

Universidad de Huelva

**Departamento de Métodos Cuantitativos para la
Economía y la Empresa, Estadística e Investigación
Operativa**



**La técnica multicriterio de programación por metas en la
gestión de la pesquería de chirla ("Chamelea gallina") de
la región suratlántica española**

**Memoria para optar al grado de doctora
presentada por:**

Concepción Cortés Rodríguez

Fecha de lectura: 5 de febrero de 2016

Bajo la dirección del doctor:

Juan José García del Hoyo

Huelva, 2016





FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES

DEPARTAMENTO: MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA
ECONOMÍA Y LA EMPRESA, ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN
OPERATIVA

TESIS DOCTORAL:

**La Técnica Multicriterio de Programación por
Metas en la Gestión de la Pesquería de Chirla
(*Chamelea gallina*) de la Región Suratlántica
Española**

Tesis Doctoral Presentada por:
Concepción Cortés Rodríguez

Dirigida por:
Dr. D. Juan José García del Hoyo

Huelva, 2015

*«A veces sentimos que lo que hacemos es
tan solo una gota en el mar, pero el mar
sería menos si le faltara esa gota».*

Madre Teresa de Calcuta

A mis queridos padres,
Faustino y Amelia

AGRADECIMIENTOS

En el plano de reconocimientos quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mi director de tesis, el Prof. Dr. D. Juan José García del Hoyo, por la enorme paciencia que ha tenido conmigo, porque con su dedicación y apoyo incondicional ha conseguido empujarme para que terminase lo que parecía inacabable.

A mi amigo D. Antonio Galisteo Delgado, economista pesquero de la Empresa Pública de Desarrollo Agrario y Pesquero (D.A.P.) de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, por los buenos consejos que siempre me ha dado.

A D. José Casado Martínez, inspector de Seguridad Marítima de la Capitanía Marítima de Huelva, por facilitarme los datos de los tripulantes de la flota de chirla con puerto base onubense.

A las Instituciones y Cofradías de Pescadores de Ayamonte, Isla Cristina, Punta Umbría y Sanlúcar de Barrameda.

A todos mis compañeros del Departamento de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, Estadística e Investigación Operativa de la Universidad de Huelva y del grupo de investigación MEMPES-AEA, en especial, a los Profs. Dr. D. Ramón Jiménez Toribio y Dr. D. David Castilla Espino, que han estado dispuestos a ayudarme cuando ha sido necesario, y que con el apoyo que me han dado, han contribuido, de una manera u otra, a que este trabajo haya sido posible.

Por último, aunque no en orden de importancia, a mis padres, que me han apoyado siempre y han estado ahí en todo momento dándome ánimos, y que gracias a ellos he podido terminar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	XIII

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	XVII

LISTADO DE ACRÓNIMOS	XXV

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN. CONSIDERACIONES PREVIAS Y METODOLÓGICAS	1

CAPÍTULO 2: LA PROPIEDAD Y EL LIBRE ACCESO DE LOS RECURSOS NATURALES: EL CASO DE LOS RECURSOS PESQUEROS.....	13

2.1. Introducción.....	13

2.2. Concepto y clasificación de los recursos naturales	16

2.3. La economía de los recursos naturales en el pensamiento económico clásico, neoclásico y contemporáneo.....	20

2.3.1. Del siglo XVII al XIX: de los fisiócratas a los clásicos	25

2.3.1.1. <i>La teoría malthusiana sobre el crecimiento de la población y sus implicaciones</i>	<i>29</i>

2.3.1.2. <i>La teoría de la propiedad y el agotamiento de los recursos naturales</i>	<i>32</i>

2.3.2. Último tercio del XIX y principios del XX: el pensamiento neoclásico	36

2.3.2.1. <i>El problema de la escasez de los recursos naturales</i>	<i>38</i>

2.3.3.	Siglo XX y actual: el periodo contemporáneo	40
2.4.	Propiedad y regímenes de propiedad en los recursos naturales.	
	Los bienes comunes	45
2.4.1.	Clasificación general de los bienes o recursos referidos a su naturaleza física	46
2.4.2.	Tipologías de regímenes de propiedad.....	48
2.4.3.	La propiedad común y el libre acceso de los recursos	50
2.4.4.	La gestión de los comunes: soluciones a la tragedia de los comunes y críticas	53
2.5.	Derechos y reglas de propiedad en los recursos naturales	58
2.5.1.	Características de los derechos de propiedad y tipos	59
2.5.2.	Las reglas de propiedad.....	62
2.5.3.	Tipología de regímenes de derechos de propiedad	63
2.6.	Los recursos pesqueros: características y modelos de dinámica de poblaciones.....	65
2.6.1.	Dinámica de una población de peces y causas de su sobreexplotación.....	67
2.6.2.	Clasificación de los modelos de dinámica de poblaciones	70
2.7.	Análisis biológico de gestión de los recursos pesqueros: los modelos agregados.....	73
2.7.1.	El modelo general de producción de Schaefer	74
2.7.2.	Otros modelos agregados	82
2.8.	Análisis económico de gestión de los recursos pesqueros: el modelo clásico de Gordon-Schaefer	83
2.8.1.	Equilibrio económico en situación centralizada.....	87
2.8.2.	Equilibrio económico en situación de libre acceso	88
2.8.3.	Generalización del modelo clásico.....	89

