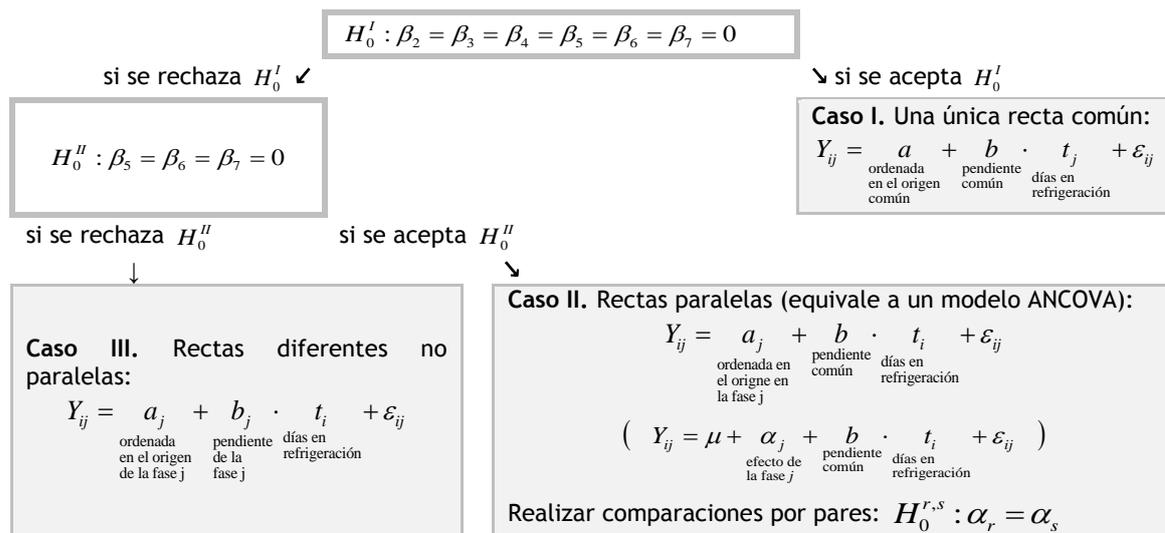


Figura 4.2. Esquema del procedimiento utilizado para la comparación de las fases mediante modelos de regresión y de análisis de la covarianza

Cuando la relación entre el QI y los días en refrigeración se describa mejor mediante un modelo potencial que con un modelo lineal, la comparación de fases puede llevarse a cabo ajustando un modelo potencial para cada fase. Teniendo en cuenta la relación, $Y = aX^b \Leftrightarrow \ln(Y) = \ln(a) + b \ln(X)$, esto puede hacerse mediante el modelo de regresión múltiple,

$$Y^* = \beta_0 + \beta_1 X_1^* + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_1^* X_2 + \beta_6 X_1^* X_3 + \beta_7 X_1^* X_4 + \varepsilon, \quad (4.8)$$

en donde $Y^* = \ln(Y)$, $X_1^* = \ln(X_1)$. La Tabla 4.5 y los esquemas de las Figuras 4.1 y 4.2 hay que interpretarlos entonces en términos de rectas de la forma, $Y^* = a + bX^*$, con $a^* = \ln(a)$, $Y^* = \ln(QI)$ y $X^* = \ln(\text{días en refrigeración})$. Para estas especies y presentaciones en las que procede un ajuste potencial, en el la Sección 3 se mostró que un ajuste lineal de $Y = QI$ en función de la raíz de los días en refrigeración, $X_1^* = \sqrt{X_1}$, también proporciona un buen ajuste. Así pues, en dichos casos, la comparación de fases puede llevarse a cabo ajustando un modelo lineal del tipo $Y = a + b\sqrt{X}$ para cada fase. Esto puede hacerse mediante el modelo de regresión múltiple,

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1^* + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_1^* X_2 + \beta_6 X_1^* X_3 + \beta_7 X_1^* X_4 + \varepsilon, \quad (4.9)$$

en donde $X_1^* = \sqrt{X_1}$. La Tabla 4.5 y los esquemas de las Figuras 4.1 y 4.2 se interpretan entonces en términos de rectas de la forma $Y = a + bX^*$, con $X^* = \text{la raíz cuadrada de los días en refrigeración}$.

Una vez seleccionado el modelo (4.1), (4.8) o (4.9) más adecuado, para los contrastes de las hipótesis nulas H_0^I y H_0^{II} (frente a la hipótesis contraria respectiva) de la Figura 4.2, se aplica el correspondiente F test basado en la suma extra de cuadrados (Montgomery et al., 2002). Dicho test compara el modelo de regresión reducido (el que resulta de asumir la hipótesis nula

considerada) con el modelo de regresión completo ((4.1), (4.8) o (4.9) según corresponda) mediante el cociente,

$$F = [g / (g_0 - g)] (SS_{Res}^0 - SS_{Res}) / SS_{Res},$$

en donde $SS_{Res}^0 = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_i^{(0)}]^2$ y $SS_{Res} = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_i]^2$ son las sumas de cuadrados residuales, y g_0 y g son los grados de libertad, asociados al modelo reducido y al completo correspondiente.

Los análisis estadísticos que conducen a los resultados de estos F tests (Sección 4.4) se realizan con el paquete estadístico *IBM SPSS Statistics* versión 18.

4.3.4.2 Análisis de la varianza para el estudio del efecto del tiempo previo en congelación sobre el QI

En aquellos casos en los que mediante la comparación de tendencias descrita en la sección previa se aprecie que el efecto sobre el QI del tiempo previo en congelación es significativo, en aras de hacer el estudio más exhaustivo, se examina también dicho efecto mediante la técnica de análisis de la varianza (ANOVA) para un diseño con dos factores. En los modelos ANOVA, los días en refrigeración previos a la cata serán considerados como los niveles de un factor cualitativo, por lo que no se aprovecha toda la información sobre esta variable. Análogamente, la fase se considera como otro factor cualitativo, cuyos niveles son las fechas de las catas de control.

Para analizar los valores QI medios, no es posible considerar el diseño factorial completo dado que hay un solo dato por celda (véanse las Tablas 4.4 y 4.6). Como punto de partida se considera entonces el modelo de análisis de la varianza para el test de no interacción de Tukey,

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \beta_i + \gamma\alpha_j\beta_i + \varepsilon_{ij}, \quad (4.10)$$

en donde α_j es el efecto de la fase j , β_i el efecto de t_i días en refrigeración, y el efecto de interacción, fase \times días en refrigeración, es del tipo $(\alpha\beta)_{ij} = \gamma\alpha_j\beta_i$. El test de Tukey permite contrastar la hipótesis de aditividad, $H_0 : \gamma = 0$, frente a la no aditividad, $H_1 : \gamma \neq 0$. Si se rechaza H_0 , el efecto fase dependería de los días en refrigeración, y la situación sería similar a la del Caso III de las Figuras 4.1 y 4.2, aunque el análisis se basaría en la comparación de medias, y no en la comparación de tendencias. Cuando se pueda asumir H_0 , para el análisis posterior de los valores del QI se considerará el modelo ANOVA para un diseño factorial sin efecto de interacción “fase \times días en refrigeración”,

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \beta_i + \varepsilon_{ij}. \quad (4.11)$$

Con el modelo (4.11) como referencia, el interés se centra en el contraste de la hipótesis nula,

$$H_0^* : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0 \text{ (no existe un efecto de la fase),}$$

frente a la hipótesis contraria de que sí existe un efecto fase. Si se acepta H_0^* , la situación sería similar a la del Caso I de las Figuras 4.1 y 4.2, mientras que si se rechaza H_0^* , sería semejante al Caso II (si bien en ambos casos el resultado se basaría en la comparación de medias, y no en la comparación de tendencias).

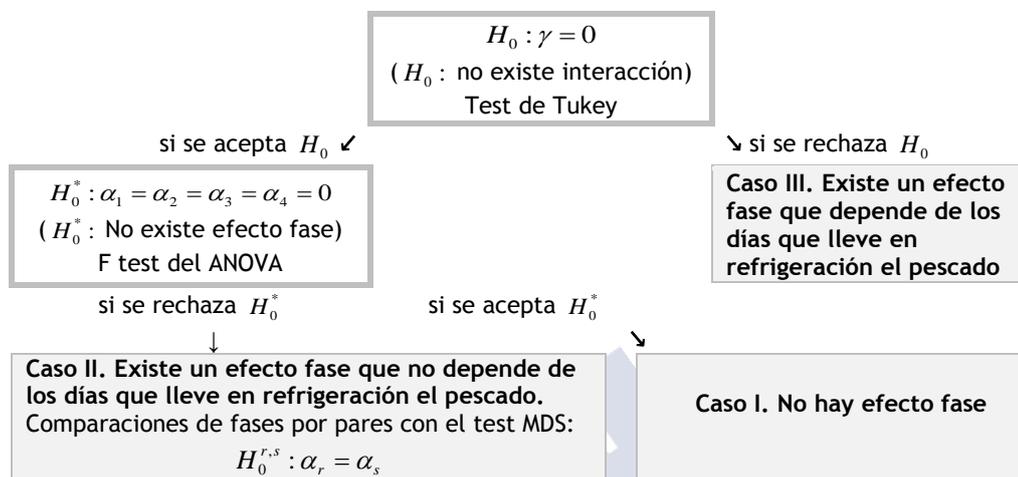


Figura 4.3. Esquema del procedimiento utilizado para la comparación de las fases mediante modelos de análisis de la varianza

En los casos en los que el modelo (4.11) es apropiado, los contrastes de las hipótesis nulas $H_0^{r,s} : \alpha_r = \alpha_s$ (no hay evidencias de diferencias entre la fase r y la fase s), frente a la hipótesis contraria respectiva, se llevan a cabo utilizando el método de la mínima diferencia significativa (MDS).

Los análisis estadísticos que conducen a los resultados de los contrastes previos (Sección 4.4 subsiguiente) se realizan con el paquete estadístico *IBM SPSS Statistics* versión 18.

4.4 RESULTADOS

Se describen a continuación los resultados, para diferentes especies y formas de presentación, del estudio del efecto sobre el QI del tiempo de almacenamiento a temperaturas de congelación, previo a la descongelación, y del tiempo de almacenamiento a temperaturas de refrigeración del producto descongelado.

En la Tabla 4.6 se recogen los valores de los QI obtenidos a lo largo del año de duración del estudio. Para cada especie y presentación se indican, en cada una de las 4 fases (0, 4, 8 y 12 meses de almacenamiento) los valores correspondientes a cada uno de los 5 días de muestreo (t_1 a t_5) seleccionados durante el almacenamiento del producto descongelado a temperaturas de refrigeración.

Tabla 4.6. Valores QI medios para cada especie y presentación a lo largo de un año de almacenamiento a temperaturas de congelación

Especie-presentación	Fase	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
Halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola	1	2,25	2,25	4,25	6,50	8,00
	2	1,50	4,00	4,50	5,67	10,17
	3	2,60	1,40	4,80	5,40	10,20
	4	3,00	3,38	4,50	6,38	7,00
Platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola	1	3,29	3,71	7,14	7,43	9,71
	2	3,43	4,86	7,00	7,71	10,71
	3	4,00	4,33	6,33	7,83	11,67
	4	4,71	4,29	6,57	8,29	12,00
Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	1	3,00	2,29	3,43	4,14	8,57
	2	2,60	4,20	6,00	5,00	10,80
	3	3,29	3,29	4,43	5,57	9,57
	4	3,60	3,40	5,00	7,20	11,00
Filetes de talismán sin piel	1	2,57	2,29	3,71	4,00	6,43
	2	3,14	3,29	4,43	5,29	10,29
	3	3,00	3,40	5,00	5,60	8,20
Pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel	1	4,60	4,20	6,20	7,00	11,80
	2	4,25	4,38	5,00	5,13	9,88
	3	4,38	4,13	4,63	6,63	10,50
	4	3,29	3,57	6,00	6,29	10,86
Pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola	1	3,00	3,40	5,40	8,00	13,40
	2	4,00	4,00	7,00	5,83	12,00
	3	5,25	5,25	5,25	7,13	11,88
	4	4,75	3,88	4,50	7,38	12,88
Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola	1	6,67	5,83	8,17	10,33	15,00
	2	6,86	6,57	8,71	7,71	11,14
	3	5,00	5,33	5,83	8,67	14,00
	4	5,60	6,00	6,40	8,20	12,40
Alas de raya sin piel	1	2,00	2,83	3,83	6,00	8,50
	2	2,43	2,29	3,00	5,14	8,57
	3	3,00	4,00	4,20	6,40	7,80
	4	3,50	3,50	3,25	6,75	7,50

Los modelos de regresión (4.1), (4.8) y (4.9) (Sección 4.3.4.1) parten de la premisa de que la tendencia que sigue el QI (Y) con el paso de los días en refrigeración (X) queda bien descrita, en cada fase i , mediante una recta $Y = a_i + b_i X$ (modelo (4.1)), una función potencial $Y = a_i X^{b_i}$ (modelo (4.8)) o una recta en función de la raíz de los días en refrigeración $Y = a_i + b_i \sqrt{X}$ (modelo (4.9)). Dado que estos tres tipos de tendencia resultaron de gran utilidad en la determinación de la vida útil (Sección 3), cabe esperar que sean adecuados en el nuevo contexto, en el que se introduce un nuevo factor a tener en cuenta, el tiempo previo en congelación, que podría modificar la forma en la que evoluciona el QI al pasar el pescado a temperaturas de refrigeración. Para valorar la idoneidad de estos tres tipos de tendencia en dicho contexto, en primer lugar se presentan en gráficos de dispersión los datos originales, $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n$ y los datos transformados, $\{(\ln(x_i), \ln(y_i))\}_{i=1}^n$ y $\{(\sqrt{x_i}, y_i)\}_{i=1}^n$. Si los datos originales de cada fase siguen alguno de los tres tipos de tendencia considerados, los

datos de cada fase representados en la gráfica asociada deben aparecer en torno a una recta, que inicialmente se considera puede ser distinta para cada fase. Por brevedad se mostrarán únicamente los gráficos de dispersión más útiles para el análisis estadístico posterior.

Tras examinar gráficamente la pertinencia, o no, de los tres tipos de tendencia anteriores, para proceder al ajuste de las seleccionadas como apropiadas, se comparan los modelos (4.1), (4.8) y (4.9), todos ellos con el mismo número de parámetros, mediante el coeficiente de determinación múltiple, R^2 . Este proporciona el porcentaje de variabilidad de la variable respuesta ($Y=QI$) explicada por el modelo ajustado por el método de mínimos cuadrados.

Los resultados de la comparación de tendencias siguiendo el esquema de las Figuras 4.1 y 4.2 se examinan, para cada especie y presentación, tomando como referencia el modelo de regresión múltiple que proporciona un mejor ajuste. En aquellos casos en los que se concluye que existen diferencias entre fases, se proporciona el coeficiente de determinación múltiple ajustado, $R^2_{ajustado}$. Este coeficiente se utilizará para comparar el ajuste del modelo de regresión múltiple con el ajuste del modelo de análisis de la varianza correspondiente (Sección 4.3.4.2), que se considera posteriormente para examinar las diferencias con un método alternativo. Se tiene en cuenta así que el modelo de regresión y el modelo ANOVA son modelos que requieren estimar un número de parámetros diferente.

A continuación, se desglosan los resultados obtenidos para cada una de las especies objeto de estudio.

4.4.1 Halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola

En la Figura 4.4 se representan gráficamente los valores del QI obtenidos a lo largo de un año de almacenamiento a temperaturas de congelación para halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola recogidos en la Tabla 4.6.

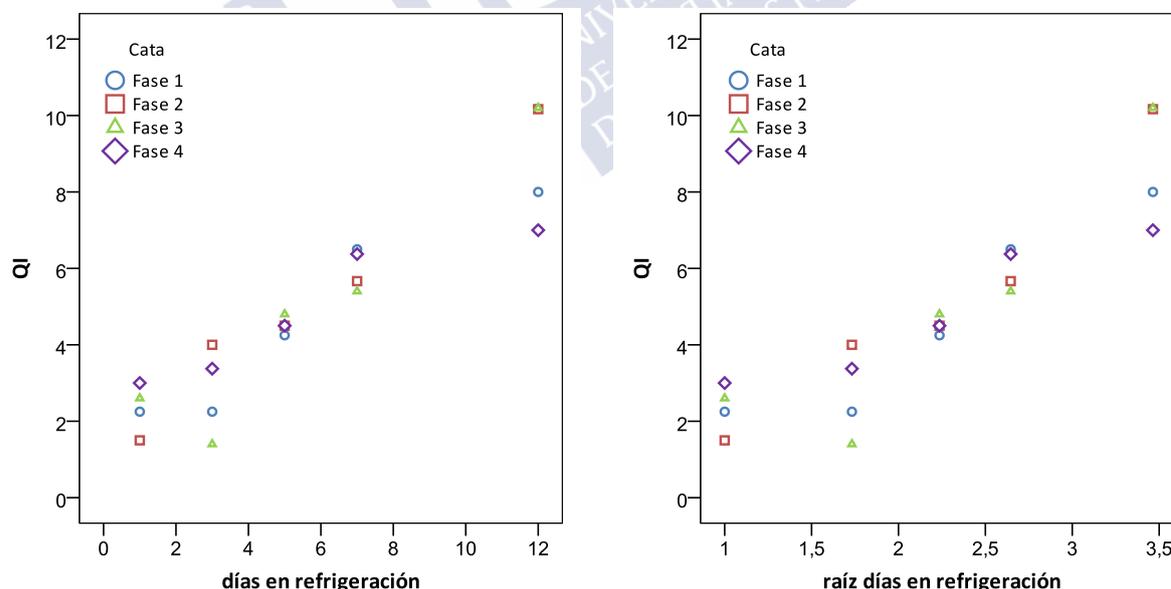


Figura 4.4. Halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)

Tanto en la representación del QI frente a los días en refrigeración, como en función de la raíz de los días en refrigeración, el QI tiende a incrementarse siguiendo una tendencia, en cada

fase, que puede considerarse lineal. Además, no se aprecian diferencias destacables entre fases, lo que parece indicar que el deterioro en la calidad organoléptica cuando se pasa a temperaturas de refrigeración es semejante en las diferentes fases.

Los resultados de aplicar la metodología descrita en la Sección 4.3.4.1, que se muestran a continuación, permitirán examinar de forma objetiva si existen diferencias estadísticamente significativas entre fases en el caso del halibut negro eviscerado sin cabeza y sin cola.

Para ello, se va a estudiar la evolución del QI en las 4 fases (1 año de almacenamiento) teniendo en cuenta, en primer lugar, el periodo completo de estudio, es decir, considerando los 3 días de análisis dentro de la vida útil (1, 3 y 5 días), el día límite de la vida útil (7 días) y otro fuera del fin de la vida útil (12 días). En segundo lugar, se analiza la evolución del QI en el periodo de vida útil (1, 3, 5 y 7 días).

a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio

Entre los modelos de regresión múltiple de referencia (Ecuaciones (4.1), (4.8) y (4.9)), el modelo que considera una tendencia lineal en cada fase (Ecuación (4.1)) es el que proporciona un mejor ajuste, con un coeficiente de determinación muy alto, $R^2=0,930$ (Tabla 4.7, Figura 4.4-izquierda). El modelo (4.9), que considera una recta en términos de la raíz de los días en refrigeración para cada fase, también proporciona un buen ajuste, $R^2=0,880$ (Tabla 4.7, Figura 4.4-derecha). Por su parte, el ajuste de regresión múltiple basado en la Ecuación (4.8) presenta el valor de R^2 más pequeño, que no llega a ser satisfactorio (Tabla 4.7, se omite la gráfica asociada). Debe observarse que el ajuste de un modelo potencial para cada fase se obtiene indirectamente, dado que se deriva de un ajuste lineal del tipo, $\ln(Y) = a + b \ln(X)$, es decir, $Y = a^* X^b$ con $a^* = e^a$.

Tabla 4.7. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para el halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	p-valor H_0^I
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,930	0,246
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,880	0,611
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI$ medio)	$\ln(X_1)$	0,778	0,843

En la comparación de fases (Figuras 4.1 y 4.2.), se llega a que no existen evidencias de un efecto fase (caso I) para el halibut negro eviscerado: $p=0,246$ ($\geq 0,10$) en el contraste de H_0^I basado en el mejor ajuste (modelo (4.1)).

b. Evolución del QI en el periodo de vida útil

En aras a buscar una interpretación sencilla del efecto fase, y dado el mayor interés del pescado en el periodo de vida útil, se lleva a cabo la comparación de fases, excluyendo del análisis el periodo posterior al fin de la vida útil. Los resultados se recogen en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8. Comparación de fases en el periodo de vida útil para el halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	p-valor H_0^I
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,842	0,904
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,786	0,947
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI$ medio)	$\ln(X_1)$	0,672	0,896

Como se puede observar en la Tabla 4.8, el menor rango de variación considerado para el número de días que lleva descongelado el pescado (X_1), dificulta el ajuste de las tendencias como se aprecia en la disminución (con respecto a los valores recogidos en la Tabla 4.7) del valor del coeficiente de determinación múltiple R^2 . De los resultados recogidos en la Tabla 4.8 no se concluye que exista un efecto fase en el periodo de vida útil para el halibut negro eviscerado: el test F para el contraste de H_0^I basado en el ajuste del modelo (4.1), el único satisfactorio (con el criterio $R \geq 0,9$), da un p-valor=0,904.

A modo de resumen final, cabe decir que, durante un año de almacenamiento a temperaturas de congelación, las características organolépticas del halibut negro eviscerado, sin cabeza y sin cola no se ven modificadas de forma significativa, ni en el periodo de vida útil, ni en el periodo completo de estudio, por lo que no hay evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación influya en la vida útil.

4.4.2 Platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola

En el caso de la platija americana, tanto en el gráfico de dispersión de los datos originales $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n$ (Figura 4.5-izquierda), como en el de los datos $\{(\sqrt{x_i}, y_i)\}_{i=1}^n$ (Figura 4.5-derecha), como en el de los datos transformados $\{(\ln(x_i), \ln(y_i))\}_{i=1}^n$ (la figura se omite, por brevedad), se observa que la evolución del QI, en las condiciones de refrigeración establecidas, se puede considerar lineal en cada fase. Además, en las gráficas no se aprecian diferencias importantes entre fases, lo que parece indicar que la evolución del deterioro en la calidad organoléptica es semejante en las diferentes fases.

El análisis basado en la metodología descrita en la Sección 4.3.4.1, que se muestra a continuación, permitirá determinar de forma objetiva si existen diferencias significativas entre fases en el caso de la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola.

Para ello, se va a estudiar la evolución del QI en las 4 fases (1 año de almacenamiento) teniendo en cuenta, en primer lugar, el periodo completo de estudio, es decir, considerando los 3 días de análisis dentro de la vida útil (1, 2 y 4 días), el día límite de la vida útil (6 días) y otro fuera del fin de la vida útil (14 días). En segundo lugar, se analiza la evolución del QI en el periodo de vida útil (1, 2, 4 y 6 días).

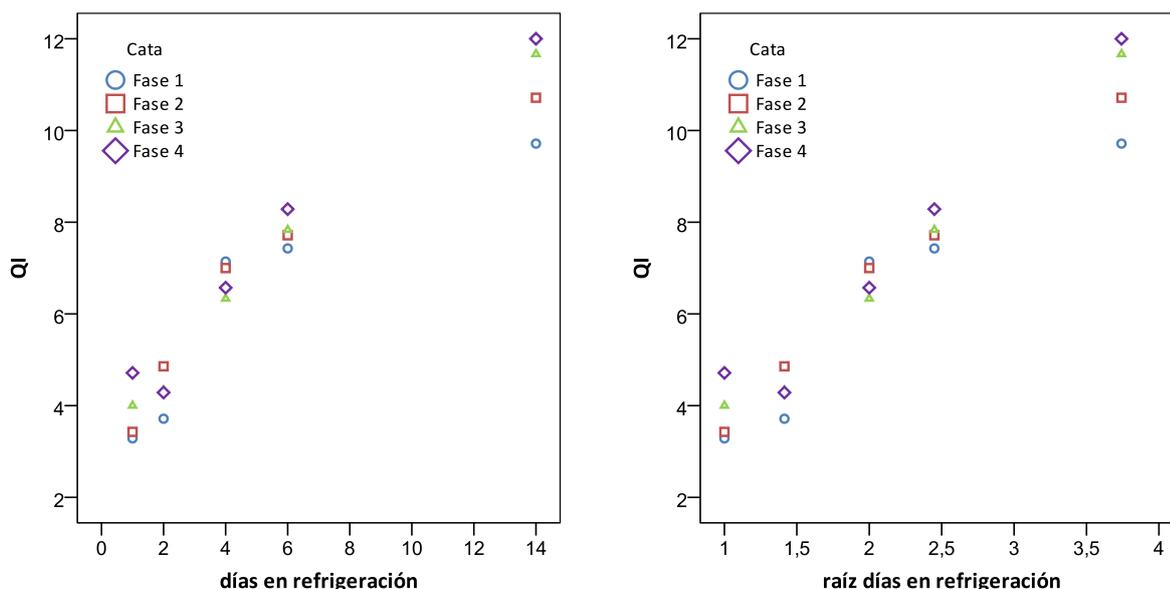


Figura 4.5. Platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)

a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio

Los tres modelos de regresión múltiple de referencia (Ecuaciones (4.1), (4.8) y (4.9)) proporcionan ajustes satisfactorios (R^2 próximo a 1, Tabla 4.9). Entre ellos, el modelo que considera que en cada fase la relación entre el QI y la raíz de días en refrigeración es lineal (Ecuación (4.9)) es el que proporciona un mejor ajuste, $R^2=0,965$. Tomando como referencia dicho ajuste, no existen evidencias de un efecto fase (caso I de la Figura 4.2) para la platija americana ($p=0,386$ en el F test para contrastar H_0^I).

Tabla 4.9. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	p-valor H_0^I
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,927	0,700
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,965	0,386
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI$ medio)	$\ln(X_1)$	0,945	0,648

b. Evolución del QI en el periodo de vida útil

Cuando el estudio se limita al periodo de vida útil de la platija, de nuevo los tres modelos de regresión múltiple proporcionan ajustes satisfactorios (R^2 próximo a 1, Tabla 4.10). No obstante, en este caso el modelo que proporciona un mejor ajuste es el que considera que en cada fase la evolución del QI con los días en refrigeración es lineal (Ecuación (4.1)), con $R^2=0,930$, aunque este coeficiente es prácticamente igual para el ajuste del modelo (4.9).

Tabla 4.10. Comparación de fases en el periodo de vida útil para la platija americana eviscerada, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	p-valor H_0^I
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,930	0,891
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,929	0,868
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI$ medio)	$\ln(X_1)$	0,910	0,676

En la comparación de tendencias tomando como referencia el modelo (4.1) se llega de nuevo a que no existen evidencias de un efecto fase (caso I) para la platija americana ($p=0,891$ en el F test para contrastar H_0^I).

Como resumen final, al igual que en el caso del halibut, tampoco se detecta una influencia del tiempo de almacenamiento en congelación a lo largo de un año, ni en el periodo de vida útil, ni en el periodo más amplio del estudio completo, por lo que tampoco hay evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación influya en la vida útil.

4.4.3 Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel

El trabajo desarrollado en esta sección y los resultados obtenidos han sido publicados en el artículo: López-García et al. (2021) (*VER APÉNDICE*).

En la Figura 4.6 se representan gráficamente los datos obtenidos a lo largo de un año de almacenamiento a temperaturas de congelación para el granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel recogidos en la Tabla 4.6. A la vista de la gráfica, no se consideran transformaciones en los datos, que tampoco resultaron necesarias con esta especie en el estudio de la vida útil (Sección 3.4.4.3). En este nuevo contexto, como se observa, la evolución del QI en las condiciones de refrigeración establecidas, en todas las fases se puede considerar que sigue una tendencia lineal.

En la comparación visual de las fases, al contrario de lo que ocurría con las dos especies previas, en la Figura 4.6 se aprecia que los datos correspondientes a la primera fase, salvo al inicio (1 día en refrigeración), se sitúan siempre por debajo de los datos de las otras fases: cuando el tiempo previo en congelación del pescado es de 4 meses o más, el deterioro de la calidad organoléptica es mayor que el que se observa en la Fase 1.

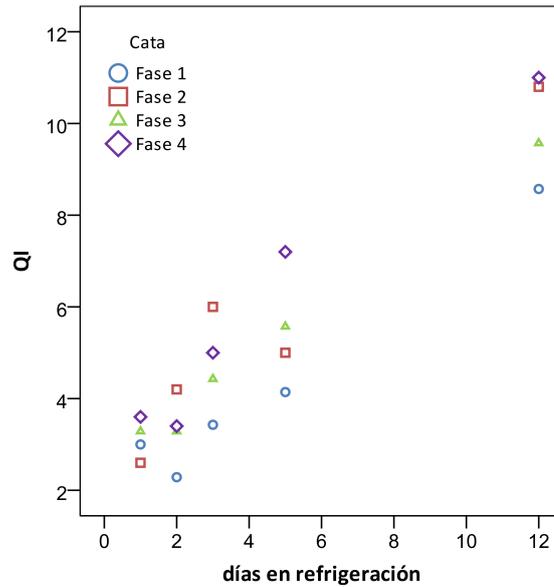


Figura 4.6. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)

A continuación se examina con la metodología descrita en la Sección 4.3.4 si existen diferencias estadísticamente significativas entre fases en el caso del granadero de roca eviscerado, sin cabeza y sin piel. Para ello, se va a estudiar la evolución del QI en las 4 fases (1 año de almacenamiento) teniendo en cuenta, en primer lugar, el periodo completo de estudio, es decir, considerando los 3 días de análisis dentro de la vida útil (1, 2 y 3 días), el día límite de la vida útil (5 días) y otro fuera del fin de la vida útil (12 días). En segundo lugar, se analiza la evolución del QI en el periodo de vida útil (1, 2, 3 y 5 días).

a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio

En base a lo comentado anteriormente, para comparar las tendencias, se considera el modelo de regresión múltiple (4.1), basado en ajustar, para cada fase, una recta, $Y = a + bX$ (Y el QI medio, X los días en refrigeración).

Tabla 4.11. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para el granadero de roca eviscerado, sin cabeza, cola y sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	$R^2_{ajustado}$	p-valor	
					H_0^I	H_0^{II}
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,956	0,931	0,039	0,542

Como se observa en la Tabla 4.11, se logra obtener un ajuste de regresión lineal múltiple satisfactorio (la variabilidad explicada por la regresión es del 95,6%). Además, el resultado es significativo de que existe un efecto fase ($p=0,039$ en el F test del contraste de H_0^I). Dicho efecto se puede considerar que no depende del número de días en refrigeración ($p=0,542$ en el F test del contraste de H_0^{II}), lo que lleva al Caso II de la Figura 4.2. Los ajustes de las rectas que definen las tendencias de las 4 fases, que se pueden considerar paralelas (modelo (4.3)),

se basan en el modelo (4.6), que asume H_0'' . Dichas rectas pueden obtenerse de forma alternativa mediante el modelo de análisis de la covarianza (4.4), el cual se tomará como referencia en las comparaciones por pares de las fases.

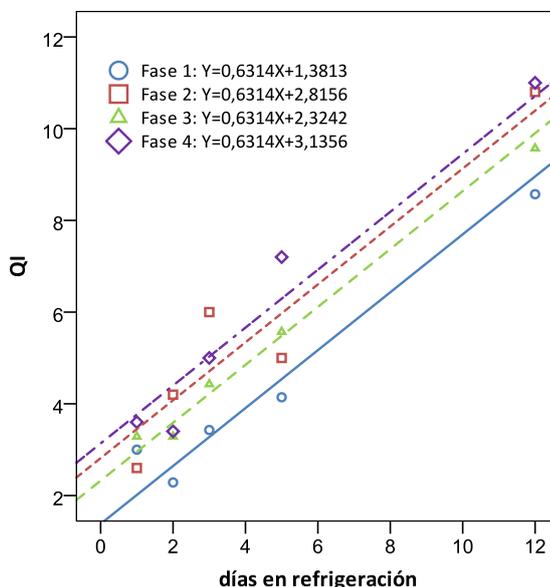


Figura 4.7. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel (periodo del esquema QIM): ajustes de las tendencias de evolución del QI en función del número de días en refrigeración basados en el modelo ANCOVA

Para llevar a cabo las comparaciones de fases por pares, siguiendo el esquema de la Figura 4.2 se considerará el modelo de análisis de la covarianza (ANCOVA (4.4)), que equivale al modelo (4.6), que como se mostró no presenta diferencias significativas con respecto al modelo completo (4.1). Es por ello que el ajuste mínimo cuadrático del modelo (4.4) (y por tanto del (4.6)) proporciona un buen ajuste, $R^2=0,948$ ($R^2_{ajustado}=0,934$). Dicho ajuste proporciona las tendencias presentadas en la Figura 4.7.

Tabla 4.12. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel (periodo del esquema QIM): comparaciones por pares del efecto fase mediante el método de la mínima diferencia significativa en base al modelo ANCOVA

Fase <i>i</i>	1	1	1	2	2	3
Fase <i>j</i>	2	3	4	3	4	4
p-valor (test MDS)	0,005	0,049	0,001	0,281	0,477	0,084

Los resultados de las comparaciones por pares (Tabla 4.12) permiten establecer dos subgrupos homogéneos, un primer grupo formado por la Fase 1, y un segundo grupo formado por las Fases 2, 3 y 4 (lo que se aprecia también en la Figura 4.7). Nótese que las diferencias entre la Fase 1 y la Fase 2 son significativas ($p=0,005$), y son también significativas las diferencias entre la Fase 1 y la Fase 3 ($p=0,049$) y entre la Fase 1 y la Fase 4 ($p=0,001$). Sin embargo, no existen diferencias significativas entre la Fase 2 y la Fase 3 y tampoco entre la Fase 2 y la 4 ($p \geq 0,10$ en ambos casos). Entre las Fases 3 y 4 los resultados tampoco son

concluyentes de que existan diferencias ($p=0,084$), aunque sí hay indicios de que podría haberlas.

Comparación de fases temporales en base a modelos de análisis de la varianza

Para completar la comparación de fases, se llevan a cabo los F tests recogidos en la Figura 4.3 (detallados en la Sección 4.3.4.2) debido a que se apreció un efecto fase significativo en la comparación de tendencias previa. En la Tabla 4.13 se recogen los resultados del test de Tukey para el contraste de la hipótesis de aditividad (H_0) basado en el modelo ANOVA de la Ecuación (4.10), y del F test para el contraste de la hipótesis de un efecto nulo de la fase (H_0^*), basado en el modelo ANOVA II sin interacción (Ecuación (4.11)). Ambos modelos proporcionan ajustes satisfactorios, con un valor del coeficiente $R^2_{ajustado}$ prácticamente coincidente con el del ajuste del modelo (4.1) (Tabla 4.13).

Tabla 4.13. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, comparaciones de la Figura 4.3 en el periodo QIM: p -valor del test de Tukey (H_0) y del F test de un efecto de la fase nulo (H_0^*) y coeficientes de determinación de los modelos de referencia

Modelo de análisis de la varianza		R^2	$R^2_{ajustado}$	p-valor	
				H_0	H_0^*
Tukey	$Y = \mu + \alpha + \beta + \gamma\alpha\beta + \varepsilon$	0,965	0,939	0,155	0,010
ANOVA II sin interacción	$Y = \mu + \alpha + \beta + \varepsilon$	0,957	0,933		0,010

De los resultados de los F tests incluidos en la Tabla 4.13 se extraen conclusiones análogas a las obtenidas en la comparación de tendencias. En vista de los resultados se puede considerar que no existe un efecto de interacción “fase \times número de días en refrigeración”, por lo que el efecto fase no depende de los días que lleva descongelado el pescado ($p=0,155$ en el contraste de H_0). Además el efecto fase es significativo ($p=0,010$ en el contraste de H_0^*). Se llega pues al Caso II de la Figura 4.3.

Tabla 4.14. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: comparaciones por pares del efecto fase (en el periodo completo de estudio) mediante el método de la mínima diferencia significativa en base al modelo ANOVA II sin interacción

Fase i	1	1	1	2	2	3
Fase j	2	3	4	3	4	4
p -valor (test MDS)	0,007	0,055	0,002	0,291	0,485	0,093

La Tabla 4.14 recoge las comparaciones de fases siguiendo el esquema de la Figura 4.3 para el granadero de roca.

En base al modelo ANOVA sin interacción, el método de la mínima diferencia significativa (MDS) conduce a resultados análogos a los de la Tabla 4.12. Las diferencias entre la Fase 1 y la Fase 2 son significativas ($p=0,007$) y son también significativas las diferencias entre la Fase 1 y la Fase 4 ($p=0,002$) y hay indicios de significación en la comparación de las Fases 1 y 3 ($p=0,055$). Sin embargo, no existen diferencias significativas

entre la Fase 2 y la Fase 3 y tampoco entre la Fase 2 y la 4 ($p \geq 0,10$ en ambos casos), y entre la Fase 3 y 4 los resultados tampoco son concluyentes de que existan diferencias ($p=0,093$), aunque sí hay indicios de que podría haberlas. Así pues, los resultados son compatibles con los subgrupos homogéneos determinados en base a la Tabla 4.12 (aunque los resultados no son tan claros): un primer grupo formado por la Fase 1, y un segundo grupo formado por las Fases 2, 3 y 4.

b. Evolución del QI en el periodo de vida útil

Los resultados en el periodo de la vida útil basados en el modelo de regresión múltiple (4.1) y el esquema de la Figura 4.2 se recogen en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15. Comparación de fases en el periodo de vida útil para el granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	$R^2_{ajustado}$	p-valor H_0^I
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,815	0,653	0,182

Como se puede observar en la Tabla 4.15, debido al menor rango de variación considerado para el número de días que lleva descongelado el pescado (X_1), la calidad del ajuste disminuye, lo que se aprecia en la disminución (con respecto a los valores recogidos en la Tabla 4.11) del valor del coeficiente de determinación. Aun así, el ajuste se considera satisfactorio ($R > 0,90$).

De los resultados recogidos en la Tablas 4.15 no se concluye que exista un efecto fase en el periodo de vida útil para el granadero de roca (p -valor= $0,182$ en el F test del contraste de H_0^I).

Tabla 4.16. Granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, comparaciones de la Figura 4.3 en el periodo de vida útil: p -valor del test de Tukey (H_0) y del F test de un efecto de la fase nulo (H_0^*) y coeficientes de determinación de los modelos de referencia

Modelo de análisis de la varianza		R^2	$R^2_{ajustado}$	p-valor	
				H_0	H_0^*
Tukey	$Y = \mu + \alpha + \beta + \gamma\alpha\beta + \varepsilon$	0,846	0,711	0,158	0,079
ANOVA II sin interacción	$Y = \mu + \alpha + \beta + \varepsilon$	0,799	0,665		0,079

En base a los modelos ANOVA, en el periodo de vida útil se puede considerar que no existe un efecto de interacción “fase \times número de días en refrigeración”, $p=0,158$ en el test de aditividad de Tukey. (Esto es compatible con el análisis basado en la comparación de tendencias en el periodo del esquema QIM: en dicho periodo en el granadero de roca también se detectó un efecto fase significativo que no dependía del número de días en refrigeración). Además, en el periodo de vida útil hay indicios de significación de un efecto fase, $p=0,079$ en el contraste de H_0^* .

Así pues, si se restringe al periodo de vida útil, de los dos métodos de comparación de fases considerados (comparación de tendencias, Tabla 4.15 y el análisis de la varianza, Tabla 4.16), solo con el ANOVA se detectan indicios de significación.

A modo de resumen, en el caso del granadero de roca eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, en el periodo completo de estudio, existen evidencias de un efecto negativo del tiempo previo en congelación, en el sentido de que en las fases con más de 4 meses en congelación se observó que los valores del QI siguen una tendencia que está siempre por encima de la observada en la Fase 1, correspondiente a 0 meses (y a mayor QI, peor calidad). Mientras que, en el periodo de vida útil solo hay indicios de dichas diferencias. Por tanto, en este caso existen evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación puede influir en la vida útil.

4.4.4 Filetes de talismán sin piel

Como ya se comentó en la Sección 4.3.2, en el caso de los filetes de talismán los análisis se realizan para las tres primeras fases, con lo que el estudio para esta especie-presentación queda reducido a 8 meses.

En la Figura 4.8 se representan gráficamente los valores del QI y de la transformación logarítmica obtenidos a lo largo de ocho meses de almacenamiento a temperaturas de congelación para filetes de talismán sin piel, recogidos en la Tabla 4.6.

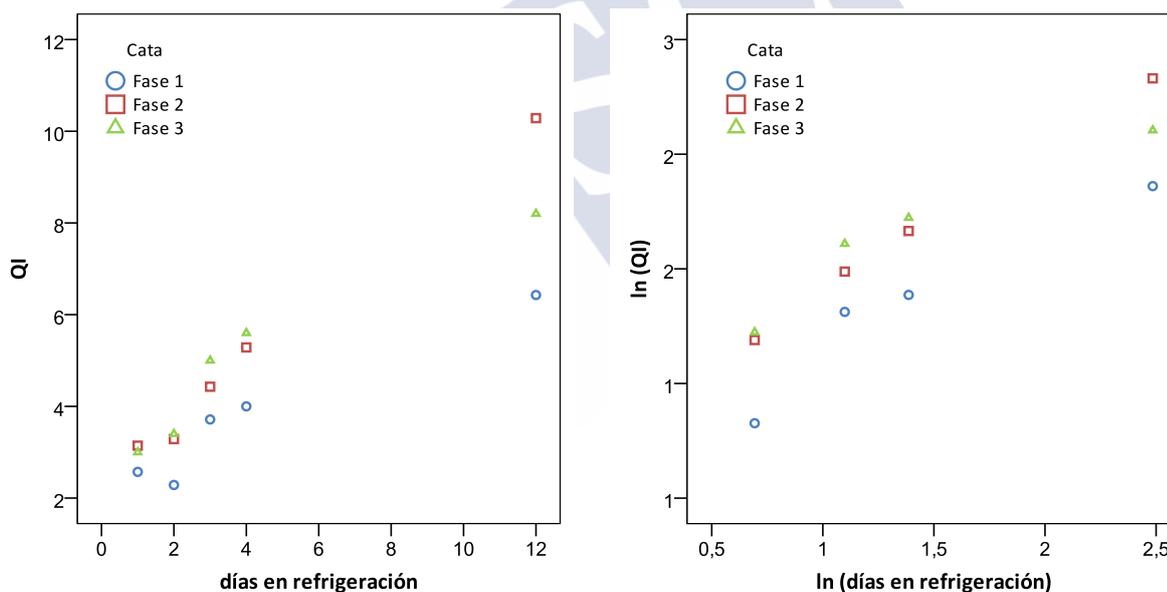


Figura 4.8. Filetes de talismán sin piel: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2) y 8 meses (fase3)

En el caso de los filetes de talismán, tanto en el gráfico de dispersión de los datos originales $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n$ (Figura 4.8-izquierda), como en el de los datos transformados $\{(\ln(x_i), \ln(y_i))\}_{i=1}^n$ (Figura 4.8-derecha), como en el de los datos $\{(\sqrt{x_i}, y_i)\}_{i=1}^n$ (la figura se omite, por brevedad), se observa que al pasar el pescado a las condiciones de refrigeración establecidas, el QI muestra una tendencia a incrementarse con el paso de los días. Ahora bien, la tendencia puede considerarse lineal en cada fase en el caso de los datos transformados

(Figura 4.8-derecha), lo que indica que para los datos originales cabe considerar tendencias no lineales.