2.9. Análisis dinámico de gestión de los recursos pesqueros: los modelos bioeconómicos en tiempo continuo	90

CAPÍTULO 3: DE LA ORDENACIÓN PESQUERA CONVENCIONAL A LA COGESTIÓN ADAPTATIVA Y EL ENFOQUE ECOSISTÉMICO EN LA PESCA 95

3.1. Introducción.....	97
3.2. El proceso decisional en la gestión de pesquerías y los problemas asociados	99
3.3. Los primeros pasos en la gestión estratégica de pesquerías: establecimiento de los objetivos e identificación de los stakeholders	103
3.3.1. Objetivos múltiples de gestión	103
3.3.2. Los stakeholders en pesquerías.....	106
3.4. Los conflictos en pesquerías.....	109
3.4.1. Tipología de conflictos y paradigmas en una pesquería.....	111
3.5. Los regímenes de derechos de propiedad en la gestión pesquera	113
3.5.1. Características de los derechos de propiedad	116
3.6. Sistemas de gestión de pesquerías	119
3.6.1. Tipología de sistemas de gestión	119
3.6.2. Instituciones de gobernanza.....	122
3.6.3. Instrumentos de regulación.....	123
3.7. Evolución de los principales instrumentos de regulación pesqueros. Sus ventajas e inconvenientes	127
3.7.1. Totales admisibles de capturas	129
3.7.2. Licencias de pesca	131
3.7.3. Tasas sobre las capturas individuales	132

3.7.4.	Cuotas individuales de capturas	133
3.7.5.	Cuotas individuales transferibles	134
3.8.	La gestión compartida o cogestión de pesquerías	139
3.8.1.	El papel del gobierno y de los grupos de usuarios	143
3.8.2.	Spectrum de acuerdos de cogestión	145
3.8.3.	Elementos determinantes del tipo de acuerdo de cogestión.....	148
3.8.3.1.	<i>Tipos de tareas de gestión</i>	148
3.8.3.2.	<i>Etapas del proceso de gestión</i>	149
3.8.4.	Evaluación de los acuerdos de cogestión pesqueros	150
3.8.5.	Ventajas que presenta	152
3.9.	La gestión moderna de pesquerías	153
3.9.1.	La cogestión adaptativa de pesquerías	155
3.9.1.1.	<i>Definición y principios en la cogestión adaptativa</i>	157
3.9.1.2.	<i>Experiencias de su implementación</i>	158
3.9.2.	El enfoque de ecosistemas en la pesca	159
3.9.2.1.	<i>Definición y principios que sustentan el EEP</i>	164
3.9.2.2.	<i>Etapas para su implementación</i>	166
3.9.2.3.	<i>Elementos claves para su éxito y limitaciones</i>	169

CAPÍTULO 4: TÉCNICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES CON CRITERIOS MÚLTIPLES: LA PROGRAMACIÓN POR METAS Y EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO		171
4.1.	Introducción	171
4.2.	Etapas en el proceso de toma de decisiones multicriterio.....	175
4.3.	Clasificación de los métodos TDM.....	176
4.3.1.	Métodos multicriterio continuos	181

4.3.2.	Métodos multicriterio discretos	187
4.4.	La programación por metas	190
4.4.1.	Estructura formal de los modelos PM	192
4.4.2.	Funciones de logro más utilizadas	195
4.4.2.1.	<i>PM Ponderadas</i>	196
4.4.2.2.	<i>PM Lexicográficas</i>	198
4.4.2.3.	<i>PM Chebyshev</i>	201
4.4.2.4.	<i>Ventajas y limitaciones</i>	202
4.4.2.5.	<i>Conexiones entre las principales variantes de PM</i>	205
4.4.3.	Extensiones de la programación por metas	207
4.4.4.	Procedimientos de solución y softwares de optimización de la programación por metas	211
4.4.5.	Técnicas que ayudan a paliar sus debilidades y a mejorar las soluciones	215
4.4.5.1.	<i>Técnicas de detección de ineficiencias paretianas y de restauración de la eficiencia</i>	219
4.4.5.2.	<i>Análisis de sensibilidad</i>	220
4.4.5.3.	<i>Análisis secuencial de mejora de metas y de soluciones: algoritmos PM-interactivos y técnicas cuasi-satisficientes</i>	221
4.5.	El proceso analítico jerárquico	224
4.5.1.	Metodología del AHP	225
4.5.2.	Consistencia de una jerarquía	231
4.5.3.	Ventajas y puntos críticos del AHP	234
4.6.	Métodos para agregar las preferencias de grupos de individuos	235
4.6.1.	Basados en el AHP	236
4.6.2.	Basados en la programación por metas	238

4.7.	Aplicaciones de las técnicas de decisión multicriterio en pesquerías.....	240
4.7.1.	Modelos basados en la PM lineal	242
4.7.1.1.	<i>Modelo de Drynan y Sandiford (1985) y Sandiford (1986)</i>	245
4.7.1.2.	<i>Modelo de Pascoe et al. (1997)</i>	249
4.7.1.3.	<i>Modelo de Kjærsgaard y Andersen (2003).....</i>	252
4.7.2.	Modelos basados en la PM no lineal	254
4.7.2.1.	<i>Modelo de Díaz de León y Seijo (1992).....</i>	254
4.7.2.2.	<i>Modelo de Seijo et al. (1994).....</i>	257
4.7.2.3.	<i>Modelo de Mardle et al. (2000).....</i>	258
4.7.2.4.	<i>Modelo de Pascoe y Mardle (2001).....</i>	261
4.7.3.	Modelos basados en el AHP.....	262

CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DE LA PESQUERÍA DE CHIRLA	
(CHAMELEA GALLINA) DE LA REGIÓN SURATLÁNTICA	
ESPAÑOLA.....	265
5.1. Introducción	265
5.2. Evolución histórica de la pesquería.....	268
5.3. Descripción de las artes de pesca autorizadas.....	272
5.4. Estructura y características técnicas de la flota.....	275
5.5. Indicadores económicos de la pesquería	279
5.5.1. Precio de venta de las capturas.....	279
5.5.2. Salarios: el sistema a la parte	281
5.5.3. Costes de la actividad.....	283
5.6. Mecanismos de regulación	285
5.6.1. Medidas de conservación	285

5.6.2.	Controles de las capturas	290
5.6.3.	Controles del esfuerzo pesquero.....	292
5.6.4.	Medidas complementarias	295
5.7.	Los agentes del sector pesquero de la chirla	300
5.7.1.	Cofradías de pescadores	302
5.7.2.	Asociaciones de armadores	304
5.7.3.	Organizaciones de productores.....	304
5.7.4.	Otras entidades representativas	306
5.8.	Los objetivos de la gestión pesquera	307

CAPÍTULO 6: UN MODELO BIOECONÓMICO MULTIOBJETIVO PARA LA GESTIÓN DE LA PESQUERÍA DE CHIRLA EN LA REGIÓN SURATLÁNTICA.....311

6.1.	Introducción.....	311
6.2.	Descripción del modelo	312
6.2.1.	Las variables de decisión	313
6.2.2.	Los objetivos jerárquicos de gestión	313
6.2.3.	Las restricciones del modelo	317
6.2.3.1.	<i>Metas</i>	317
6.2.3.2.	<i>Restricciones rígidas</i>	320
6.2.3.3.	<i>Restricciones que acotan las variables de decisión</i>	320
6.2.3.4.	<i>Restricciones de no negatividad</i>	321
6.3.	Cuantificación de los indicadores y objetivos biológicos	321
6.3.1.	Poder de pesca y esfuerzo pesquero	321
6.3.2.	Superficie rastreada por las dragas	325
6.3.3.	Evaluación del stock y determinación de las capturas	325

6.4.	Cuantificación de los indicadores y objetivos socioeconómicos	326
6.4.1.	Ingresos	326
6.4.2.	Costes variables	327
6.4.3.	Costes fijos	329
6.4.4.	Monte Mayor	330
6.4.5.	Salarios	331
6.4.6.	Beneficios a largo plazo	331
6.4.7.	Empleo total generado por la pesquería	332
6.5.	Cuantificación de los objetivos políticos	334
6.5.1.1.	<i>Conflictos entre las modalidades de draga y</i> <i>rastró</i>	334
6.5.1.2.	<i>Conflictos entre puertos</i>	334
6.6.	Aplicación de la metodología AHP	335
6.6.1.	Elaboración de cuestionarios	335
6.6.2.	Las preferencias individuales y de los grupos	337
6.6.3.	Agregación de las preferencias de los grupos	340
6.7.	Obtención de los pesos de los objetivos	342
6.7.1.	Análisis con la media aritmética ponderada	342
6.7.2.	Análisis con la PM Extendida	343
6.7.3.	Comparación de los resultados obtenidos	347
6.8.	Las funciones objetivos de los modelos de programación por metas	348
6.9.	Resultados e interpretación de los modelos PM	352
6.9.1.	Soluciones de la PM con grupos agregados y modelo I	354
6.9.2.	Soluciones de la PMP por grupo y con el modelo I	356
6.9.3.	Resultados de los análisis de sensibilidad en la PMP con grupos agregados y modelo I	359
6.9.4.	Soluciones de la PM con grupos agregados y modelo II	366

6.9.5. Soluciones de la PMP por grupo y con el modelo II	369
6.9.6. Resultados de los análisis de sensibilidad de la PMP con grupos agregados y modelo II.....	371
6.9.7. Matriz de pagos y curva <i>trade-offs</i>	377
 CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.....	381
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	387
 ANEXO I: CENSOS DE EMBARCACIONES Y MEDIDAS DE REGULACIÓN DE LA FLOTA DE CHIRLA.....	453
Tabla AI.1. Censo de embarcaciones con draga hidráulica del Golfo de Cádiz. Año 2015.....	455
Tabla AI.2. Censo de embarcaciones con rastro remolcado del Golfo de Cádiz. Año 2015.....	460
Tabla AI.3. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de draga hidráulica y esfuerzo pesquero estimado por puerto base. Años 2000- 2015.....	462
Tabla AI.4. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de rastro remolcado y esfuerzo pesquero estimado por puerto base. Años 2000- 2015.....	472
Tabla AI.5. Datos anuales de la tara (medida en Kg por embarcación y día) por modalidad de pesca. Años 1964-2015	482

Tabla AI.6. Datos anuales del peso, valor y precio medio de la chirla. Años 1985-2015	483

Tabla AI.7. Cambios producidos en el Censo de Embarcaciones Marisqueras con rastro remolcado y draga hidráulica de la Comunidad Autónoma de Andalucía desde su última publicación el 13/02/15. Actualizado a 06/11/15	484

ANEXO II: FUENTES Y DATOS TÉCNICOS PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO BIOECONÓMICO MULTIOBJETIVO PM.....485