En la Figura 4.8 se aprecia que, para todos los muestreos, durante el almacenamiento a temperaturas de refrigeración, el valor más bajo del QI se obtiene en la Fase 1 (0 meses), lo que parece sugerir que mantener el pescado en congelación más de 4 meses tiene un efecto negativo en su calidad organoléptica. Entre las Fases 2 y 3 (4 y 8 meses de almacenamiento), gráficamente no se aprecian diferencias destacables. En lo que sigue se emplea la metodología descrita en la Sección 4.3.4 para examinar entre las posibles diferencias entre fases cuáles son estadísticamente significativas.

Para ello, se va a estudiar la evolución del QI en las 3 fases (8 meses de almacenamiento) teniendo en cuenta, en primer lugar, el periodo completo de estudio, es decir, considerando los 3 días de análisis dentro de la vida útil (1, 2 y 3 días), el día límite de la vida útil (4 días) y otro fuera del fin de la vida útil (12 días). En segundo lugar, se analiza la evolución del QI en el periodo de vida útil (1, 2, 3 y 4 días).

a. Evolución del QI en en el periodo completo de estudio

Como se observa en la Tabla 4.17, con los tres modelos de regresión de referencia se logra un ajuste de regresión lineal múltiple satisfactorio, siendo el mejor el del modelo (4.9), que explica el 97% de la variabilidad del QI. Con el modelo basado en el ajuste de tendencias lineales (modelo (4.1)) se logra explicar también un 96,3% de la variabilidad del QI.

Tabla 4.17. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para filetes de talismán sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	$R^2_{ajustado}$	p-valor	
					H_0^I	H_0^{II}
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,963	0,943	0,003	0,016
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,970	0,953	0,002	0,012
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI$ medio)	$\ln(X_1)$	0,928	0,888	0,047	0,674

Tomando como referencia el mejor ajuste (correspondiente al modelo (4.9)), los resultados incluidos en la Tabla 4.17 muestran que para el talismán hay evidencias de un efecto fase ($p=0,002$ en el F -test para el contraste de H_0^I). Pero el resultado también es significativo ($p=0,012$ en el F -test para el contraste de H_0^{II}) de que las diferencias entre fases cambian con el número de días que lleva el pescado en refrigeración (caso III, Figura 4.2). A un resultado análogo (caso III, Figura 4.2) se llega con el modelo (4.1), lo que se puede visualizar en la Figura 4.8, en la que se puede observar que a medida que aumentan los días en refrigeración se aprecia una tendencia a incrementarse las diferencias entre las fases (de ahí que el F -test para el contraste de H_0^{II} resulte significativo, $p=0,016$).

Sin embargo, si se toma como referencia el ajuste del modelo (4.8), se aprecia que los resultados son indicativos de un efecto fase ($p=0,047$ en el F -test para el contraste de H_0^I), pero al examinar la relación de $\ln(Y)$ con $\ln(X)$ el resultado no es significativo ($p=0,674$ en el F -test para el contraste de H_0^{II}) de que las diferencias entre fases cambien con el número de días que lleva el pescado en refrigeración (caso II, Figura 4.2). Esto puede apreciarse en la

Figura 4.9-izquierda, en la que se utiliza la transformación logarítmica. Así pues, por motivos de simplicidad, en la comparación por fases se tomará como referencia el ajuste del modelo (4.8), que implícitamente considera un modelo potencial para cada fase. Cabe recordar que para esta especie, con los datos de la ficha QIM se obtuvo el ajuste potencial con coeficiente b más alejado de 0,50 (Sección 3, Tabla 3.52), lo que puede también motivar la sustitución del modelo (4.9) (que proporciona el mejor ajuste) por el modelo (4.8) en la comparación por fases.

La Figura 4.9 recoge los ajustes de tendencias para los datos transformados asumiendo H_0'' (izquierda), así como los ajustes potenciales para los datos originales que se derivan de ellos (derecha), en las que se aprecia como las diferencias entre las fases cambian con el paso de los días en refrigeración.

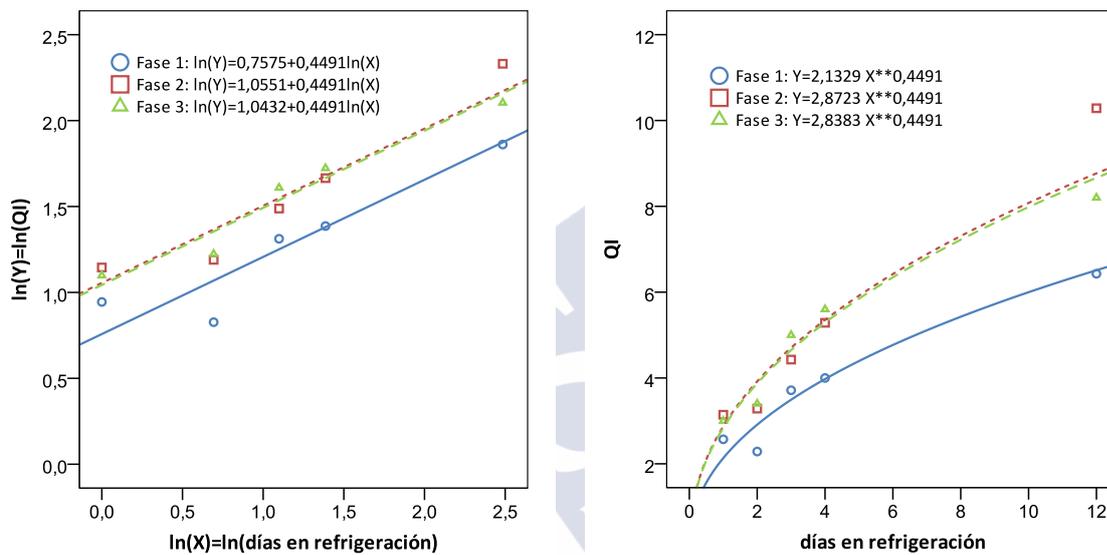


Figura 4.9. Filetes de talismán sin piel: ajustes de las tendencias de evolución del QI medio en función del número de días en refrigeración basados en el modelo ANCOVA en términos de $\ln(Y)$ y $\ln(X)$ (izquierda) y ajustes potenciales que se derivan de los anteriores (derecha)

Para llevar a cabo las comparaciones de fases, siguiendo el esquema de la Figura 4.2 se considera el modelo de análisis de la covarianza (ANCOVA), que equivale al modelo (4.6),

$$\ln(Y_{ij}) = \mu + \underbrace{\alpha_j}_{\text{efecto de la fase } j} + \underbrace{b}_{\text{pendiente común}} \cdot \underbrace{\ln(t_i)}_{\text{ln de días en refrigeración}} + \varepsilon_{ij} \quad (4.12)$$

El ajuste mínimo cuadrático del modelo ANCOVA anterior tiene un coeficiente $R^2=0,921$ (es también un buen ajuste, téngase en cuenta que el modelo (4.6) correspondiente a la transformación logarítmica no presenta diferencias significativas con el modelo (4.8)).

Tabla 4.18. Filetes de talismán sin piel (periodo del esquema QIM): comparaciones por pares del efecto fase mediante el método de la mínima diferencia significativa en base al modelo ANCOVA

Fase <i>i</i>	1	1	2
Fase <i>j</i>	2	3	3
p-valor (test MDS)	0,005	0,006	0,890

La comparación de las 3 primeras fases para el talismán en base al modelo ANCOVA (4.12) permite establecer dos subgrupos homogéneos, un primer grupo formado por la primera fase (Fase 1) y un segundo grupo formado por las últimas fases (Fases 2 y 3), lo que se aprecia también en la Figura 4.9. Los subgrupos fueron establecidos en base al método de la mínima diferencia significativa (MDS). Como se puede apreciar en la Tabla 4.18, son significativas las diferencias entre las Fases 1 y 2 ($p=0,005$) y entre las Fases 1 y 3 ($p=0,006$).

Como conclusión, existe un efecto fase significativo que depende del tiempo que lleve el pescado en refrigeración. En las comparaciones por pares se concluye que, si el pescado lleva más de 4 meses congelado, cuando es descongelado a temperaturas de refrigeración, la calidad es en todos los periodos inferior (QI siempre superior) a la del pescado de la fase inicial.

Comparación de fases temporales en base a modelos de análisis de la varianza

Para completar la comparación de fases, se llevan a cabo los *F* tests recogidos en la Figura 4.3 (detallados en la Sección 4.3.4.2) debido a que se aprecia un efecto fase significativo en la comparación de tendencias previa. En la Tabla 4.19 se recogen los resultados del test de Tukey para el contraste de la hipótesis de aditividad (H_0) basado en el modelo ANOVA de la Ecuación (4.10), y del *F* test para el contraste de la hipótesis de un efecto nulo de la fase (H_0^*), basado también en dicho modelo.

Tabla 4.19. Filetes de talismán sin piel, comparaciones de la Figura 4.3 en el periodo completo de estudio: p-valor del test de Tukey (H_0) y del *F* test de un efecto de la fase nulo (H_0^*) y coeficientes de determinación del modelo de referencia

Modelo de análisis de la varianza		R^2	$R^2_{ajustado}$	p-valor	
				H_0	H_0^*
Tukey	$Y = \mu + \alpha + \beta + \gamma\alpha\beta + \varepsilon$	0,972	0,945	0,020	0,027

Los resultados de los *F* tests incluidos en la Tabla 4.19 conducen a conclusiones análogas a las obtenidas en la comparación de tendencias (Tabla 4.17): el resultado es significativo ($p=0,020$ en el contraste de H_0) de que existe un efecto fase que depende del número de días que lleva el pescado en refrigeración (caso III, Figura 4.3). Así pues, aunque el efecto fase es significativo ($p=0,027$ en el contraste de H_0^*) no se llevan a cabo las comparaciones por fases dado que al depender el efecto fase de los días en refrigeración, sería necesaria una transformación del QI para lograr una comparación de fácil interpretación.

b. Evolución del QI en el periodo de vida útil

Como se observa en la Tabla 4.20, con los 3 modelos de regresión de referencia se logra un ajuste de regresión lineal múltiple satisfactorio ($R > 0,90$). En el periodo de vida útil el mejor modelo es el (4.1), que considera tendencias lineales y explica el 92,5% de la variabilidad del QI. Con el modelo (4.9) la variabilidad explicada es también elevada, un 89,5%.

Tomando como referencia el mejor ajuste (modelo (4.1)), los resultados incluidos en la Tabla 4.20 muestran que para el talismán, en el periodo de vida útil, hay evidencias de un efecto fase ($p=0,043$ en el F -test para el contraste de H_0^I). Además el resultado no es significativo ($p=0,400$ en el F -test para el contraste de H_0^{II}) de que las diferencias entre fases cambian con el número de días que lleva el pescado en refrigeración (caso II, Figura 4.2).

Tabla 4.20. Comparación de fases en el periodo de vida útil para filetes de talismán sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	$R^2_{ajustado}$	p-valor	
					H_0^I	H_0^{II}
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,925	0,862	0,043	0,400
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,895	0,807	0,083	0,494
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI)$ medio)	$\ln(X_1)$	0,835	0,697	0,186	0,845

Para llevar a cabo las comparaciones de fases, siguiendo el esquema de la Figura 4.2 se considerará el modelo de análisis de la covarianza (ANCOVA), que equivale al modelo (4.6),

$$Y_{ij} = \mu + \underbrace{\alpha_j}_{\text{efecto de la fase } j} + \underbrace{b}_{\text{pendiente común}} \cdot \underbrace{t_i}_{\text{días en refrigeración}} + \varepsilon_{ij} \tag{4.13}$$

El ajuste mínimo cuadrático del modelo (4.6) (y, por tanto, del modelo ANCOVA anterior) tiene un coeficiente de $R^2=0,898$ (es también un buen ajuste, teniendo en cuenta que no presenta diferencias significativas con el modelo (4.1)).

En el caso del talismán, la comparación en el periodo de vida útil de las 3 primeras fases en base al modelo ANCOVA (4.13) permite establecer dos subgrupos homogéneos, un primer grupo formado por la primera fase (Fase 1), y un segundo grupo formado por las últimas fases (Fases 2 y 3). Los subgrupos fueron establecidos en base al método de la mínima diferencia significativa (MDS). Como se puede apreciar en la Tabla 4.21, son significativas las diferencias entre las Fases 1 y 2 ($p=0,014$) y entre las Fases 1 y 3 ($p=0,005$).

Tabla 4.21. Filetes de talismán sin piel (periodo de vida útil): comparaciones por pares del efecto fase mediante el método de la mínima diferencia significativa en base al modelo ANCOVA

Fase i	1	1	2
Fase j	2	3	3
p-valor (test MDS)	0,014	0,005	0,472

Como conclusión, en el periodo de vida útil el efecto fase es significativo y no se aprecia que dependa del tiempo que lleve el pescado en refrigeración. En las comparaciones por pares se concluye que, si el pescado lleva más de 4 meses congelado, cuando es descongelado a temperaturas de refrigeración, la calidad es en todos los periodos inferior (QI siempre superior) a la del pescado de la fase inicial.

Comparación de fases temporales en base a modelos de análisis de la varianza

Para concluir el análisis, en la Tabla 4.22 se muestran los resultados de los contrastes de hipótesis de la Figura 4.3 aplicados al periodo de vida útil del talismán.

Tabla 4.22. Filetes de talismán sin piel, comparaciones de la Figura 4.3 en el periodo de vida útil: p -valor del test de Tukey (H_0) y del F test de un efecto de la fase nulo (H_0^*) y coeficientes de determinación de los modelos de referencia

Modelo de análisis de la varianza		R^2	$R^2_{ajustado}$	p-valor	
				H_0	H_0^*
Tukey	$Y = \mu + \alpha + \beta + \gamma\alpha\beta + \varepsilon$	0,983	0,962	0,076	0,003
ANOVA II sin interacción	$Y = \mu + \alpha + \beta + \varepsilon$	0,965	0,937		0,003

En la Tabla 4.22 se observa que para el talismán, en el periodo de vida útil, hay indicios de significación ($p=0,076$ en el contraste de H_0) de un efecto de interacción “fase \times número de días en refrigeración”, por lo que las diferencias entre las fases podrían depender de los días que lleva el pescado en refrigeración.

En la Tabla 4.23 se recogen las comparaciones por pares basadas en el modelo ANOVA II sin interacción, en el que se asume que el efecto de interacción no es significativo. Estas comparaciones conducen a conclusiones análogas a las obtenidas con el modelo ANCOVA: en la fase 1 se aprecia una calidad significativamente mayor (QI menor) que en las fases 2 y 3.

Tabla 4.23. Filetes de talismán sin piel (periodo de vida útil): comparaciones por pares del efecto fase mediante el método de la mínima diferencia significativa en base al modelo ANOVA II sin interacción

Fase i	1	1	2
Fase j	2	3	3
p -valor (test MDS)	0,003	0,001	0,304

En resumen, para filetes de talismán sin piel se observa que existe un efecto negativo del tiempo previo en congelación que depende de los días que lleve el pescado en refrigeración. En el periodo de vida útil también se detecta un efecto negativo del tiempo previo en congelación, si bien no existen evidencias suficientes para considerar que dependa de los días en refrigeración. Tanto en el periodo de vida útil, como en el periodo completo de estudio, los resultados responden a lo que cabe esperar: los valores del QIM de la Fase 1 (0 meses) siguen una tendencia siempre por debajo (a menor QI, mayor calidad) de la observada para las Fases 2 (4 meses) y 3 (8 meses). Por lo tanto, para esta especie y presentación existen evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación puede influir en la vida útil.

4.4.5 Pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel

En la Figura 4.10 se representan gráficamente los valores del QI obtenidos a lo largo de un año de almacenamiento a temperaturas de congelación para el pez sable eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel recogidos en la Tabla 4.6.

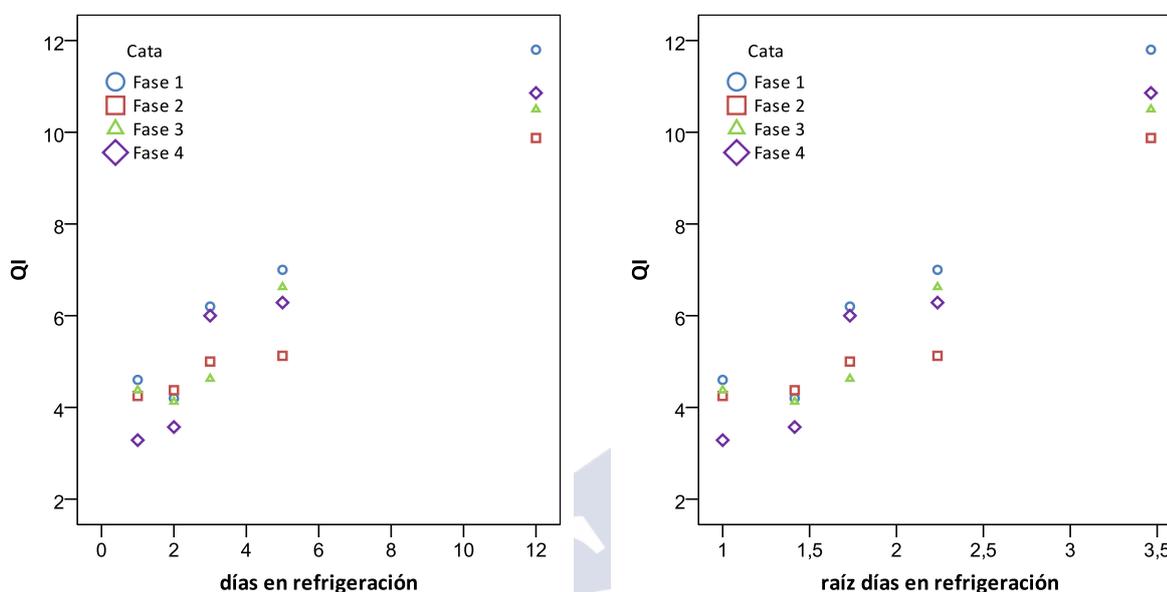


Figura 4.10. Pez sable eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)

Tanto en la representación del QI frente a los días en refrigeración (Figura 4.10-izquierda), como en función de la raíz de los días en refrigeración (Figura 4.10-derecha), se observa que para todas las fases el QI muestra una tendencia a incrementarse de manera lineal con el tiempo de almacenamiento en las condiciones de refrigeración establecidas.

En la comparación visual no se aprecian diferencias destacables entre fases. Así pues, en base a ambas gráficas, no se puede afirmar que el tiempo de almacenamiento en congelación durante un año afecte de forma negativa a la calidad organoléptica del pez sable eviscerado sin cabeza, sin cola y sin piel.

A continuación, se emplea la metodología descrita en la Sección 4.3.4.1 para examinar de forma objetiva si existen diferencias significativas entre fases en el caso del pez sable eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel.

Para ello, se va a estudiar la evolución del QI en las 4 fases (1 año de almacenamiento) teniendo en cuenta, en primer lugar, el periodo completo de estudio, es decir, considerando los 3 días de análisis dentro de la vida útil (1, 2 y 3 días), el día límite de la vida útil (5 días) y otro fuera del fin de la vida útil (12 días). En segundo lugar, se analiza la evolución del QI en el periodo de vida útil (1, 2, 3 y 5 días).

a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio

Como se observa en la Tabla 4.24, con los 3 modelos de regresión de referencia se logra un ajuste de regresión lineal múltiple satisfactorio ($R \geq 0,90$), siendo el mejor el del modelo (4.1), que explica el 96,6% de la variabilidad del QI, basado en el ajuste de tendencias lineales. La variabilidad del QI explicada por el ajuste del modelo (4.9) es también elevada, 93,8%.

Tomando como referencia el mejor ajuste (correspondiente al modelo (4.1)), los resultados incluidos en la Tabla 4.24 muestran que para el pez sable negro no hay evidencias de un efecto fase, $p=0,154 (\geq 0,10)$ en el F -test para el contraste de H_0^I (caso I, Figura 4.2).

Tabla 4.24. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para el pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	p-valor H_0^I
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,966	0,154
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,938	0,395
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI)$ medio	$\ln(X_1)$	0,876	0,634

b. Evolución del QI en el periodo de vida útil

Cuando el estudio se limita al periodo de vida útil del pez sable negro, el menor rango de variación considerado para el número de días que lleva descongelado el pescado dificulta el ajuste de la tendencia del QI, de manera que únicamente los modelos de regresión múltiple (4.1) y (4.9) proporcionan ajustes satisfactorios, con $R \geq 0,90$ (Tabla 4.25). El mejor ajuste corresponde de nuevo al modelo (4.1), con el que se logra explicar el 82,5% de la variabilidad del QI. Tomando como referencia dicho ajuste, dado que $p=0,346 (\geq 0,10)$ en el F -test para el contraste de H_0^I , no hay evidencias de un efecto fase (caso I, Figura 4.2) en el periodo de vida útil del pez sable negro.

Tabla 4.25. Comparación de fases en el periodo de vida útil para el pez sable negro eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	p-valor H_0^I
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,825	0,346
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,807	0,391
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI)$ medio	$\ln(X_1)$	0,768	0,458

Así pues, el tiempo de almacenamiento en congelación durante un año no modifica de forma significativa la calidad organoléptica del pez sable eviscerado, sin cabeza, sin cola y sin piel, ni en el periodo de vida útil, ni en el periodo completo de estudio, por lo que no hay evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación influya en la vida útil.

4.4.6 Pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola

En la Figura 4.11 se representan gráficamente los valores del QI obtenidos a lo largo de un año de almacenamiento a temperaturas de congelación para pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola recogidos en la Tabla 4.6.

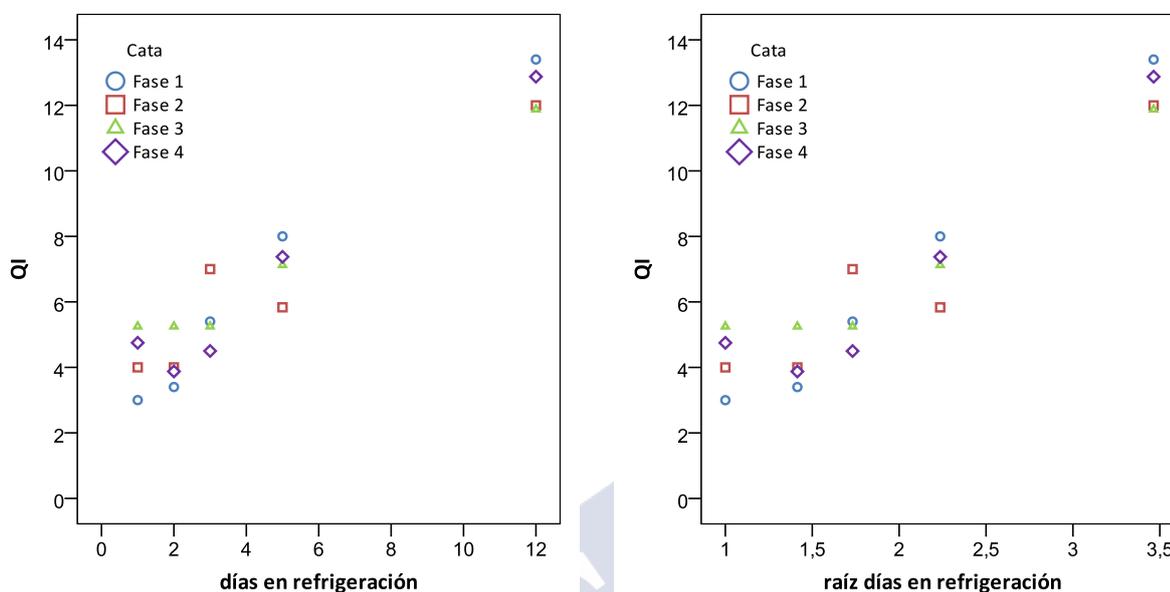


Figura 4.11. Pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)

Tanto en la representación del QI frente a los días en refrigeración (Figura 4.11-izquierda), como en función de la raíz de los días en refrigeración (Figura 4.11-derecha), se observa que, en todas las fases, el QI se va incrementando siguiendo una tendencia aproximadamente lineal a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento en las condiciones de refrigeración establecidas.

En la comparación visual no se aprecian diferencias destacables entre fases. En base a la Figura 4.1, no se puede afirmar que el tiempo de almacenamiento en congelación durante un año afecte de forma negativa a la calidad organoléptica del pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola. A continuación, se realiza un análisis más exhaustivo, basado en la metodología descrita en la Sección 4.3.4.1, para determinar si existen diferencias significativas.

Para ello, se va a estudiar la evolución del QI en las 4 fases (1 año de almacenamiento) teniendo en cuenta, en primer lugar, el periodo completo de estudio, es decir, considerando los 3 días de análisis dentro de la vida útil (1, 2 y 3 días), el día límite de la vida útil (5 días) y otro fuera del fin de la vida útil (12 días). En segundo lugar, se analiza la evolución del QI en el periodo de vida útil (1, 2, 3 y 5 días).

a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio

En el caso del pez palo eviscerado, con los tres modelos de regresión de referencia se logra un ajuste de regresión lineal múltiple satisfactorio, con $R > 0,90$ (Tabla 4.26), siendo el mejor ajuste el del modelo (4.1), basado en el ajuste de tendencias lineales, que explica el 95,6% de la variabilidad del QI. La variabilidad del QI explicada por el ajuste del modelo (4.9) es también elevada, 92,7%.

Como resultado de la comparación de tendencias del QI, se llega a que en el caso del pez palo eviscerado no hay evidencias de un efecto fase: $p=0,435 (\geq 0,10)$ en el F -test para el contraste de H_0^I (caso I, Figura 4.2), tomando como referencia el mejor ajuste (correspondiente al modelo (4.1)).

Tabla 4.26. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para el pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	p-valor H_0^I
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,956	0,435
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,927	0,637
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI$ medio)	$\ln(X_1)$	0,862	0,560

b. Evolución del QI en el periodo de vida útil

Si se restringe el estudio al periodo de vida útil, el menor rango de variación considerado para el número de días que lleva descongelado el pescado (X_1), dificulta el ajuste de la tendencia del QI frente a X_1 , como se aprecia en la disminución (con respecto a los valores recogidos en la Tabla 4.26) del valor del coeficiente de determinación (Tabla 4.27).

Tomando como referencia el mejor ajuste (correspondiente al modelo (4.1)), en la comparación de tendencias del QI (esquema de la Figura 4.2) se llega a que en el caso del pez sable negro no hay evidencias de un efecto fase (Tabla 4.27): $p=0,516 (\geq 0,10)$ en el F -test para el contraste de H_0^I (caso I, Figura 4.2), si bien con el modelo ajustado únicamente se logra explicar un 78,4% de la variabilidad del QI.

Tabla 4.27. Comparación de fases en el periodo de vida útil para el pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	p-valor H_0^I
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,784	0,516
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,743	0,613
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI$ medio)	$\ln(X_1)$	0,728	0,468

Al igual que en el caso del halibut negro, platija americana y pez sable, para pez palo eviscerado, sin cabeza y sin cola tampoco se ha detectado que el tiempo de almacenamiento en congelación durante un año modifique de forma significativa su calidad organoléptica, ni en el periodo de vida útil, ni en el periodo completo de estudio, por lo que no hay evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación influya en la vida útil.

4.4.7 Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola

En la Figura 4.12 se representan gráficamente los valores del QI obtenidos a lo largo de un año de almacenamiento a temperaturas de congelación para rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola recogidos en la Tabla 4.6.

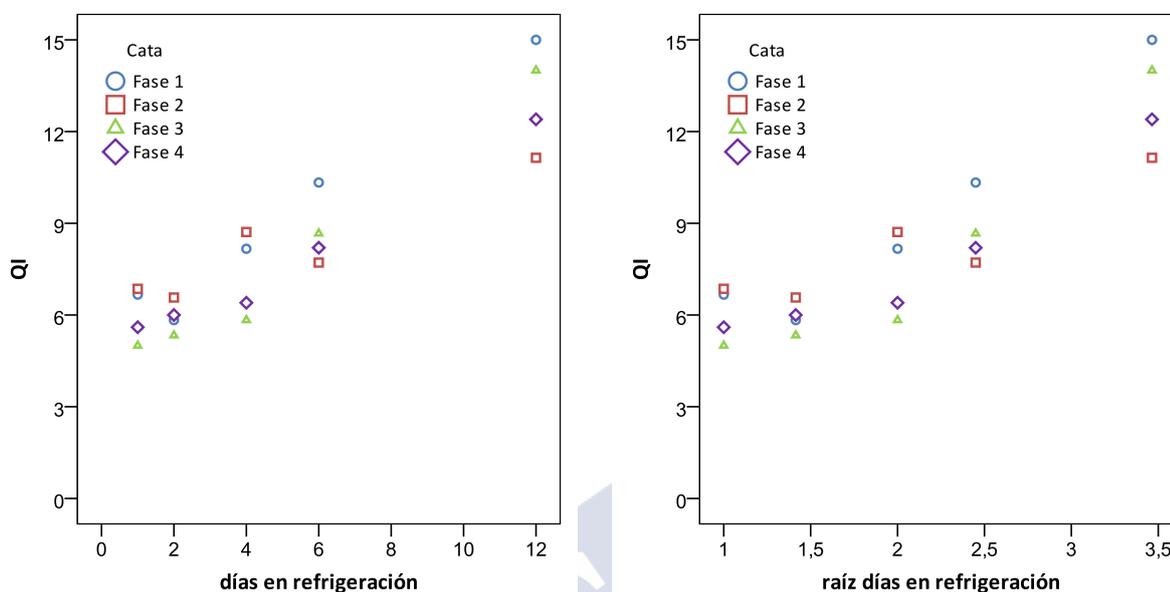


Figura 4.12. Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)

En el caso de la rosada eviscerada, tanto en el gráfico de dispersión de los datos originales $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n$ (Figura 4.12-izquierda), como en el de los datos $\{(\sqrt{x_i}, y_i)\}_{i=1}^n$ (Figura 4.12-derecha), como en el de los datos transformados $\{(\ln(x_i), \ln(y_i))\}_{i=1}^n$ (la figura se omite, por brevedad), se observa que la evolución del QI, en las condiciones de refrigeración establecidas, se puede considerar lineal en cada fase.

A simple vista, en las gráficas no se aprecian diferencias destacables entre fases, aparentemente la evolución del deterioro en la calidad organoléptica es semejante en las diferentes fases.

A continuación, se realiza un análisis más exhaustivo, basado en la metodología descrita en la Sección 4.3.4, para determinar si existen diferencias significativas.

Para ello, se va a estudiar la evolución del QI en las 4 fases (1 año de almacenamiento) teniendo en cuenta, en primer lugar, el periodo completo de estudio, es decir, considerando los 3 días de análisis dentro de la vida útil (1, 2 y 4 días), el día límite de la vida útil (6 días) y otro fuera del fin de la vida útil (12 días). En segundo lugar, se analiza la evolución del QI en el periodo de vida útil (1, 2, 4 y 6 días)

a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio

Como se observa en la Tabla 4.28, con los tres modelos de regresión de referencia se logra un ajuste de regresión lineal múltiple satisfactorio ($R > 0,90$), siendo el mejor el del modelo (4.1), que explica el 96,4% de la variabilidad del QI, basado en el ajuste de tendencias

lineales. La variabilidad del QI explicada por el ajuste del modelo (4.9) es también elevada, 90,7%.

Las comparaciones de fases en base al esquema de la Figura 4.2 no son concluyentes. Tomando como referencia el mejor ajuste (correspondiente al modelo (4.1)), los resultados incluidos en la Tabla 4.28 muestran que para la rosada eviscerada hay evidencias de un efecto fase, $p=0,004$ en el F -test para el contraste de H_0^I , y dicho efecto depende del tiempo en refrigeración, $p=0,005$ en el F -test para el contraste de H_0^{II} (caso III, Figura 4.2). Sin embargo considerando la evolución del QI en función de la raíz del tiempo en refrigeración (modelo (4.9)), el efecto fase no resulta significativo, $p=0,112$ en el F -test para el contraste de H_0^I .

Tabla 4.28. Comparación de fases en el periodo completo de estudio para la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	$R^2_{ajustado}$	p-valor	
					H_0^I	H_0^{II}
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,964	0,943	0,004	0,005
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,907	0,853	0,112	
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI$ medio)	$\ln(X_1)$	0,833	0,736	0,349	

A la vista de los resultados opuestos a los que conducen los modelos (4.1) y (4.9) se amplía el análisis en base a los modelos ANOVA (Figura 4.3). En base al test de Tukey (Tabla 4.29), no existe un efecto de interacción significativo “fase x número de días en refrigeración” ($p=0,536$ en el F -test para el contraste de H_0). Además, tampoco resulta significativo el efecto fase ($p=0,172$ en el F -test para el contraste de H_0^*). Estos resultados, que están en consonancia con los obtenidos anteriormente con el modelo de regresión múltiple (4.9), indican que no procede realizar la comparación de fases por pares.

Tabla 4.29. Rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola, comparaciones de la Figura 4.3 en el periodo QIM: p-valor del test de Tukey (H_0) y del F test de un efecto de la fase nulo (H_0^*) y coeficientes de determinación de los modelos de referencia

Modelo de análisis de la varianza		R^2	$R^2_{ajustado}$	p-valor	
				H_0	H_0^*
Tukey	$Y = \mu + \alpha + \beta + \gamma\alpha\beta + \varepsilon$	0,915	0,853	0,536	0,172
ANOVA II sin interacción	$Y = \mu + \alpha + \beta + \varepsilon$	0,912	0,860		0,172

b. Evolución del QI en el periodo de vida útil

En el periodo de vida útil, el menor rango de variación del tiempo en refrigeración conlleva una disminución (con respecto a los valores recogidos en la Tabla 4.28) del valor de los coeficientes de determinación, pero aún así los modelos (4.1) y (4.9) proporcionan ajustes satisfactorios (Tabla 4.30).

Tomando como referencia el mejor ajuste (correspondiente al modelo (4.1)), en la comparación de tendencias del QI (esquema de la Figura 4.2) se llega a que en el caso de la

rosada eviscerada no hay evidencias de un efecto fase: $p=0,301 (\geq 0,10)$ en el F -test para el contraste de H_0' (caso I, Figura 4.2).

Tabla 4.30. Comparación de fases en el periodo de vida útil para la rosada eviscerada, sin cabeza y sin cola: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	p-valor H_0'
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,856	0,301
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,806	0,223
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI$ medio)	$\ln(X_1)$	0,762	0,301

A modo de resumen, en el caso de la rosada eviscerada, durante el periodo de vida útil no se ha detectado que la calidad organoléptica se vea modificada de forma significativa por el tiempo de almacenamiento en congelación durante un año, por lo que en este caso no hay evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación influya en la vida útil. En el periodo completo de estudio, los análisis de las diferentes metodologías proporcionan conclusiones distintas, aunque únicamente el análisis basado en el modelo (4.1) detecta un efecto fase significativo, que dependería del tiempo en refrigeración.

4.4.8 Alas de raya sin piel

En la Figura 4.13 se representan gráficamente los valores del QI obtenidos a lo largo de un año de almacenamiento a temperaturas de congelación para alas de raya sin piel recogidos en la Tabla 4.6.

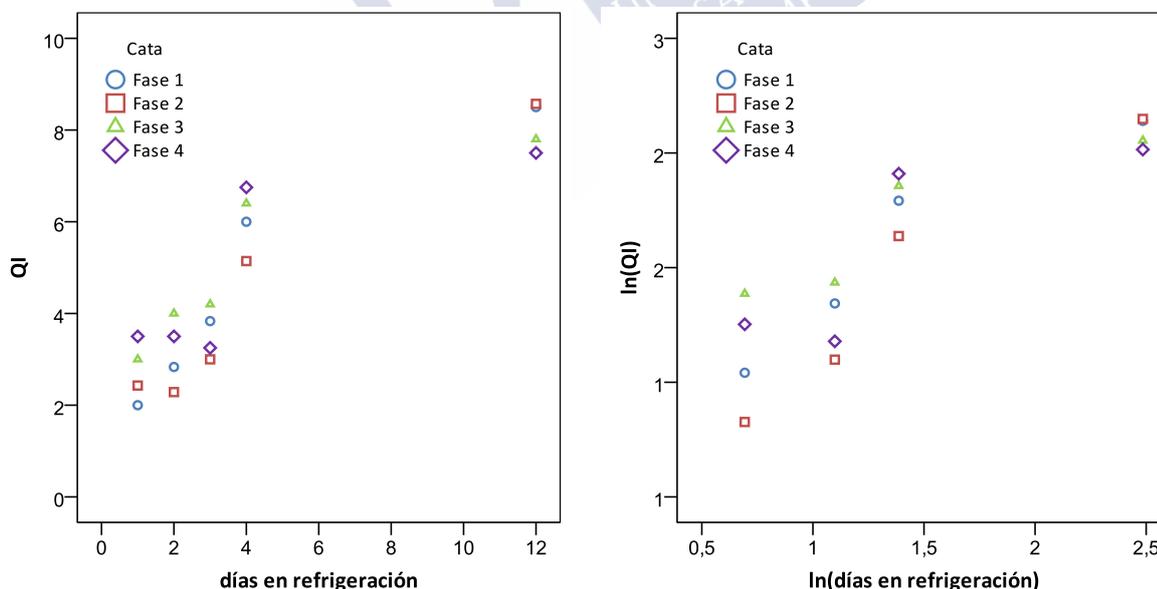


Figura 4.13. Alas de raya sin piel: evolución del QI a temperaturas de refrigeración, previo almacenamiento en congelación durante periodos de 0 meses (fase 1), 4 meses (fase 2), 8 meses (fase 3) y 12 meses (fase 4)

En general, tanto en el gráfico de los datos originales $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n$ (Figura 4.13-izquierda), como en el de los datos transformados $\{(\ln(x_i), \ln(y_i))\}_{i=1}^n$ (Figura 4.13-derecha), como en el de los datos $\{(\sqrt{x_i}, y_i)\}_{i=1}^n$ (la figura se omite, por brevedad), se observa que, al mantener las alas de raya descongeladas en las condiciones de refrigeración establecidas, el QI muestra una tendencia a incrementarse con el paso de los días. No obstante, a la vista de la gráfica de los datos originales (Figura 4.13-izquierda), cabe considerar tendencias no lineales. Los datos transformados (Figura 4.13-derecha) son, en cambio, compatibles con el ajuste de una tendencia lineal para cada fase, lo que equivaldría a ajuste de tendencias basadas en el modelo potencial en los datos originales.

Dado que los valores del QI son semejantes en todas las fases para todos los muestreos, en base a la Figura 4.13 no se puede afirmar que el tiempo de almacenamiento en congelación durante un año afecte de forma negativa a la calidad organoléptica.

A continuación, se realiza un análisis basado en la metodología descrita en la Sección 4.3.4.1 que permitirá determinar, de forma objetiva, si existen diferencias significativas.

Para ello, se va a estudiar la evolución del QI en las 4 fases (1 año de almacenamiento) teniendo en cuenta, en primer lugar, el periodo completo de estudio, es decir, considerando los 3 días de análisis dentro de la vida útil (1, 2 y 3 días), el día límite de la vida útil (4 días) y otro fuera del fin de la vida útil (12 días). En segundo lugar, se analiza la evolución del QI en el periodo de vida útil (1, 2, 3 y 4 días).

a. Evolución del QI en el periodo completo de estudio

En el caso de las alas de raya, aunque con los tres modelos de regresión de referencia se logra un ajuste de regresión lineal múltiple con $R > 0,90$ (Tabla 4.26), los mejores ajustes los proporcionan los que consideran para cada fase una tendencia con curvatura. El mejor ajuste, correspondiente al modelo (4.9) explica el 88,5% de la variabilidad del QI, mientras que la variabilidad del QI explicada por el ajuste del modelo (4.8) es del 86,8%.

Tabla 4.31. Comparación de fases en el periodo QIM para las alas de raya sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	p-valor H'_0
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,847	0,703
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,885	0,576
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI$ medio)	$\ln(X_1)$	0,868	0,327

Como resultado de la comparación de tendencias del QI, se llega a que en el caso de las alas de raya no hay evidencias de un efecto fase: $p=0,576$ ($\geq 0,10$) en el F -test para el contraste de H'_0 (caso I, Figura 4.2), tomando como referencia el mejor ajuste.

b. Evolución del QI en el periodo de vida útil

En el periodo de vida útil, el menor rango de variación del tiempo en refrigeración conlleva una disminución del valor de los coeficientes de determinación (Tabla 4.32), de manera que ahora únicamente con el modelo (4.1) (una tendencia lineal para cada fase) se obtiene un ajuste razonable. Tomando como referencia dicho ajuste, en la comparación de

tendencias del QI (esquema de la Figura 4.2) se llega a que en el caso de las alas de raya sin piel no hay evidencias de un efecto fase: $p=0,569 (\geq 0,10)$ en el F -test para el contraste de H_0' (caso I, Figura 4.2).