Tabla AII.1. Actividad de la flota en la pesquería durante el año 2001	491

Tabla AII.2. Costes fijos y variables estimados por segmento de flota durante el año 2001.....	492

Tabla AII.3. Datos técnicos del poder de pesca y variables de la superficie rastreada por segmento de flota durante el año 2001	493

Tabla AII.4. Datos técnicos de las variables del empleo total por segmento de flota	494

Tabla AII.5. Estimaciones de los parámetros del modelo de Schaefer (1954a)	494

ANEXO III: CUESTIONARIOS AHP.....495

Cuestionario AIII.1. Cuestionario a entidades vinculadas a la gestión de la pesquería de chirla en el Golfo de Cádiz	497

Cuestionario AIII.2. Cuestionario a pescadores vinculados a la gestión de la pesquería de chirla en el Golfo de Cádiz	498

ANEXO IV: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

DE LOS MODELOS PM.....499

Tabla AIV.1. Análisis de sensibilidad en el número máximo de horas diarias permitidas. Modelo H-I1C1	501

Tabla AIV.2. Análisis de sensibilidad en el número máximo de horas diarias permitidas. Modelo H-I1C2	501

Tabla AIV.3. Análisis de sensibilidad en los precios de venta de la chirla. Modelo P-I1C1.....	502

Tabla AIV.4. Análisis de sensibilidad en los precios de venta de la chirla. Modelo P-I1C2.....	502

Tabla AIV.5. Análisis de sensibilidad en los costes del combustible. Modelo C-I1C1	503

Tabla AIV.6. Análisis de sensibilidad en los costes del combustible. Modelo C-I1C2	503

Tabla AIV.7. Análisis de sensibilidad en el número máximo de horas diarias permitidas. Modelo H-II1C1	504

Tabla AIV.8. Análisis de sensibilidad en el número máximo de horas diarias permitidas. Modelo H-II1C2	504

Tabla AIV.9. Análisis de sensibilidad en los precios de venta de la chirla. Modelo P-II1C1	505

Tabla AIV.10. Análisis de sensibilidad en los precios de venta de la chirla.
Modelo P-II1C2 505

Tabla AIV.11. Análisis de sensibilidad en los costes del combustible.
Modelo C-II1C1 506

Tabla AIV.12. Análisis de sensibilidad en los costes del combustible.
Modelo C-II1C2.....506

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1. Distribución de la producción (en toneladas y porcentajes) y del valor de las capturas (en miles de euros) por especies en la Región Suratlántica. Año 2013.....	3
Tabla 1.2. Distribución de la producción (en toneladas y porcentajes) y del valor de las capturas (en miles de euros) por especies en la Región Surmediterránea. Año 2013	4

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1. Tipos de bienes por sus características técnicas	47
Tabla 2.2. Tricotomía de regímenes de propiedad.....	49
Tabla 2.3. Principios de diseño de instituciones sostenibles	57
Tabla 2.4. Tipos de regímenes de propiedad con propietarios, derechos y obligaciones.....	64

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1. Clasificación de los problemas asociados con la gestión de pesquerías	102
Tabla 3.2. Tipología de conflictos de una pesquería.....	111
Tabla 3.3. Grados en las características de los derechos de propiedad.....	118

Tabla 3.4. Sistemas de gestión de una pesquería.....	121

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1. Tipología de modelos TDM.....	180
Tabla 4.2. Clasificación de los métodos multicriterio continuos según la relación analista-decisor, y tipo de soluciones que generan	184
Tabla 4.3. Clasificación de los métodos multicriterio discretos.....	190
Tabla 4.4. Enfoques de PM y valores de los parámetros de un modelo PMLE	207
Tabla 4.5. Escala de medida para establecer las intensidades de los juicios entre parejas de elementos (A,B), y su explicación	228
Tabla 4.6. Índices de consistencia aleatoria de las matrices de preferencias según el orden	232

CAPÍTULO 5

Tabla 5.1. Número de embarcaciones dedicadas a la captura de chirla en el Golfo de Cádiz por puerto base y modalidad de pesca, y total de la flota. Año 2015.....	276
Tabla 5.2. Antigüedad de las embarcaciones (en años y porcentajes) por intervalos de edad y modalidad de pesca. Año 2015.....	277
Tabla 5.3. Características técnicas de la flota de chirla por modalidad de pesca y puerto base. Año 2015	279

Tabla 5.4. Vedas anuales y temporales de la pesquería de chirla. Años: 1997-2015.....	289

CAPÍTULO 6

Tabla 6.1. Preferencias de los objetivos del nivel 2 para un experto de una cofradía de pescadores	337
Tabla 6.2. Preferencias asignadas a los objetivos para diferentes valores de λ	346
Tabla 6.3. Metas, niveles de aspiración y pesos. Modelos PMP: I1C1 y I1C2.....	350
Tabla 6.4. Metas, niveles de aspiración y pesos. Modelos PMP: II1C1 y II1C2.....	350
Tabla 6.5. Resultados de la PMP. Modelos: I1C1 y I1C2	354
Tabla 6.6. Resultados de la PML. Modelos: I2C1 y I2C2	355
Tabla 6.7. Resultados de la PM Minimax. Modelos: I3C1 y I3C2.....	355
Tabla 6.8. Resultados de la PM Extendida. Modelos: I4C1 y I4C2	356
Tabla 6.9. Pesos asignados a cada grupo con la PMP. Modelos: I1G1-I1G6.....	357
Tabla 6.10. Resultados de la PMP por grupo. Modelos: I1G1-I1G6.....	357
Tabla 6.11. Resultados de la PMP. Modelos: IIC1 y II1C2	367
Tabla 6.12. Resultados de la PML. Modelos: II2C1 y II2C2	367
Tabla 6.13. Resultados de la PM Minimax. Modelos: II3C1 y II3C2	368
Tabla 6.14. Resultados de la PM Extendida. Modelos: II4C1 y II4C2	368