Tabla 4.32. Comparación de fases en el periodo de vida útil para las alas de raya sin piel: R^2 de los ajustes y resultados de los F tests de la Figura 4.2

Modelo de regresión	Y^*	X_1^*	R^2	p-valor H_0'
Ecuación (4.1)	$Y=QI$ medio	X_1	0,801	0,569
Ecuación (4.9)	$Y=QI$ medio	$\sqrt{X_1}$	0,743	0,680
Ecuación (4.8)	$\ln(Y)=\ln(QI$ medio)	$\ln(X_1)$	0,761	0,448

En resumen, no se ha detectado que el tiempo de almacenamiento en congelación durante un año modifique de forma significativa la calidad organoléptica de las alas de raya sin piel, ni en el periodo de vida útil, ni el periodo completo de estudio, por lo que, al igual que ocurre en caso del halibut eviscerado, platija americana, pez sable y pez palo, tampoco hay evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación influya en la vida útil.

4.5 CONCLUSIONES

- El mejor modelo de regresión lineal múltiple para cada especie-presentación (en base al criterio de variabilidad explicada) proporciona en todos los casos un ajuste altamente satisfactorio para la comparación de la evolución del QI, durante un año de almacenamiento a temperaturas de congelación (4 fases). En los casos en los que se detecta un efecto fase, la comparación de fases se complementa considerando modelos de análisis de la varianza que proporcionan resultados altamente coincidentes con los correspondientes a los modelos de regresión considerados.
- Se observa que el efecto negativo del tiempo de almacenamiento sobre las características organolépticas es dependiente de la especie y/o forma de presentación siendo el granadero y el talismán las más afectadas.
- En el periodo completo del estudio para todas las especies y presentaciones analizadas, excepto para el granadero de roca y talismán, no hay evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación influya en la calidad organoléptica del pescado. En consecuencia, tampoco hay evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación influya en la vida útil.
- En el periodo de vida útil, al ser el periodo de estudio más corto, y en el que, por tanto, se producen menos cambios a nivel sensorial, baja la calidad de los ajustes (medido en términos del coeficiente de determinación R^2). Aun así, salvo en el caso del pez palo, el mejor ajuste explica al menos un 80% de la variabilidad del QI.
- En el periodo de vida útil solo en el caso del talismán el efecto fase es significativo, si bien en el caso del granadero de roca hay indicios de significación de un efecto fase.

4.6 REFERENCIAS

- Abugoch, L. E., Quitral, V., Vinagre, J., Larrain, M. A. y Quijada, J. P. (2005).** The influence of frozen and canned storage on the chemical freshness parameters, determined in Golden kingclip (*Genypterus blacodes*). *Acta Alimentaria*, 34(3), 21–218.
- Alam, S., Khan, N., Nasir, M., Javid, A., Khan, T. A., Tayyab, R. y Zikria, N. (2012).** Chemical and sensory quality changes in wild and farmed fish flesh (*Labeo rohita*) at frozen storage (-18 °C). *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(3), 614–618.
- Archer, D. L. (2004).** Freezing: an underutilized food safety technology?. *International Journal of Food Microbiology*, 90(2), 127–138.
- Baixas-Nogueras, S., Bover-Cid, S., Veciana-Nogués, M. T. y Vidal-Carou, M. C. (2007).** Effects of previous frozen storage on chemical, microbiological and sensory changes during chilled storage of Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*) after thawing. *European Food Research and Technology*, 226(1-2), 287–293.
- Carpenter, R. P., Lyon, D. H. y Hasdell, T. A. (2002).** *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*. Acribia, S.A., Zaragoza, 191 pp.
- Casp, A. y Abril, J. (1999).** *Procesos de conservación de alimentos*. A. Madrid Vicente, ediciones y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 494 pp.
- Hall, G. M. (2001).** *Tecnología del procesado del pescado*. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, 305 pp.
- Herrero, A. M., Huidorbo, A. y Careche, M. (2003).** Development of a Quality Index Method for frozen hake (*M. capensis* and *M. paradoxus*). *Journal of Food Science*, 68(3), 1086–1092.
- Kent, M., Knöchel, R., Daschner, F., Schimmer, O., Tejada, M., Huidobro, A., Nunes, L., Batista, I. y Martins, A. (2005).** Determination of the quality of frozen hake using its microwave dielectric properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 40(1), 55–65.
- López-García, M. M., Ramil-Novo, L. A., Vázquez-Odériz, M. L. y Romero-Rodríguez, M. A. (2021).** A QIM-Based Evaluation of Sensory Quality of Frozen–Thawed Roundnose Grenadier (*Coryphaenoides rupestris*) and Its Applications. *ACS Food Science & Technology*, 1(3), 392–398.
- Madrid, A., Madrid, J. M. y Madrid, R. (1999).** *El pescado y sus productos derivados*. 2ª edición. AMV ediciones y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 411 pp.
- Magnússon, H. y Martinsdóttir, E. (1995).** Storage quality of fresh and frozen-thawed fish in ice. *Journal of Food Science*, 60(2), 273–278.
- Mallet, C. P. (editor) (1994).** *Tecnología de los alimentos congelados*. A. Madrid Vicente, ediciones. Madrid, 379 pp.
- Martinsdóttir, E. y Magnússon, H. (2001).** Keeping quality of sea-frozen thawed cod fillets on ice. *Journal of Food Science*, 66(9), 1402–1408.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A. y Vining, G. G. (2002).** *Introducción al análisis de regresión lineal*. Grupo Patria Cultural. México, 588 pp.

- Rahman, M. S. (editor) (2002).** *Manual de conservación de los alimentos*. Editorial Acribia S.A, Zaragoza, 863 pp.
- Ruiter, A. (1999).** *El pescado y los productos derivados de la pesca: composición, propiedades nutritivas y estabilidad*. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, 416 pp.
- Sikorski, Z. E. (1994).** *Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación*. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, 330 pp.
- Warm, K., Boknass, N. y Nielsen, J. (1998).** Development of Quality Index Methods for evaluation of frozen cod (*Gadus morhua*) and cod fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7(1), 45–59.



5 ANÁLISIS DE LOS HÁBITOS DE COMPRA Y CONSUMO DE PRODUCTOS PESQUEROS

5.1 INTRODUCCIÓN

Alimentarse representa para el ser humano una función vinculada con la ingesta de alimentos, que tiene como fin, no solo calmar el hambre o satisfacer el apetito, sino también nutrirse (Bello, 2005). Tal y como indica Grande (1984), la alimentación es *“el proceso mediante el cual tomamos del mundo exterior una serie de sustancias que, contenidas en los alimentos que forman parte de nuestra dieta, son necesarias para la nutrición”*. Define asimismo la nutrición como *“el conjunto de procesos mediante los cuales el hombre ingiere, absorbe, transforma y utiliza las sustancias que se encuentran en los alimentos y que tienen que cumplir cuatro importantes objetivos: suministrar energía para el mantenimiento de sus funciones y actividades, aportar materiales para la formación, crecimiento y reparación de las estructuras corporales y para la reproducción, suministrar las sustancias necesarias para regular los procesos metabólicos y reducir el riesgo de algunas enfermedades”*.

Los primeros indicios acerca de los hábitos alimentarios del ser humano se pierden en los tiempos más lejanos, cuando los pobladores primitivos tuvieron la instintiva necesidad de buscar fuentes alimenticias con las que cubrir sus necesidades fisiológicas vitales. Este comportamiento primario deja de ser, con el transcurrir del tiempo, un mero acto biológico, para constituirse en un hecho social, que tiene una valiosa incidencia sobre el desarrollo y progreso de las economías y culturas alimenticias propias de cada sociedad humana.

Si bien todas las sociedades actuales han evolucionado a partir de un modelo común propio de los grupos humanos conocidos como cazadores-recolectores, en la actualidad se aprecian notables diferencias entre los diversos grupos de sociedades (Bello, 2005). Las dietas evolucionan con el tiempo, bajo la influencia de muchos factores y de interacciones complejas. Los ingresos, los precios, las preferencias individuales y las creencias, las tradiciones culturales, así como factores geográficos, ambientales, sociales y económicos, conforman en su compleja interacción las características del consumo de alimentos.

El sector alimentario, en general, está haciendo frente a cambios estructurales como consecuencia de nuevos estilos de vida, la globalización, la liberalización del comercio y la aparición de nuevos mercados, entre otros factores. Los mercados mundiales de alimentos son actualmente más flexibles debido al acceso de nuevos productos. Las cadenas minoristas, las empresas transnacionales y los supermercados también están determinando cada vez más los hábitos de consumo, especialmente, en los países en desarrollo, al proporcionar a los consumidores una oferta más amplia, reducir las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad y, con frecuencia, aumentar la inocuidad de los alimentos.

Asimismo, la creciente urbanización influye notablemente en los hábitos de consumo de alimentos. La urbanización fomenta la introducción de mejoras en la comercialización, la distribución, las cadenas de frío y las infraestructuras con la consiguiente disponibilidad de una mayor variedad de productos alimenticios y la accesibilidad a los mismos. Además, en comparación con los habitantes de las zonas rurales, los habitantes urbanos tienden a dedicar

un porcentaje mayor de sus ingresos a la adquisición de alimentos y suelen consumir una tipología más variada de alimentos con un mayor contenido de proteínas y grasas animales. Generalmente, también comen fuera de casa con más frecuencia y compran mayores cantidades de comida rápida y alimentos de fácil preparación (FAO, 2016).

A nivel individual, y ya desde la infancia, los alimentos adquieren connotaciones positivas o negativas, generando hábitos alimentarios. No obstante, a lo largo del curso de la vida, las personas cambian con frecuencia sus actitudes y motivaciones, lo que contribuye a los cambios en dichos hábitos (Olsen, 2003; Bello, 2005). Tal y como afirman Costell et al. (2010), el proceso por el cual el hombre acepta o rechaza un producto alimenticio determinado es de naturaleza multifactorial. Si bien es cierto que unas adecuadas propiedades de color, sabor, aroma o textura son necesarias para que un alimento sea susceptible de ser consumido (Astiasarán y Martínez, 2000), las respuestas de los consumidores no solo se basan en las características sensoriales y/o nutricionales del producto, sino que también están relacionadas con otros factores. La información previa adquirida sobre el producto, sus experiencias pasadas, sus actitudes y creencias, la salud y el bienestar y las sensaciones de satisfacción o placer, influyen cada vez más en las decisiones sobre el consumo. Otros factores son el origen, los métodos de producción, la marca y la ética (Fernqvist y Ekelund, 2014; FAO, 2020).

Los productos pesqueros no son ajenos a estos factores, así, la satisfacción sensorial aparece como el primer motor para el consumo de pescado, seguido por la salud y el hábito de consumirlo. Por otra parte, las barreras más importantes son la aversión sensorial al pescado, las preocupaciones de riesgo para la salud, la incomodidad a la hora de cocinarlo y comerlo, la falta de disponibilidad de los productos pesqueros preferidos, la falta de conocimiento en la selección y preparación y, posiblemente, la percepción de precios altos (Carlucci et al., 2015). En el estudio de Stefánsson et al. (2016), en el que se incluyen varios países europeos, señalan el precio como la principal barrera para el consumo de pescado, aunque en Gaviglio et al. (2014) indican que el precio no puede ser descrito como una barrera para la compra, dado la gran variabilidad de precios que existe entre las diferentes especies y regiones. En este sentido MAPA (2007), que también señala el precio como uno de los factores determinantes a la hora de elegir un producto del mar, matiza que la mayoría de los clientes valora la relación calidad precio y que aquellos consumidores que buscan unas características específicas son los que menos van a tener en cuenta el precio del producto.

Retomando el factor salud como un motivo para el consumo de productos pesqueros, hoy en día constituye un hecho innegable la importancia de unos adecuados hábitos alimentarios para el mantenimiento de un buen estado de salud. La dieta equilibrada es aquella que aporta todos y cada uno de los nutrientes necesarios, en cantidades adecuadas, atendiendo al estado fisiológico particular de cada individuo (Astiasarán y Martínez, 2000). El consumo de productos pesqueros con regularidad es parte de una dieta saludable, ya que tal como se indicó en la Sección 1.1.3, son fuente importante de una serie de nutrientes, especialmente proteínas, vitamina A, vitamina D, vitamina E, yodo, selenio y los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga de la serie ω -3 (Pieniak et al., 2010; Van Dijk et al., 2011; EFSA NDA Panel, 2014; FAO, 2020). Cabe señalar que los productos pesqueros también pueden estar contaminados con bacterias patógenas, virus, toxinas y son una fuente de exposición humana a los contaminantes ambientales, incluyendo el metilmercurio, las dioxinas y los contaminantes orgánicos persistentes (Pieniak et al., 2010; Lee et al., 2013). A pesar de los niveles de exposición a mercurio, los beneficios para la salud de comer pescado, alrededor de 3-4 porciones por semana, superan el riesgo potencial para la gran mayoría de la población. No obstante, tal como se indica en la Sección 1.1.3.4, se recomienda a los grupos

de población vulnerables, como las mujeres embarazadas, lactantes, niños y ancianos, que eviten determinadas especies de pescado, debido que las concentraciones de metilmercurio en especies acuáticas dependen de los niveles de contaminación ambiental, de la naturaleza depredadora de la especie y de su longevidad. Así, las mayores concentraciones de mercurio se detectan en las especies carnívoras grandes y en los peces de más edad, como el pez espada y el tiburón, mientras que las especies más pequeñas o menos longevas (por ejemplo, los mariscos y el salmón) tienen concentraciones muy bajas (Mozaffarian y Rimm, 2006; Poulin y Gibb, 2008; EFSA NDA Panel, 2014).

En la actualidad está demostrado que el consumo de pescado además de proteger frente a enfermedades cardiovasculares y procesos inflamatorios, también protege frente a determinados tumores malignos, favorece el desarrollo neurológico de los niños, protege la vista y puede estimular el apetito (García-García et al., 2007; Hughner et al., 2009; FAO, 2020). Todo esto ha llevado a que se genere una fuerte demanda de pescado por parte del consumidor español, que exige cada vez más calidad en su dieta (García-García et al., 2007).

Según el último *Informe del consumo de alimentación en España* publicado (MAPA, 2020), en 2019 el gasto total en alimentación realizado en los hogares españoles asciende a 69.503,13 millones de €, de los que el 12,94 % fue destinado a la compra de productos pesqueros, realizando un gasto per cápita de 195,06 € y un consumo de 22,53 kg por persona y año, lo que supone un volumen total de 1.039,34 millones de kg. Sin embargo, la compra de productos pesqueros se ha reducido a lo largo de los años. Desde el año 2013 la evolución de las compras ha sido negativa y se ha perdido el 15,7% del volumen con respecto a ese año. Excepto el consumo de conservas, los demás productos considerados, principalmente el pescado y los mariscos frescos, vieron reducida su tasa de compra de forma gradual (Figura 5.1).

Es de destacar que en el informe anteriormente mencionado no se incluyen los productos pesqueros descongelados, y es que, en la revisión bibliográfica realizada apenas se han encontrado trabajos referidos a este tipo de productos (Bennett y Hamilton, 1986; Altintzoglou et al., 2012; Altintzoglou y Heide, 2013; Altintzoglou et al., 2014).

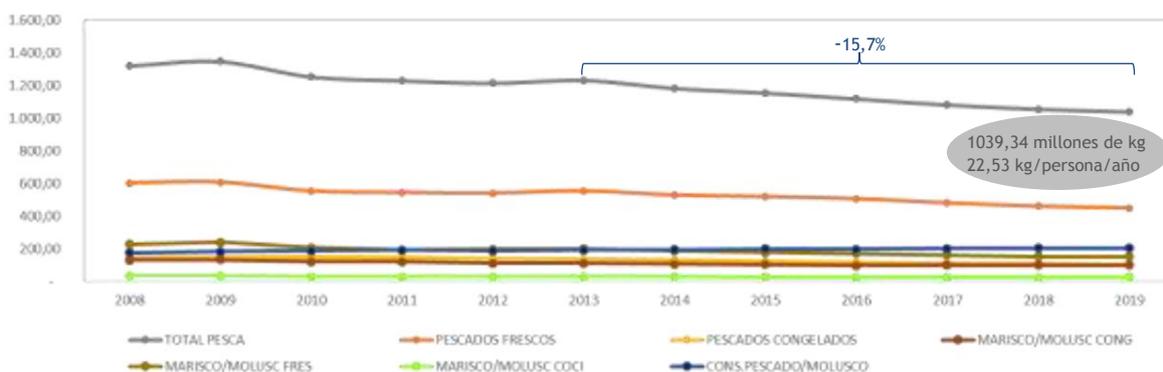


Figura 5.1. Evolución anual de compra de productos pesqueros (millones kg) 2008-2019 (adaptada de MAPA, 2020)

Como se ha visto, la importancia de los productos pesqueros en la dieta es indudable y este hecho unido a la escasez de estudios sobre compra y consumo de este tipo de alimentos en Galicia (Varela et al., 2004; García-García et al., 2007; Xunta de Galicia, 2008) que permitan conocer, en nuestra comunidad, los hábitos de compra y consumo de los productos

congelados y descongelados estudiados en las secciones anteriores, es lo que ha propiciado el presente estudio sobre los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros (pescado, crustáceos y moluscos) en función del método de conservación (frescos, congelados y descongelados) y el grado de conocimiento de los productos pesqueros descongelados.

5.2 OBJETIVOS

Los objetivos que se han propuesto al realizar la presente sección son los siguientes:

1. Evaluar los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos, congelados y descongelados y el conocimiento de los productos pesqueros descongelados por parte del consumidor y estudiar la posible influencia de factores demográficos y socioeconómicos.

5.3 MATERIAL Y MÉTODOS

Para el estudio de los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros se utiliza una prueba cualitativa de consumidores basada en la entrevista personal. De acuerdo con Verbeke et al. (2007), los encuestados son seleccionados al azar en los supermercados. La muestra de consumidores utilizada está formada por 103 personas de distinto sexo, edad, nivel de estudios y situación laboral, mayores de 18 años y con responsabilidad en la compra de productos pesqueros en su hogar. Las entrevistas personales se realizan entre febrero y marzo de 2014 en diferentes supermercados de la ciudad de Lugo, ubicados en la zona de Aceña de Olga (Gadis), Augas Férreas (Mercadona), Montero Ríos (Carrefour Express y Día) y Ramón Ferreiro (Gadis). El cuestionario es anónimo con el fin de garantizar un mayor nivel de participación y la honestidad en las respuestas (Cardoso et al., 2013).

5.3.1 Cuestionario

Para llevar a cabo las premisas de estudio planteadas en esta sección, se diseña un cuestionario. En su diseño, se tiene en cuenta principalmente, hacer el menor número posible de preguntas para conseguir el objetivo fijado y plantear las preguntas de forma clara.

El cuestionario es previamente validado con una muestra piloto de 10 personas que se ajustan a los requisitos señalados en el párrafo anterior y tras pequeñas modificaciones se comprueba que cumple los objetivos fijados en su diseño (Olsen et al., 2007). En la entrevista personal, el cuestionario es presentado a cada participante de forma individual y se les informa de las características del estudio y de cada una de las secciones.

El cuestionario (Figura 5.2) comienza con 2 cuestiones eliminatorias en las que se pregunta acerca de la responsabilidad de la compra en el hogar y del grado de decisión en dicha compra. En los casos en los que el encuestado no tiene responsabilidad en la compra, o no tiene ningún grado de decisión, queda descartado y no se sigue con la entrevista. A continuación, se formulan 18 preguntas, en su mayoría cerradas, agrupadas en 4 bloques.

El primer bloque recoge los datos demográficos, sobre la persona entrevistada y sobre la situación socioeconómica de su hogar. En los datos personales se incluyen, el lugar de residencia, el sexo, la edad, el nivel de estudios, y la situación laboral. Para conocer la situación socioeconómica del hogar se pregunta: el número de personas que viven en el hogar, el número de personas que reciben ingresos en el hogar y el nivel de ingresos del hogar con respecto a un nivel de ingresos medios por hogar de 1.888 € (OCU, 2014).

En el segundo bloque se formulan preguntas acerca de los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos. Se pregunta si compran productos pesqueros frescos y qué especies suelen comprar, así como, el lugar de compra y la frecuencia con que consumen dichos productos.

El tercer bloque está dedicado a los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros congelados. Al igual que en el caso de los productos frescos, se pregunta si compran estos productos, qué especies, el lugar de compra y la frecuencia de consumo. Además, se incluye la pregunta acerca del formato en que compran el producto y los motivos de compra o no compra, según sea el caso.

El cuarto y último bloque hace referencia a los productos pesqueros descongelados. Siguiendo la estructura de los dos bloques anteriores, en la primera cuestión se les pregunta acerca de si los compran. Además, también se evalúa el desconocimiento por parte de los encuestados hacia estos productos. Para ello, se presenta un listado con especies y formatos de productos pesqueros que habitualmente se encuentran descongelados en los establecimientos de venta, para que indiquen cuál o cuáles compran y a continuación se les pregunta si cambiarían su respuesta en cuanto a si compran productos pesqueros descongelados. A los entrevistados que sí compran se les pregunta, además, el motivo y lugar de compra y la frecuencia de consumo. Mientras que a los que no compran se les pregunta los motivos de porqué no compran.

CUESTIONARIO DE HÁBITOS DE COMPRA Y CONSUMO DE PESCADO				
¿Es usted el responsable de la compra en su hogar?				
<input type="checkbox"/> Sí		<input type="checkbox"/> No		
Grado de decisión en la compra				
<input type="checkbox"/> Nada	<input type="checkbox"/> Algo	<input type="checkbox"/> Bastante	<input type="checkbox"/> Todo	
BLOQUE 1. <u>DATOS DEMOGRÁFICOS</u>				
1.- Lugar: _____				
2.- Sexo:		<input type="checkbox"/> Hombre	<input type="checkbox"/> Mujer	
3.- Edad: _____				
4.- Nivel de estudios				
<input type="checkbox"/>	Sin estudios			
<input type="checkbox"/>	Educación primaria			
<input type="checkbox"/>	Educación secundaria (ESO, BAC, BUP) y/o ciclos formativos o FP Titulación FP o ciclo formativo: _____			
<input type="checkbox"/>	Estudios superiores. Titulación: _____			

5.- Situación laboral

<input type="checkbox"/>	Estudiante	<input type="checkbox"/>	Ama de casa
<input type="checkbox"/>	Trabajador por cuenta ajena	<input type="checkbox"/>	Jubilado
<input type="checkbox"/>	Trabajador por cuenta propia	<input type="checkbox"/>	En paro

6.- Número de personas que viven en el hogar

<input type="checkbox"/>	Una	<input type="checkbox"/>	Tres
<input type="checkbox"/>	Dos	<input type="checkbox"/>	Cuatro o más de cuatro

7.- Número de personas que reciben ingresos en el hogar (incluyéndose usted)

<input type="checkbox"/>	Una	<input type="checkbox"/>	Tres
<input type="checkbox"/>	Dos	<input type="checkbox"/>	Cuatro o más de cuatro

8.- Si suponemos un nivel de ingresos medio por hogar de 1888 €, indique si está

<input type="checkbox"/>	Por debajo	<input type="checkbox"/>	Por encima
<input type="checkbox"/>	Alrededor de la media	<input type="checkbox"/>	Muy por encima

BLOQUE 2. HÁBITOS DE COMPRA DE PESCADO FRESCO

9.- ¿Compra productos pesqueros frescos?

Sí No

10.- Indique que especies _____

11.- Lugar de compra

<input type="checkbox"/>	Supermercado	<input type="checkbox"/>	Hipermercado
<input type="checkbox"/>	Tiendas especializadas (pescaderías)	<input type="checkbox"/>	Venta ambulante

12.- Frecuencia de consumo

<input type="checkbox"/>	Más de 1 vez por semana Indique cuantas: ____	<input type="checkbox"/>	Quincenalmente
<input type="checkbox"/>	Semanalmente	<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente

BLOQUE 3. HÁBITOS DE COMPRA DE PESCADO CONGELADO**13.- ¿Compra productos pesqueros congelados?** No**13.1.- Indique el motivo principal de por qué no los compra**

<input type="checkbox"/>	Prefiere el fresco	<input type="checkbox"/>	No le gusta
<input type="checkbox"/>	Tiene mucho hielo (glaseado) que se paga como pescado		
<input type="checkbox"/>	Otras razones (indíquelas):		

 Sí**13.2.- Indique el motivo principal de por qué los compra**

<input type="checkbox"/>	Por comodidad	<input type="checkbox"/>	Mayor disponibilidad
<input type="checkbox"/>	Vida útil más larga	<input type="checkbox"/>	Especies que no se pueden encontrar frescas
<input type="checkbox"/>	Buen precio	<input type="checkbox"/>	Producto sano (conserva mejor las propiedades nutritivas)
<input type="checkbox"/>	Otras razones (indíquelas):		

13.3.- Indique que especies _____**13.4.- Formato**

<input type="checkbox"/>	Granel	<input type="checkbox"/>	Envasado
--------------------------	--------	--------------------------	----------

13.5.- Lugar de compra

<input type="checkbox"/>	Supermercado	<input type="checkbox"/>	Tiendas especializadas (congelados, pescaderías)
<input type="checkbox"/>	Hipermercado	<input type="checkbox"/>	Pequeñas tiendas locales (ultramarinos)
<input type="checkbox"/>	Venta ambulante		

13.6.- Frecuencia consumo

<input type="checkbox"/>	Más de 1 vez por semana Indique cuantas: ____	<input type="checkbox"/>	Quincenalmente
<input type="checkbox"/>	Semanalmente	<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente

BLOQUE 4. HÁBITOS DE COMPRA DE PESCADO DESCONGELADO14.- ¿Compra productos pesqueros descongelados?
 Sí No NS /NC

15.- A continuación voy a darle un listado con especies de pescado que se comercializan habitualmente como productos descongelados, indique cuál o cuáles compra descongelados

<input type="checkbox"/>	Filetes de Panga	<input type="checkbox"/>	Filetes de Melva	<input type="checkbox"/>	Filetes de Pez Espada
<input type="checkbox"/>	Filetes de Bacalao	<input type="checkbox"/>	Rodajas de Cazón	<input type="checkbox"/>	Gambas
<input type="checkbox"/>	Filetes de Perca	<input type="checkbox"/>	Filetes de Hálibut	<input type="checkbox"/>	Gambón
<input type="checkbox"/>	Huesos de Rape	<input type="checkbox"/>	Calamar/Chipirón	<input type="checkbox"/>	Langostino

16.- Entonces, si le vuelvo a preguntar si compra productos pesqueros descongelados ¿Cambiaría su respuesta?

 Sí No
17.- Una vez confirmado que SI compra productos pesqueros descongelados17.1.- Indique el motivo principal de por qué los compra

<input type="checkbox"/>	Por comodidad	<input type="checkbox"/>	Mayor disponibilidad
<input type="checkbox"/>	Buen precio	<input type="checkbox"/>	Especies que no se pueden encontrar frescas
<input type="checkbox"/>	Otras razones (indíquelas):		

17.2.- Lugar de compra

<input type="checkbox"/>	Supermercado	<input type="checkbox"/>	Tiendas especializadas (pescaderías)
<input type="checkbox"/>	Hipermercado	<input type="checkbox"/>	Pequeñas tiendas locales (ultramarinos)

17.3.- Frecuencia consumo

<input type="checkbox"/>	Más de 1 vez por semana Indique cuantas: ____	<input type="checkbox"/>	Quincenalmente
<input type="checkbox"/>	Semanalmente	<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente

18.- Una vez confirmado que NO compra productos pesqueros descongelados, indique el motivo principal de por qué no los compra

<input type="checkbox"/>	Prefiere el fresco	<input type="checkbox"/>	No le gusta
<input type="checkbox"/>	No sabe cuánto tiempo lleva descongelado		
<input type="checkbox"/>	Falta de disponibilidad (En el lugar donde compra habitualmente no lo hay)		
<input type="checkbox"/>	Otras razones (indíquelas):		

Figura 5.2. Cuestionario para la evaluación de hábitos de compra y consumo de productos pesqueros

5.3.2 Técnicas de análisis de datos

El análisis estadístico de los resultados de la encuesta se lleva a cabo en dos fases.

5.3.2.1 Análisis exploratorio de los datos demográficos y socioeconómicos y de los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros

En la primera fase del análisis de datos se hace un análisis exploratorio basado en técnicas estadísticas básicas de uso común: tablas y gráficos de distribuciones de frecuencias.

En la primera parte del análisis exploratorio se examina la distribución de los encuestados en función del sexo, la edad, el nivel de estudios y la situación laboral.

En la segunda parte del análisis exploratorio la atención se centra en comparar los hábitos de compra y consumo de los tres tipos de productos pesqueros en cuestión: frescos, congelados y descongelados.

5.3.2.2 Asociación entre hábitos de compra y consumo y factores demográficos y socioeconómicos

En la segunda fase del análisis de datos se hace uso de técnicas estadísticas de análisis de asociaciones entre variables cualitativas, que se describen a continuación.

Se consideran de forma genérica dos variables cualitativas, X e Y . En la mayor parte de los casos, la variable de interés Y (a la que generalmente se denomina *variable respuesta*), es una variable indicadora del hábito de la persona, de si compra (que se codificará con un 1) o no compra (que se codificará con un 2), el producto en cuestión.

La otra variable es un factor X que indica el grupo de población al que pertenece la persona, que se supone podría afectar a los hábitos de compra o consumo, cuyos valores se codificarán como 1, ..., r .

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{SÍ tiene el hábito,} \\ 2 & \text{NO tiene el hábito.} \end{cases} \quad X = \begin{cases} 1 & \text{si la persona es del grupo 1,} \\ \vdots & \\ r & \text{si la persona es del grupo } r. \end{cases}$$

Los factores demográficos considerados son: sexo (X_1), grupo de edad (X_2), nivel de estudios (X_3) y situación laboral (X_4). Los factores socioeconómicos relativos al hogar de residencia son: número de personas en el hogar (X_5), personas con ingresos en el hogar (X_6) y nivel de ingresos en el hogar (X_7). Los resultados obtenidos para cada par (X, Y) suelen presentarse mediante una tabla de contingencia, como la recogida en la Tabla 5.1-superior.

En la encuesta se contemplan también variables respuesta Y para conocer más en profundidad los hábitos de las personas en relación a la compra de productos pesqueros, tales como, en el caso de los que sí los compran, el “tipo de establecimiento donde compra” o la “razón que le motiva comprar”, o en el caso de los que no los compran, la “razón que le motiva no comprar”. También se considera la variable respuesta “frecuencia de consumo” para conocer más en profundidad este hábito. Los resultados obtenidos para estas variables respuesta conducen a una tabla de contingencia con $c > 2$ categorías en la variable Y , como la recogida en la Tabla 5.1-inferior.

Tabla 5.1. Distribuciones de frecuencia tipo para el análisis estadístico, parte superior: variable respuesta dicotómica, parte inferior: variable respuesta con múltiples categorías

X= "Grupo" \ Y= "Compra"	1. Sí compra	2. NO compra
1	n_{11}	n_{12}
\vdots	\vdots	\vdots
r	n_{r1}	n_{r2}

X= "Grupo" \ Y= "Hábito"	1	...	c
1	n_{11}	...	n_{1c}
\vdots	\vdots		\vdots
r	n_{r1}	...	n_{rc}

Por razones de brevedad, las tablas de contingencia, a pesar de ser la base del análisis estadístico, se omitirán en la mayoría de los casos, ya que se proporcionan los resultados de interés que se derivan de ellas. Los métodos estadísticos seleccionados para el análisis de las tablas de contingencia de interés en base a los objetivos descriptos se describen a continuación. Dichos métodos fueron aplicados a los resultados de la encuesta utilizando el paquete estadístico *IBM SPSS Statistics* 18 y el entorno estadístico *R*.

Contrastes de independencia de hábitos y factores

Para examinar la posible influencia de un factor demográfico o socioeconómico de interés (X) en el hábito de compra o consumo en cuestión (Y), se llevará a cabo el contraste de hipótesis,

H_0 : el hábito y el factor son independientes
(no existe asociación alguna entre ambos),

frente a,

H_1 : existe relación entre el hábito y el factor.

Para decidir si existen o no evidencias suficientes para considerar que hay relación entre el factor y el hábito en cuestión son varios los tests disponibles. En Lydersen et al. (2007) se presenta un estudio comparativo de los 3 tests que serán considerados en el presente estudio y que estos autores sugieren como los más adecuados para tamaños de muestra moderados:

a) El test exacto basado en el estadístico *chi cuadrado de Pearson*,

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (n_{ij} - e_{ij})^2 / e_{ij},$$

en donde e_{ij} es la frecuencia esperada en la celda (i,j) bajo H_0 .

Entre los tests basados en este estadístico es bien conocido el *test chi cuadrado de Pearson* basado en la distribución asintótica (bajo H_0) de dicho estadístico. Este test, no obstante, no es aplicable en la mayoría de los pares (X,Y) de este estudio, ya que en la mayoría de los casos más del 20% de las celdas presentan frecuencias esperadas inferiores a 5.

En el presente análisis se consideró el test basado en la distribución exacta bajo H_0 del estadístico chi cuadrado, que de acuerdo con Lydersen et al. (2007) es uno de los que proporciona mejores resultados.

b) El test exacto de Fisher para el caso de tablas 2×2 , y la correspondiente generalización de Freeman-Halton para tablas de mayor orden. Este test, conocido también como el *test exacto de Fisher - Freeman-Halton* es un test de independencia condicional, ya que se basa en la distribución bajo H_0 del vector de frecuencias conjuntas, $\mathbf{n} = [n_{ij}]_{i=1, \dots, r; j=1, \dots, c}$, condicionada a las frecuencias marginales $\mathbf{n}_+ = (n_{1+}, \dots, n_{r+}; n_{+1}, \dots, n_{+c})$ (donde $n_{i+} = \sum_{j=1}^c n_{ij}$, $n_{+j} = \sum_{i=1}^r n_{ij}$), que es una distribución hipergeométrica de probabilidades que se denotarán por $P(\mathbf{x}/\mathbf{n}_+)$. El estadístico de contraste de este test, al que se hará referencia como el *test exacto de Fisher*, es,

$$T_F = -2 \log(\gamma P(\mathbf{n}/\mathbf{n}_+)), \text{ con } P(\mathbf{n}/\mathbf{n}_+) = (\prod_{i=1}^r n_{i+}!) (\prod_{j=1}^c n_{+j}!) / (N! \prod_{i=1}^r \prod_{j=1}^c n_{ij}!)$$

en donde γ es un parámetro que bajo H_0 garantiza una distribución asintótica chi cuadrado (Lydersen et al., 2005).

c) El test exacto de razón de verosimilitudes (*Likelihood Ratio test*, en inglés) basado en las funciones de verosimilitud asociadas a H_0 y H_1 respectivamente, L_0 y L_1 , cuyo estadístico de contraste es,

$$T_{LR} = -2 \log(L_0 / L_1) = 2 \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c n_{ij} \log(n_{ij} / e_{ij}) \quad (0 \text{ si } n_{ij} = 0)$$

De acuerdo con Lydersen et al. (2007), el test exacto de Fisher es el que proporciona mejores resultados, siendo aconsejable utilizar la corrección de Lancaster para el p valor, substituyendo éste por el *mid-p valor* $= p - 0,5 \times P(T = T_{obs} / \mathbf{n}_+)$, en donde T_{obs} es el valor del estadístico observado. Lydersen et al. (2007) sugieren como segunda opción el *mid-p valor* del test chi cuadrado de Pearson basado en la distribución exacta.

En este estudio se presentan los resultados de los 3 tests a), b) y c). No obstante, por cuestiones computacionales, únicamente se presentan los resultados basados en el *mid-p valor* para el test exacto de Fisher, resultados obtenidos con el paquete *Deducer* (Fellows, 2014) del entorno estadístico *R*, versión 2.15. Para el test chi cuadrado de Pearson, basado en la distribución exacta y el test de razón de verosimilitudes basado en la distribución exacta, se proporcionan los resultados basados en el p -valor. Ambos p -valores fueron calculados con el paquete estadístico *IBM SPSS Statistics* versión 18 (Mehta y Patel, 1996), salvo en algunas excepciones, que por cuestiones computacionales se estimaron a partir de una muestra aleatoria grande de permutaciones utilizando el paquete *coin* (Hothorn et al., 2013) del entorno estadístico *R*, versión 2.15.

Comparaciones de grupos por pares con respecto a los hábitos de compra o consumo

Muchas de las tablas de contingencia consideradas en este estudio tienen como objetivo conocer si hay o no un hábito en función de determinadas características de la persona (un factor que establece grupos: el sexo, la edad, el nivel de estudios, etc.). Para estas tablas, en aquellos casos en los que los tests de independencia previos permiten concluir que hay evidencias de una relación entre el hábito y el factor, resultan de interés, para determinados pares (i, k) , las diferencias de probabilidades $p_i - p_k$, en donde p_i es la probabilidad de tener el hábito en el grupo i , y p_k es la probabilidad de tener el hábito en el grupo k . Es obvio que la probabilidad de que una persona del grupo i tenga el hábito coincide con la proporción poblacional de personas del grupo i con el hábito en cuestión. La comparación de

proporciones por medio de la diferencia es un problema estadístico estándar, que ha sido resuelto de diversas maneras. Aquí la atención está centrada en los intervalos de confianza para las diferencias de proporciones que sean de interés, para cuyo cálculo se utiliza el método exacto de Wang (2010), que está implementado en el paquete ExactCidiff del entorno estadístico *R*, versión 2.15, véase Shan y Wang (2013). Muchos de los métodos disponibles para obtener intervalos de confianza para una diferencia de proporciones son solo aproximados, basados en resultados asintóticos, y tienen el inconveniente de que la probabilidad de obtener un intervalo que incluya a la diferencia de proporciones, lo que se conoce como *probabilidad de cobertura*, no está garantizado que sea por lo menos el valor nominal del nivel de confianza, que es lo que se pretende. Los intervalos exactos obtenidos por el método de Wang (2010) no tienen este problema ya que garantizan que el ínfimo de la probabilidad de cobertura es por lo menos el nivel de confianza prefijado $1-\alpha$. Wang (2010) determinó los intervalos de confianza $1-\alpha$ unilaterales exactos más pequeños (óptimos): el intervalo unilateral inferior más pequeño se denotará por $I_L=[L,1]$ y el intervalo unilateral superior más pequeño se denotará por $I_U=[-1,U]$. El intervalo I_L tiene interés si se cree que $p_i > p_k$, lo que se podrá justificar si se establece una cota $p_i - p_k \geq L > 0$. El intervalo I_U tiene interés si se considera que $p_i < p_k$, lo que se podrá justificar si se establece una cota $p_i - p_k \leq U < 0$. Si solo se pretende comparar las diferencias de probabilidades, sin ninguna presunción previa, tiene interés el intervalo bilateral, $I=[L^*,U^*]$. El intervalo bilateral de nivel de confianza $1-\alpha$ se obtiene a partir de la intersección de los intervalos exactos unilateral inferior $I_{L^*}=[L^*,1]$ y unilateral superior $I_{U^*}=[-1,U^*]$, ambos de nivel de confianza $1-\alpha/2$. El intervalo bilateral así obtenido, $I=[L^*,U^*]$, es un intervalo de confianza exacto de nivel $1-\alpha$ (la probabilidad de cobertura es por lo menos $1-\alpha$). Así pues, si disponemos del intervalo bilateral de nivel de confianza el 90%, $I=[L^*,U^*]$, tendremos que $I_{U^*}=[-1,U^*]$ es el intervalo unilateral superior de nivel de confianza el 95%, e $I_{L^*}=[L^*,1]$ es el intervalo unilateral inferior de nivel de confianza el 95%.

Comparaciones de edades medias con respecto a los hábitos de compra o consumo

El análisis estadístico finaliza con la comparación de las edades medias de los compradores y consumidores de productos pesqueros, para lo que se tiene en cuenta que la variable edad es una variable cuantitativa continua. Para la comparación de edades medias de las personas que compran y las que no compran los diferentes productos se utiliza un test t para muestras independientes. Previamente se chequea la hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales (condición de homocedasticidad) con el test de Levene. Si no se acepta la hipótesis de homocedasticidad, la comparación de medias se basa en el estadístico,

$$t = (\bar{y}_1 - \bar{y}_2) / \sqrt{s_1^2 / n_1 + s_2^2 / n_2},$$

en donde s_1^2 y s_2^2 son las varianzas muestrales de los que “compran” y los que “no compran” respectivamente. Si se acepta la homocedasticidad, la comparación de medias se lleva a cabo con el estadístico,

$$t = (\bar{y}_1 - \bar{y}_2) / \sqrt{s_p^2 / n_1 + s_p^2 / n_2},$$

en donde $s_p^2 = [(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2] / (n_1 + n_2 - 2)$.

Todos los resultados de los test de comparación de medias se obtienen con el paquete estadístico *IBM SPSS Statistics* versión 18.

5.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan organizados en dos secciones.

5.4.1 Análisis exploratorio de los datos demográficos y socioeconómicos y de los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros

A continuación, se presentan los resultados que describen la muestra resultante. Las diferentes distribuciones de frecuencias que se aportan (tanto mediante gráficos como mediante tablas) fueron obtenidas con la hoja de cálculo *Excel 2010* de *Microsoft*.

5.4.1.1 Datos demográficos y socioeconómicos del hogar

La muestra total de encuestados se compone de 103 personas, en su mayoría residentes en la provincia de Lugo (97,1%), seleccionadas por su condición de responsables de la compra en el hogar (FROM, 2011) y con diferente grado de decisión en la compra, tal y como se puede apreciar en la Figura 5.3, siendo mayoritario el grupo responsable de decidir lo que compra.

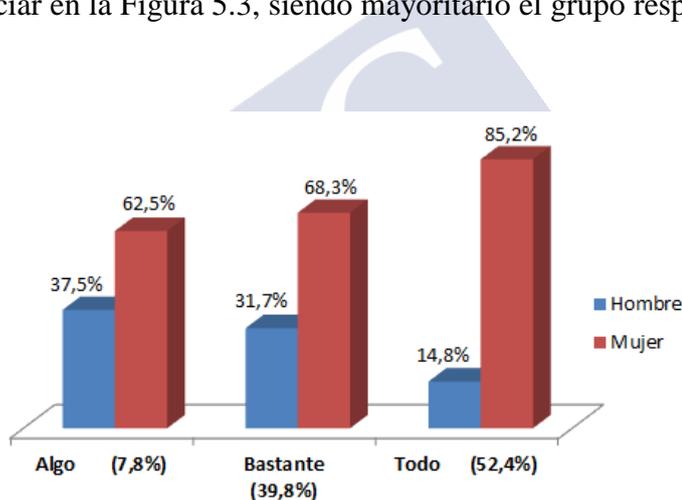


Figura 5.3. Distribución de los encuestados por grado de decisión y sexo

El grupo de edad más numeroso es el de 35 a 49 años, siendo similar la proporción por sexos en todos los grupos de edad, en los que el porcentaje de mujeres es superior al 70% (Figura 5.4(a)). Cuando se comparan los resultados obtenidos con la distribución por sexos en la población gallega y lucense (48,35% hombres y 51,65% mujeres y 48,58% hombres y 51,42% mujeres, respectivamente) en el momento de realizar la encuesta (INE, 2014), se observa que el hecho de que se haya utilizado como premisa de trabajo que el encuestado tenga que ser el responsable de la compra probablemente influyó en un mayor porcentaje de mujeres. Olsen et al. (2007) y Altintzoglou et al. (2011), que para la selección de participantes utilizan la misma condición, obtuvieron resultados similares.

En relación al nivel de estudios (Figura 5.4(b)), el porcentaje de encuestados con educación secundaria y estudios superiores representa más de dos tercios de la muestra total, que es superior al promedio nacional (54%) en el momento de realizar la encuesta (Ministerio de Educación, 2014). Esto puede ser debido, tal como señalan Claret et al. (2012), a la mejor disposición a participar de las personas con un nivel de educación medio-alto.

Atendiendo a la situación laboral (Figura 5.4(c)), los participantes trabajadores por cuenta ajena, jubilados y en paro, suman un porcentaje superior al 70%.

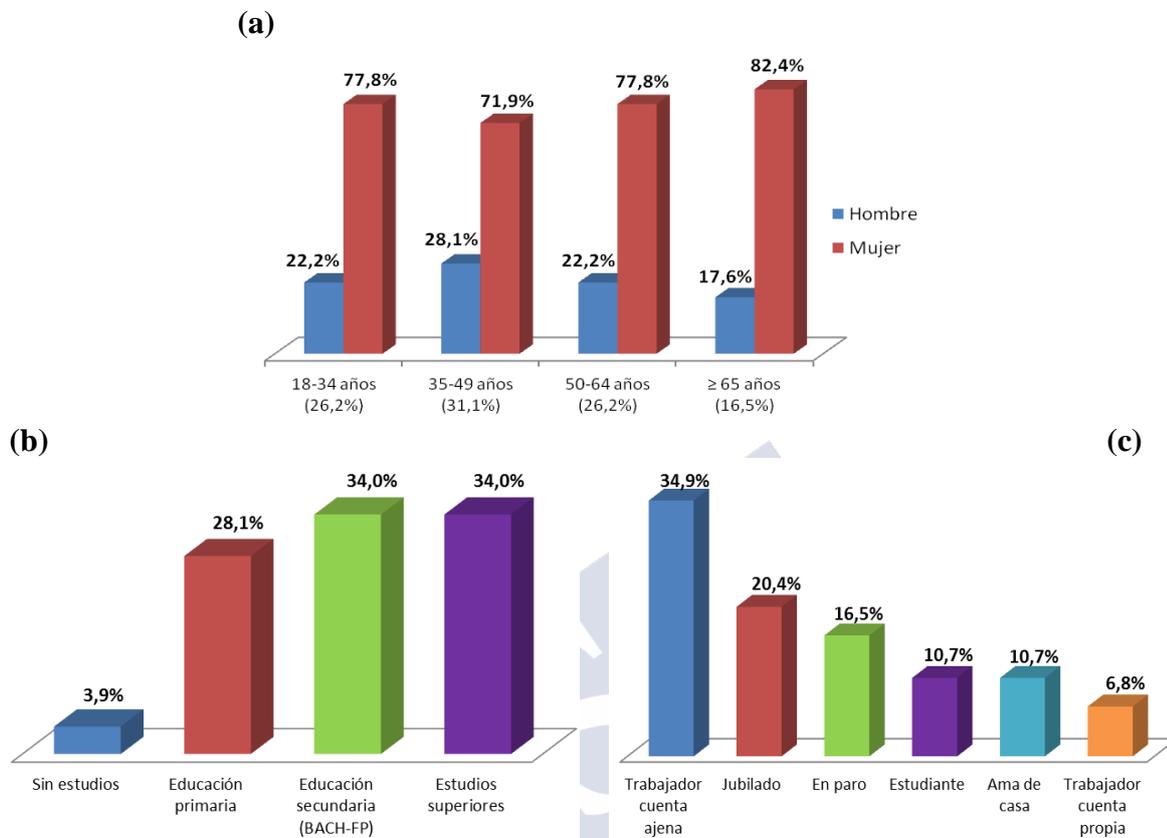


Figura 5.4. Distribución de los encuestados en función de los factores personales: sexo y edad (a), nivel de estudios (b) y situación laboral (c)

En cuanto al número de personas que viven en el hogar (Figura 5.5(a)), los hogares formados por 2 y 3 personas son los más frecuentes entre los encuestados, abarcando en su conjunto el 70% de los casos.

Respecto a los ingresos que reciben en el hogar (Figura 5.5(b)), se puede observar que casi la mitad de los encuestados (49,5%) indican que son 2 de los miembros de la familia los que reciben ingresos y en un 34,0% de los casos es una persona la que recibe ingresos.

En la última pregunta de este bloque, referido al nivel de ingresos medios por hogar, se les pide a los encuestados que indiquen su posición respecto a un nivel de ingresos medios por hogar de 1.888€ (OCU, 2014). En la Figura 5.5(c) se puede observar, que el 41,7% de los encuestados se encuentran por debajo de este umbral, mientras que el 28,2% y 5,8% se encuentran por encima y muy por encima, respectivamente. Únicamente el 19,4% afirma estar alrededor de la media.

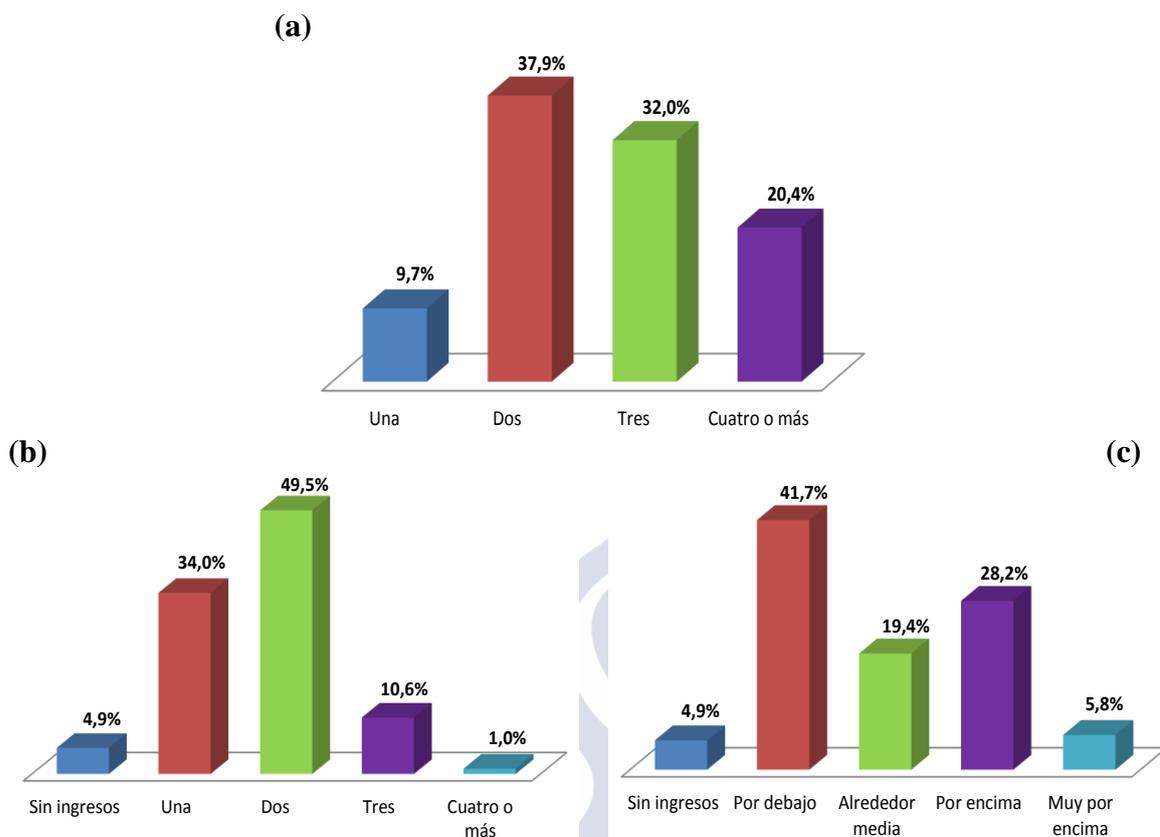


Figura 5.5. Distribución de los encuestados en función de los factores socioeconómicos del hogar: número de personas (a), personas con ingresos (b) y nivel de ingresos (c)

5.4.1.2 Hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos, congelados y descongelados

En la Figura 5.6 se puede observar que el porcentaje de encuestados que compran productos pesqueros frescos (94,2%) es mayor que los que compran productos congelados (76,7%) o descongelados (68,9%).

Según datos del panel de consumo alimentario de 2014 (año en que se realizó la encuesta), en los primeros nueve meses de ese año desciende el consumo de pescado con respecto a 2013 (MAGRAMA, 2014c). Sin embargo, el consumo de pescado y crustáceos/moluscos frescos a nivel nacional, crece en 2013, con respecto al año anterior, un 0,4% y un 0,2%, respectivamente, frente al congelado que disminuye un 1,7% y 0,6%, respectivamente (MAGRAMA, 2014a). En términos cuantitativos, se consumieron 543.069,19 t de pescado fresco, de las que 44.194,08 t corresponden a Galicia y 197.014,16 t de marisco y moluscos frescos, de los que 15.177,81 t se consumieron en Galicia. El consumo de productos pesqueros congelados es sensiblemente inferior. En España se consumieron 142.323,59 t de pescado congelado, de las que 7.702,44 t corresponden a Galicia y 111.823,02 t de marisco y moluscos congelados, 8.975,10 t consumidas en Galicia (MAGRAMA, 2014b). Al igual que en España, en Portugal se prefiere el pescado fresco (83,1%) frente al congelado (11,2%) u otras presentaciones (Cardoso et al., 2013).

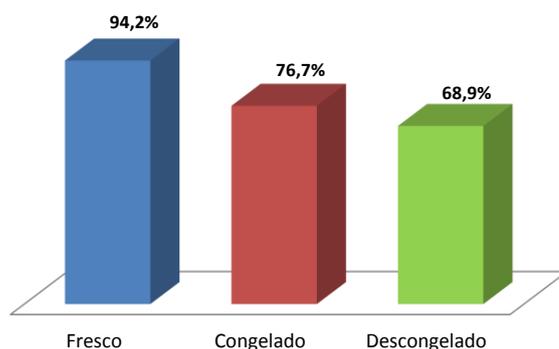


Figura 5.6. Porcentaje de encuestados que compra cada tipo de producto pesquero

En el presente estudio todos los encuestados compran y/o consumen al menos un tipo de producto pesquero (fresco, congelado o descongelado), lo que indica que el consumo de pescado es común entre la población consultada. García-García et al. (2007) en su estudio realizado en 8 localidades pertenecientes a 8 comunidades autónomas costeras, entre las que se encuentra Santiago de Compostela, también encontraron que la población encuestada era consumidora habitual de pescado, prefiriendo el consumo de pescado fresco al congelado. Resultados similares son los presentados en la publicación del Portal de Salud de la Comunidad de Madrid (2009), que indican que solo el 1,3% se declara abiertamente no consumidor. En este mismo trabajo muestran que, según los consumidores encuestados, las principales razones para consumir pescado son, la conciencia de que hay que comer de todo, porque gusta y porque se considera más sano y nutritivo que otros alimentos. En este sentido, Nevin (2003) indica que los consumidores asocian los productos pesqueros frescos con saludable y nutritivo. Stefánsson et al. (2016) también citan como impulsores del consumo de pescado en España, la salud y el hecho de que sea la principal fuente de proteínas junto con la carne, mientras que un estudio presentado por el FROM (2011) señala que el hecho de querer llevar una dieta sana es el principal motivo por el que se consume pescado.

Los encuestados que no compran productos pesqueros frescos citan como motivos de no compra, que no les gusta el pescado y prefieren la carne, que no tienen tiempo para cocinarlo o que lo compran congelado por comodidad. FROM (2011) indica que el 79,1% de los hogares unipersonales españoles encuestados señalan “tengo menos tiempo para cocinar” como razón para no consumir productos pesqueros. Con respecto a la preferencia de la carne, según, Brunsø et al. (2009) uno de los motivos es que el pescado produce menor nivel de saciedad que la carne, Lázaro (2009) señala que agrada más la carne que el pescado y Stefánsson et al. (2016) indican que los altos precios del pescado en relación con la carne es una barrera para el consumo de pescado en España.

Los motivos de compra y no compra de productos pesqueros congelados se muestran en la Figura 5.7.

Se puede observar, que entre las razones para comprar productos congelados (Figura 5.7(a)), destacan la comodidad (el 57,0% de los encuestados que compran productos pesqueros congelados la señalan) y una vida útil más larga (30,4%). En otros estudios encuentran motivos de compra similares. Así, Claret et al. (2012) señalan la comodidad como motivo de compra, MAPA (2007) indica el papel de “reserva” que tiene este tipo de productos y Nevin (2003) cita la vida útil más larga, el mejor precio y la conveniencia.

En la Figura 5.7(b) se puede observar que el principal motivo que indican los encuestados para no comprar productos congelados es que prefieren el fresco (79,2%). La opción “tiene mucho hielo” no es elegida por nadie, lo que contrasta con un estudio de la Comunidad de Madrid, en el que más del 35% de los consumidores encuestados mantienen la creencia de que el pescado congelado tiene mucho hielo (Portal de Salud de la Comunidad de Madrid, 2009).

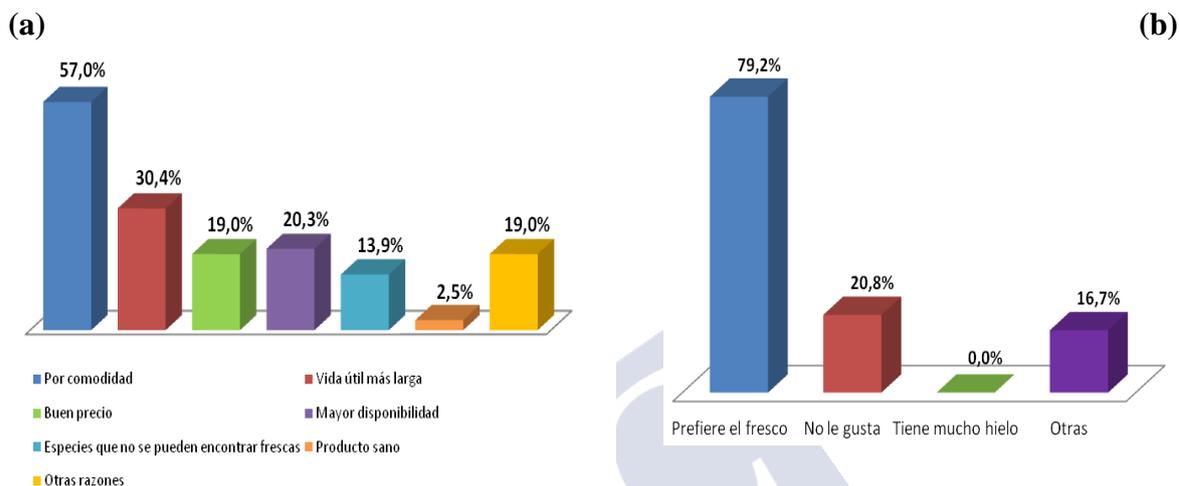


Figura 5.7. Motivos de compra de productos pesqueros congelados (a) y motivos de no compra de productos pesqueros congelados (b)

En cuanto a los productos pesqueros descongelados, además de los motivos de compra y no compra, también se evalúa el desconocimiento por parte de los encuestados hacia este tipo de producto. Para ello, se les presenta un listado con especies pesqueras y formatos que se comercializan habitualmente como descongelados, y, a continuación, se les pregunta si cambiarían la respuesta al preguntarles de nuevo si compran estos productos. Casi la mitad de los encuestados (40,8%) cambia su respuesta (Figura 5.8(a)). En la figura 5.8(b) se puede observar que este porcentaje se corresponde con el 100% de los encuestados que contestaron previamente que no sabían si compraban productos pesqueros descongelados y el 44,1% de los que señalaron no comprar dichos productos. Altintzoglou et al. (2012) encontraron en su estudio con filetes de bacalao descongelados y frescos que los consumidores ingleses al evaluar la apariencia general, el olor y la textura en cata a ciegas, muestran preferencia por el producto descongelado frente al fresco, sin embargo, al hacer la evaluación con los filetes de bacalao etiquetados, preferían los frescos, con lo que llegan a la conclusión, de que los consumidores se ven influenciados por la información del producto. Mientras que MAPA (2007) señala que, a la hora de comprar productos del mar, el hecho de que sea descongelado fue valorado como poco importante por detrás de otros aspectos como la frescura, aspectos nutricionales, precio y origen. Duflos et al. (2002) indican que no es fácil distinguir entre un pescado descongelado y un pescado fresco, debido a que sus características físicas y químicas son muy similares.

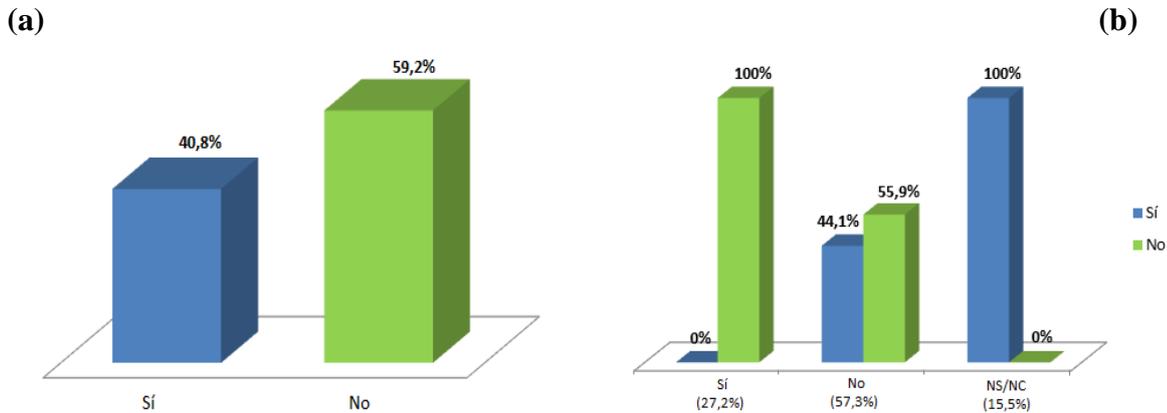


Figura 5.8. Porcentaje de encuestados que cambian o no su respuesta al preguntarles de nuevo si compran productos pesqueros descongelados (a). Porcentaje de encuestados que cambian su respuesta en función de la respuesta dada al preguntarles por primera vez si compran productos pesqueros descongelados (b)

Los motivos de compra y no compra de productos pesqueros descongelados se muestran en la Figura 5.9.

Entre los motivos de compra, el 31,0% de los encuestados que los compran (incluidos los que cambian de respuesta después de ser informados) indican que es por comodidad, con un porcentaje similar (29,6%) están los que señalan que lo hacen porque son especies que no pueden encontrar frescas y la opción “otras razones” es elegida por el 39,4%, siendo la más citada que “no sabían que era descongelado” (Figura 5.9(a)). Los encuestados que no compran productos pesqueros descongelados (Figura 5.9(b)) citan principalmente como motivos para no comprarlos que prefieren el fresco, el 40,6% de los encuestados marcan esta opción, seguida de “no sabe cuánto tiempo lleva descongelado” (31,3%). Altintzoglou et al. (2012) señalan que los consumidores ingleses estarían dispuestos a consumir más pescado descongelado si supiesen que este fue descongelado adecuadamente.

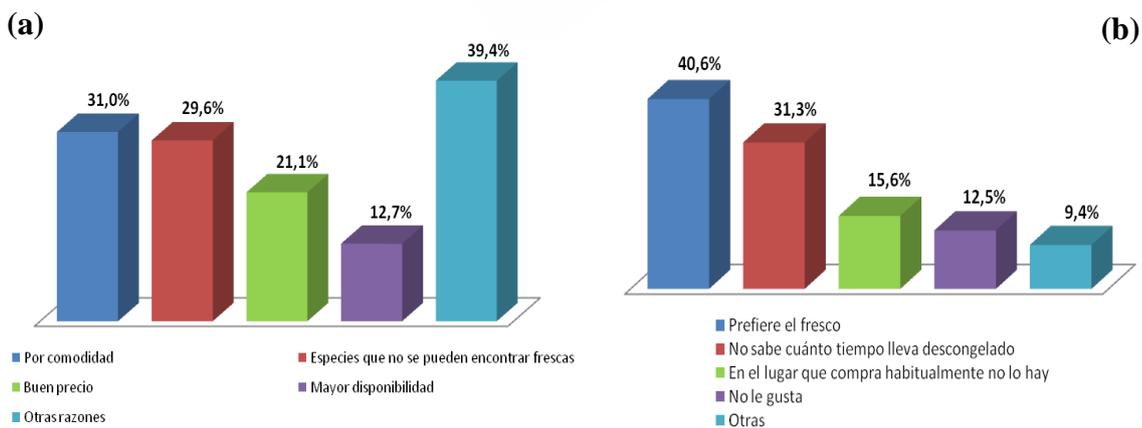


Figura 5.9. Motivos de compra de productos pesqueros descongelados (a) y motivos de no compra de productos pesqueros descongelados (b)

La preferencia de los productos frescos frente a los congelados y descongelados puede ser debido a que el consumidor percibe estos últimos como de calidad inferior (Sivertsen et al., 2011) y menos saludables que los frescos (Mitterer-Daltoé et al., 2014). Esto se confirma en el estudio de Altintzoglou et al. (2012) con consumidores ingleses, en el que encuentran que, en términos de calidad, el pescado fresco siempre se sitúa en la primera posición con respecto al pescado congelado, descongelado y refrigerado. Según Gaviglio et al. (2014), es razonable argumentar que todo procesamiento afecta, de alguna manera, a la percepción de la calidad del pescado. En este sentido, Claret et al. (2012) y Cardoso et al. (2013) señalan que cuanto mayor sea la distancia entre el productor, en este caso el pescador, y el consumidor mayor será la incertidumbre en términos de seguridad, calidad, valor nutritivo y naturalidad. Además, según Lázaro (2009), se opina que lo fresco sabe mejor que lo congelado y Nevin (2003) y MAPA (2007) indican que, las principales diferencias entre el pescado fresco y congelado citadas por los consumidores son el sabor y la textura, lo que puede explicar la menor preferencia por el pescado congelado y descongelado desde un punto de vista sensorial (Claret et al., 2012). Motivos similares son los enumerados por Carlucci et al. (2015) aunque añaden que los productos pesqueros congelados son elegidos cada vez más por los consumidores por su conveniencia, fácil disponibilidad y precio bajo.

De los encuestados que sí compran productos pesqueros frescos (Tabla 5.2), casi la mitad (47,4%) compra únicamente pescado. El siguiente grupo destacado es el que compra pescado y moluscos (el 45,3%).

Atendiendo a los encuestados que sí compran productos pesqueros congelados, en la Tabla 5.2 se puede observar que el 27,8% compra solamente pescado y un 20,2% compra los tres tipos de productos, pescado, moluscos y crustáceos.

Respecto a los que sí compran productos pesqueros descongelados, en la Tabla 5.2 se puede observar que el porcentaje más elevado (23,9%) se corresponde con los encuestados que compran los tres tipos de productos, pescado, moluscos y crustáceos. El siguiente grupo destacado es el que compra moluscos y crustáceos (21,1%).

Welch et al. (2002) al estudiar el consumo de productos pesqueros en 10 países europeos, encontraron que España, Francia y Alemania son los países con mayor consumo de crustáceos, aunque la cantidad es muy inferior a la de consumo de pescado.

Tabla 5.2. Relación de los tipos de productos frescos, congelados y descongelados que compran los encuestados

Producto	pescado	moluscos	crustáceos	pescado y moluscos	pescado y crustáceos	moluscos y crustáceos	pescado, moluscos y crustáceos
Fresco	47,4%	2,1%	0%	45,3%	3,1%	0%	2,1%
Congelado	27,8%	8,9%	12,7%	12,7%	10,1%	7,6%	20,2%
Descongelado	9,9%	16,9%	9,9%	15,5%	2,8%	21,1%	23,9%

Las especies de pescado fresco más compradas (Figura 5.10(a)) son: merluza, sardina, salmón, lubina, jurel, gallo, dorada y bacalao (las compra al menos un 20% de los encuestados que compran productos pesqueros frescos).

En pescado congelado (Figura 5.10(b)) destaca claramente la merluza sobre las demás especies (51,9%). La presentación más consumida es la de filetes.

Tanto a nivel nacional como gallego, en 2013, la especie de pescado fresco más consumida es la merluza/pescadilla (120.383,45 t y 9.759,84 t, respectivamente). Le siguen el boquerón (43.614,48 t), salmón (40.388,95 t), lenguado (35.727,01 t), bacalao (29.776,74 t) y dorada (29.491,97 t) en España y el lenguado (3.629,06 t), bacalao (2.278,20 t), salmón (2.227,18 t), dorada (1.850,26 t) y rape (1.773,47 t) en Galicia. En congelado, la merluza también es la especie más consumida en España (46.074,65 t) y Galicia (2.459,08 t), seguida en ambas regiones por el bacalao (17.803,41 t en España y 841,77 t en Galicia) (MAGRAMA, 2014b).

La encuesta presentada en 2007 sobre los hábitos alimentarios de la población adulta gallega también señala a la merluza como la especie más consumida, con un consumo medio de 20 g/persona y día, seguida de sardinas y bacalao (Xunta de Galicia, 2008). Este dato coincide también a nivel estatal, ya que Welch et al. (2002) al estudiar el consumo de pescado en 10 países europeos, encuentran que España es el único país donde la merluza es la especie más consumida, mientras que el bacalao y el arenque son las más consumidas en el resto de los países. Cardoso et al. (2013) indican que en Portugal la merluza es la especie más consumida después del bacalao desalado. En lo relativo a otras especies mencionadas en el presente estudio, según Claret et al. (2014) las especies de acuicultura más consumidas en España son la dorada y la lubina, y estas especies a su vez, son las más producidas y comercializadas en el país. Gaviglio et al. (2014) también encuentran que en Italia las especies con mayor consumo son la dorada y la lubina.

En cuanto al consumo de especies pesqueras descongeladas, se observa en la Figura 5.10(c), que las tres más citadas (con porcentajes similares, en torno al 20%) son bacalao, pez espada y panga, todas en filetes. En España, la panga es una especie que duplicó su importación desde 2006 a 2010, representando en 2010 más del 20% de las importaciones de la UE y, como país, es porcentualmente el mayor comprador del mundo (González y Martín, 2013). Esto contrasta con el hecho de que en el estudio del FROM (2011) se mencione como una de las especies de pescado que se consumen poco en España en 2011 señalando que los principales motivos de este bajo consumo son que no existe un hábito histórico de consumo y que no gusta el sabor. Esta diferencia se explica, en parte, por la disminución de las importaciones de esta especie en la Unión Europea en 2011 (FAO, 2012).

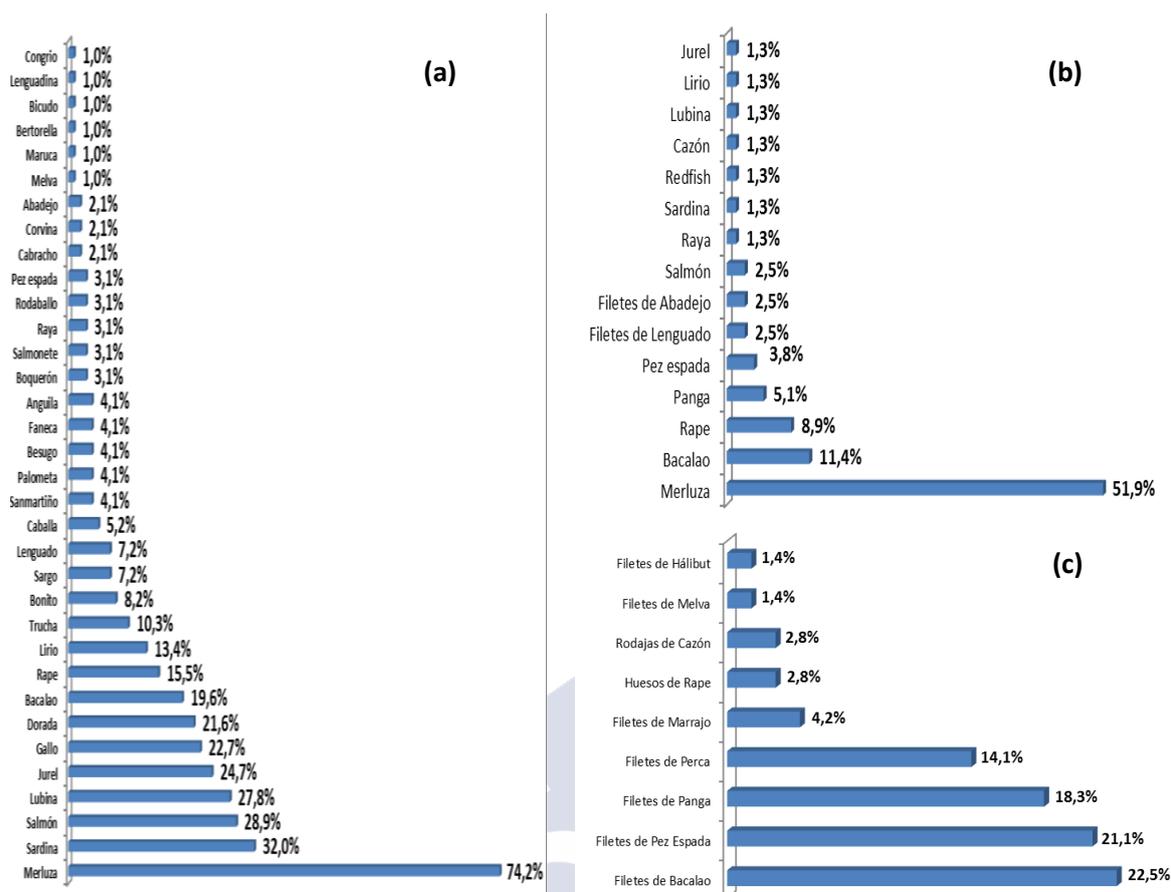


Figura 5.10. Relación de especies de pescado que compran los encuestados: fresco (a), congelado (b) y descongelado (c)

En la Figura 5.11(a) se muestran las especies de crustáceos frescos que compran los encuestados y los porcentajes asociados. En dicha figura se puede observar, que incluso las especies más compradas, alcanzan unos porcentajes bajos, el centollo un 3,1%, y el langostino un 2,1%. No ocurre así con los crustáceos congelados (Figura 5.11(b)), ya que las especies más compradas son los langostinos con un 35,4% de compradores y las gambas con un 25,3%. En crustáceos descongelados (Figura 5.11(c)), un porcentaje similar de encuestados compran langostinos y gambas, 43,7% y 42,3% respectivamente, mientras que el 29,6% declaran comprar gambón. Estos datos se corresponden con lo observado en 2013 a nivel nacional. Así, en España se consumieron 17.462,50 t de gambas y langostinos frescos frente a 58.258,34 t de estos productos congelados (MAGRAMA, 2014b). Por otra parte, la encuesta sobre los hábitos alimentarios de la población adulta gallega realizada en 2007, señala que gambas y cigalas son las especies más consumidas seguidas de buey y centollo (Xunta de Galicia, 2008).

En cuanto a los moluscos frescos (Figura 5.11(d)), se observa que el molusco más comprado por los consumidores encuestados es el calamar/chipirón (el 25,8% de los encuestados que compra productos pesqueros frescos lo compra), seguido de mejillón (21,6%) y almeja (16,5%). Resultados similares son los recogidos por el MAGRAMA (2014b) en 2013. En el caso de los moluscos congelados (Figura 5.11(e)), el pulpo es la especie más comprada (34,2% de los encuestados que compra productos pesqueros congelados lo compran) seguida por calamar/chipirón (21,5%). Sin embargo, los datos del MAGRAMA del

año 2013 indican que a nivel nacional y gallego el consumo de calamares congelados es superior al de pulpo. En términos cuantitativos, en 2013, en España se consumieron 19.224,13 t de calamares y 5.013,67 t de pulpo y en Galicia 1.515,64 t y 1.095,74 t, respectivamente (MAGRAMA, 2014b). En el caso de los moluscos cefalópodos descongelados como el calamar, chipirón y pota (Figura 5.11(f)), son comprados por el 77,5% de los encuestados que compran productos pesqueros descongelados. Sin especificar el método de conservación, los resultados de la encuesta sobre los hábitos alimentarios de la población adulta gallega del 2007 indican que el pulpo seguido de los calamares y mejillones son las especies de moluscos más consumidas por los gallegos (Xunta de Galicia, 2008).

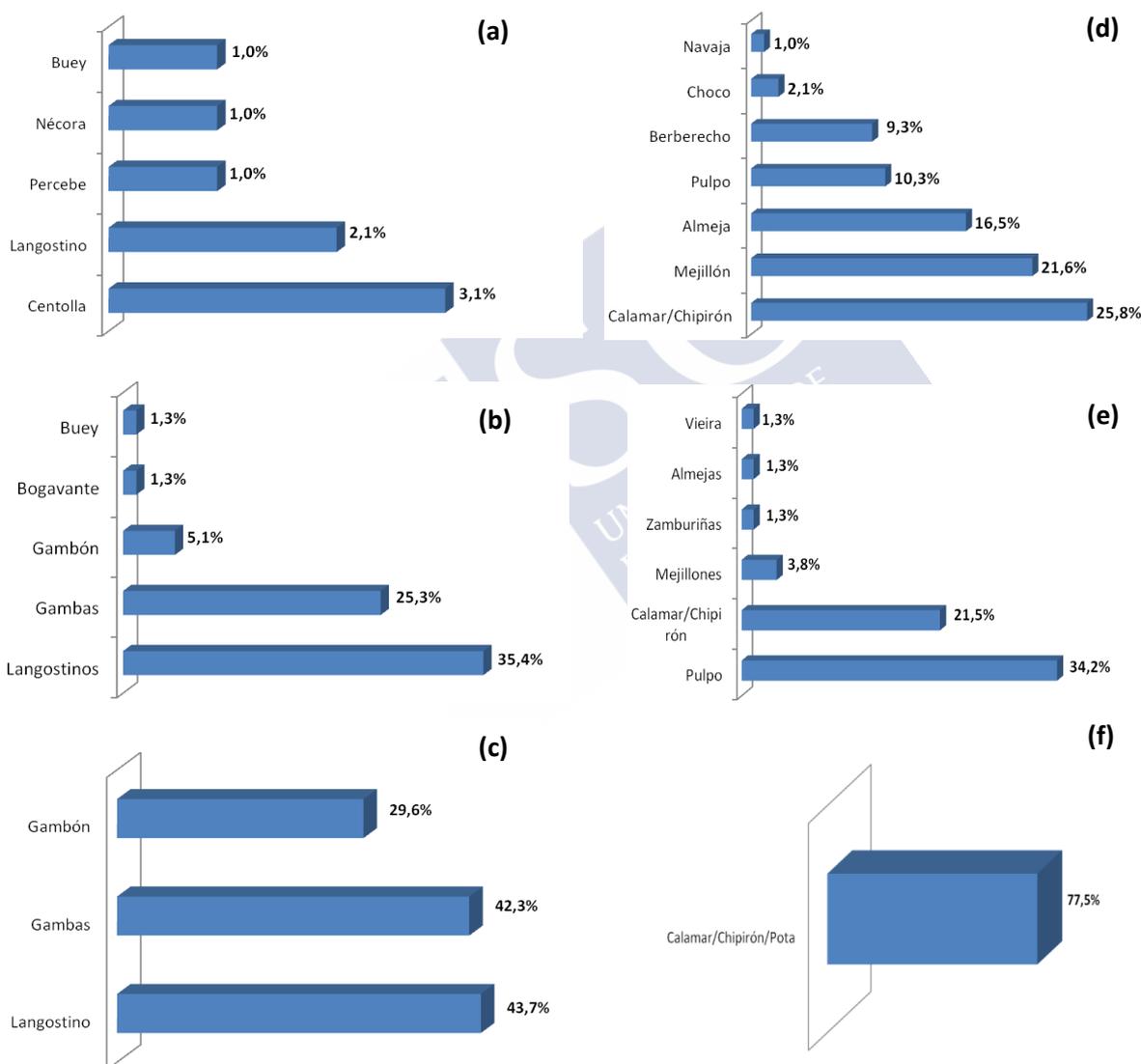


Figura 5.11. Relación de especies de crustáceos y moluscos frescos (a) y (d), congelados (b) y (e) y descongelados (c) y (f) entre los que compran dichos productos (frescos, congelados y descongelados)

En cuanto a la frecuencia de consumo, en la Tabla 5.3 se puede apreciar que el 57,7% de los encuestados que compran productos frescos los consumen de 2 a 3 veces por semana y el 28,9% una vez a la semana. Por tanto, más de la mitad de los encuestados que compran productos pesqueros frescos tienen un consumo de pescado y marisco próximo a lo recomendado (Dapcich et al., 2007). Por su parte, los productos pesqueros congelados y descongelados presentan un porcentaje más alto de consumo ocasional (44,3% y 52,1%, respectivamente), seguido del consumo semanal (25,3% y 23,9%, respectivamente).

Tabla 5.3. Frecuencia de consumo de productos pesqueros frescos, congelados y descongelados

Frecuencia de consumo	4 o más veces por semana	2-3 veces por semana	1 vez por semana	quincenalmente	ocasionalmente
Fresco	6,2%	57,7%	28,9%	4,1%	3,1%
Congelado	0%	15,2%	25,3%	15,2%	44,3%
Descongelado	0%	9,9%	23,9%	14,1%	52,1%

FROM (2011) señala que los españoles consumen pescado fresco una media de 9 días al mes (2-3 veces por semana) y pescado congelado una media de 5-7 días al mes (1-2 veces por semana). Stefánsson et al. (2016) encontraron en su trabajo que la mayoría de los encuestados españoles consumían pescado de 2 a 3 veces por semana y se consideraban consumidores promedio de pescado. De acuerdo con Xunta de Galicia (2008), en el caso de Galicia, el consumo de pescados y mariscos es superior a la media española y se encuentra dentro de los valores recomendados. Según Lázaro (2009), la mayoría de los consumidores está de acuerdo en que consumir pescado o marisco 2 o 3 veces por semana es necesario para llevar una dieta sana. Otros estudios como el de García-García et al. (2007) realizado en localidades (entre ellas Santiago de Compostela) de 8 Comunidades Autónomas costeras señalan que el pescado fresco se sitúa a un nivel de consumo de 1 vez a la semana y el congelado entre 1 vez al mes y 1 vez a la semana. A nivel europeo, Pieniak et al. (2013) señalan que son los países del Sur de Europa, como Grecia, Portugal e Italia, los que presentan el nivel más alto de consumo de pescado. Altintzoglou et al. (2011) encuentran que la proporción de consumidores con una frecuencia de consumo de 2 o más veces por semana es mayor en España (58,4%), que en Noruega (31,2%) y Bélgica (16,1%) y Trondsen et al. (2004) indican que, en la región norte de la costa de Noruega, zona con consumo tradicional de pescado y amplia disponibilidad de pescado barato fresco, de media consumen pescados y mariscos cada 2 días (3-4 veces por semana). Fuera de Europa, en Arabia Saudí, Burger et al. (2014) encuentran un consumo de 2 veces a la semana y Grieger et al. (2012) en su estudio realizado en Australia de 1,7 veces a la semana, aunque Birch y Lawley (2012) señalan que el consumo de productos pesqueros en Australia aumentó a un promedio de 2,2 veces por semana en 2011.

Estos resultados son compatibles con los obtenidos por el Portal de Salud de la Comunidad de Madrid (2009), donde indican que hay una preferencia mayoritaria por el pescado fresco, sobre todo, a medida que el consumo se vuelve más frecuente.

Para los tres tipos de productos pesqueros (frescos, congelados y descongelados) el lugar habitual de compra de los encuestados es el supermercado, mostrando en todos ellos un porcentaje cercano o superior al 60% (Figura 5.12), que en el caso de productos pesqueros descongelados alcanza el 86% (Figura 5.12(c)).

En los productos pesqueros frescos, la segunda opción más elegida por los encuestados es la pescadería (21,7%) (Figura 5.12(a)). Respecto a los productos pesqueros congelados, en la

Figura 5.12(b) se observa que la segunda opción elegida son las tiendas de congelados (17,7%).

Idénticos resultados son los datos del MAGRAMA, del año 2013, respecto a la compra de productos pesqueros frescos y congelados. En productos pesqueros frescos son los supermercados y pescaderías los lugares habituales de compra con una cuota de mercado de 348.596,46 t y 162.926,66 t, respectivamente; el siguiente lugar elegido es el hipermercado con 60.779,31 t. Mientras que en el caso de los productos pesqueros congelados son el supermercado (120.481,72 t), tiendas de congelados (37.596,17 t) e hipermercados (1.572,36 t) (MAGRAMA, 2014b).

Estudios anteriores (MAPA, 2007; MARM, 2008; Martín, 2008; Lázaro, 2009; Portal de Salud de la Comunidad de Madrid, 2009; FROM, 2011) señalan el mercado y la pescadería tradicional como el lugar habitual de compra de productos pesqueros frescos. Esta diferencia puede ser explicada con los resultados obtenidos por la encuesta sobre “hogares en crisis” de Eroski Consumer (2014) que muestran que el 54% de los entrevistados cambió el tipo de establecimiento de compra habitual de alimentos con el fin de encontrar productos alimenticios más económicos, de forma que el 63% lo hace en el supermercado y el 29% en el hipermercado.