Tabla 6.15. Pesos asignados a cada grupo con la PMP. Modelos: II1G1-II1G6	369
Tabla 6.16. Resultados de la PMP por grupo. Modelos: II2G1-II2G6.....	370
Tabla 6.17. Matriz de pagos del Modelo I1	377
Tabla 6.18. Matriz de pagos del Modelo II1.....	378
Tabla 6.19. Punto ideal y anti-ideal del Modelo I1	378
Tabla 6.20. Punto ideal y anti-ideal del Modelo II1	379

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

A) ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1. Titulares de los derechos y tipos de derechos.....	61
Figura 2.2. Reglas, niveles de análisis y procesos	63
Figura 2.3. Tasa natural de crecimiento de una población según el modelo de Schaefer (1954a).....	78
Figura 2.4. Trayectoria del stock no explotado según el modelo de Schaefer (1954a)	79
Figura 2.5. Curva de esfuerzo-rendimiento del modelo de Schaefer (1954a) y esfuerzo y captura del RMS	81
Figura 2.6. Curvas de ingresos y costes, y esfuerzos del RMS, RME y libre acceso	85
Figura 2.7. Curvas de ingresos, costes y rendimiento totales	86

CAPÍTULO 3

Figura 3.1. Sistema de diseño de decisiones en la gestión de pesquerías.....	101
Figura 3.2. Objetivos y paradigmas en una pesquería	112
Figura 3.3. Triada de regímenes de derechos de propiedad.....	115
Figura 3.4. Derecho de propiedad perfecto	117
Figura 3.5. Tipología de instrumentos de regulación pesqueros	126

Figura 3.6. Spectrum jerárquico de acuerdos de cogestión	146
Figura 3.7. Cogestión instrumental.....	147
Figura 3.8. Cogestión de empoderamiento de pesquerías	147
Figura 3.9. Ciclo de la gestión adaptativa.....	155
Figura 3.10. Temas principales en la cogestión adaptativa	156
Figura 3.11. Etapas para la implementación del EEP	167

CAPÍTULO 4

Figura 4.1. Flujo de información analista-decisor	182
Figura 4.2. Flujo de información decisor-analista	183
Figura 4.3. Flujo de información analista-decisor y decisor-analista	183
Figura 4.4. Uso recomendado de tres técnicas multiobjetivo	186
Figura 4.5. Jerarquía con 3 niveles, n criterios y k alternativas.....	227

CAPÍTULO 5

Figura 5.1. Chirila (<i>Chamelea gallina</i> L., 1758)	267
Figura 5.2 Rastro remolcado tradicional de púas con red de malla.....	272
Figura 5.3. Rastro portugués en la embarcación.....	273
Figura 5.4. Embarcación con draga hidráulica izada.....	274
Figura 5.5. Localización de la pesquería de chirila y de los puertos bases implicados	275
Figura 5.6. Canal de comercialización de la chirila.....	298

Figura 5.7. Vista parcial del interior de la lonja pesquera de Punta Umbría durante una subasta de chirla	299

CAPÍTULO 6

Figura 6.1. Objetivos jerárquicos de gestión.....	315
Figura 6.2. Árbol jerárquico para obtener la importancia de los grupos según el Pescador 1	341

B) ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 1

Gráfico 1.1. Distribución del número y porcentaje de embarcaciones andaluzas por modalidad de pesca. Año 2013	3

CAPÍTULO 5

Gráfico 5.1. Evolución anual de la duración de la temporada de pesca (en meses/año). Años: 1962-2015	271
Gráfico 5.2. Evolución anual de los desembarcos y precios de la chirla. Años: 1985-2015	271
Gráfico 5.3. Evolución anual de los precios de la chirla (en €/Kg) en las lonjas pesqueras de Punta Umbría, Isla Cristina y Sanlúcar de Barrameda. Años: 2000-2015	281

Gráfico 5.4. Evolución anual de la tara (en Kg/embarcación y día) por modalidad de pesca. Años: 1964-2015	291

CAPÍTULO 6

Gráfico 6.1. Prioridades de los objetivos para las cofradías de pescadores	338
Gráfico 6.2. Prioridades de los objetivos para las asociaciones de armadores.....	338
Gráfico 6.3. Prioridades de los objetivos para las organizaciones sindicales.....	339
Gráfico 6.4. Prioridades de los objetivos para las organizaciones comerciales	339
Gráfico 6.5. Prioridades de los objetivos para los científicos.....	339
Gráfico 6.6. Prioridades de los objetivos para las organizaciones gubernamentales	340
Gráfico 6.7. Pesos asignados a cada grupo.....	342
Gráfico 6.8. Pesos de los objetivos/subobjetivos con el Método de la Media Aritmética Ponderada.....	343
Gráfico 6.9. Pesos preferenciales agregados de los objetivos/subobjetivos.....	347
Gráfico 6.10. Niveles de biomasa y esfuerzos totales. Modelos: I1G1-I1G6	358
Gráfico 6.11. Niveles de beneficios y empleos totales. Modelos: I1G1-I1G6.....	358
Gráfico 6.12. Niveles de esfuerzos del análisis de sensibilidad. Modelos: H-I1C1 y H-I1C2	360
Gráfico 6.13. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad. Modelos: H-I1C1 y H-I1C2	360