En lo que respecta a la compra de productos alimenticios en su conjunto, también es el supermercado el lugar de compra con una cuota de mercado más alta (43,2%). Y como factores de elección del establecimiento para la compra de alimentos destacan la calidad de los productos (64,1%), los buenos precios (55,3%) y la proximidad y cercanía (47,8%) (MAGRAMA, 2014a). Además, el consumidor es fiel a su establecimiento de compra (MAGRAMA, 2011).

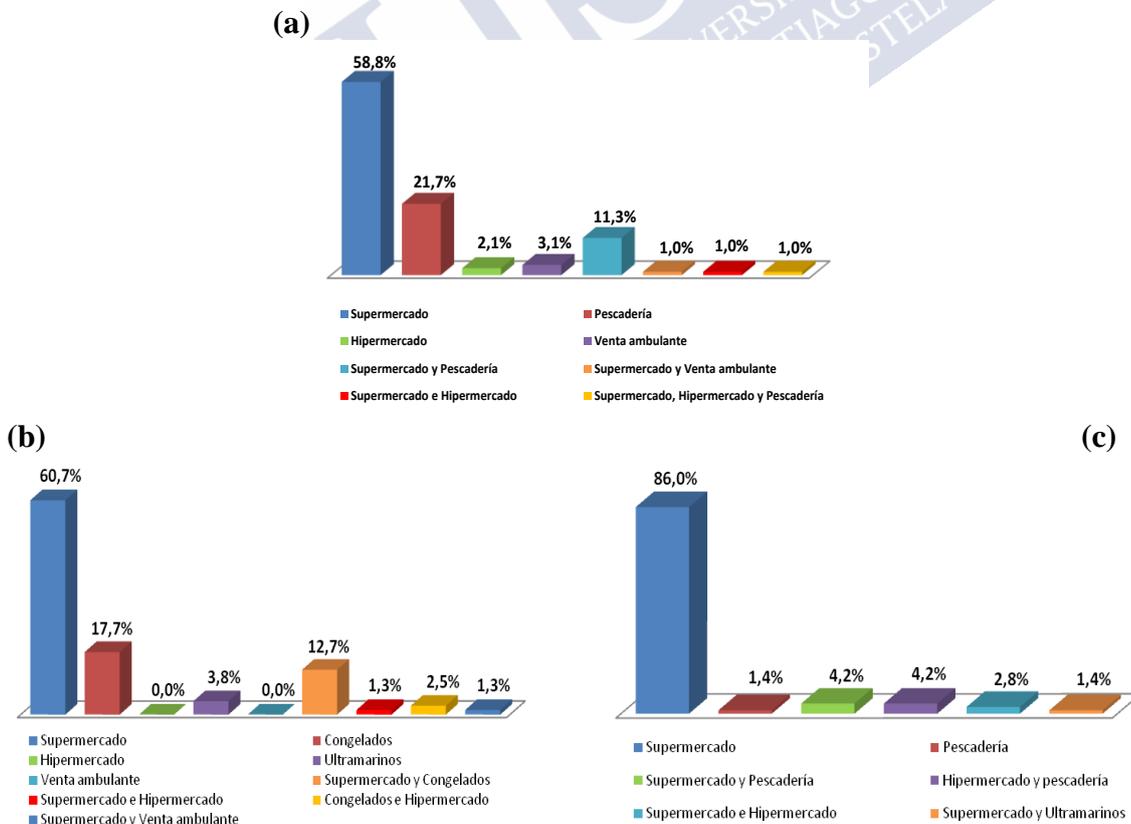


Figura 5.12. Lugar de compra de productos pesqueros frescos (a), congelados (b) y descongelados (c)

En el bloque de los productos pesqueros congelados, también se pregunta por el formato preferido de compra. En la Figura 5.13 se puede observar que más de la mitad de los encuestados que compran productos congelados los compran únicamente envasados, mientras que el 12,7% lo hacen exclusivamente a granel y un porcentaje del 24,0% compra en los dos formatos. Resultados similares son los obtenidos en el estudio realizado por FROM (2011), que indica que el 67% de los consumidores encuestados para dicho estudio compran productos congelados envasados, el 20,9% lo hacen a granel y el 12,1% restante no consumen este tipo de productos.

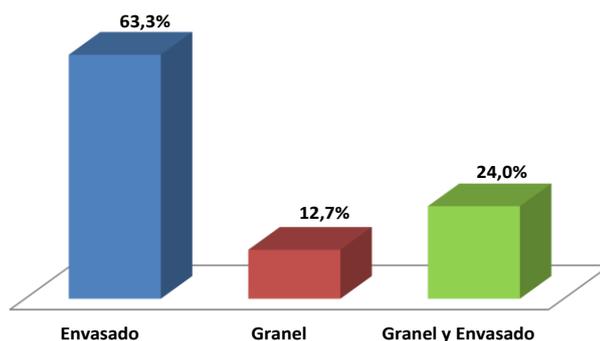


Figura 5.13. Formato de compra de productos pesqueros congelados

5.4.2 Asociación entre hábitos de compra y consumo y factores demográficos y socioeconómicos del hogar

En esta sección se examina, mediante técnicas estadísticas, la posible influencia en los hábitos de compra de los diferentes productos pesqueros (frescos, congelados y descongelados) de determinados factores personales demográficos y socioeconómicos del hogar en el que vive la persona encuestada. Se examina, además, la influencia de dichos factores en otros aspectos de interés, tales como el lugar habitual de compra y la frecuencia de consumo de los diferentes tipos de productos pesqueros o el formato de compra de los productos congelados.

Los resultados de aplicar los tests de independencia y de las comparaciones por pares descritos en la Sección 5.3.2 se presentan agrupados por el método de conservación del producto: fresco, congelado y descongelado, precedidos por los resultados correspondientes al grado de decisión de la compra, Sección 5.4.2.1. Los resultados correspondientes a productos frescos se presentan en la Sección 5.4.2.2, les siguen los correspondientes a productos congelados en la Sección 5.4.2.3 y, por último, los obtenidos respecto a productos descongelados en la Sección 5.4.2.4.

Las variables respuesta susceptibles de estar influenciadas por los factores personales demográficos y socioeconómicos del hogar se muestran en la Tabla 5.4. Para cada método de conservación del producto se consideran dos fases en el análisis de datos. En la primera fase se estudian los factores que influyen en la compra del producto en cuestión en base a la muestra completa. En la segunda fase se considera solo a los compradores de dicho producto para examinar en detalle sus hábitos de compra y consumo.

Tabla 5.4. Variables de respuesta analizadas. En la primera fase, $n=103$ entrevistados; en la segunda fase, según corresponda: $n=97$ compradores de frescos, $n=79$ compradores de congelados o $n=71$ compradores de descongelados

PRIMERA FASE	
Y_1	compra productos pesqueros frescos
Y_2	compra productos pesqueros congelados
Y_3	compra productos pesqueros descongelados
SEGUNDA FASE	
Y_4	compra pescado
Y_5	compra crustáceos
Y_6	compra moluscos
Y_7	tipo de producto (pescado/crustáceos/moluscos) que compra
Y_8	lugar en el que compra
$Y_9^{(1)}$	formato de compra de los congelados (envasado/granel/ambos)
Y_{10}	frecuencia de consumo

⁽¹⁾ Solo para congelados

Las variables Y_7 , Y_8 e Y_9 (Tabla 5.4) recogen los resultados de preguntas con respuesta múltiple, no obstante, para el análisis estadístico se establecen las categorías indicadas en la Tabla 5.5 para poder considerar la respuesta como una única categoría por persona. Las demás variables respuesta Y_i recogen los resultados de preguntas de respuesta simple.

Tabla 5.5. Categorías consideradas para las variables Y_7 , Y_8 e Y_9

Tipo de producto (Y_7)	Lugar de compra (Y_8)	Formato de compra de congelados (Y_9)
Pescado	Supermercado	Granel
Moluscos	Hipermercado	Envasado
Crustáceos	Tiendas especializadas ^(*)	Granel y envasado
Pescado y moluscos	Super y tiendas especializadas	
Pescado y crustáceos	Hiper y tiendas especializadas	
Moluscos y crustáceos	Supermercado e Hipermercado	
Pescado, moluscos y crustáceos	Ultramarinos	
	Venta ambulante	

^(*) Para frescos: pescaderías; para congelados: tiendas de congelados

La Tabla 5.6 recoge la notación a utilizar para referirse a los resultados de los diferentes tests considerados.

Tabla 5.6. Notación para los resultados de los tests de independencia

p_F^{mid}	el mid- p valor del test exacto de Fisher
p_F	el p -valor del test exacto de Fisher
p_C	el p -valor del test χ^2 basado en la distribución exacta
\hat{p}_C	el p -valor del test χ^2 exacto estimado con $B \geq 99999$ permutaciones aleatorias
p_{LR}	el p -valor del test de razón de verosimilitudes basado en la distribución exacta

Los resultados de los tests de independencia de cada par hábito-factor de interés se presentan en la Tabla 5.7 para el grado de decisión en la compra, las Tablas 5.8 y 5.9 para productos pesqueros frescos, Tablas 5.11-5.13 para productos pesqueros congelados y Tablas 5.15 y 5.16 para productos pesqueros descongelados.

Se destacan en un cuadrado con línea continua aquellos casos en los que el resultado de la relación entre el hábito y el factor es significativo al 5%. En un cuadrado con línea discontinua se señalan los casos en los que hay indicios de significación de una relación entre el hábito y el factor, pero el resultado no es concluyente (nivel de significación entre el 5% y el 10%). Únicamente se describen los resultados relativos al test con menor valor p .

Para aquellos pares hábito-factor en los que los resultados sugieren que hay relación entre ambos (en un cuadrado con línea continua) o que posiblemente la hay (en un cuadrado con línea discontinua), se presentan las proporciones muestrales de cada categoría del hábito para cada nivel del factor mediante un gráfico de mosaico, obtenido con el paquete *vcd* (Friendly, 2013) del entorno estadístico *R*. Dicho gráfico permite explorar visualmente si el hábito de compra es mayor o no en las mujeres que en los hombres, o si compran más pescado congelado las personas que viven solas que las que no, por citar algunos ejemplos.

Formalmente, en los gráficos de mosaico, si se centra la atención en la barra del grupo i ($1 \leq i \leq r$), se dispone de una estimación de la distribución de probabilidad del hábito en el grupo i : $P(Y = y_j / X = x_i)$ para $j=1, \dots, c$. La estimación viene dada por las frecuencias relativas condicionadas, $fr(Y = y_j / X = x_i)$ para $j=1, \dots, c$, que son las proporciones muestrales representadas en la gráfica. La distribución muestral del factor X (es decir, la proporción de datos con $X = x_i$ para cada x_i) está representada en el gráfico mediante el ancho de las barras (cuanto más ancha la barra, mayor proporción de datos en la muestra de esa categoría). Así pues, si la barra es muy estrecha, la proporción muestral $fr(Y = y_j / X = x_i)$ no proporciona una estimación precisa de la probabilidad condicionada correspondiente por estar basada en una submuestra (los datos con $X = x_i$) demasiado pequeña.

5.4.2.1 Factores relacionados con el grado de decisión en la compra

En esta sección se presentan los resultados de los tests de independencia descritos en la Sección 5.3.2, relativos al grado de decisión en la compra. Se examinan las relaciones entre la variable "grado de decisión en la compra" y los factores de interés empleando la muestra completa (Tabla 5.7).

Tabla 5.7. Contrastes de independencia de cada factor con el grado de decisión en la compra ($n=103$ entrevistados)

Grado de decisión en la compra	Factores personales demográficos				Factores socioeconómicos del hogar		
	Sexo	Grupo de edad	Nivel de estudios	Situación laboral	Personas del hogar	Personas con ingresos en el hogar	Nivel de ingresos en el hogar
p_F^{mid}	0,077	0,830	0,370	0,978	0,948	0,663	0,675
p_C	0,093	0,838	0,348	0,958	0,893	0,670	0,684
p_{LR}	0,139	0,832	0,390	0,937	0,840	0,690	0,649

En la Tabla 5.7 se puede observar que hay indicios para considerar que existe relación entre el grado de decisión en la compra y el sexo ($p_F^{mid} = 0,077$).

En la Figura 5.14 se puede observar que, con respecto al grado de decisión en la compra, en las mujeres la mayor tasa corresponde a “todo”, mientras que en los hombres “bastante” y “algo” suman una tasa mayor. Este hecho indica, tal como señalan Claret et al. (2012), que son en su mayoría, las mujeres, las que todavía asumen este rol.

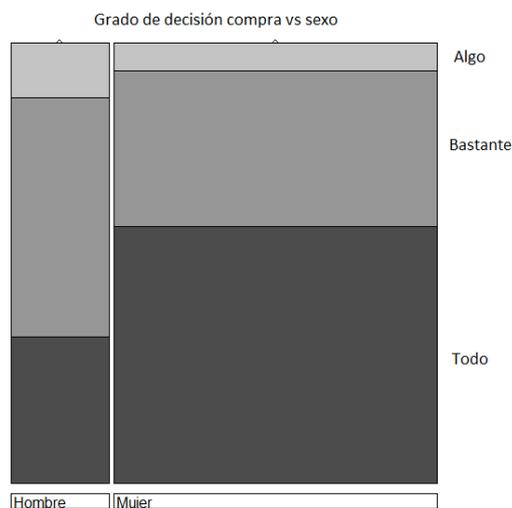


Figura 5.14. Distribución del grado de decisión en la compra en función del sexo

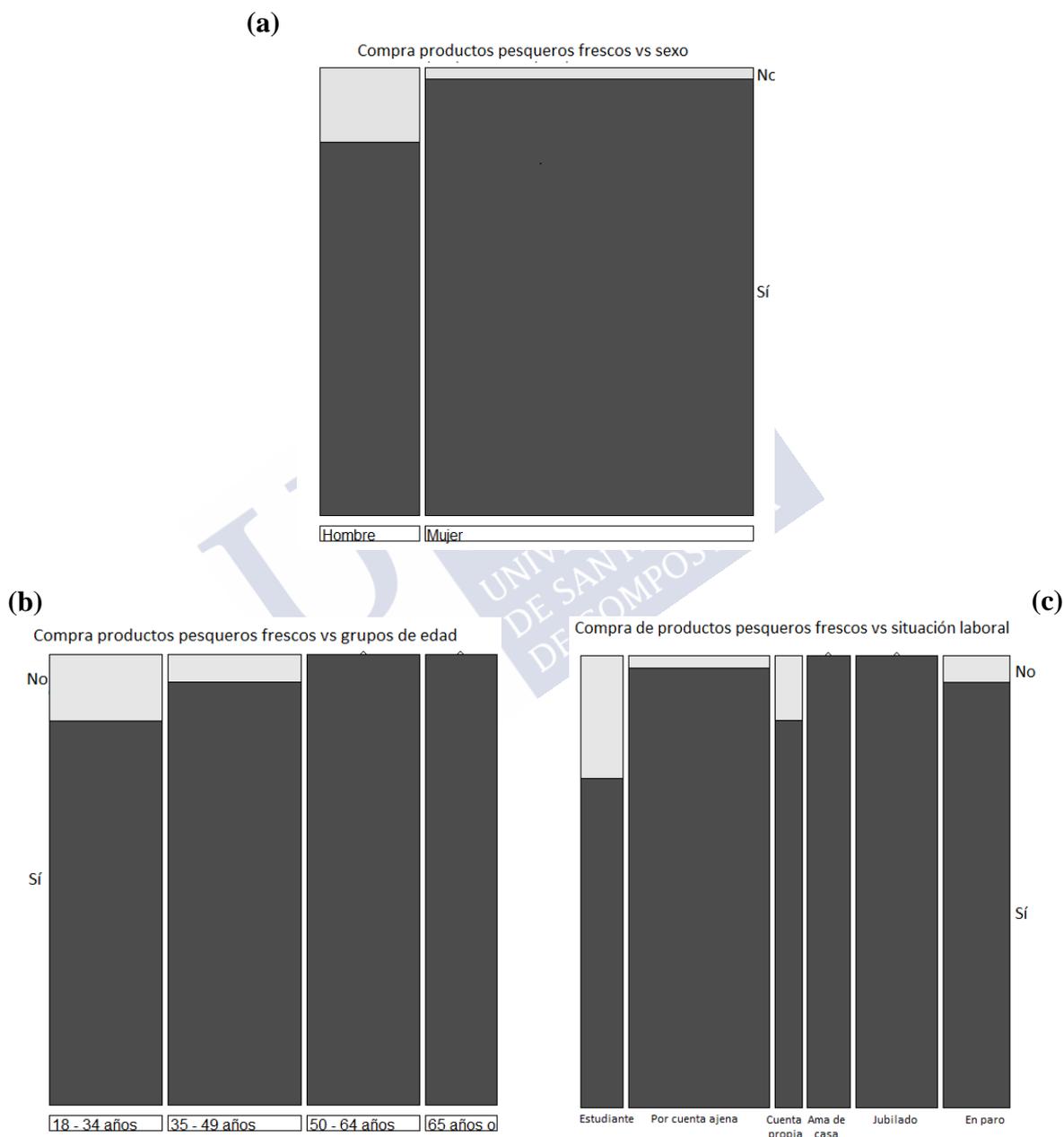
5.4.2.2 Factores relacionados con el hábito de compra y consumo de productos pesqueros frescos

Se presentan a continuación los resultados de los tests de independencia descritos en la Sección 5.3.2, relativos a los productos pesqueros frescos. En una primera fase se examinan las relaciones entre la variable "compra de productos pesqueros frescos" y los factores de interés empleando la muestra completa ($n=103$ entrevistados, Tabla 5.8). En una segunda fase se examina la relación de dichos factores con las variables respuesta de interés sobre hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos, utilizando en el análisis únicamente los datos de las personas que afirman comprar productos pesqueros frescos ($n=97$ compradores de productos pesqueros frescos, Tabla 5.9).

Tabla 5.8. Contrastes de independencia de cada factor con el hábito de compra de productos pesqueros frescos ($n=103$ entrevistados)

Compra productos pesqueros frescos	Factores personales demográficos				Factores socioeconómicos del hogar		
	Sexo	Grupo de edad	Nivel de estudios	Situación laboral	Personas del hogar	Personas con ingresos en el hogar	Nivel de ingresos en el hogar
p_F^{mid}	0,014	0,090	0,175	0,030	0,506	0,007	0,019
p_C	0,025	0,059	0,211	0,028	0,644	0,063	0,008
p_{LR}	0,025	0,059	0,141	0,054	0,704	0,013	0,008

Como se puede observar en la Tabla 5.8, los factores personales demográficos relacionados con la compra de productos pesqueros frescos son el sexo ($p_F^{mid}=0,014$) la situación laboral ($p_C=0,028$) y posiblemente el grupo de edad ($p_C=p_{LR}=0,059$). Arvanitoyannis et al. (2004), en su estudio realizado en Grecia, encontraron que el patrón de consumo de pescado es dependiente de la edad y Verbeke et al. (2007) en su estudio en Bélgica, que son los hombres jóvenes los que tienen un consumo más bajo de pescado y las mujeres de mediana edad las que tienen mayor consumo.



Proporciones muestrales de personas con hábito de comprar productos pesqueros frescos, en gris oscuro, y de no comprarlos, en gris claro, en función del grupo al que pertenece la persona

Figura 5.15. Factores personales sociodemográficos relacionados con el hábito de compra de productos pesqueros frescos. Sexo (a), grupos de edad (b) y situación laboral (c)

En la Figura 5.15(a), se aprecia que la tasa de personas que compran productos pesqueros frescos es superior en las mujeres que en los hombres, lo que puede ser debido a que en general, las mujeres tienen una conciencia de la salud mayor que los hombres (Fagerli y Wandel, 1999; Verbeke y Vackier, 2005) y la información acerca de la salud ha demostrado ser eficaz para influir en la alimentación y el consumo de pescados y mariscos (Trondsen et al., 2004). En este sentido, Pieniak et al. (2010) encontraron que el interés de los consumidores en la alimentación saludable se asocia positivamente con el consumo de pescado e indican que los consumidores con menor interés por la alimentación saludable se caracterizan por ser hombres, relativamente jóvenes, con mayor índice de masa corporal, bajo consumo de pescado y bajo interés en la información relacionada con estos productos.

En relación con los grupos de edad, en la Figura 5.15(b), se observa que la tasa de personas que compran productos pesqueros frescos se incrementa con la edad. Estos resultados coinciden con los encontrados por del Pozo et al. (2012) que observaron que al aumentar la edad del responsable de la compra también aumenta el consumo de pescado, de forma que el consumo más bajo se da en los menores de 35 años (39,7 g/día) y el más elevado en los mayores de 65 años (119 g/día). Martín (2010) también indica que en los hogares donde compra una persona con más de 65 años, el consumo de productos pesqueros es más elevado, mientras que la demanda más reducida se asocia a los hogares donde la compra la realiza una persona que tiene menos de 35 años. Esto puede ser debido, tal como afirma Olsen (2003), a que, por lo general, las personas mayores están más involucradas con la salud que las personas más jóvenes y el consumo de productos pesqueros se relaciona positivamente con una alimentación saludable y, por tanto, la salud sirve como mediador entre la edad y el consumo de productos del mar. En este sentido, el barómetro de consumo de la Fundación Eroski (2007) indica que según aumenta la edad lo hace también la preocupación por los hábitos alimentarios. Esto es confirmado en el trabajo de Pieniak et al. (2010) realizado en Francia, Polonia y España y en el de Altintzoglou et al. (2011) en Bélgica, Noruega y España. En ambos estudios encontraron que el interés de los consumidores en la alimentación saludable se asocia positivamente con el consumo de pescado y estos consumidores se corresponden con los participantes de mayor edad. Por otro lado, Olsen (2003) y Myrland et al. (2000) también señalan que el tiempo que ha de invertirse a la hora de adquirir, preparar y comer productos pesqueros se ve como un inconveniente a la hora de adquirirlos y puede ser que las personas de mayor edad, con más experiencia, tienen menos dificultades para preparar sus comidas y así, son más proclives a aumentar la frecuencia con la que aparece el pescado en la dieta de la familia. Esta afirmación es apoyada por Carlucci et al. (2015) que, en su trabajo de revisión encontró que grupos de discusión sobre pescado fresco realizados en países europeos, entre los que se encuentra España, revelaron que, aunque los participantes quieren consumir pescado con mayor frecuencia, la mayoría de ellos están preocupados por el tiempo y esfuerzo necesario en la preparación de estos productos.

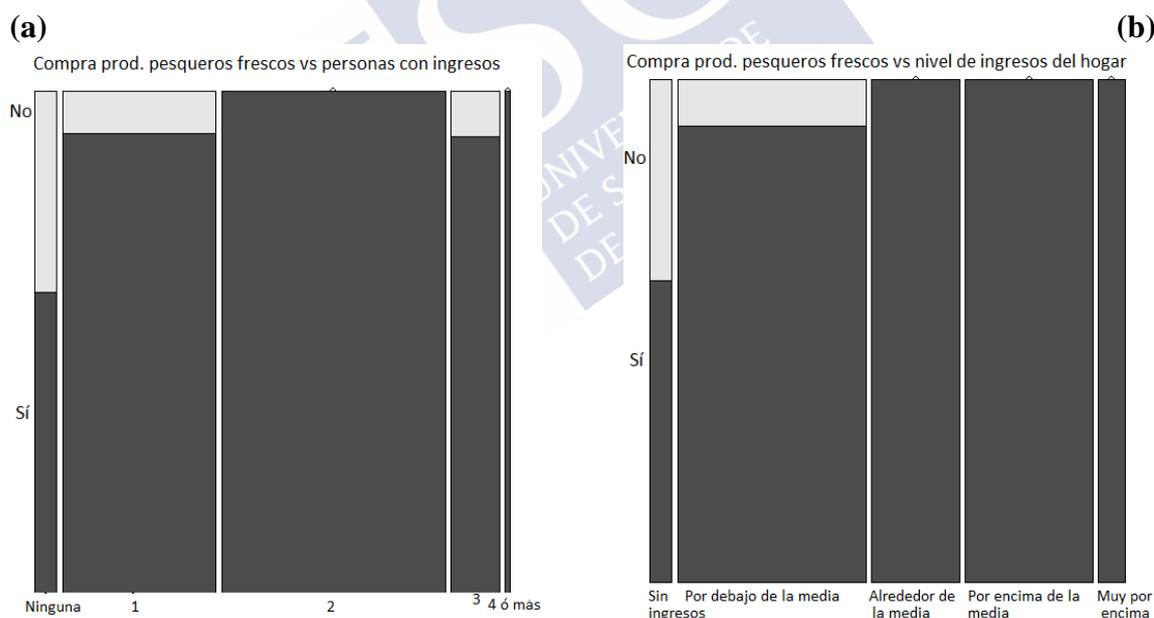
Por último, en la Figura 5.15(c) se puede observar que la compra de productos pesqueros frescos tiene las tasas más bajas entre los estudiantes, los trabajadores por cuenta propia y los parados (si bien todos estos subgrupos son submuestras de tamaño pequeño). Según Varela et al. (2004), los grupos de alimentos con mayor prestigio como carnes, pescado o aceite de oliva son consumidos en mayor cantidad en el grupo de personas activas frente al de parados, probablemente debido a factores económicos. Por el contrario, MAPA (2007) indica que los productos del mar se consideran fundamentales en la dieta, por lo que ante una hipotética subida de los precios la mayoría de los encuestados optarían por sustituir el producto caro por otro de la misma familia que fuera más barato, es decir, no se contempla la opción de dejar de consumir, como mucho se reduciría su consumo. Verbeke y Vackier (2005) en su estudio

realizado en Bélgica, también encontraron que, a pesar de que el precio de los productos pesqueros es una de las principales barreras para su consumo, no reduce directamente la intención de compra. Y Gaviglio et al. (2014) indican que solo los compradores de bajos ingresos son sensibles al precio del pescado. Afirmación que corroboran Grieger et al. (2012) en su estudio con adultos australianos mayores, en el que observan que los encuestados con ingresos más bajos tienen mayor tendencia a indicar el precio del pescado como una barrera para consumirlo.

En cuanto a los factores socioeconómicos del hogar, en la Tabla 5.8 se observa que los factores relacionados con la compra de productos pesqueros frescos son el número de personas con ingresos ($p_F^{mid} = 0,007$) y el nivel de ingresos del hogar ($p_C = 0,008$).

En la Figura 5.16(a), si se centra la atención en los hogares más presentes en la muestra, "1 persona con ingresos" y "2 personas con ingresos" (correspondientes a las barras más anchas), se observa que la proporción de los que sí compran productos pesqueros frescos, además de ser elevada, se incrementa al pasar de 1 persona con ingresos en el hogar a 2.

La Figura 5.16(b) muestra que el porcentaje de personas que compra productos pesqueros frescos aumenta a medida que aumentan los ingresos del hogar. Del Pozo et al. (2012) encontraron que el mayor consumo de pescado se observaba en el estrato socioeconómico más alto según su clasificación (*estatus socioeconómico alto*). Martín (2010) afirma que, con carácter general, los hogares de clase alta y media alta cuentan con el consumo más elevado de pescado, mientras que los hogares de clase baja tienen la demanda más reducida.



Proporciones muestrales de personas con hábito de comprar productos pesqueros frescos, en gris oscuro, y de no comprarlos, en gris claro, en función del tipo de hogar en el que vive la persona

Figura 5.16. Factores socioeconómicos del hogar relacionados con el hábito de compra de productos pesqueros frescos. Personas con ingresos en el hogar (a) y nivel de ingresos en el hogar (b)

En la Tabla 5.9 se puede observar que, entre los compradores de los diferentes tipos de productos pesqueros frescos se detecta como influyentes en ciertos hábitos de compra a los factores personales demográficos “grupo de edad” y “situación laboral”.

Tabla 5.9. Contrastes de independencia de cada factor con los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos ($n=97$ compradores de productos pesqueros frescos)

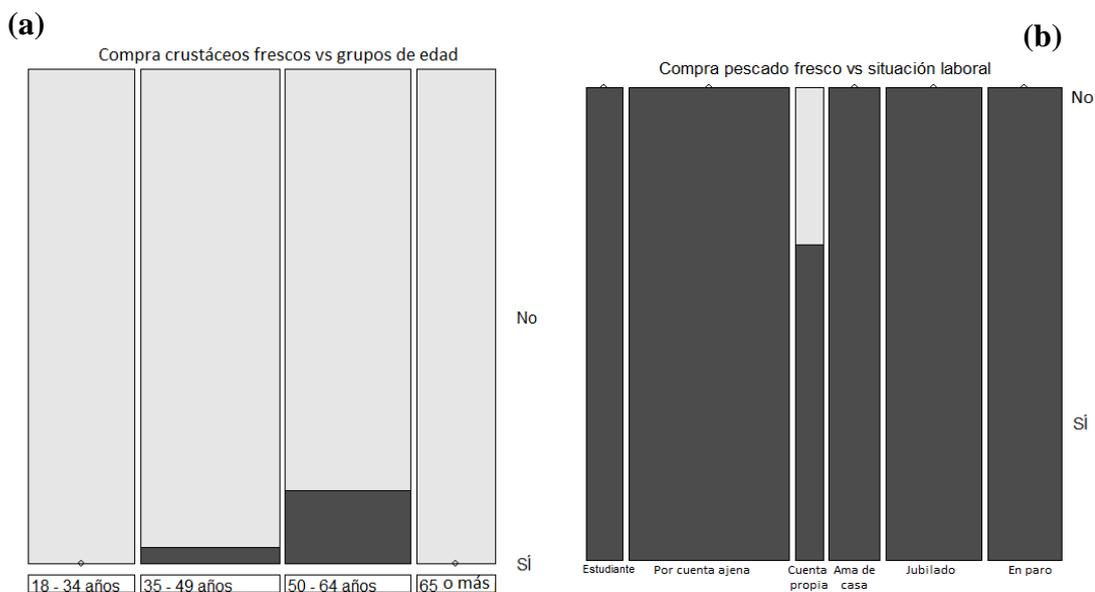
Hábito de compra		Factores personales demográficos				Factores socioeconómicos del hogar		
		Sexo	Grupo de edad	Nivel de estudios	Situación laboral	Personas del hogar	Personas con ingresos en el hogar	Nivel de ingresos medios en el hogar
Pescado fresco	p_F^{mid}	0,206	0,913	0,666	0,002	0,674	0,513	0,673
	p_C	0,372	≈ 1	0,767	0,003	0,755	0,650	0,757
	p_{LR}	≈ 1	≈ 1	0,767	0,003	0,755	0,650	0,757
Crustáceos frescos	p_F^{mid}	0,790	0,074	0,942	0,841	0,282	0,778	0,635
	p_C	≈ 1	0,051	≈ 1	0,702	0,398	0,638	0,587
	p_{LR}	≈ 1	0,064	≈ 1	0,728	0,385	0,638	0,645
Moluscos frescos	p_F^{mid}	0,538	0,929	0,358	0,722	0,110	0,969	0,130
	p_C	0,623	0,932	0,354	0,720	0,116	0,974	0,142
	p_{LR}	0,623	0,932	0,354	0,711	0,120	0,974	0,191
Tipo de producto fresco	p_F^{mid}	0,451	0,774	0,869 ⁽¹⁾	0,192 ⁽¹⁾	0,213	0,974	0,155
	p_C	0,494	0,562	0,921	0,006 ⁽²⁾	0,324	0,929	0,437 ⁽²⁾
	p_{LR}	0,743	0,598	0,943	0,107	0,291	0,879	0,259
Lugar de compra (fresco)	p_F^{mid}	0,901	0,292	0,145 ⁽¹⁾	0,843 ⁽¹⁾	0,824	0,504	0,175 ⁽¹⁾
	p_C	0,948	0,364	0,147	0,924 ⁽²⁾	0,915	0,671	0,450 ⁽²⁾
	p_{LR}	0,944	0,365	0,123	0,904	0,863	0,617	0,215
Frecuencia de consumo (fresco)	p_F^{mid}	0,973	0,128	0,925	0,447 ⁽¹⁾	0,536	0,171	0,003 ⁽¹⁾
	p_C	0,922	0,105	0,915	0,378 ⁽²⁾	0,545	0,064	0,019 ⁽²⁾
	p_{LR}	0,889	0,094	0,910	0,480	0,607	0,122	0,005

⁽¹⁾ En esta celda se proporciona p_F . ⁽²⁾ En esta celda se proporciona \hat{p}_C .

Hay indicios para considerar que existe relación entre el grupo de edad y la compra de crustáceos frescos ($p_C=0,051$). Y la situación laboral está relacionada con la compra de pescado fresco ($p_F^{mid}=0,002$) y el tipo de producto fresco que compran ($p_C=0,006$).

En cuanto al grupo de edad, la Figura 5.17(a) muestra que son las personas de rango de edades de 50-64 años las que más crustáceos frescos compran, seguidos del grupo de edad de 35-49 años.

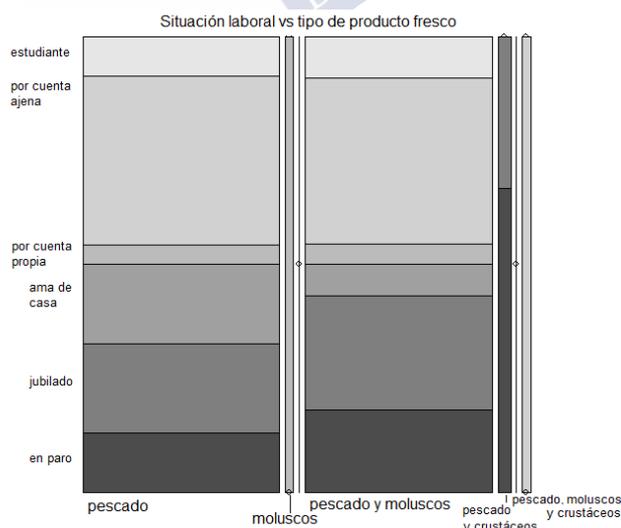
Por lo que respecta a la situación laboral, en la Figura 5.17(b) solo se aprecia un porcentaje notable de personas que no compran pescado fresco entre los trabajadores por cuenta propia (si bien este grupo es una submuestra de tamaño pequeño).



Proporciones muestrales de personas con hábito de comprar productos pesqueros frescos (crustáceos (a) y pescado (b)), en gris oscuro, y de no comprarlos, en gris claro, en función del grupo al que pertenece la persona

Figura 5.17. Factores personales demográficos relacionados con los hábitos de compra de productos pesqueros frescos. Grupos de edad (a) y situación laboral de la persona (b)

Por último, en la Figura 5.18 se observa que, respecto a productos frescos, lo más habitual es la compra de pescado o de pescado y moluscos. Entre los que compran solamente pescado destacan los trabajadores por cuenta ajena, los jubilados y las amas de casa (por ese orden), mientras que entre los que compran pescados y moluscos los más representados son los trabajadores por cuenta ajena, jubilados y parados.



De gris oscuro a gris claro: en paro, jubilado, ama de casa, por cuenta propia, por cuenta ajena y estudiante.

Figura 5.18. Relación entre la situación laboral de los compradores y el tipo de producto fresco que se compra

Atendiendo a la frecuencia de consumo de productos pesqueros frescos, la Tabla 5.9 muestra que está relacionada con los factores nivel de ingresos del hogar ($p_F=0,003$), y hay indicios de una relación con el número de personas en el hogar con ingresos ($p_C=0,064$) y con el grupo de edad ($p_{LR}=0,094$). Estos resultados coinciden en parte con los obtenidos por Burger y Gochfeld (2009) en su estudio con pescadores en la Bahía de Nueva York, en el que encontraron que los patrones de consumo varían según el nivel de ingresos, pero no por el nivel de estudios.

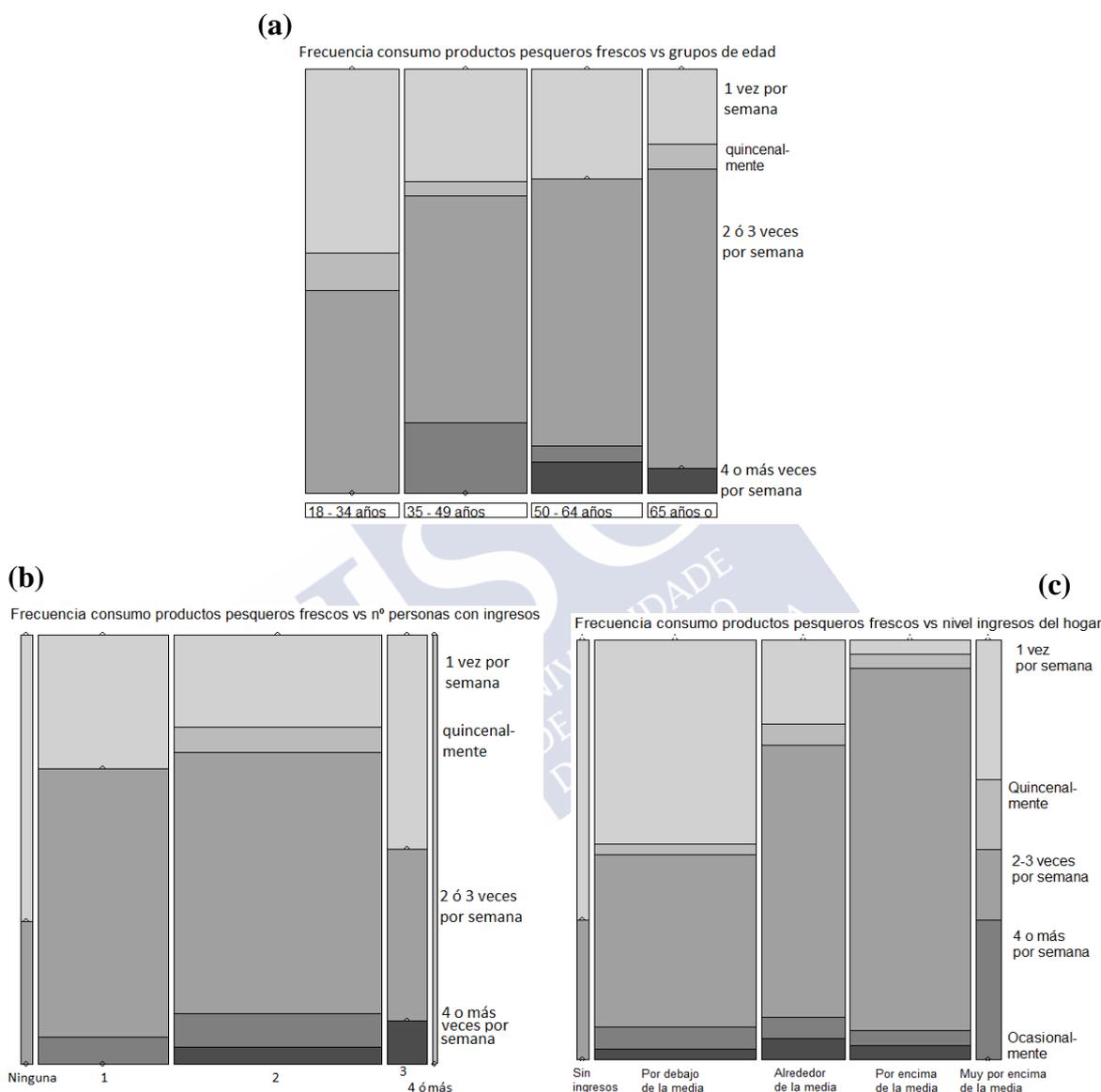
Relacionado con el grupo de edad, en la Figura 5.19(a) se aprecia que las franjas correspondientes a un consumo de "2 o 3 veces a la semana" o superior abarcan un porcentaje creciente con la edad, a la par que se estrecha la franja (disminuye el porcentaje) de consumo "1 vez por semana". Resultados similares son los obtenidos por otros estudios como el Portal de Salud de la Comunidad de Madrid (2009), en el que encuentran que las personas mayores son el colectivo que consume pescado fresco con mayor frecuencia; y en el estudio realizado por FROM (2011), en el que se indica que a medida que aumenta la edad, aumenta el consumo de pescado fresco, siendo los mayores de 65 años los que consumen pescado con más frecuencia (9,7 días al mes) y los más jóvenes, con edades entre los 20-35 años, los que menos se inclinan por este producto (8,1 días al mes). En este sentido, Olsen (2003) y Myrland et al. (2000) en sus estudios realizados en Noruega, encuentran que la edad se relaciona positivamente con la frecuencia de consumo de productos pesqueros. Olsen (2003) señala, además, que la mayoría de estudios empíricos indican que las personas mayores, en general, comen pescado o marisco con más frecuencia que la gente joven. Y esto ocurre, además de en Noruega, en otros países como los Estados Unidos, Japón, Taiwán y Dinamarca. Verbeke y Vackier (2005) encontraron también que en Bélgica la frecuencia de consumo aumenta con la edad.

En el caso del número de personas con ingresos, en la Figura 5.19(b), si se centra la atención en los hogares más presentes en la muestra, "1 persona con ingresos" y "2 personas con ingresos", se observa que la proporción correspondiente a un consumo "2 o 3 veces por semana" o superior aumenta al pasar de 1 a 2 personas con ingresos.

En la Figura 5.19(c), relativa al nivel de ingresos del hogar, si se centra la atención en los hogares más presentes en la muestra (por debajo, alrededor y por encima de la media), se aprecia que la proporción correspondiente a un consumo "2 o 3 veces por semana" se incrementa al aumentar el nivel de ingresos del hogar, reduciéndose casi en la misma medida la proporción "1 vez por semana". Verbeke y Vackier (2005) en su estudio en Bélgica encontraron que las rentas más bajas tienen una frecuencia más baja de consumo de productos pesqueros, y es que según OMS (2003), hay una estrecha relación positiva entre el nivel de ingresos y el consumo de proteínas de origen animal. Trondsen et al. (2004), en su estudio realizado en el norte de Noruega, encontraron que ingresos muy altos predicen un mayor consumo de pescado, sin embargo, llegaron a la conclusión de que, en la explicación de la frecuencia de consumo de productos pesqueros, el nivel de ingresos tiene menos importancia que los patrones o gastos de consumo, sobre todo en regiones con buena disponibilidad de pescado fresco y barato. En este sentido, Varela et al. (2004) indican que el factor más importante que determina la elección y consumo de un alimento es su disponibilidad. También en Noruega, Myrland et al. (2000) no encontraron relación entre el nivel de ingresos y la frecuencia con que se consumen platos de productos pesqueros.