Gráfico 6.14. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad. Modelos: H-I1C1 y H-I1C2	361
Gráfico 6.15. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad. Modelos: H-I1C1 y H-I1C2	361
Gráfico 6.16. Niveles de esfuerzos totales del análisis de sensibilidad. Modelos: P-I1C1 y P-I1C2.....	362
Gráfico 6.17. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad. Modelos: P-I1C1 y P-I1C2	362
Gráfico 6.18. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad. Modelos: P-I1C1 y P-I1C2.....	363
Gráfico 6.19. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad. Modelos: P-I1C1 y P-I1C2.....	363
Gráfico 6.20. Niveles de esfuerzos totales del análisis de sensibilidad. Modelos: C-I1C1 y C-I1C2.....	364
Gráfico 6.21. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad. Modelos: C-I1C1 y C-I1C2.....	365
Gráfico 6.22. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad. Modelos: C-I1C1 y C-I1C2.....	365
Gráfico 6.23. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad. Modelos: C-I1C1 y C-I1C2.....	366
Gráfico 6.24. Niveles de biomasa y esfuerzos totales. Modelos: II1G1-II1G6	370
Gráfico 6.25. Niveles de beneficios y empleos totales por grupo. Modelos: II1G1-II1G6	371

Gráfico 6.26. Niveles de esfuerzos totales del análisis de sensibilidad. Modelos: H-II1C1 y H-II1C2	372
Gráfico 6.27. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad. Modelos: H-II1C1 y H-II1C2.....	372
Gráfico 6.28. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad. Modelos: H-II1C1 y H-II1C2	372
Gráfico 6.29. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad. Modelos: H-II1C1 y H-II1C2	374
Gráfico 6.30. Niveles de esfuerzos totales del análisis de sensibilidad. Modelos: P-II1CG1 y P-II1C2.....	374
Gráfico 6.31. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad. Modelos: P-II1C1 y P-II1C2	374
Gráfico 6.32. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad. Modelos: P-II1C1 y P-II1C2.....	375
Gráfico 6.33. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad. Modelos: P-II1C1 y P-II1C2.....	375
Gráfico 6.34. Niveles de esfuerzos totales del análisis de sensibilidad. Modelos: C-II1C1 y C-II1C2.....	375
Gráfico 6.35. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad. Modelos: C-II1C1 y C-II1C2.....	376
Gráfico 6.36. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad. Modelos: C-II1C1 y C-II1C2.....	376
Gráfico 6.37. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad. Modelos: C-II1C1 y C-II1C2.....	376

Gráfico 6.38. Curva de intercambio beneficios-empleos.....	380

LISTADO DE ACRÓNIMOS (por orden alfabético)

AHP	Proceso de las Jerarquías Analíticas
CPUE	Capturas por Unidad de Esfuerzo
CV	Caballo de Vapor
EA	Economía Ambiental
EE	Economía Ecológica
EEP	Enfoque de Ecosistemas en la Pesca
GA	Gestión Adaptativa
IDAPES	Sistema de Información Andaluz de Producción Pesquera
ITQs	Cuotas Individuales Transferibles de Captura
MCDM	Toma de Decisiones Multicriterio
Modelo C-I1C1	Modelo I1C1 con ocho metas utilizado en el análisis de sensibilidad de los costes del combustible
Modelo C-I1C2	Modelo I1C2 con ocho metas ponderadas utilizado en el análisis de sensibilidad de los costes del combustible
Modelo C-II1C1	Modelo II1C1 con siete metas utilizado en el análisis de sensibilidad de los costes del combustible
Modelo C-II1C2	Modelo II1C2 con siete metas utilizado en el análisis de sensibilidad de los costes del combustible
Modelo H-I1C1	Modelo I1C1 con ocho metas utilizado en el análisis de sensibilidad del número máximo de horas diarias permitidas
Modelo H-I1C2	Modelo I1C2 con ocho metas utilizado en el análisis de sensibilidad del número máximo de horas diarias permitidas
Modelo H-II1C1	Modelo II1C1 con siete metas utilizado en el análisis de sensibilidad del número máximo de horas diarias permitidas
Modelo H-II1C2	Modelo II1C2 con siete metas utilizado en el análisis de sensibilidad del número máximo de horas diarias permitidas
Modelo I1C1	Modelo PMP con ocho metas y seis grupos de interés agregados con la media aritmética ponderada
Modelo I1C2	Modelo PMP con ocho metas y seis grupos de interés agregados con la PM Extendida
Modelo I1G1	Modelo PMP con ocho metas para el grupo de las cofradías de pescadores
Modelo I1G2	Modelo PMP con ocho metas para el grupo de las asociaciones de armadores