Aunque en este estudio no se detecta relación entre la frecuencia de consumo y el nivel de estudios, Trondsen et al. (2004), observaron en su trabajo realizado en Noruega, que un mayor consumo de pescado está asociado con un mayor nivel de educación y Myrland et al. (2000), también en Noruega, encontraron que las personas con algún tipo de educación

universitaria tienen tasas más altas de consumo de productos pesqueros. Tampoco se encuentra relación entre la frecuencia de consumo y el sexo, otros estudios como el Portal de Salud de la Comunidad de Madrid (2009) y FROM (2011) indican que las mujeres consumen pescado con mayor frecuencia. FROM (2011) señala que las mujeres consumen pescado fresco 9,1 días al mes frente a los hombres que lo consumen 8,3 días al mes.



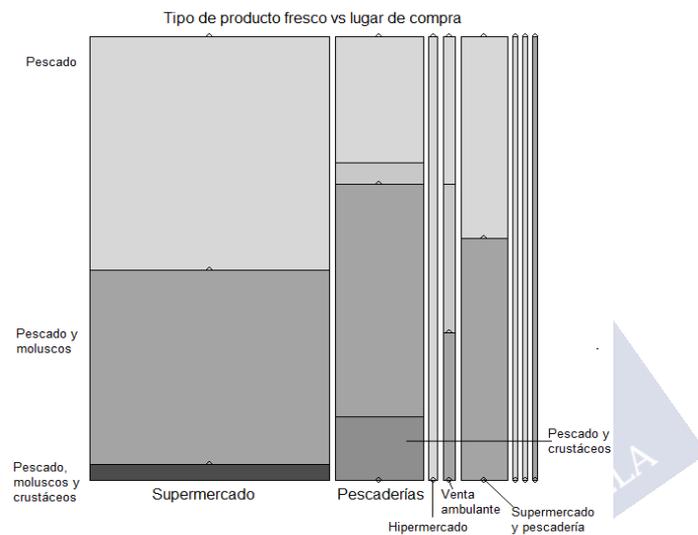
Distribución muestral de la frecuencia de consumo en función del grupo al que pertenece la persona. De gris oscuro a gris claro: ocasionalmente, 4 o más por semana, 2-3 veces por semana, quincenalmente y 1 vez por semana.

Figura 5.19. Factores relacionados con la frecuencia de consumo de productos pesqueros frescos. Grupos de edad (a), número de personas con ingresos (b) y nivel de ingresos del hogar (c)

Finalmente, se examina la posible relación entre algunos factores de interés como el tipo de producto que se compra, la frecuencia de consumo y el lugar de compra. De acuerdo con los resultados del test exacto de Fisher, hay indicios de una relación entre el tipo de producto

fresco que se compra y el lugar de compra ($p_F = 0,082$), pero no se detecta relación entre frecuencia de consumo y lugar de compra ($p_F^{mid} = 0,254$). No obstante, en el trabajo presentado por Portal de Salud de la Comunidad de Madrid (2009), se muestra que la frecuencia de consumo influye en la elección del lugar de compra. Además, se indica que un consumidor habitual elige los mercados o pescaderías, mientras que uno esporádico acude en mayor medida a los supermercados.

En la Figura 5.20 se aprecia que la mayoría de las compras de productos frescos se hacen en supermercados y pescaderías, y las compras más habituales son "pescado" o "pescado y moluscos". Los compradores de ambos productos representan una proporción mayor en las pescaderías.



De gris oscuro a gris claro: pescado, moluscos y crustáceos, pescado y moluscos, moluscos y pescado, pescado y crustáceos.

Figura 5.20. Relación entre el tipo de producto fresco que se compra y el lugar de compra

5.4.2.2.1 Análisis de las relaciones mediante comparaciones por pares de grupos

A continuación, se completa el análisis de las relaciones entre hábitos y factores que resultaron significativas en los tests de independencia, o para las que había indicios de significación, en lo referente a los productos frescos. Para comenzar, se consideran las relaciones del hábito de compra de productos pesqueros frescos con el sexo (Figura 5.15(a)), con el grupo de edad (Figura 5.15(b)), con la situación laboral (Figura 5.15(c)), con el número de personas con ingresos en el hogar (Figura 5.16(a)) y con el nivel de ingresos (Figura 5.16(b)). Los resultados de la encuesta se presentan de forma alternativa en la Figura 5.21 y Figura 5.22.

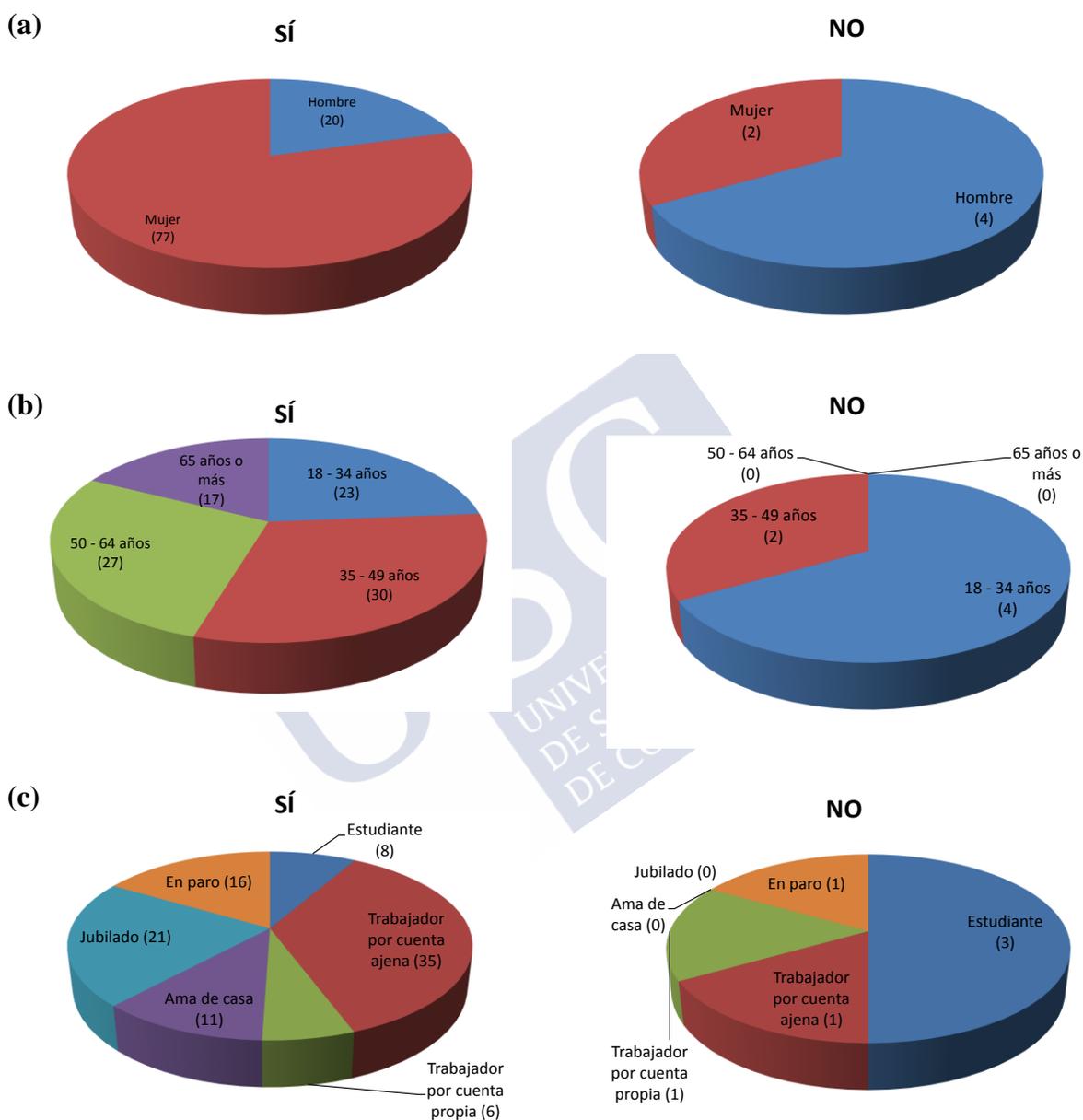


Figura 5.21. Resultados de la compra de productos pesqueros frescos en función de los factores personales demográficos con los que está relacionada o hay indicios de relación. Sexo (a), grupos de edad (b) y situación laboral (c)

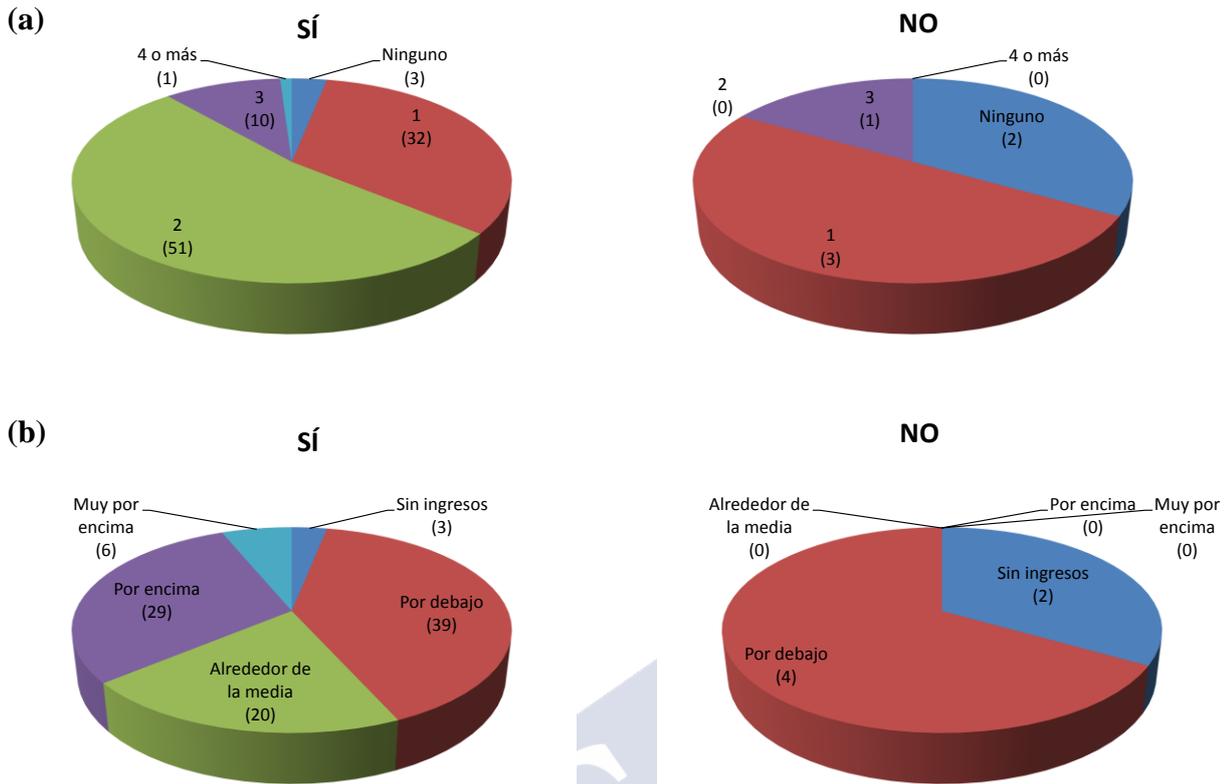


Figura 5.22. Resultados de la compra de productos pesqueros frescos en función de los factores socioeconómicos del hogar con los que está relacionada o hay indicios de relación. Número de personas que reciben ingresos en el hogar (a) y nivel ingresos del hogar con respecto a 1.888€ (b)

Para completar el análisis de las relaciones entre hábitos y factores se comparan, a continuación, las probabilidades de tener el hábito para aquellos pares de categorías (i, j) que son de interés. Las comparaciones se llevan a cabo mediante intervalos de confianza para las diferencias de proporciones correspondientes, $p_i - p_j$. Los intervalos de confianza se obtienen por el método de Wang (2010), con el paquete ExactCidiff del entorno estadístico R, versión 2.15. Para cada comparación se obtienen tres intervalos, el intervalo bilateral del 95% de nivel de confianza, el intervalo bilateral del 90% de nivel de confianza y un intervalo unilateral del 90%. Para el cálculo de este último se distinguen dos casos: a) cuando se pretende verificar si hay evidencias de que $p_i < p_j$, se calcula el intervalo unilateral superior, y b) cuando se pretende verificar si hay evidencias de que $p_i > p_j$ se calcula el intervalo unilateral inferior. De esta manera, en cada comparación, quedan establecidas tres cotas (superiores en el caso a) e inferiores en el caso b)), correspondientes a los niveles de confianza del 97,5%; 95% y 90%. Las diferencias significativas son más claras cuanto mayor sea el nivel de confianza de la cota que permite detectar las diferencias. Los resultados se presentan en la Tabla 5.10, en la que se destaca en un cuadrado con línea continua o discontinua las cotas que permiten concluir que las diferencias son significativas y, en base a lo anterior, se destaca en línea más discontinua cuanto más bajo sea el nivel de confianza.

Tabla 5.10. Comparaciones de grupos por pares en relación a la compra de productos pesqueros frescos y crustáceos frescos

Límites de los intervalos de confianza	Bilateral del 95%		Bilateral del 90%		Unilateral del 90%
	L del 97,5%	U del 97,5%	L del 95%	U del 95%	L del inferior, U del superior
Compra de productos pesqueros frescos					
hombre vs mujer	-0,34	-0,02	-0,30	-0,03	U=-0,04
18-34 años vs 35-49 años	-0,27	0,08	-0,24	0,05	U=0,03
estudiantes vs trabajador cuenta ajena	-0,56	-0,02	-0,51	-0,05	U=-0,08
estudiantes vs parados	-0,54	0,08	-0,50	0,05	U=-0,002
trabajador cuenta ajena vs trabajador cuenta propia	-0,07	0,52	-0,05	0,46	L=-0,02
trabajador cuenta propia vs parados	-0,49	0,20	-0,43	0,15	U=0,10
Hogar de 0 personas con ingresos vs hogar de 1 persona con ingresos	-0,74	0,05	-0,69	0,01	U=-0,05
hogar de 1 persona con ingresos vs hogar de 3 personas con ingresos	-0,17	0,30	-0,14	0,25	L=-0,11
hogar sin ingresos vs hogar con ingresos por debajo media	-0,73	0,04	-0,69	0,01	U=-0,05
Compra crustáceos frescos					
35-49 años vs 50-64 años	-0,30	0,05	-0,26	0,03	U=-0,01

En la Tabla 5.10 se observa que, el intervalo de confianza bilateral del 95% para la diferencia de proporciones p_1-p_2 de hombres (p_1) y mujeres (p_2) con el hábito de compra de productos pesqueros frescos permite concluir que la proporción es mayor entre las mujeres. En base a las cotas superiores, se estima que la diferencia es de al menos un 2% al nivel de confianza del 97,5%, de al menos un 3% al 95% y de al menos un 4% al 90%.

En cuanto a la relación compra de productos pesqueros frescos con la situación laboral, en la Tabla 5.10 se puede observar que, el intervalo de confianza del 95% para la diferencia de proporciones p_1-p_2 entre estudiantes (p_1) y trabajadores por cuenta ajena (p_2) con el hábito de compra de productos pesqueros frescos permite concluir que la proporción es mayor entre los trabajadores por cuenta ajena. En base a las cotas superiores, se estima que la diferencia es de al menos un 2% al nivel de confianza del 97,5%, de al menos un 5% al 95% y de al menos un 8% al 90%.

El intervalo unilateral superior del 90% para la diferencia de proporciones p_1-p_2 entre estudiantes (p_1) y parados (p_2) con el hábito de compra de productos pesqueros frescos es $I=[-1;-0,002]$, por lo que hay indicios de que la proporción es mayor entre los parados.

Referente al factor “número de personas que reciben ingresos en el hogar” en la Tabla 5.10 se muestra que, el intervalo unilateral superior del 90% para la diferencia de proporciones, p_1-p_2 , de personas con el hábito de compra de productos pesqueros frescos entre personas que viven en hogares en los que ninguna persona tiene ingresos (p_1) y de personas que viven en hogares en los que únicamente una persona tiene ingresos (p_2), es $I=[-1;-0,05]$, por lo que hay indicios de que la proporción es superior en las personas que viven en hogares con solo una persona con ingresos.

Por último, en lo que respecta al hábito de comprar productos pesqueros frescos, en la Tabla 5.10 se puede observar que el intervalo unilateral superior del 90% para la diferencia de

proporciones, p_1-p_2 , de personas con dicho hábito, entre personas que viven en hogares sin ingresos (p_1) y de personas que viven en hogares con ingresos por debajo de la media (p_2) es $I = [-1; -0,05]$, por lo que hay indicios de que la tasa es mayor entre las personas que viven en hogares con ingresos por debajo de la media.

Para finalizar el análisis de los productos frescos, se considera ahora la relación del hábito de compra de crustáceos frescos con el grupo de edad (Figura 5.17(a)) y del hábito de compra de pescado fresco con la situación laboral (Figura 5.17(b)). Los resultados de la encuesta se recogen de forma alternativa en la Figura 5.23.

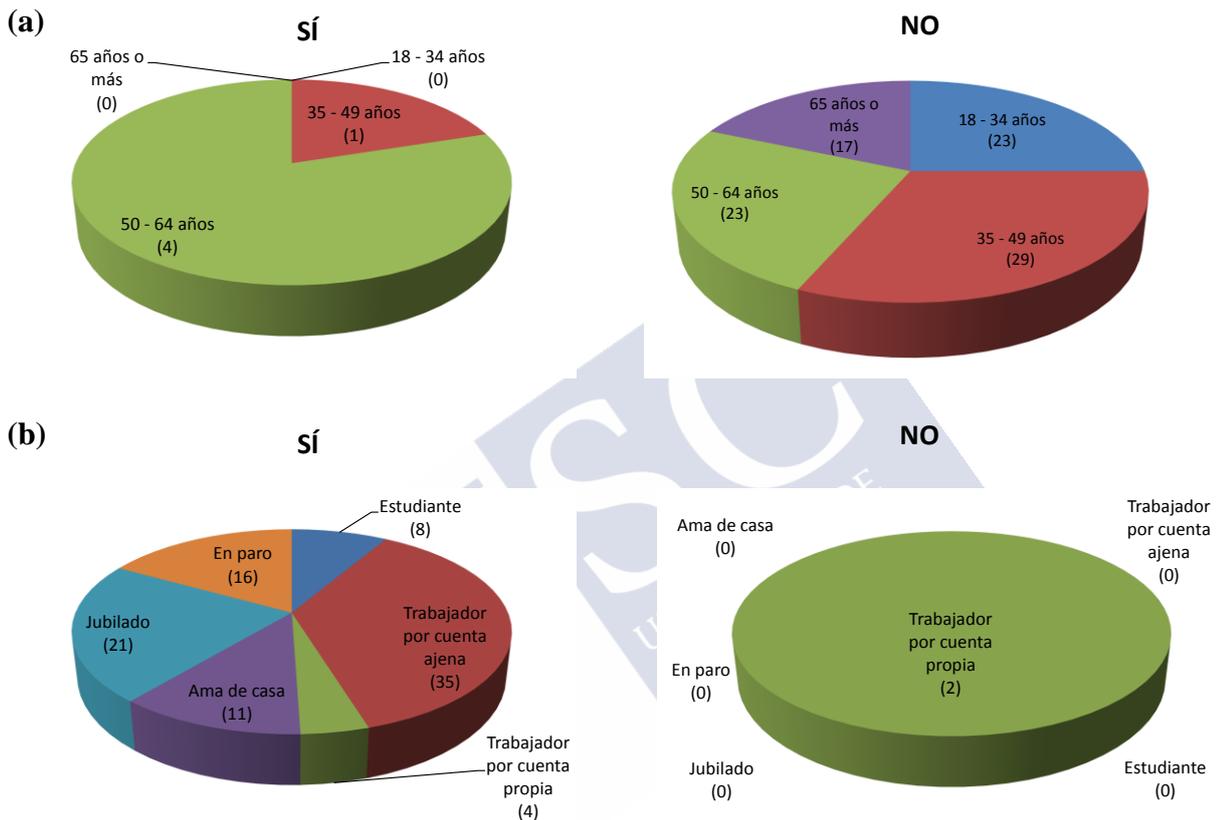


Figura 5.23. Resultados de la compra de crustáceos frescos y de pescado fresco en función de los factores con los que están relacionados o hay indicios de relación. Grupos de edad (a) y situación laboral (b)

En la Tabla 5.10, se observa que el intervalo unilateral superior del 90% para la diferencia de proporciones p_1-p_2 de personas del grupo de edad 35-49 años (p_1) y de 50-64 años (p_2) con el hábito de compra de crustáceos frescos es $I = [-1; -0,01]$, por lo que hay indicios de que la proporción es mayor en el grupo de edad de 50-64 años.

5.4.2.3 Factores relacionados con el hábito de compra y consumo de productos pesqueros congelados

Al igual que para los productos pesqueros frescos, se presentan los resultados de la aplicación de los tests de independencia descritos en la Sección 5.3.2 relativos a los productos pesqueros congelados. En una primera fase se examinan las relaciones entre la variable "compra de productos pesqueros congelados" y los factores de interés empleando la muestra completa ($n=103$ entrevistados, Tabla 5.11). En una segunda fase se examina la relación de dichos factores con las variables respuesta de interés sobre hábitos de compra y consumo de

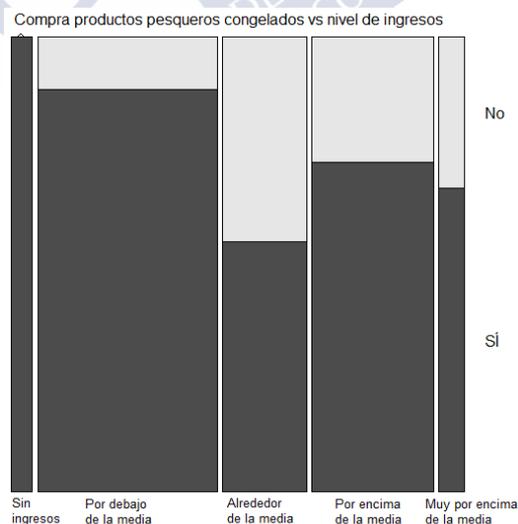
productos pesqueros congelados, utilizando en el análisis solo los datos de las personas que afirman comprar productos pesqueros congelados ($n=79$ compradores de congelados, Tabla 5.12).

Tabla 5.11. Contrastes de independencia de cada factor con el hábito de compra de productos pesqueros congelados ($n=103$)

Compra productos pesqueros congelados	Factores personales demográficos				Factores socioeconómicos del hogar		
	Sexo	Grupo de edad	Nivel de estudios	Situación laboral	Personas del hogar	Personas con ingresos en el hogar	Nivel de ingresos en el hogar
p_F^{mid}	0,346	0,398	0,867	0,919	0,705	0,733	0,026
p_C	0,582	0,417	0,776	0,872	0,743	0,643	0,029
p_{LR}	0,582	0,428	0,659	0,873	0,744	0,529	0,025

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 5.11, la compra de productos pesqueros congelados solo está relacionada con el nivel de ingresos del hogar ($p_{LR}=0,025$).

En la Figura 5.24, al tener en cuenta los hogares más presentes en la muestra (por debajo, alrededor y por encima de la media), se observa que son los hogares con menos ingresos (por debajo de la media) los que más consumen productos pesqueros congelados, lo que puede ser debido a que, por lo general, el pescado congelado tiene un precio de mercado más bajo que el pescado fresco (Sivertsen et al., 2011). Esto contrasta con el trabajo presentado por el Portal de Salud de la Comunidad de Madrid (2009), en el que encontraron que el consumo de pescado congelado es mayor cuanto mayor es el nivel socioeconómico de los consumidores.



Proporciones muestrales de personas con el hábito de comprar productos pesqueros congelados, en gris oscuro, y de no comprarlos, en gris claro, en función del nivel de ingresos del hogar

Figura 5.24. Hábito de compra de productos pesqueros congelados en función del nivel de ingresos del hogar

Tal como se puede observar en la Tabla 5.12, entre los compradores de productos pesqueros congelados, la situación laboral es el único factor sociodemográfico posiblemente relacionado con la compra de estos productos.

Tabla 5.12. Contrastes de independencia de cada factor con los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros congelados ($n=79$ compradores de productos congelados)

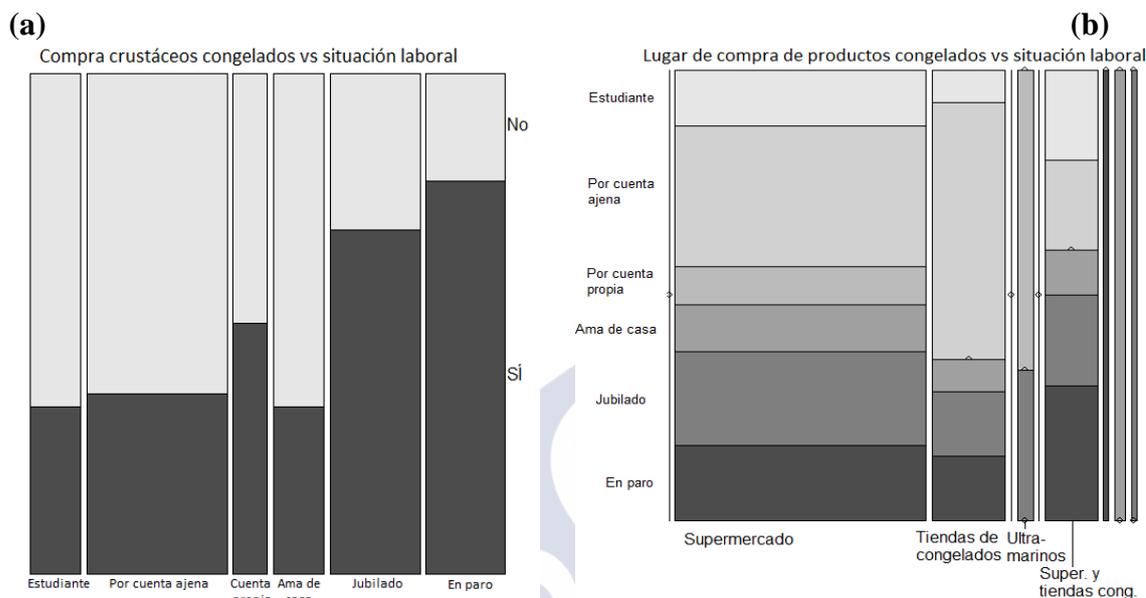
Hábito de compra		Factores personales demográficos				Factores socioeconómicos del hogar		
		Sexo	Grupo de edad	Nivel de estudios	Situación laboral	Personas del hogar	Personas con ingresos en el hogar	Nivel de ingresos en el hogar
Pescado congelado	p_F^{mid}	0,184	0,447	0,170	0,470 ⁽¹⁾	0,080	0,706	0,165
	p_C	0,239	0,465	0,219	0,445	0,088	0,740	0,206
	p_{LR}	0,367	0,456	0,226	0,328	0,091	0,694	0,283
Crustáceos congelados	p_F^{mid}	0,348	0,380	0,335	0,053 ⁽¹⁾	0,287	0,874	0,538
	p_C	0,423	0,377	0,353	0,053	0,297	0,878	0,565
	p_{LR}	0,423	0,377	0,353	0,066	0,299	0,878	0,585
Moluscos congelados	p_F^{mid}	0,504	0,333	0,946	0,178 ⁽¹⁾	0,539	0,101	0,310
	p_C	0,586	0,335	0,953	0,188	0,532	0,097	0,311
	p_{LR}	0,586	0,335	0,953	0,166	0,527	0,123	0,326
Tipo de producto congelado	p_F^{mid}	0,590	0,697	0,309 ⁽¹⁾	-	0,246 ⁽¹⁾	0,715 ⁽¹⁾	0,212 ⁽¹⁾
	p_C	0,680	0,770 ⁽²⁾	0,46 ⁽²⁾	0,128 ⁽²⁾	0,243 ⁽²⁾	0,804 ⁽²⁾	0,349 ⁽²⁾
	p_{LR}	0,685	0,760	0,372	-	0,194	0,664	0,193
Formato de compra	p_F^{mid}	0,381	0,313	0,365	0,925	0,442	0,739	0,656
	p_C	0,433	0,346	0,390	0,867	0,396	0,667	0,611
	p_{LR}	0,341	0,369	0,357	0,813	0,375	0,716	0,649
Lugar de compra (congelado)	p_F^{mid}	0,748	0,876	0,769 ⁽¹⁾	0,203 ⁽¹⁾	0,796	0,214	0,503 ⁽¹⁾
	p_C	0,752	0,806	0,502	0,017 ⁽²⁾	0,737	0,015	0,198
	p_{LR}	0,759	0,928	0,863	0,162	0,742	0,174	0,547
Frecuencia consumo (congelado)	p_F^{mid}	0,604	0,810	0,226	0,681	0,285	0,507	0,224
	p_C	0,692	0,828	0,170	0,745	0,351	0,534	0,251
	p_{LR}	0,717	0,698	0,201	0,668	0,379	0,516	0,161

⁽¹⁾ En esta celda se proporciona p_F . ⁽²⁾ En esta celda se proporciona \hat{p}_C .

Hay indicios de una relación entre la situación laboral y la compra de crustáceos congelados ($p_F=0,053$) y existen evidencias de una relación entre la situación laboral y el lugar de compra ($\hat{p}_C=0,017$).

En la Figura 5.25(a), se aprecia que los parados, los jubilados y los trabajadores por cuenta propia son los que más compran crustáceos congelados.

En la Figura 5.25(b), se observa que los que compran en tiendas de congelados son mayoritariamente trabajadores por cuenta ajena. Este colectivo también es mayoritario en las compras de congelados en supermercados, si bien en estos establecimientos los jubilados también representan un porcentaje elevado.



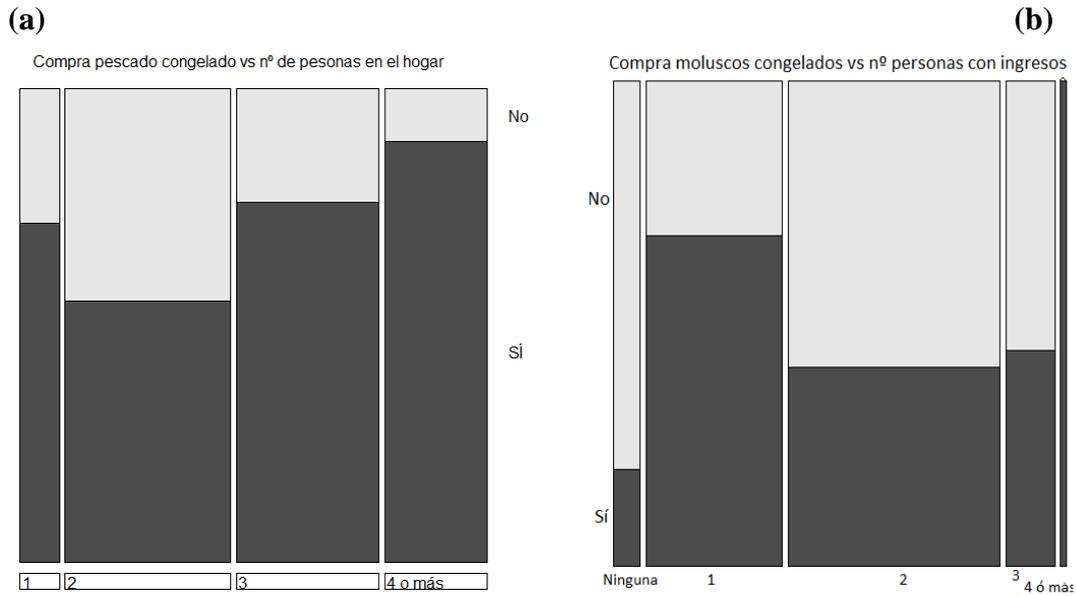
Proporciones muestrales de personas, según la situación laboral, con hábito de comprar crustáceos congelados, en gris oscuro, y de no comprarlos, en gris claro (a). Distribución muestral de la situación laboral (en paro, jubilado, ama de casa, por cuenta propia, por cuenta ajena y estudiante, de gris oscuro a gris claro) de los compradores de productos pesqueros congelados según el tipo de establecimiento donde compran (b)

Figura 5.25. Relación de la situación laboral con la compra de productos pesqueros congelados. Compra de crustáceos congelados (a) y el lugar de compra (b)

En cuanto a los factores socioeconómicos, de acuerdo con la Tabla 5.12 se puede observar, que hay indicios de una relación entre el número de personas del hogar y la compra de pescado congelado ($p_F^{mid}=0,080$), también entre el número de personas con ingresos del hogar y la compra de moluscos congelados ($p_c=0,097$) y además existen evidencias de una relación entre el número de personas con ingresos del hogar y el lugar de compra de productos congelados ($p_c=0,015$).

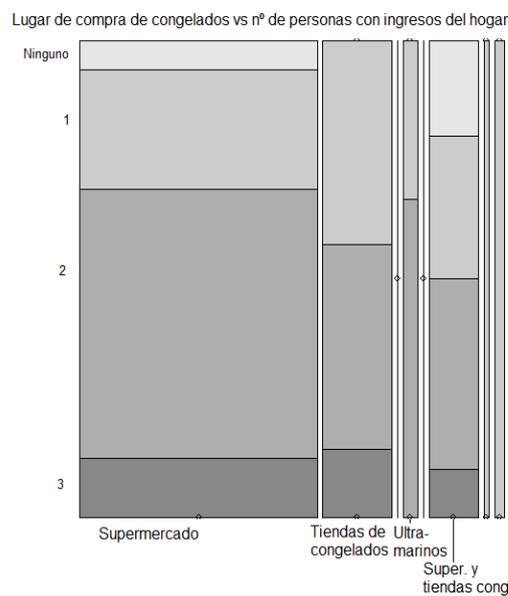
Con respecto al número de personas en el hogar, en la Figura 5.26(a), si se centra la atención en las tres categorías más presentes en la muestra (asociadas a las barras más anchas), se aprecia que la tasa de compradores de pescado congelado se incrementa a medida que aumenta el número de personas del hogar. Por el contrario, los datos mostrados en el trabajo de Martín (2010), indican que los índices de consumo de pescado congelado se reducen a medida que aumenta el número de miembros del núcleo familiar.

En cuanto al número de personas con ingresos, en la Figura 5.26(b), si se centra la atención en las categorías más presentes en la muestra ("1 persona con ingresos" y "2 personas con ingresos" en el hogar) se observa que la tasa de compradores de moluscos congelados es superior si en el hogar hay solo una persona con ingresos.



Proporciones muestrales de personas con el hábito de comprar productos pesqueros congelados (pescado (a) y moluscos (b)), en gris oscuro, y de no comprarlos, en gris claro, en función del tipo de hogar en el que vive la persona

Figura 5.26. Factores socioeconómicos relacionados con la compra de productos pesqueros congelados. Número de personas en el hogar (a) y personas con ingresos en el hogar (b)



De gris oscuro a gris claro: 4 personas o más con ingresos, 3 personas con ingresos, 2 personas con ingresos, 1 persona con ingresos, sin ingresos.

Figura 5.27. Relación entre el lugar de compra de productos congelados y el número de personas con ingresos en el hogar

Por último, en la Figura 5.27, se aprecia que la mayoría de los productos congelados se compran en supermercados y tiendas de congelados. Además, se observa una tendencia mayor

a comprar en supermercados de aquellas personas que viven en hogares con 2 personas con ingresos. A la par, entre las personas que viven en hogares con una persona con ingresos se aprecia una proporción elevada de compradores en tiendas de congelados.

Por otra parte, no se detecta ninguna relación entre la frecuencia de consumo y los factores personales demográficos y socioeconómicos del hogar, no obstante, en el trabajo presentado por FROM (2011) encuentran que los hombres consumen con más frecuencia pescado congelado que las mujeres y que la frecuencia de consumo es mayor en los hogares de más de 2 miembros que en los hogares unipersonales u hogares con 2 miembros.

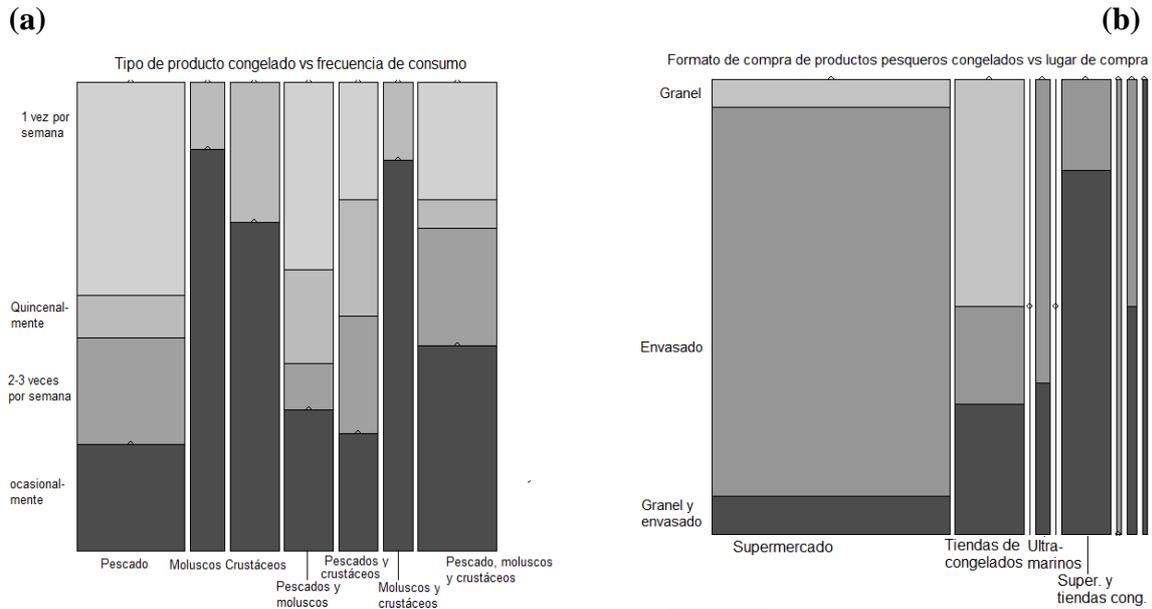
Para finalizar el estudio relativo a los productos pesqueros congelados, se examina la posible relación entre ciertos factores de interés. De acuerdo con los resultados de los tests que se presentan en la Tabla 5.13, hay evidencias de una relación entre el tipo de producto congelado que se compra y la frecuencia de consumo ($p_F = 0,023$). Además, el resultado también es significativo ($p_F < 0,001$) para la relación entre el lugar de compra y el formato de compra de los productos congelados.

Tabla 5.13. Contrastes de independencia para productos pesqueros congelados de los factores frecuencia de consumo, tipo de producto que compra, lugar de compra y formato de compra. Resultados del test exacto de Fisher

	Tipo de producto que compra	Lugar de compra	Formato de compra
Frecuencia de consumo	$p_F = 0,023$	$p_F = 0,340$	$p_F^{mid} = 0,814$
Tipo de producto que compra	-	$p_F = 0,212$	$p_F^{mid} = 0,108$
Lugar de compra	-	-	$p_F < 0,001$

En la Figura 5.28(a), se aprecia que lo más común entre los encuestados es consumir el pescado congelado una vez a la semana. La frecuencia de consumo de moluscos y crustáceos congelados es baja, siendo, en este caso, el consumo "ocasional" lo más común.

Por último, en la Figura 5.28(b) se observa que en los supermercados es más común comprar los productos congelados envasados, mientras que en las tiendas de congelados es más frecuente comprarlos a granel.



Distribución muestral de la frecuencia de consumo (ocasionalmente, 2-3 veces por semana, quincenalmente y 1 vez por semana, de gris oscuro a gris claro) en función del tipo de producto congelado que se compra (a). Distribución muestral del formato de compra (granel y envasado, envasado, y granel, de gris oscuro a gris claro) en función del lugar de compra (b)

Figura 5.28. Relación entre otros factores con la compra de productos congelados

5.4.2.3.1 Análisis de las relaciones mediante comparaciones por pares de grupos

A continuación, se completa el análisis de las relaciones entre hábitos y factores que resultaron significativas en base a los tests de independencia, o para las que había indicios de significación, en lo referente a los productos congelados. Se reconsidera la relación del hábito de compra de productos pesqueros congelados con el nivel de ingresos del hogar (Figura 5.24), del hábito de compra de crustáceos congelados con la situación laboral (Figura 5.25(a)), del hábito de compra de pescado congelado con el número de personas en el hogar (Figura 5.26(a)), y del hábito de compra de moluscos congelados con el número de personas con ingresos (Figura 5.26(b)). Los resultados de la encuesta se recogen de forma alternativa en la Figura 5.29 y Figura 5.30.

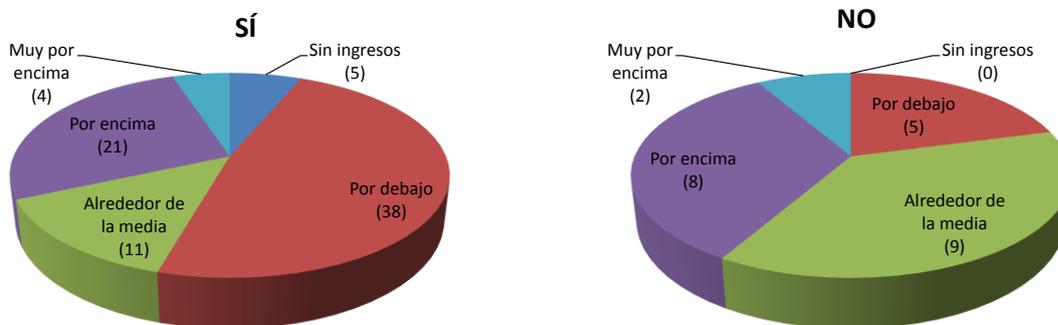


Figura 5.29. Resultados de la compra de productos pesqueros congelados en función de los factores socioeconómicos del hogar con los que está relacionada o hay indicios de relación. Nivel ingresos del hogar con respecto a 1.888€

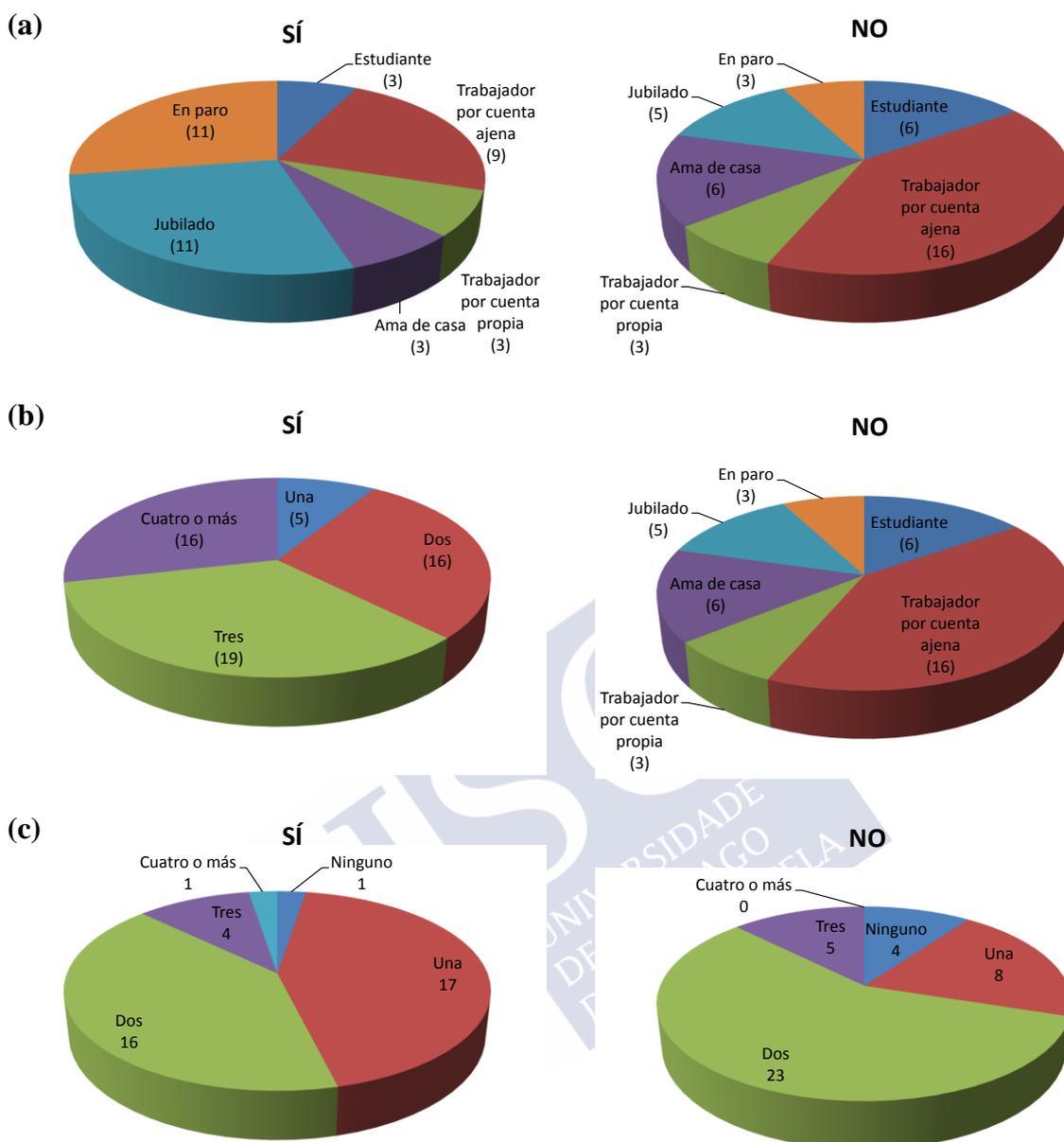


Figura 5.30. Resultados de la compra de crustáceos (a), pescado (b) y moluscos congelados(c) en función de los factores con los que están relacionados o hay indicios de relación. Situación laboral (a), número de personas que viven en el hogar (b) y número de personas que reciben ingresos en el hogar (c)

Para completar el análisis de las relaciones entre hábitos y factores, se comparan, a continuación, las probabilidades de tener el hábito de compra de productos pesqueros congelados, para aquellos pares de categorías (i, j) que son de interés. Las comparaciones se llevan a cabo de la misma manera que en la Sección 5.4.2.2.1 siguiendo la metodología descrita en la Sección 5.3.2. Así pues, para cada comparación se dispone de tres cotas (superiores o inferiores, según interese), correspondientes a los niveles de confianza del 97,5%; 95% y 90%. Las diferencias significativas son más claras cuanto mayor sea el nivel de confianza de la cota que permite detectar las diferencias. Los resultados se presentan en la Tabla 5.14, en la que se destaca en un cuadrado con línea continua o discontinua las cotas que

permiten concluir que las diferencias son significativas y, en base a lo anterior, se destaca en línea más discontinua cuanto más bajo sea el nivel de confianza.

Tabla 5.14. Comparaciones de grupos por pares en relación a la compra de productos pesqueros congelados

Límites de los intervalos de confianza	Bilateral del 95%		Bilateral del 90%		Unilateral del 90%
	L del 97,5%	U del 97,5%	L del 95%	U del 95%	L del inferior, U del superior
Compra de productos pesqueros congelados					
hogar con ingresos por debajo media vs hogar con ingresos alrededor de media	0,09	0,58	0,13	0,53	L=0,17
hogar con ingresos alrededor de media vs hogar con ingresos por encima media	-0,44	0,11	-0,40	0,07	U=0,01
Compra de pescado congelado					
hogar de 1 persona vs hogar de 2 personas	-0,27	0,48	-0,20	0,44	L=-0,13
hogar de 2 personas vs hogar de 3 personas	-0,44	0,06	-0,42	0,01	U=-0,04
hogar de 2 personas vs hogar de 4 o más personas	-0,56	-0,08	-0,53	-0,10	U=-0,16
hogar de 3 personas vs hogar de 4 o más personas	-0,36	0,13	-0,31	0,08	U=0,04
Compra crustáceos congelados					
estudiantes vs trabajadores por cuenta ajena	-0,37	0,36	-0,30	0,31	-
estudiantes vs trabajadores por cuenta propia	-0,64	0,36	-0,58	0,29	U=0,22
estudiantes vs amas de casa	-0,48	0,48	-0,42	0,42	-
estudiantes vs parados	-0,77	-0,02	-0,73	-0,09	U=-0,17
estudiantes vs jubilados	-0,69	0,07	-0,65	0,02	U=-0,06
jubilados vs parados	-0,40	0,24	-0,35	0,19	U=0,13
trabajadores por cuenta ajena vs jubilados	-0,60	-0,003	-0,56	-0,05	U=-0,11
trabajadores por cuenta ajena vs parados	-0,68	-0,09	-0,64	-0,14	U=-0,22
Compra de moluscos congelados					
hogar de 1 persona con ingresos vs hogar de 2 personas con ingresos	0,02	0,53	0,06	0,47	L=0,10
hogar de 2 personas con ingresos vs hogar de 3 personas con ingresos	-0,39	0,30	-0,34	0,25	U=0,20

En la Tabla 5.14 se observa que para el hábito de compra de productos pesqueros congelados, el intervalo de confianza del 95% para la diferencia de proporciones $p_1 - p_2$ de personas con dicho hábito que viven en hogares con ingresos por debajo de la media (p_1) y de personas que viven en hogares con ingresos alrededor de la media (p_2), es $I=[0,09; 0,58]$, por lo que se concluye que la proporción de personas con el hábito de compra de productos pesqueros congelados es mayor en los hogares con ingresos por debajo de la media. En base a las cotas inferiores, se estima que la diferencia es de al menos un 9% al nivel de confianza del 97,5%, de al menos un 13% al 95% y de al menos un 17% al 90%.

El intervalo unilateral superior del 90% para la diferencia de proporciones, p_1-p_2 , de personas con el hábito de comprar pescado congelado, entre personas que viven en hogares de dos personas (p_1) y de personas que viven en hogares de tres personas (p_2) es $I= [-1; -0,04]$ por lo que hay indicios de que la tasa es mayor entre las personas que viven en hogares de tres personas.

La diferencia de proporciones de personas con el hábito de comprar pescado congelado p_1-p_2 , entre personas que viven en hogares de dos personas (p_1) y de personas que viven en hogares de cuatro o más personas (p_2), se estima está en el intervalo de confianza del 95% $I=[-0,56; -0,08]$, por lo que se concluye que la tasa es mayor entre las personas que viven en hogares de cuatro o más personas. En base a las cotas superiores, se estima que la diferencia es de al menos un 8% al nivel de confianza del 97,5%, de al menos un 10% al 95% y de al menos un 16% al 90%.

El intervalo de confianza del 95% para la diferencia de proporciones p_1-p_2 de personas con el hábito de compra de crustáceos congelados entre estudiantes (p_1) y parados (p_2), es $I=[-0,77; -0,02]$, por lo que se concluye que la proporción es mayor entre los parados. En base a las cotas superiores, se estima que la diferencia es de al menos un 2% al nivel de confianza del 97,5%, de al menos un 9% al 95% y de al menos un 17% al 90%.

El intervalo unilateral superior del 90% para la diferencia de proporciones, p_1-p_2 , de personas con el hábito de compra de crustáceos congelados entre estudiantes (p_1) y jubilados (p_2) es $I=[-1; -0,06]$, por lo que hay indicios de que la tasa es mayor entre los jubilados.

El intervalo de confianza del 95% para la diferencia de proporciones p_1-p_2 de personas con el hábito de compra de crustáceos congelados entre trabajadores por cuenta ajena (p_1) y jubilados (p_2) es $I=[-0,60; -0,003]$, por lo que se concluye que entre los jubilados es más común dicho hábito. En base a las cotas superiores, se estima que la diferencia es de al menos un 0,3% al nivel de confianza del 97,5%, de al menos un 5% al 95% y de al menos un 11% al 90%.

El intervalo de confianza del 95% para la diferencia de proporciones p_1-p_2 de personas con el hábito de compra de crustáceos congelados entre trabajadores por cuenta ajena (p_1) y parados (p_2) es $I=[-0,68; -0,09]$, lo que permite concluir que la proporción es mayor entre los parados. En base a las cotas superiores, se estima que la diferencia es de al menos un 9% al nivel de confianza del 97,5%, de al menos un 14% al 95% y de al menos un 22% al 90%.

Respecto a la relación de la compra de moluscos congelados con el número de personas que reciben ingresos en el hogar, la Tabla 5.14 muestra que el intervalo de confianza del 95% para la diferencia de proporciones p_1-p_2 de personas con el hábito de compra de moluscos congelados, entre las personas que viven en hogares en los que únicamente una persona tiene ingresos (p_1) y de personas que viven en hogares en los que dos personas tienen ingresos (p_2), es $I=[0,02; 0,53]$, por lo que se puede concluir que la proporción es superior en las personas que viven en hogares con solo una persona con ingresos. En base a las cotas inferiores, se estima que la diferencia es de al menos un 2% al nivel de confianza del 97,5%, de al menos un 6% al 95% y de al menos un 10% al 90%.

5.4.2.4 Factores relacionados con el hábito de compra y consumo de productos pesqueros descongelados

Al igual que para los productos pesqueros frescos y congelados, se presentan los resultados de la aplicación de los tests de independencia descritos en la Sección 5.3.2, relativos a los productos pesqueros descongelados. En una primera fase se examinan las relaciones entre la variable "compra de productos pesqueros descongelados" y los factores de interés empleando la muestra completa ($n=103$ entrevistados, Tabla 5.15). En una segunda fase se examina la relación de dichos factores con las variables respuesta de interés sobre hábitos de compra y consumo de productos pesqueros descongelados, utilizando en el análisis solo los datos de las personas que afirman comprar productos pesqueros congelados ($n=71$ compradores de descongelados, Tabla 5.16)

Tabla 5.15. Contrastes de independencia de cada factor con el hábito de compra de productos pesqueros descongelados ($n=103$ entrevistados)

Compra productos pesqueros descongelados	Factores personales demográficos				Factores socioeconómicos del hogar		
	Sexo	Grupo de edad	Nivel de estudios	Situación laboral	Personas del hogar	Personas con ingresos en el hogar	Nivel de ingresos en el hogar
P_F^{mid}	0,173	0,727	0,278	0,195	0,718	0,442	0,978
P_C	0,216	0,743	0,287	0,165	0,741	0,412	0,960
P_{LR}	0,314	0,743	0,341	0,227	0,741	0,478	0,960

Los resultados presentados en la Tabla 5.15, muestran que no se detecta ninguna relación entre los factores personales demográficos y socioeconómicos del hogar y el hábito de comprar productos pesqueros descongelados.

Tabla 5.16. Contrastes de independencia de cada factor con los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros descongelados ($n=71$ compradores de productos descongelados)

Hábito de compra		Factores personales demográficos				Factores socioeconómicos del hogar		
		Sexo	Grupo de edad	Nivel de estudios	Situación laboral	Personas del hogar	Personas con ingresos en el hogar	Nivel de ingresos en el hogar
Pescado Descongelado	p_F^{mid}	0,107	0,607	0,350	0,621	0,846	0,218	0,351
	p_C	0,140	0,605	0,396	0,570	0,852	0,211	0,335
	p_{LR}	0,140	0,621	0,420	0,532	0,852	0,154	0,268
Crustáceos Descongelados	p_F^{mid}	0,882	0,250	0,099	0,645	0,552	0,965	0,880
	p_C	≈ 1	0,263	0,089	0,617	0,575	0,976	0,886
	p_{LR}	≈ 1	0,265	0,074	0,580	0,590	0,976	0,881
Moluscos Descongelados	p_F^{mid}	0,861	0,328	0,755	0,957	0,937	0,737	0,810
	p_C	≈ 1	0,307	0,645	0,952	0,972	0,552	0,820
	p_{LR}	≈ 1	0,340	0,604	0,933	0,951	0,496	0,724
Tipo de producto descongelado	p_F^{mid}	0,024	0,362 ⁽¹⁾	0,244 ⁽¹⁾	0,910 ⁽¹⁾	0,989	0,395 ⁽¹⁾	0,744 ⁽¹⁾
	p_C	0,028	0,224 ⁽²⁾	0,199 ⁽²⁾	0,655 ⁽²⁾	0,993	0,455 ⁽²⁾	0,494 ⁽²⁾
	p_{LR}	0,014	0,399	0,179	0,900	0,994	0,396	0,639
Lugar de compra (descongelado)	p_F^{mid}	≈ 1 ⁽¹⁾	0,551 ⁽¹⁾	0,021 ⁽¹⁾	0,816 ⁽¹⁾	0,828 ⁽¹⁾	0,677 ⁽¹⁾	0,477 ⁽¹⁾
	p_C	0,653	0,479	0,107	0,755	0,882	0,645	0,561
	p_{LR}	0,599	0,652	0,021	0,728	0,887	0,704	0,622
Frecuencia de consumo (descongelado)	p_F^{mid}	0,416	0,036	0,934	0,854	0,654	0,143	0,683
	p_C	0,484	0,013	0,941	0,845	0,743	0,146	0,760
	p_{LR}	0,556	0,029	0,926	0,831	0,733	0,132	0,736

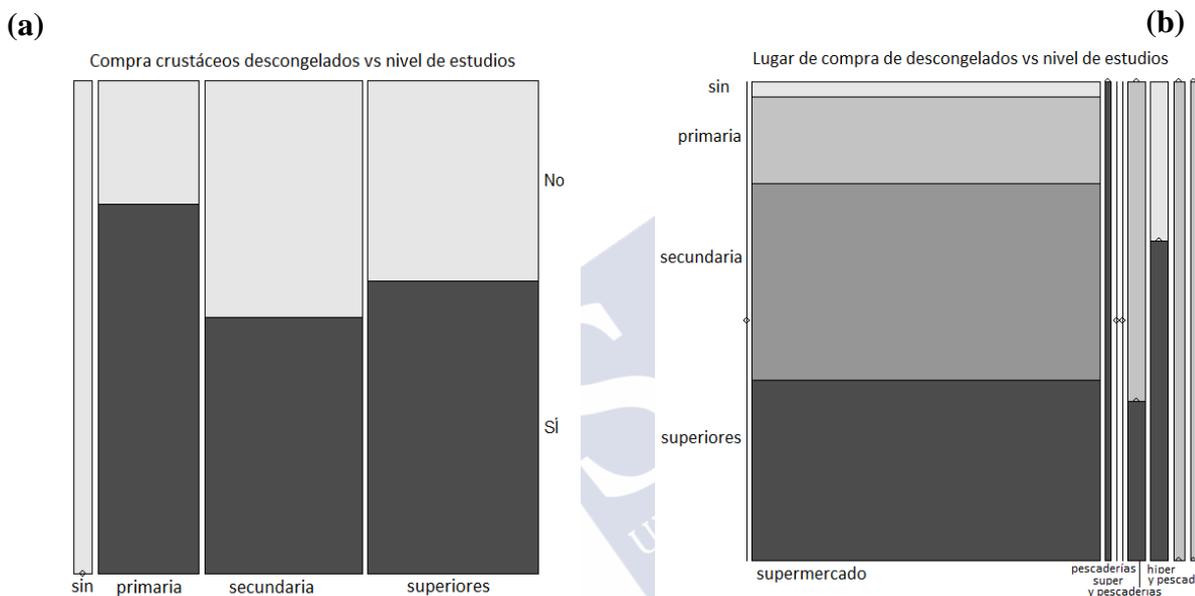
⁽¹⁾ En esta celda se proporciona p_F . ⁽²⁾ En esta celda se proporciona \hat{p}_C .

Como se puede observar en la Tabla 5.16, entre los compradores de productos pesqueros descongelados, se detecta como influyentes en ciertos hábitos de compra de estos productos a los factores personales “sexo” y “nivel de estudios”. El sexo está relacionado con el tipo de producto que compran ($p_{LR}=0,014$) mientras que el nivel de estudios está relacionado con el

lugar de compra ($p_F=0,021$). También hay indicios de una influencia del nivel de estudios en la compra de crustáceos descongelados ($p_{LR}=0,074$).

Con respecto al consumo de productos pesqueros descongelados, hay evidencias de una relación entre la frecuencia de consumo de estos y el grupo de edad ($p_C=0,013$).

En la Figura 5.31(a), relativa al nivel de estudios se aprecia que entre las personas con estudios primarios hay una tasa de consumidores de crustáceos descongelados superior a la existente en los grupos con más estudios (medios o superiores). Y en la Figura 5.31(b), se puede observar que los productos descongelados son comprados mayoritariamente en supermercados. Además, los compradores de estos productos en dichos establecimientos tienen mayoritariamente estudios medios o superiores.



Proporciones muestrales de personas con hábito de comprar crustáceos descongelados, en gris oscuro, y de no comprarlos, en gris claro, en función del nivel de estudios (a). Distribución muestral del nivel de estudios (estudios superiores, educación secundaria, educación primaria y sin estudios, de gris oscuro a gris claro) en función del lugar de compra de productos pesqueros descongelados (b)

Figura 5.31. Factores socioeconómicos relacionados con el hábito de compra de productos pesqueros descongelados

Para finalizar el estudio relativo a los productos pesqueros descongelados, se examina la posible relación entre ciertos factores de interés como, la frecuencia de consumo, el tipo de producto que se compra y el lugar de compra, no encontrando evidencias de que haya relación entre ellos.

5.4.2.4.1 Análisis de las relaciones mediante comparaciones por pares de grupos

A continuación, se completa el análisis de las relaciones entre hábitos y factores que resultaron significativas en los tests de independencia, o para las que había indicios de significación, en lo referente a los productos descongelados. Se reconsidera la relación entre la compra de crustáceos descongelados y el nivel de estudios (Figura 5.31 (c)). Los resultados de la encuesta se recogen de forma alternativa en la Figura 5.32.

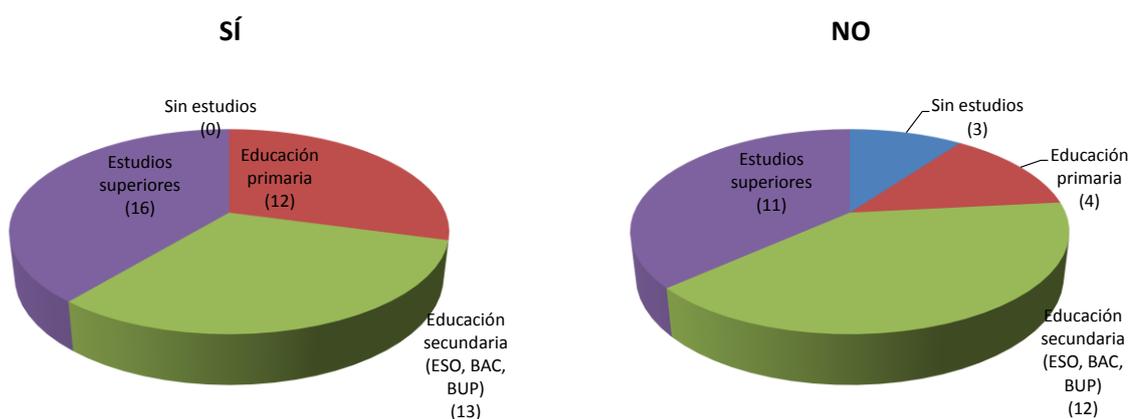


Figura 5.32. Resultados de la compra de crustáceos descongelados en función del nivel de estudios

Para completar el análisis de las relaciones entre hábitos y factores se comparan a continuación las probabilidades de tener el hábito para aquellos pares de categorías (i, j) que son de interés. Las comparaciones se llevan a cabo de la misma manera que en las Secciones 5.4.2.2.1 y 5.4.2.3.1 siguiendo la metodología descrita en la Sección 5.3.2. Así pues, para cada comparación se dispone de 3 cotas (superiores o inferiores, según interese), correspondientes a los niveles de confianza del 97,5%; 95% y 90%. Las diferencias significativas son más claras cuanto mayor sea el nivel de confianza de la cota que permite detectar las diferencias. Los resultados se presentan en la Tabla 5.17, en la que se destaca en un cuadrado con línea continua o discontinua las cotas que permiten concluir que las diferencias son significativas, y en base a lo anterior, se destaca en línea más discontinua cuanto más bajo sea el nivel de confianza.

Tabla 5.17. Comparaciones de grupos por pares en relación a la compra de crustáceos descongelados

Límites de los intervalos de confianza	Bilateral del 95%		Bilateral del 90%		Unilateral del 90%
	L del 97,5%	U del 97,5%	L del 95%	U del 95%	
Compra de crustáceos descongelados					
educación primaria vs educación secundaria	-0,09	0,50	-0,05	0,46	L=0,04
educación primaria vs estudios superiores	-0,14	0,42	-0,11	0,38	L=-0,04
educación secundaria vs estudios superiores	-0,35	0,21	-0,31	0,17	U=0,13

En la Tabla 5.17 se puede observar que el intervalo unilateral inferior del 90% para la diferencia de proporciones p_1-p_2 de personas con el hábito de compra crustáceos descongelados con educación primaria (p_1) y educación secundaria (p_2), es $I=[0,04;1]$, por lo que hay indicios de que la proporción es mayor entre personas con educación primaria.

Por otra parte, los intervalos de confianza para la diferencia de proporciones p_1-p_2 entre personas con educación primaria (p_1) y personas con estudios superiores (p_2) con el hábito de comprar crustáceos descongelados no permiten detectar que las diferencias sean significativas. Ocurre lo mismo con los intervalos para la diferencia entre personas con educación secundaria (p_1) y personas con estudios superiores (p_2) con dicho hábito.

5.4.2.5 Comparación de la edad media de los compradores de los diferentes productos

Como ya se indicó previamente, en base a los resultados de las Tablas 5.8, 5.11 y 5.15 se concluye que hay indicios de que el grupo de edad influye de forma significativa en la compra de productos pesqueros frescos, pero no en la compra de productos pesqueros congelados o descongelados. Dichas conclusiones acerca de la influencia de la edad se pueden corroborar y completar haciendo uso de la edad individual en vez del grupo de edad, a partir de los resultados presentados en la primera fila de la Tabla 5.18, en la que figura un análisis comparativo de la edad media de los que "no compran" y los que "sí compran" los diferentes productos pesqueros.

En las Tablas 5.9, 5.12 y 5.16, en la columna "grupo de edad", se consideraron únicamente las personas que sí compran productos pesqueros frescos (Tabla 5.9), congelados (Tabla 5.12) y descongelados (Tabla 5.16), para examinar la influencia del grupo de edad en la compra de los correspondientes tipos de productos pesqueros frescos, congelados y descongelados: pescado, crustáceos y moluscos. A continuación, en base a la edad real de las personas, se completa dicho estudio haciendo una comparación entre los que "no compran" y los que "sí compran" los correspondientes tipos de productos pesqueros frescos, congelados y descongelados: pescado, crustáceos y moluscos (Tabla 5.18, filas segunda, tercera y cuarta).

Para la comparación de los que "no compran" y los que "sí compran" los diferentes productos pesqueros, en la Tabla 5.18 se proporciona el p -valor del test t para muestras independientes correspondientes al caso de varianzas poblacionales iguales en aquellos casos en los que se obtiene un p -valor $\geq 0,10$ en el test de Levene de homogeneidad de varianzas. En otro caso (test de Levene con p -valor $< 0,10$) se proporciona el p -valor del test t para muestras independientes correspondiente al caso de varianzas poblacionales arbitrarias.

Tabla 5.18. Contrastes de comparación de las edades medias de las personas que no compran y las que compran determinados productos pesqueros

Edad media y p -valor	Frescos			Congelados			Descongelados		
	No	Sí	p	No	Sí	p	No	Sí	p
prod. pesq. ^(*)	28,3	48,1	0,002	48,9	46,3	0,487	49	46	0,367
pescado ^(**)	46,5	48,1	0,883	51,9	44,1	0,042	44,7	47,2	0,485
crustáceos ^(**)	47,7	55,2	0,080	44,5	48,1	0,301	47,9	44,6	0,365
moluscos ^(**)	48,1	48,0	0,974	43,3	49,5	0,074	48,6	45,2	0,450

(*) Muestra de $n=103$ entrevistados. (**) Según corresponda, la muestra son los $n=97$ compradores de productos pesqueros frescos, los $n=79$ compradores de productos pesqueros congelados o los $n=71$ compradores de productos pesqueros descongelados.

La columna del p -valor contiene el p -valor del test t de comparación de medias para variables de igual varianza (en base al F test de Levene de igualdad de varianzas, en todos los casos se puede asumir esta hipótesis).

En la Tabla 5.18 se puede observar que, en términos medios, hay diferencias significativas ($p=0,002$) entre los que sí compran y no compran productos pesqueros frescos, lo que está en consonancia con los resultados relativos al grupo de edad de la Tabla 5.8. Además, entre los compradores de estos productos, hay indicios ($p=0,080$) para considerar que la edad media de los que sí compran y no compran crustáceos frescos es distinta.

En la Figura 5.33(a) se aprecia que las personas jóvenes son los menos predispuestos a comprar productos pesqueros frescos. El intervalo de confianza del 90% para la diferencia de medias es $I=(-30,2; -9,28)$ años. En base a dicho intervalo, la edad media de los que sí compran productos pesqueros frescos supera en al menos nueve años a la de los que no compran. En la Figura 5.33(b) se observa que, entre los compradores de estos productos, la edad de los compradores de crustáceos frescos tiende a ser superior a la de los no compradores. El intervalo de confianza del 90% para la diferencia de medias es $I=(-14,46; -0,58)$ años. En base a este intervalo, la edad media de los que sí compran crustáceos frescos supera en al menos medio año a la de los que no compran.

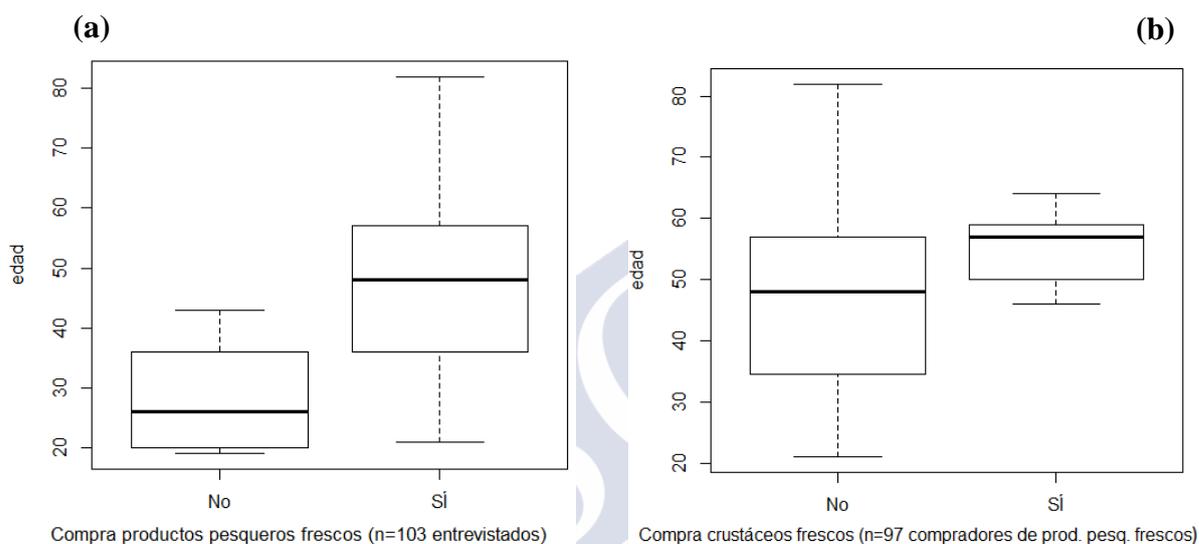


Gráfico de cajas en función de si se tiene o no el hábito de comprar productos pesqueros frescos (a). Gráfico de cajas en función de si se tiene o no el hábito de comprar crustáceos frescos (entre los compradores de productos frescos)(b). La línea central señala la edad mediana

Figura 5.33. Comparación de edades en relación con la compra de productos frescos

En la Tabla 5.18, también se puede observar que, entre los compradores de productos pesqueros congelados, en términos medios, hay diferencias significativas ($p=0,042$) en la edad los que sí compran y los que no compran pescado congelado. Además, hay indicios ($p=0,074$) para considerar que la edad media de los que sí y los que no compran moluscos congelados es distinta.

Gráficamente (Figura 5.34(a)), se aprecia que la edad de los compradores de pescado congelado tiende a ser inferior a la de los no compradores. El intervalo de confianza del 90% para la diferencia de medias es $I=(1,54; 14,09)$ años. En base a dicho intervalo, la edad media de los que no compran pescado congelado supera en al menos año y medio a la de los que sí compran. En la Figura 5.34(b) se observa, sin embargo, que la edad de los compradores de moluscos congelados tiende a ser superior que la de los no compradores. El intervalo de confianza del 90% para la diferencia de medias es $I=(-11,98; -0,50)$ años. En base a este intervalo, la edad media de los que sí compran moluscos congelados es al menos medio año superior a la de los que no compran.

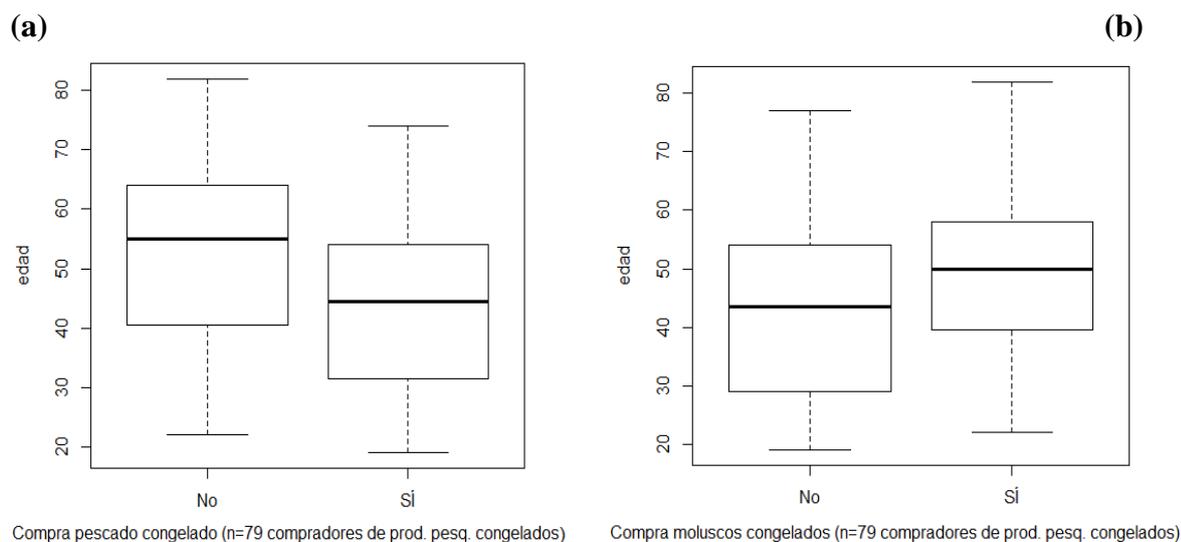


Gráfico de cajas en función de si se tiene o no el hábito de comprar pescado congelado (a). Gráfico de cajas en función de si se tiene o no el hábito de comprar moluscos congelados (b). La línea central señala la edad mediana

Figura 5.34. Comparación de edades en relación con la compra de productos congelados

5.5 CONCLUSIONES

- Los productos pesqueros frescos son comprados por el 94,2 % de los encuestados, siendo la especie más consumida la merluza (74,2%).
- Más de la mitad de los compradores (57,7%) consumen productos pesqueros frescos de 2 a 3 veces por semana.
- El lugar habitual de compra de productos pesqueros frescos es el supermercado (58,8%) seguido de la pescadería (21,7%), siendo las mujeres las que más se encargan de esta compra.
- En la compra de productos pesqueros frescos influyen también de forma significativa, la situación laboral, el número de personas con ingresos en el hogar y el nivel de ingresos del hogar.
- El 76,7% de los encuestados compran productos pesqueros congelados, siendo nuevamente la especie más consumida la merluza (51,9%).
- Casi la mitad de los compradores (44,3%) consume los productos pesqueros congelados de forma ocasional, adquiriéndolos preferentemente envasados (63,3%) y en el supermercado (60,7%).
- En la compra de productos pesqueros congelados únicamente influye de forma significativa el nivel de ingresos del hogar. Además, existen evidencias de que el lugar de compra depende de la situación laboral y del número de personas con ingresos en el hogar.

- Con respecto a los productos pesqueros descongelados, casi la mitad de los encuestados (40,8%) desconocía que compraba productos descongelados. Este tipo de productos es comprado por el 68,9% de los encuestados.
- Entre los compradores de productos pesqueros descongelados, hay una preferencia por los moluscos cefalópodos, como calamar, chipirón y pota (77,5%). Entre los pescados, los más comprados son filetes de bacalao y de pez espada.
- El consumo de los productos pesqueros descongelados es, mayoritariamente, de forma ocasional (un 52,1%) dependiendo la frecuencia de consumo del grupo de edad.
- Los consumidores compran los productos pesqueros descongelados en el supermercado (86,0%) existiendo evidencias de que el lugar de compra depende del nivel de estudios y de que hombres y mujeres no tienen las mismas preferencias en cuanto al tipo de producto descongelado.

5.6 REFERENCIAS

- Altintzoglou, T., Vanhonacker, F., Verbeke, W. y Luten, J. (2011).** Association of health involvement and attitudes towards eating fish on farmed and wild fish consumption in Belgium, Norway and Spain. *Aquaculture International*, 19(3), 475–488.
- Altintzoglou, T., Nøstvold, B. H., Carlehög, M., Heide, M., Østli, J. y Egeness, F. A. (2012).** The influence of labelling on consumers' evaluations of fresh and thawed cod fillets in England. *British Food Journal*, 114(11), 1558–1570.
- Altintzoglou, T. y Heide, M. (2013).** A comparison of French and English consumers' expectations regarding labeled cod fillet products. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 23(2), 155–164.
- Altintzoglou, T., Heide, M. y Carlehög, M. (2014).** French consumer profiles' reactions to information on cod fillet products. *British Food Journal*, 116(3), 374–389.
- Arvanitoyannis, I. S., Krystallis, A., Panagiotaki, P. y Theodorou, A. J. (2004).** A marketing survey on Greek consumers' attitudes towards fish. *Aquaculture International*, 12(3), 259–279.
- Astiasarán, I. y Martínez, J. A. (2000).** *Alimentos: Composición y propiedades*. 2º edición. McGraw-Hill - Interamericana de España S.A.U, Madrid, 364 pp.
- Bello, J. (2005).** *Calidad de vida, alimentos y salud humana. Fundamentos científicos*. Díaz de Santos, Madrid, 357 pp.
- Bennett, R. y Hamilton, M. (1986).** Consumer acceptability of cod and whiting after chilled storage and freezing and thawing. *International Journal of Food Science and Technology*, 21(3), 311–317.
- Birch, D. y Lawley, M. (2012).** Buying seafood: Understanding barriers to purchase across consumption segments. *Food Quality and Preference*, 26(1), 12–21.
- Brunso, K., Verbeke, W., Olsen, S.O. y Jeppesen, L. F. (2009).** Motives, barriers and quality evaluation in fish consumption situations: Exploring and comparing heavy and light users in Spain and Belgium. *British Food Journal*, 111(7), 699–716.

- Burger, J. y Gochfeld, M. (2009).** Perceptions of the risks and benefits of fish consumption: Individual choices to reduce risk and increase health benefits. *Environmental Research*, 109(3), 343–349.
- Burger, J., Gochfeld, M., Batang, Z., Alikunhi, N., Al-Jahdali, R., Al-Jebreen, D., Aziz, M. A. M. y Al-Suwailem, A. (2014).** Fish consumption behavior and rates in native and non-native people in Saudi Arabia. *Environmental Research*, 133, 141–148.
- Cardoso, C., Lourenço, H., Costa, S., Gonçalves, S. y Nunes, M. L. (2013).** Survey into the seafood consumption preferences and patterns in the portuguese population. Gender and regional variability. *Appetite*, 64(1), 20–31.
- Carlucci, D., Nocella, G., De Devitiis, B., Viscecchia, R., Bimbo, F. y Nardone, G. (2015).** Consumer purchasing behaviour towards fish and seafood products. Patterns and insights from a sample of international studies. *Appetite*, 84(1), 212–227.
- Claret, A., Guerrero, L., Aguirre, E., Rincón, L., Hernández, M. D., Martínez, I., Peleteiro, J. B., Grau, A. y Rodríguez-Rodríguez, C. (2012).** Consumer preferences for sea fish using conjoint analysis: Exploratory study of the importance of country of origin, obtaining method, storage conditions and purchasing Price. *Food Quality and Preference*, 26(2), 259–266.
- Claret, A., Guerrero, L., Ginés, R., Grau, A., Hernández, M. D., Aguirre, E., Peleteiro, J. B., Fernández-Pato, C. y Rodríguez-Rodríguez, C. (2014).** Consumer beliefs regarding farmed versus wild fish. *Appetite*, 79(1), 25–31.
- Costell, E., Tárrega, A. y Bayarri, S. (2010).** Food acceptance: The role of consumer perception and attitudes. *Chemosensory Perception*, 3(1), 42–50.
- Dapcich, V., Salvador, G., Ribas, L., Pérez, C., Aranceta, J. y Serra, L. (2007).** *Consejos para una alimentación saludable*. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) y Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria (semFYC), Madrid, 38 pp. Recuperado de: http://www.semfyec.es/pfw_files/cma/Informacion/modulo/documentos/guia_alimentacion.pdf (Agosto 2014).
- del Pozo, S., García, V., Cuadrado, C., Ruíz, E., Valero, T., Ávila, J. M. y Varela, G. (2012).** *Valoración Nutricional de la Dieta Española de acuerdo al Panel de Consumo Alimentario*. Fundación Española de la Nutrición (FEN), Madrid, 140 pp. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/Valoracion%20Nutricional%202012_tcm30-104396.pdf (Abril 2018).
- Duflos, G., Le Fur, B., Mulak, V., Becel, P. y Malle, P. (2002).** Comparison of methods of differentiating between fresh and frozen-thawed fish or fillets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(12), 1341–1345.
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies) (2014).** Scientific Opinion on health benefits of seafood (fish and shellfish) consumption in relation to health risks associated with exposure to methylmercury. *EFSA Journal*, 12, 80 pp. Recuperado de: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/3761.pdf> (Noviembre 2014).

- Eroski Consumer (2014).** Hogares en crisis: cambios en la compra y en la dieta. *Eroski Consumer*, 190, 22–27. Recuperado de: <http://revista.consumer.es/web/es/20141001/pdf/revista-entera.pdf> (Noviembre 2014).
- Fagerli, R. A. y Wandel, M. (1999).** Gender Differences in Opinions and Practices with Regard to a “Healthy Diet”. *Appetite*, 32(2), 171–190.
- FAO (2012).** *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012*. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 231 pp. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i2727s.pdf> (Febrero 2015).
- FAO (2016).** *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 224 pp. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf> (Abril 2018).
- FAO (2020).** *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 223 pp. Recuperado de: <https://doi.org/10.4060/ca9229es> (Abril 2021).
- Fellows, I. (2014).** *Package ‘Deducer’ A data analysis GUI for R. Manual de referencia*. Recuperado de: <http://cran.r-project.org/web/packages/Deducer/Deducer.pdf> (Marzo 2014).
- Fernqvist, F. y Ekelund, L. (2014).** Credence and the effect on consumer liking of food - A review. *Food Quality and Preference*, 32(parte C), 340–353.
- Friendly, M. (2013).** *Package ‘vcd’: Visualizing Categorical Data. Manual de referencia*. Recuperado de: <http://cran.us.r-project.org/web/packages/vcd/vcd.pdf> (Marzo 2014).
- FROM (2011).** *Hábitos de compra y consumo de los productos pesqueros en la población española*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. Recuperado de: http://www.from.es/multimedia/Habitos%20consumo%202011_tcm85-48938.pdf (Diciembre 2014).
- Fundación Eroski (2007).** *Barómetro de consumo 2007*. Recuperado de: <http://barometro.fundacioneroski.es/2007/pdf> (Noviembre 2014).
- García-García, B., Hernández, M. D., Cárdenas, S., Muñoz, J. L., Rodríguez, C., Carrasco, J., Pastor, E., Gráu, A., Ginés, R., Hernández-Cruz, C. M., Estévez, A., Bellot, O., Rodríguez, L. M., Otero-Llovo, J., Martínez, S. y Tomas, A. (2007).** Hábitos de consumo de pescado en ocho localidades costeras de España. *XI Congreso Nacional de Acuicultura*, Vigo, 25–28 Septiembre.
- Gaviglio, A., Demartini, E., Mauracher, C. y Pirani, A. (2014).** Consumer perception of different species and presentation forms of fish: An empirical analysis in Italy. *Food Quality and Preference*, 36, 33–49.
- González, F. y Martín, F. (2013).** Crisis y consumo de productos pesqueros ¿Por qué descienden los precios de la merluza en España?. *Distribución y consumo*, 4, 32–40. Recuperado de: http://www.mercasa.es/files/multimedios/1380902464_Crisis_y_consumo_productos_pesqueros_32-40.pdf (Diciembre 2014).
- Grande, F. (1984).** *Alimentación y nutrición*. Salvat, Barcelona, 64 pp.