Modelo I1G3	Modelo PMP con ocho metas para el grupo de las organizaciones sindicales
Modelo I1G4	Modelo PMP con ocho metas para el grupo de las organizaciones de productores
Modelo I1G5	Modelo PMP con ocho metas para el grupo de los científicos
Modelo I1G6	Modelo PMP con ocho metas para el grupo de la administración
Modelo II1C1	Modelo PMP con siete metas y seis grupos de interés agregados con la media aritmética ponderada
Modelo II1C2	Modelo PMP con siete metas y seis grupos de interés agregados con la PM Extendida
Modelo P-I1C1	Modelo I1C1 con ocho metas utilizado en el análisis de sensibilidad de los precios de venta de la chirla
Modelo P-I1C2	Modelo I1C2 con ocho metas utilizado en el análisis de sensibilidad de los precios de venta de la chirla
Modelo P-II1C1	Modelo II1C1 con siete metas utilizado en el análisis de sensibilidad de los precios de venta de la chirla
Modelo P-II1C2	Modelo II1C2 con siete metas utilizado en el análisis de sensibilidad de los precios de venta de la chirla
PM	Programación por Metas
PM Extendida	Programación por metas con dos variantes combinadas (ponderadas-minimax, lexicográficas-minimax)
PML	Programación por Metas Lexicográficas
PMM	Programación por Metas Chebyshev o Minimax
PMP	Programación por Metas Ponderadas
RC	Recursos Naturales Comunes
RMS	Rendimiento Máximo Sostenible
TACs	Totales Admisibles de Captura
TDM	Toma de Decisiones Multicriterio
TRB	Tonelada de Registro Bruto

CAPÍTULO 1

Introducción. Consideraciones previas y metodológicas

La actividad pesquera andaluza se caracteriza por la existencia de una gran variedad de recursos explotados y diversidad de modalidades y artes de pesca, claramente diferenciadas en el litoral surmediterráneo y el suratlántico.

La mayor parte de la flota pesquera andaluza desarrolla básicamente su actividad pesquera en aguas nacionales del litoral andaluz, a menos de 60 millas de la costa (flota de litoral o artesanal). Sus capturas se centran fundamentalmente en bivalvos y cefalópodos, gambas, langostinos, cigalas, sardinas, boquerones, jureles, pijotas y salmonetes. El resto de la flota pesquera, fundamentalmente la de la Región Suratlántica, faena en aguas comunitarias de la costa de Portugal y también en aguas del norte y oeste de África como Senegal, Angola y Mozambique, si bien estas

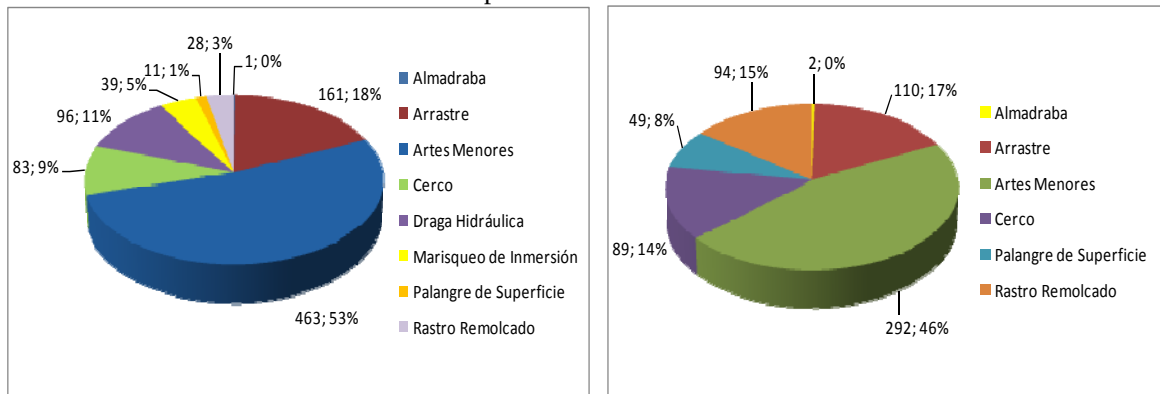
flotas se han reducido significativamente en los últimos 20 años hasta el punto de que su importancia actual es meramente testimonial.

La Región Suratlántica andaluza (parte sur de la zona IXa) del ICES) con aproximadamente 300 km de costa se extiende desde la desembocadura del río Guadiana en Ayamonte, Huelva, hasta Tarifa, en Cádiz. Sus fondos arenosos y fangosos favorecen el ejercicio de la pesca artesanal en aguas próximas al litoral, el marisqueo con draga hidráulica o con rastro remolcado, y la captura de especies de arrastre de fondo en las aguas del Golfo de Cádiz. El paso de especies pelágicas migratorias por el estrecho de Gibraltar favorece la pesquería de cerco y de túnidos con almadrabas.

Hacia el Este se extiende el litoral surmediterráneo (zona del Mediterráneo y Mar Negro FAO-X1990), con una extensión de unos 350 Km, desde Tarifa, en Cádiz, hasta Garrucha, en Almería. Los fondos de este litoral suelen ser rocosos, lo que favorece la pesca del pargo, la urta o el besugo con palangres. La costa está formada por relieves montañosos, alternándose acantilados, playas y tramos de costa baja. En el Mar de Alborán, a la altura de Gibraltar, afloran aguas profundas ricas en nutrientes que favorecen la puesta de la sardina y el boquerón. La pesca artesanal se extiende por todo el litoral surmediterráneo, siendo abundantes las capturas de crustáceos y moluscos bivalvos como el corruco, la almeja choca, la chirla, la coquina y la peregrina o vieira. Otras pesquerías que se ejercen en esta zona dirigen sus esfuerzos al cerco y al arrastre (Camiñas, 2004).