- Grieger, J. A., Miller, M. y Cobiac, L. (2012).** Knowledge and barriers relating to fish consumption in older Australians. *Appetite*, 59(2), 456–463.
- Hothorn, T., Hornik K., Van de Wiel, M. y Zeileis, A. (2013).** *Package 'coin' conditional inference procedures in a permutation test framework. Manual de referencia.* Recuperado de: <http://cran.r-project.org/web/packages/coin/> (Marzo 2014).
- Hughner, R. S., Maher, J. K., Childs, N. M. y Nganje, W. E. (2009).** Fish: Friend or foe? Food policy and subpopulation warnings for consumers. *Food Policy*, 34(2), 185–197.
- INE (2014).** *Demografía y población. Cifras de población y censos demográficos.* Recuperado de: http://www.ine.es/inebmenu/mnu_cifraspob.htm (Agosto 2014).
- Lázaro, J. (2009).** *El correcto etiquetado de los productos de la pesca y la acuicultura.* Recuperado de: http://www.medioruralemar.xunta.es/fileadmin/archivos/alimentacion/curso_lexisla_alimentaria/etiquetado_productos_pesca.pdf (Septiembre 2014).
- Lee, C., Liese, A., Wagenknecht, L., Lorenzo, C., Haffner, S. y Hanley, A. (2013).** Fish consumption, insulin sensitivity and beta-cell function in the Insulin Resistance Atherosclerosis Study (IRAS). *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 23(9), 829–835.
- Lydersen, S., Pradhan, V., Senchaudhuri, P. y Laake, P. (2005).** Comparison of exact tests for association in unordered contingency tables using standard, mid-p, and randomized test versions. *Journal of Statistical Computation Simulation*, 75(6), 447–458.
- Lydersen, S., Pradhan, V., Senchaudhuri, P. y Laake, P. (2007).** Choice of test for association in small sample unordered $r \times c$ tables. *Statistics in Medicine*, 26(23), 4328–4343.
- MAGRAMA (2011).** *Observatorio del consumo y la distribución alimentaria. Resultados 2011.* Recuperado de: http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/E-2751_Presentaci%C3%B3n_Observatorio_Consumo_-_2011_tcm7-197844.pdf (Septiembre 2014).
- MAGRAMA (2014a).** *Datos de consumo alimentario en España 2013.* Recuperado de: http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/PRESENTACION_DATOS_CONSUMO_2013_tcm7-321988.pdf (Noviembre 2014).
- MAGRAMA (2014b).** *Base de datos de consumo en hogares.* Recuperado de: <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/panel-de-consumo-alimentario/base-de-datos-de-consumo-en-hogares/consulta10.asp> (Agosto 2014).
- MAGRAMA (2014c).** *La alimentación mes a mes en España año 2014.* Recuperado de: <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/panel-de-consumo-alimentario/ultimos-datos/> (Enero 2015).
- MAPA (2007).** *Observatorio del consumo y la distribución alimentaria. Productos del mar. Informe primer trimestre 2007.* Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/prod_mar_07_tcm30-128632.pdf (Febrero 2015).

- MAPA (2020).** *Informe del consumo alimentario en España 2019*. Recuperado de: <https://www.mapa.gob.es/en/alimentacion/temas/consumo-tendencias/panel-de-consumo-alimentario/ultimos-datos/default.aspx> (Abril 2021).
- MARM (2008).** *Consumo de pesca. Panel de Hogares Enero 2008 – Diciembre 2008*. Recuperado de: http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/monogr_pesca_08_tcm7-7953.pdf (Febrero 2015).
- Martín, V. J. (2008).** Consumo y gasto en pescado. Demanda en el hogar y en los establecimientos de restauración. *Distribución y consumo*, septiembre-octubre, 32–44. Recuperado de: http://www.mercasa.es/files/multimedios/1286406179_Consumo_y_gasto_en_pescado_DYC101.pdf (Agosto 2014).
- Martín, V. J. (2010).** Consumo de pescado en España. Diferencias en función de las características del consumidor. *Distribución y consumo*, septiembre-octubre, 5–23. Recuperado de: http://www.mercasa.es/files/multimedios/1287162968_pag_005-023_martin-cerdeno.pdf (Agosto 2014).
- Mehta, C. R. y Patel, N. R. (1996).** *SPSS Exact Tests™ 7.0 for Windows*. SPSS Inc.
- Ministerio de Educación (2014).** *Panorama de la educación. Indicadores de la OCDE 2014*. Recuperado de: <http://www.mecd.gob.es/dctm/inee/indicadores-educativos/panorama2014/panorama-de-la-educacion-2014informe-espanol-05-sep.pdf?documentId=0901e72b81a722ac> (Enero 2015).
- Mitterer-Daltoé, M. L., Queiroz, M. I., Fiszman, S. y Varela, P. (2014).** Are fish products healthy? Eye tracking as a new food technology tool for a better understanding of consumer perception. *Food Science and Technology*, 55(2), 459–465.
- Mozaffarian, D. y Rimm, E. B. (2006).** Fish intake, contaminants, and human health. Evaluating the risks and the benefits. *Journal of the American Medical Association*, 296(15), 1885–1899.
- Myrland, Ø., Trondsen, T., Johnston, R.S. y Eiliv, L. (2000).** Determinants of seafood consumption in Norway: lifestyle, revealed preferences, and barriers to consumption. *Food Quality and Preference*, 11(3), 169–188.
- Nevin, C. (2003).** *Consumer perceptions of frozen and chilled seafood*. Recuperado de: http://www.seafish.org/media/Publications/marketing_perceptions_frozen.pdf (Enero 2015)
- OCU (2014).** Recuperado de: <http://www.ocu.org/consumofamilia/nc/informe/economias-familiares/stampa> (Diciembre 2013).
- Olsen, S. O. (2003).** Understanding the relationship between age and seafood consumption: the mediating role of attitude, health involvement and convenience. *Food Quality and Preference*, 14(3), 199–209.
- Olsen, S. O., Scholderer, J., Karen, B. y Verbeke, W. (2007).** Exploring the relationship between convenience and fish consumption: A cross-cultural study. *Appetite*, 49(1), 84–91.

- OMS (2003).** *Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas*. OMS, Serie de informes técnicos, n° 916. Organización Mundial de la Salud (OMS), Ginebra, 152 pp. Recuperado de:
http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_916_spa.pdf?ua=1
(Febrero 2015).
- Pieniak, Z., Verbeke, W., Olsen, S. O., Hansen, K. B. y Brunsø, K. (2010).** Health-related attitudes as a basis for segmenting European fish consumers. *Food Policy*, 35(3), 448–455.
- Pieniak, Z., Vanhonacker, F. y Verbeke, W. (2013).** Consumer knowledge and use of information about fish and aquaculture. *Food Policy*, 40, 25–30.
- Portal de Salud de la Comunidad de Madrid (2009).** *El consumo y la compra de pescado en la Comunidad de Madrid*. Recuperado de:
<http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-disposition&blobheadername2=cadena&blobheadervalue1=filename%3DPesca+Monografico+06+08+2010.pdf&blobheadervalue2=language%3Des%26site%3DPortalSalud&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere> (Agosto 2014).
- Poulin, J. y Gibb, H. (2008).** *Mercurio: Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local*. Prüss-Üstün, A. (Editora). OMS, Serie Carga de Morbilidad Ambiental, n° 16. Organización Mundial de la Salud (OMS), Ginebra, 67 pp. Recuperado de:
http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/78130/1/9789243596570_spa.pdf?ua=1 (Enero 2015).
- Shan, G. y Wang, W. (2013).** ExactCIDiff: An R Package for computing exact confidence intervals for the difference of two proportions. *The R Journal*, 5/2 December, 62–70.
- Sivertsen, A. H., Kimiya, T. y Heia, K. (2011).** Automatic freshness assessment of cod (*Gadus morhua*) fillets by Vis/Nir spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 103(3), 317–323.
- Stefánsson, G., Ganassali, S., Sveinsdóttir, K., Untilov, O., Dietz, N., Taskov, D., Setti, A. y Castro-Rial, J. L. S. (2016).** *Qualitative research report: analysis interviews aimed mainly at identifying the main positive and negative drivers of fish/seafood consumption (for the chosen species)*. Deliverable No. 4.2. Project “Developing Innovative Market Orientated Prediction Toolbox to Strengthen the Economic Sustainability and Competitiveness of European Seafood on Local and Global markets” (PrimeFish). Recuperado de:
http://www.primefish.eu/sites/default/files/D4_2_Qualitative_research_report.pdf
(Octubre 2018).
- Trondsen, T., Braaten, T., Lund, E. y Eggen, A. E. (2004).** Consumption of seafood—the influence of overweight and health beliefs. *Food Quality and Preference*, 15(4), 361–374.
- Van Dijk, H., Fischer, A. R. H., Honkanen, P. y Frewer, L. J. (2011).** Perceptions of health risks and benefits associated with fish consumption among Russian consumers. *Appetite*, 56(2), 227–234.

- Varela, G., Moreiras, O., Ansón, R., Ávila, J. M., Cuadrado, C., Estralrich, P., del Pozo, S. y Rodríguez, M. (2004).** *Consumo de alimentos en Galicia. La dieta atlántica.* Fundación Española de la Nutrición, Madrid, 173 pp. Recuperado de: <http://www.fen.org.es/imgPublicaciones/09-Consumo%20alimentos.pdf> (Enero 2015).
- Verbeke, W. y Vackier, I. (2005).** Individual determinants of fish consumption: application of the theory of planned behaviour. *Appetite*, 44(1), 67–82.
- Verbeke, W., Vermeir, I. y Brunsø, K. (2007).** Consumer evaluation of fish quality as basis for fish market segmentation. *Food Quality and Preference*, 18(4), 651–661.
- Wang, W. (2010).** On construction of the smallest one-sided confidence interval for the difference of two proportions. *Annals of Statistics*, 38(2), 1227–1243.
- Welch, A. A., Lund, E., Amiano, P., Dorronsoro, M., Brustad, M., Kumle, M., Rodríguez, M., Lasheras, C., Janzon, L., Jansson, J., Luben, R., Spencer, E. A., Overvad, K., Tjønneland, A., Clavel-Chapelon, F., Linseisen, J., Klipstein-Grobusch, K., Benetou, V., Zavitsanos, X., Tumino, R., Galasso, R., Bueno-de-Mesquita, H. B., Ocké, M. C., Charrondiére, U. R. y Slimani, N. (2002).** Variability of fish consumption within the 10 European countries participating in the European Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Public Health Nutrition*, 5(6B), 1273–1285.
- Xunta de Galicia (2008).** *Encuesta sobre los hábitos alimentarios de la población adulta gallega, 2007.* Dirección General de Salud Pública, Consellería de Sanidad, Santiago de Compostela, 41 pp. Recuperado de: <http://www.sergas.es/cas/Publicaciones/Docs/SaludPublica/PDF-2153-es.pdf> (Noviembre 2014).



6 CONCLUSIONES GENERALES

A continuación, se presentan las conclusiones generales tras el trabajo de investigación realizado utilizando técnicas sensoriales:

Método del Índice de Calidad (QIM):

1. El análisis sensorial objetivo mediante un panel de catadores entrenado es una herramienta eficaz y fundamental para desarrollar el Método del Índice de Calidad (QIM) y conocer la vida útil de diferentes presentaciones y/o especies pesqueras descongeladas y almacenadas a temperaturas de refrigeración.
2. Se observa que el efecto negativo del tiempo de almacenamiento a temperaturas de refrigeración, una vez descongelado el producto, sobre las características organolépticas es dependiente de la especie y/o forma de presentación.
3. En general (con la excepción de uno de los productos), en el periodo de vida útil, no hay evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación influya en la calidad organoléptica del pescado, por lo que, en consecuencia, tampoco hay evidencias de que el tiempo de almacenamiento en congelación previo a la descongelación influya en la vida útil.

Análisis de los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros:

1. El estudio de consumidores realizado permite conocer la importancia del consumo y compra de los productos pesqueros.
2. Los productos pesqueros frescos son los más consumidos, seguidos de los congelados y, finalmente, de los que se comercializan descongelados.
3. Es de destacar que casi la mitad de los consumidores que compran productos pesqueros descongelados, desconocían que lo eran.





APÉNDICE



PUBLICACIÓN Nº 1:

The Development of a Quality Index Method and Its Application in a Shelf Life Study for Frozen Greenland Halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*)

Mar López-García^a, Luis Alberto Ramil-Novo^b, M^a Lourdes Vázquez-Odériz^a y M^a Ángeles Romero-Rodríguez^a

^aÁreas de Nutrición y Bromatología y de Tecnología de Alimentos. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Ciencias. Campus de Lugo. 27002 Lugo. España.

^bDepartamento de Estadística e Investigación Operativa. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Ciencias. Campus de Lugo. 27002 Lugo. España.

Food and Bioprocess Technology, 7(6), 1847–1852. Editorial: Springer. ISSN: 1935-5130. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1216-3>.

- **Año de publicación:** 2014

- **Factor de impacto de la revista *Food and Bioprocess Technology*:** 2.691, situada en el Q1, posición 20 de 123 en el año de su publicación (2014).

- **Reproducción en sección de la tesis:** 3.4.1

- **Contribución de M. Mar López García:** realizar la parte experimental para la obtención de los datos y el tratamiento inicial de dichos datos, escribir el borrador inicial del manuscrito y colaborar en la redacción final del mismo.

- **Autorización de la revista:**

Licensee: Mrs. María del Mar López García
Order Date: Jul 19, 2021
Order Number: 5112610966154
Publication: Food and Bioprocess Technology
Development of a Quality Index Method for Freshness
Title: Assessment of Thawed Greenland Halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) Stored at Chilling Temperature
Type of Use: Thesis/Dissertation
Order Total: 0.00 EUR

PUBLICACIÓN N° 2:

A QIM-Based Evaluation of Sensory Quality of Frozen-Thawed Roundnose Grenadier (*Coryphaenoides rupestris*) and Its Applications

Mar López-García^a, Luis Alberto Ramil-Novo^b, M^a Lourdes Vázquez-Odériz^a y M^a Ángeles Romero-Rodríguez^a

^aÁreas de Nutrición y Bromatología y de Tecnología de Alimentos. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Ciencias. Campus de Lugo. 27002 Lugo. España.

^b Departamento de Estadística, Análise Matemática e Optimización; Grupo de Investigación Modelos de Optimización, Decisión, Estadística e Aplicacións (MODESTYA); Universidade de Santiago de Compostela, Facultade de Ciencias, 27002 Lugo. España.

ACS Food Science & Technology, 1(3), 392–398. Editorial: ACS Publications. ISSN: 2692-1944. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.0c00066>.

- **Año de publicación:** 2021

- **Factor impacto de la revista *ACS Food Science & Technology*:** revista publicada por la American Chemical Society (ACS) de reciente creación que amplía la cobertura a publicaciones en el campo de Ciencia y Tecnología de Alimentos proporcionada por la revista *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (factor de impacto de 5.279, situada en el Q1, posición 24 de 164 en el año 2020).

- **Reproducción en secciones de la tesis:** 3.4.4 y 4.4.3

- **Contribución de M. Mar López García:** realizar la parte experimental para la obtención de los datos y el tratamiento inicial de dichos datos, escribir el borrador inicial del manuscrito y colaborar en la redacción final del mismo.

- **Autorización de la revista:**



A QIM-Based Evaluation of Sensory Quality of Frozen-Thawed Roundnose Grenadier (*Coryphaenoides rupestris*) and Its Applications

Author: M. Mar López-García, Luis A. Ramil-Novo, M. Lourdes Vázquez-Odériz, et al

Publication: ACS Food Science & Technology

Publisher: American Chemical Society

Date: Apr 1, 2021

Copyright © 2021, American Chemical Society

PERMISSION/LICENSE IS GRANTED FOR YOUR ORDER AT NO CHARGE

This type of permission/license, instead of the standard Terms and Conditions, is sent to you because no fee is being charged for your order. Please note the following:

- Permission is granted for your request in both print and electronic formats, and translations.
- If figures and/or tables were requested, they may be adapted or used in part.
- Please print this page for your records and send a copy of it to your publisher/graduate school.
- Appropriate credit for the requested material should be given as follows: "Reprinted (adapted) with permission from (COMPLETE REFERENCE CITATION), Copyright (YEAR) American Chemical Society." Insert appropriate information in place of the capitalized words.
- One-time permission is granted only for the use specified in your RightsLink request. No additional uses are granted (such as derivative works or other editions). For any uses, please submit a new request.

If credit is given to another source for the material you requested from RightsLink, permission must be obtained from that source.

[BACK](#) [CLOSE WINDOW](#)

PUBLICACIÓN Nº 3:

Guía visual para la evaluación sensorial de la calidad del pescado congelado

M^a Ángeles Romero Rodríguez, M^a Lourdes Vázquez-Odériz, M^a Mar López García
Áreas de Tecnología de Alimentos y de Nutrición y Bromatología. Facultad de Ciencias. Campus de Lugo. Universidad Santiago Compostela.

Julio Maroto Leal, Noelia Estévez Calvar, Pilar Sieiro Piñeiro, Elvira Abollo Rodríguez
Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR.

Ana Rodríguez Bernaldo de Quirós, Raquel Sendón García, Perfecto Paseiro Losada, Pablo Otero Pazos
Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia. Universidad de Santiago de Compostela.

José Manuel Cruz Freire, Letricia Barbosa Pereira, Xanel Vecino Bello, Ana Belén Moldes Mendiña
Departamento Ingeniería Química de la Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad de Vigo.

Luis Alberto Ramil-Novo
Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Facultad de Ciencias. Campus de Lugo. Universidad Santiago Compostela.

Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR, Vigo, 52 pp. ISBN: 978-84-695-9556-5.

- **Año de publicación:** 2014
- **Reproducción en secciones de la tesis:** 3.4.2 a 3.4.5 y 3.4.7 a 3.4.10
- **Contribución de M. Mar López García:** realizar la parte experimental para la obtención de los datos y el tratamiento inicial de dichos datos, realizar fotografías que ilustran la publicación y colaborar en la redacción del manuscrito.



Development of a Quality Index Method for Freshness Assessment of Thawed Greenland Halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) Stored at Chilling Temperature

Maria Mar López-García · Luis Alberto Ramil-Novo ·
Maria Lourdes Vázquez-Odériz · Maria Angeles Romero-Rodríguez

Received: 26 June 2013 / Accepted: 9 October 2013 / Published online: 6 November 2013
© Springer Science+Business Media New York 2013

Abstract A quality index method (QIM) was developed for frozen whole Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) for which samples were thawed and then covered with ice and stored at refrigeration temperatures (4 ± 1 °C). The appearance of skin and flesh elasticity; shape and clarity of the eyes; colour, mucus and odour of the gills; colour of the flesh; and blood in the bone, guts and peritoneum were the parameters included in the QIM scheme, which allowed for a total of 24 demerit points. A maximum score of 22.29 points was reached 14 days after thawing when the fish was definitely deteriorated. The linear correlation between the quality index (QI) obtained and storage time is strong ($r=0.9830$), the least square regression line being $QI=1.36 \cdot (\text{days after thawing})+4.6$. Using inverse prediction, the shelf life was estimated to be 5 days from the beginning of thawing.

Keywords Quality Index Method · Sensory evaluation · Greenland halibut · Shelf life · Frozen thawing

Introduction

The official sensory method used in Europe to evaluate the freshness of whole fish is the EU scheme (Council Regulation (CE) no. 2406/96). However, this method presents some limitations since it does not consider the differences among

species, only employs general parameters and does not provide information about the length of shelf life (Briz and García 2004). At present, one of the most interesting alternatives and most widely used procedures is the quality index method (QIM) (Bekaert 2006).

QIM is a scoring system that rates freshness and quality of fishery products (Cardenas et al. 2007). It is based upon a scheme originally developed by the Tasmanian Food Research Unit (Bremner 1985) but needs to be developed and adapted separately for each fish species (Sveinsdottir et al. 2003). In this scheme, sensory attributes associated with the freshness of each species, and which change significantly with storage time, are selected. A score from 0 up to 3 points may be given depending on the degree of spoilage. The total sum of all points gives an overall sensory score, a so-called quality index (QI). A QI of 0 indicates a very fresh fish, and the score increases as the freshness characteristics deteriorate. A strong linear correlation between the sensory quality, expressed as the sum of the demerit scores, and the storage life on ice makes it possible to predict shelf life and can also be used to estimate past and remaining shelf life (Cyprian et al. 2008; Campus et al. 2011). Since Bremner's cited work, QIM scheme has been developed or adapted for many species and fresh fish products (see, e.g. Barbosa and Vaz-Pires 2004; G. Hyldig et al. 2007; Sant'Ana et al. 2011). Surprisingly, and possibly due to a greater difficulty in establishing the demerit line (Warm et al. 1998; Ruíz-Capillas and Horner 2002), for frozen fish, QIM has only been developed for cod (Warm et al. 1998) and hake (*Merluccius capensis* and *Merluccius paradoxus*) (Herrero et al. 2003). That is why the development of a QIM scheme for new species of frozen fish is a field of research that needs to be tackled because there is great potential for its application. The aim of this study is to establish a QIM sensory system specific for frozen whole Greenland halibut as a way to determine the shelf life of the fish once it has been thawed and stored at refrigeration temperatures.

M. M. López-García · M. L. Vázquez-Odériz ·
M. A. Romero-Rodríguez (✉)
Áreas de Nutrición y Bromatología y de Tecnología de Alimentos,
Dpto. de Química Analítica, Nutrición y Bromatología,
Facultad de Ciencias, Universidad de Santiago de Compostela,
27002 Lugo, Spain
e-mail: angeles.romero@usc.es

L. A. Ramil-Novo
Dpto. de Estadística e Investigación Operativa, Facultad de Ciencias,
Universidad de Santiago de Compostela, 27002 Lugo, Spain



A QIM-Based Evaluation of Sensory Quality of Frozen–Thawed Roundnose Grenadier (*Coryphaenoides rupestris*) and Its Applications

M. Mar López-García, Luis A. Ramil-Novo, M. Lourdes Vázquez-Odériz, and M. Ángeles Romero-Rodríguez*



Cite This: *ACS Food Sci. Technol.* 2021, 1, 392–398



Read Online

ACCESS |

Metrics & More

Article Recommendations

ABSTRACT: The quality index method (QIM) is widely used for fish sensory assessment, but there are hardly any studies on quality changes in fish that have been previously frozen. A QIM scheme was developed for frozen Roundnose grenadier once thawed and stored at refrigerated temperatures (4 ± 1 °C). Next, this scheme was applied to determine the shelf life and evaluate the influence of frozen storage time on fish quality. The developed QIM scheme includes six descriptors. The quality index (QI) varies from 0 to 13 points. The maximum QI was reached 16 days after thawing. A strong linear correlation between QI and storage time was achieved ($r = 0.9896$), the least squares regression line being $QI = 0.71 \cdot (\text{days after thawing}) + 1.51$. Using inverse prediction, the shelf life was estimated to be 5 days from the beginning of thawing. Statistical evidence of the negative effect of previous freezing time on the QI was found in a year-long study.

KEYWORDS: quality index method, sensory quality, Roundnose grenadier, *Coryphaenoides rupestris*, shelf life, frozen–thawed

1. INTRODUCTION

The Roundnose grenadier (*Coryphaenoides rupestris*) is one of the few commercially important species of the large Macrouridae family. It is distributed along the slopes of the temperate North Atlantic at depths of about 180 to 2200 m.¹ This valuable commercial fish is currently facing overexploitation. The flesh of the fish has excellent texture and taste,² is used for fishmeal or frozen, and can be consumed fried and baked.³

Different methods are used to maintain flesh quality. Freezing and frozen storage at -18 °C are considered to be the most important methods to keep fish flesh quality good for a longer time. Frozen storage has been widely employed to retain fish sensory and nutritional properties before the fish muscle is consumed or employed in other technological processes. However, deterioration in the quality of the fish muscle has frequently occurred during frozen storage because of the undesirable reactions that take place in lipid and proteins, and this leads to detrimental changes in nutritional and sensory properties.^{4,5}

Sensory analysis is a first-choice procedure for assessing the quality of seafood products. The advantage of sensory evaluation is that it is simple and quick to carry out, and any tendency to subjectivity may be avoided by using an expert and extensively trained panel. As an alternative to general schemes for fish sensory assessment, a more specific method for each product can be developed by means of the quality index method (QIM).⁶ This method is based on a scheme in which the sensory attributes associated with the freshness of each species and which change significantly over storage time are selected. A score from 0 to 1, from 0 to 2, or from 0 to 3 points

is given depending on the degree of spoilage. The total sum of all points gives an overall sensory score, a so-called quality index (QI). A QI of 0 indicates a very fresh fish, and the score increases as the freshness characteristics deteriorate. A strong linear correlation between the sensory quality (expressed as the sum of the demerit scores) and the storage life on ice makes it possible to predict the time remaining until the end of shelf life.⁷ This objective has resulted in various studies on the determination of the shelf life of fish based on the QIM; the most recent ones include Erikson et al.,⁸ Khodanazary,⁹ Kuvei et al.,¹⁰ Tiyo et al.,¹¹ Silva et al.,¹² and Rocculi et al.¹³

The QIM scheme has been developed or adapted for many species and fishery products. Scientific literature on the QIM is abundant, and bibliographic reviews can be found in Ribeiro,¹⁴ Bernardi et al.,¹⁵ and Ndraha.¹⁶ However, there are hardly any studies on the quality changes in frozen fish. Although Martinsdóttir et al.¹⁷ already pointed out the need for the development of a QIM for frozen fish, to the best of our knowledge, only one study¹⁸ has been carried out for frozen–thawed Atlantic mackerel. In a previous paper,¹⁹ the investigators applied a QIM scheme developed for fresh fish to determine the rejection point in frozen hake once thawed and stored in ice. The QIM scheme has also been used on

Received: October 22, 2020

Revised: February 2, 2021

Accepted: February 15, 2021

Published: February 26, 2021





GUÍA VISUAL

para la evaluación
sensorial de la calidad del
PESCADO CONGELADO



Coordinadores:

M^a Ángeles Romero, Julio Maroto Leal



XUNTA
DE GALICIA

axencia
galega de
Innovación



UNIÓN EUROPEA

FEDER - FONDO EUROPEO DE
DESENVOLVEMENTO REXIONAL
"Unha maneira de facer Europa"



Edita:

Centro Tecnológico del Mar – Fundación CETMAR

Coordinación del Libro:

M^a Ángeles Romero Rodríguez, Julio Maroto Leal

Depósito Legal:

VG 132-2014

ISBN:

978-84-695-9556-5

Diseño e impresión:

Tórculo Comunicación Gráfica, S.A.

AUTORES

M^a Ángeles Romero Rodríguez, M^a Lourdes Vázquez-Odériz, M^a Mar López García

Áreas de Tecnología de Alimentos y de Nutrición y Bromatología. Facultad de Ciencias.
Campus de Lugo. Universidad Santiago Compostela

Julio Maroto Leal, Noelia Estévez Calvar, Pilar Sieiro Piñeiro,
Elvira Abollo Rodriguez

Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR

Ana Rodríguez Bernaldo de Quirós, Raquel Sendón García,
Perfecto Paseiro Losada, Pablo Otero Pazos

Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia.
Universidad de Santiago de Compostela

José Manuel Cruz Freire, Letricia Barbosa Pereira, Xanel Vecino Bello
Ana Belén Moldes Menduiña

Departamento Ingeniería Química de la Escuela de Ingeniería Industrial.
Universidad de Vigo

Luis Alberto Ramil-Novo

Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Facultad de Ciencias.
Campus de Lugo. Universidad Santiago Compostela





**9th PANGBORN
SENSORY SCIENCE SYMPOSIUM**

4-8 September 2011
The Sheraton Centre Toronto Hotel,
Toronto, Canada

Conference Abstracts



Sponsored by
Amway



www.pangborn2011.com

Poster Session 2

Wednesday 7 September, 16:00-18:00

Sponsored By:



Seafood

[P2.1.01]	Aquaculture technology effect on salmon and rainbow trout quality, sensory properties and acceptance L. Timberg ^{1,2} , K. Koppel ^{1,2} , R. Kuldj�r�v ^{*1,2} , ¹ Competence Center of Food and Fermentation Technologies, Estonia, ² Tallinn University of Technology, Estonia
[P2.1.02]	Consumers' acceptability of wild and farmed sea fish in blind and informed conditions A. Claret ^{*1} , L. Guerrero ¹ , M.D. Hernández ² , E. Aguirre ³ , E. Rial ⁴ , C. Fernández ⁵ , A. Grau ⁶ , C. Rodríguez ⁷ , L. Rincón ⁸ , ¹ IRTA, Spain, ² IMIDA, Spain, ³ DAP, Spain, ⁴ IEO Vigo, Spain, ⁵ IEO Santander, Spain, ⁶ LIMIA, Spain, ⁷ CEP, Spain, ⁸ ULPGC, Spain
[P2.1.03]	Consumers' beliefs about farmed and wild sea fish A. Claret ^{*1} , L. Guerrero ¹ , B. Peleteiro ² , R. Gin�s ³ , A. Grau ⁴ , M.D. Hernández ⁵ , C. Rodríguez ⁶ , I. Martínez ⁷ , E. Aguirre ⁸ , ¹ IRTA, Spain, ² IEO Vigo, Spain, ³ ULPGC, Spain, ⁴ LIMIA, Spain, ⁵ IMIDA, Spain, ⁶ CEP, Spain, ⁷ IEO Santander, Spain, ⁸ DAP, Spain
[P2.1.04]	Influence of verbal information on sensory valuation of frozen tuna M. Watanabe*, C. Horikoshi, T. Suzuki, <i>Tokyo University of Marine Science and Technology, Japan</i>
[P2.1.05]	Sensory quality assessment of gutted atlantic bigeye stored in ice G. Amaral ¹ , D. Freitas ^{*2} , A. Borges ³ , ¹ Federal Rural University of Rio de Janeiro, Brazil, ² Embrapa Food Technology, Brazil, ³ Federal Fluminense University, Brazil
[P2.1.06]	Developing of quality index method (QIM) for red tilapia (oreochromis sp) J. Lapa-Guimarães*, P.J. Montes-Girao, M.P. Silva, G.G. Bovi, D.A. Jesus, <i>University of S�o Paulo, Brazil</i>
[P2.1.07]	Quality index method: Development of a sensorial scheme for frozen whole halibut M. López-García, V. Oliveira-Bouzas, L. Ramil-Novo, M.L. Vázquez-Odériz, M.A. Romero-Rodríguez*, <i>University of Santiago of Compostela, Spain</i>
[P2.1.08]	The influence of storage conditions on characteristics of litopenaeus vannamei and penaeus monodon N. Koyama ^{*1} , M. Matsukawa ² , M. Shimada ¹ , N. Sato ¹ , ¹ Maruha Nichiro Holdings, Inc, Japan, ² Fukui Prefectural University, Japan
[P2.1.09]	Linking sensory perception and preferences of surimi products from different countries C. Innocent*, D. Blumenthal, E. Teillet, J.M. Sieffermann, <i>Agroparistech, France</i>
[P2.1.10]	Science and cuisine: Non-thermal process to meet chefs requirements concerning raw oysters shelf life S. Cofan-Carbo ¹ , P.A. Picouet ¹ , L. Guerrero ¹ , P. Castells ² , J. Roca ³ , A. Claret ^{*1} , ¹ IRTA, Spain, ² Fundaci� Alicia, Spain, ³ El Celler de Can Roca, Spain
[P2.1.11]	Quantification of non-homogeneous colors: Comparison of machine vision and sensory panel results M. Balaban ^{*1} , Z. Al�ı�ek ² , E. Pamuk�u ³ , ¹ University of Auckland, New Zealand, ² Firat University, Faculty of Fisheries and Aquaculture, Turkey, ³ Firat University, Department of Statistics, Turkey

Dairy

[P2.2.01]	Sensory characteristics of fresh mozzarella cheese: Variation in product origin J.H. Choi*, B.H. Kim, A.R. Song, Y.R. Yoon, S.J. Chung, <i>Seoul Women's University, Republic of Korea</i>
[P2.2.02]	Effect of sample preparation on the sensory characteristics of low-moisture type mozzarella cheese Y.R. Yoon*, A.R. Song, B.H. Kim, J.H. Choi, S.J. Chung, <i>Seoul Women's University, Republic of Korea</i>
[P2.2.03]	Influence of formulation of model cheeses on salty perception and liking L. Boisard*, C. Salles, E. Guichard, <i>CSGA - INRA, France</i>
[P2.2.04]	Sensory acceptance of a soy-based petit-suisse cheese-like product compared to milk based petit-suisse cheese N.S. Matias, R. Bedani, I.A. Castro, S.M.I. Saad*, <i>University of S�o Paulo, Brazil</i>
[P2.2.05]	Sensory consequences of a novel homogenisation process in emmental cheesemaking K.C. Deegan ^{*1} , N. Heikintalo ¹ , P.L.H. McSweeney ² , T. Alatossava ¹ , H. Tuorila ¹ , ¹ University of Helsinki, Finland, ² University College, Cork, Ireland

[P2.1.07]

Quality index method: Development of a sensorial scheme for frozen whole halibut

M. López-García, V. Oliveira-Bouzas, L. Ramil-Novo, M.L. Vázquez-Odériz, M.A. Romero-Rodríguez*

University of Santiago of Compostela, Spain

Introduction

The quality index method (QIM) is based on the changes that occur in fish (eyes, skin, gills, odor and texture). These changes are expressed by scores ranging from 0 to 2-3 demerit points. The scores for all descriptors are added to give a total sensory score, which is called quality index (QI).

Aim

The aim of this study is to develop and validate a specific QIM for frozen whole halibut.

Material and Methods

Halibut (*Greenland turbot*) was caught in the NAFO Fisheries (FAO Area No. 21), was frozen on board and maintained at freezing temperatures until analysis.

Tasting panel (5 men and 5 women).

Results and Discussion

The first step was describe in detail the fish to select the descriptors that can change during the time the fish remains thawed at refrigeration temperatures. Thawing was done at intervals of 24-48 hours All attributes generated by the panellists are listed and described in detail. The attributes are selected for being discriminative and for ease of assessment. Statistical analyses used to assist these decisions were geometrical mean, Principal Component Analyses (PCA) and linear regression.

After this first step, the descriptors that changed over the storage period were selected (10). Each quality descriptor was divided in "demerit" points (from 0 to 2-3) including a description of each of the points.

The scores for all the characteristics were added to give an overall sensory score, the so-called quality index (QI). A QI of zero was given for very fresh fish and QI score increases (until 32) as the fish deteriorates.

Finally, the remaining shelf life (in days after thawing) was calculated on the basis of the correlation between the QI and storage time.

Keywords: QIM, Halibut, Frozen, QI



ENCUESTA SOBRE COMPRA Y CONSUMO DE PRODUCTOS PESQUEROS FRESCOS Y CONGELADOS EN LUGO: ANÁLISIS DE RESULTADOS MEDIANTE MÉTODOS ESTADÍSTICOS EXACTOS

López García, M.M.¹, Ramil Novo, L.A.², Romero Rodríguez, M.A.¹ y Vázquez Odériz, M.L.¹

¹ Áreas de Nutrición y Bromatología y de Tecnología de Alimentos, Grupo GASFQ, Dpto. de Química Analítica, Nutrición e Bromatología, Facultade de Ciencias, Universidade de Santiago de Compostela.

² Grupo MODESTYA, Dpto. de Estatística e Investigación Operativa, Facultade de Ciencias, Universidade de Santiago de Compostela.

RESUMEN

Se presenta un estudio de consumidores basado en la entrevista personal realizado en la ciudad de Lugo. En primer lugar, se muestra un análisis exploratorio de los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos y congelados por parte del consumidor. En segundo lugar, se examina la posible influencia en los hábitos de compra y consumo de productos pesqueros frescos y congelados de ciertos factores de interés, demográficos - sexo, edad, nivel de estudios y situación laboral- y sobre la situación socioeconómica del hogar - número de personas, personas con ingresos y nivel de ingresos. Para examinar la posible asociación de un factor demográfico o socioeconómico de interés con un hábito de compra o consumo, se presentan los resultados del correspondiente contraste de independencia basados en los tests sugeridos en Lydersen y col. (2007): el test exacto de Fisher- Freeman-Halton, el test exacto basado en el estadístico chi cuadrado de Pearson y el test exacto basado en el estadístico de razón de verosimilitudes. En aquellos casos en los que los tests de independencia previos permiten concluir que hay evidencias de una relación entre el hábito y el factor, para determinados pares (i, k) de niveles del factor, resulta de interés comparar la probabilidad de tener el hábito en el grupo i con la probabilidad de tener el hábito en el grupo k . La comparación se lleva a cabo mediante los intervalos de confianza para las diferencias de proporciones basados en el método exacto de Wang (2010). Para los análisis estadísticos que se presentan se utilizan el paquete estadístico IBM SPSS Statistics (Mehta, C. R. y Patel, N. R. (1996)) y el entorno estadístico R (Shan, G. y Wang, W. (2013)).

Palabras y frases clave: test exacto de asociación; diferencia de proporciones; intervalos de confianza exactos; estudios de consumidores; hábitos de compra de pescado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado mediante el proyecto de investigación de referencia 10TAL010CT de la Xunta de Galicia.

REFERENCIAS

- Lydersen, S., Pradhan, V., Senchaudhuri, P. y Laake, P. (2007). Choice of test for association in small sample unordered $r \times c$ tables. *Statistics in Medicine*, 26, 4328-4343.
- Mehta, C. R. y Patel, N. R. (1996). *SPSS Exact Tests™ 7.0 for Windows*. SPSS Inc.
- Shan, G. y Wang, W. (2013). ExactCIdiff: An R Package for Computing Exact Confidence Intervals for the Difference of Two Proportions. *The R Journal*, 5/2 December, 62-70.
- Wang, W (2010). On construction of the smallest one-sided confidence interval for the difference of two proportions. *Annals of Statistics*, 38, No. 2, 1227-1243.



COMPARACIÓN DE MODELOS DE REGRESIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE PESCADO CONGELADO

López García, M.M.¹; Ramil Novo, L.A.²; Romero Rodríguez, M.A.¹ y Vázquez Odériz, M.L.¹

¹ Áreas de Nutrición e Bromatoloxía e de Tecnoloxía de Alimentos, Grupo GASFQ, Dpto. de Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía, Facultade de Ciencias, Universidade de Santiago de Compostela

² Grupo MODESTYA, Área de Estatística e Investigación Operativa, Dpto. de Estatística, Análise Matemática e Optimización, Facultade de Ciencias, Universidade de Santiago de Compostela

RESUMEN

En la Guía Visual para la Evaluación Sensorial de la Calidad del Pescado Congelado (Romero Rodríguez et al., 2014) se recogen los esquemas de puntuación correspondientes al Método del Índice de Calidad para diversos productos pesqueros de interés comercial a nivel español.

En este trabajo se examina cómo estimar la vida útil, x_0 , cuando el producto considerado es descongelado a temperaturas de refrigeración para su consumo. En primer lugar, se analiza la relación entre el índice de calidad QI (Y) y los días en refrigeración (X) haciendo uso de dichos esquemas. Un análisis de regresión exhaustivo permite concluir que el modelo de regresión potencial ($Y=aX^b$) es generalmente el que mejor describe la relación entre Y y X en base al criterio de menor cuadrado medio residual. En segundo lugar, se examina la precisión de la estimación de la vida útil mediante un intervalo de calibración para x_0 (Lavagnini y Magno, 2007). Para determinar los límites se consideran el método de inversión y el método de Wald, que han sido implementados recientemente en el programa estadístico R (Greenwell y Schubert Kabban, 2014). Los intervalos de calibración obtenidos con el modelo potencial, cuyo cálculo requiere el uso del método de mínimos cuadrados no lineales y de software estadístico, se comparan con los obtenidos con dos modelos lineales cuyos límites admiten fórmulas explícitas. Por un lado, se considera el modelo lineal simple, $Y=a+bX$, de uso común en la literatura científica previa y, por otro lado, un modelo lineal en términos de la raíz del número de días en refrigeración, $Y=a+bX^{1/2}$, modelo motivado por resultados obtenidos con el modelo potencial. Finalmente, se muestra que tanto el modelo potencial como el basado en la raíz $X^{1/2}$ también proporcionan buenos resultados para estimar la vida útil de diversas especies pesqueras frescas, lo que permite anticipar la utilidad de la metodología propuesta en otros contextos.

Palabras y frases clave: regresión; error cuadrático medio; intervalos de calibración.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se llevó a cabo gracias al proyecto de investigación desarrollado en colaboración con la Fundación CETMAR-Centro Tecnológico del Mar, Vigo (Pontevedra), de título “Establecimiento de umbrales de calidad (sensoriales y químicos) para especies objetivo pesquero no contempladas en el marco legislativo” (Referencia 10TAL010CT, Xunta de Galicia, D.O.G. nº. 246 de 24/12/2010).

REFERENCIAS

Greenwell, B.M. y Schubert Kabban, C.M. (2014). investr: An R Package for inverse estimation. *The R Journal*, Vol. 6/1, 90-100.