La distribución de las flotas y capturas en el litoral suratlántico y surmediterráneo andaluz no es homogénea. La primera concentra el 58,1% del total de embarcaciones de la flota andaluza y la mayor parte de los desembarcos.

Gráfico 1.1. Distribución del número y porcentaje de embarcaciones andaluzas por modalidad de pesca. Año 2013



Fuente: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
Elaboración propia

Por especies, las cuatro con mayor valor de la producción en la Región Suratlántica son: la sardina, la caballa del sur, el boquerón y la chirla, lo que supone un 57,3% del total de la producción. En la Región Surmediterránea, la principal especie en valor es la sardina, seguida de la caballa de sur, el jurel y el boquerón, lo que supone un 52,7% del total de la producción.

Tabla 1.1. Distribución de la producción (en toneladas y porcentajes) y del valor de las capturas (en miles de euros) por especies en la Región Suratlántica. Año 2013

	Peso (Tm)	% s/ total	Valor (10 ³ €)
Bacaladilla	1.222,90	2,9%	1.070,79
Boquerón	5.026,25	11,7%	12.442,57
Caballa del Sur o tonino	5.271,16	12,3%	2.227,95
Chirla	4.259,42	9,9%	10.271,22
Choco o jibia o sepia	1.102,67	2,6%	4.934,74
Gamba	781,74	1,8%	8.788,71
Merluza negra o merluza del Senegal	3.540,06	8,3%	7.150,08
Merluza o pescada o pescadilla	771,67	1,8%	2.497,92
Pulpo de roca o pulpo roquero	3.837,16	8,9%	11.442,43
Sardina	10.020,12	23,4%	13.997,35
Otras especies	7.071,39	16,5%	31.556,74
Total	42.904,53	100%	106.380,52

Fuente: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
Elaboración propia

Tabla 1.2. Distribución de la producción (en toneladas y porcentajes) y del valor de las capturas (en miles de euros) por especies en la Región Surmediterránea. Año 2013

	Peso (Tm)	% s/ total	Valor (10 ³ €)
Alacha	636	2,77%	173,44
Bacaladilla	600	2,61%	921,19
Boquerón	1.820	7,92%	3.717,91
Caballa del Sur o Tonino	3.502	15,24%	1.286,66
Jurel	2.121	9,23%	1.517,09
Jurel blanco	1.463	6,37%	1.063,91
Melva	630	2,74%	566,54
Pez espada o emperador	871	3,79%	4.131,02
Pulpo de roca o pulpo roquero	1.488	6,47%	4.560,14
Sardina	4.661	20,28%	7.201,96
Otras especies	5.189	22,58%	25.082
Total	22.981	100%	50.221,71

Fuente: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
Elaboración propia

El marisqueo es una actividad pesquera que goza de una larga tradición, remontándose al paleolítico. En Andalucía, la producción marisquera proviene casi en su totalidad de los caladeros que se distribuyen por todo el litoral y, en menor medida, del marisqueo a pie y de la acuicultura.

En el litoral suratlántico andaluz, la pesca artesanal se extiende por todos los puertos de la provincia de Huelva y Cádiz. Según los datos estadísticos de la producción pesquera¹ publicados por la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, en el año 2013 las capturas de chirla superaron las 4.200 toneladas y alcanzaron un valor en lonja superior a los 10 millones de euros en este año, lo que supone el 9,9% del tonelaje de especies desembarcadas y el 9,7% de su valor comercial en lonja (Tabla 1.1).

¹ [En línea] Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/servicios/estadisticas/estadisticas/pesqueras/publicaciones/prodpesq2013.html> (Consulta: 16/11/15)

En el litoral de Huelva, la principal especie en valor de la producción marisquera es la chirla (*Chamelea gallina*), seguida de la coquina (*Donax trunculus*) y el longueirón (*Solen marginatus*) (Pereira et al., 2007).

El objetivo de este trabajo de investigación es la gestión de una pesquería artesanal de interés comercial muy concreta, la pesquería de chirla, que se desarrolla en la Región Suratlántica española, garantizando la continuidad de la especie, protegiendo el medio marino y, sobre todo, permitiendo la pervivencia de la actividad pesquera como actividad económica.

El hecho de elegir esta pesquería, en concreta, se debe a que es una de las pocas que se realiza en aguas interiores –las delimitadas por las líneas de base– y en la que, por tanto, su gestión es competencia exclusiva de la Junta de Andalucía. Esto no ocurre con todas la modalidades de pesca dado que, en función de donde se encuentre faenando el buque puede estar localizado en aguas cuya gestión sea competencia estatal o en aguas de competencia autonómica en una misma jornada de pesca, con las dificultades que ello entraña para la gestión del recurso. Pero la actividad marisquera en general, y la pesca de chirla, en particular, al realizarse en zonas intermareales o muy cercanas a la costa han sido desde 1984 reguladas por la Comunidad Autónoma, tanto en el régimen de vedas, tipología y dimensión de las artes, tallas mínimas, limitaciones de esfuerzo y/o capturas como en establecimientos de censos de flotas, permisos temporales, horarios, y otras características específicas de cada modalidad.

Un hecho a destacar es la dificultad al poder disponer de información, a pesar de las mejoras experimentadas en los registros informativos y en los sistemas de recogidas de información (subastas, censo de flota mecanizado, GPS, etc.) que no existían hace diez años. Las dificultades han sido crecientes, agudizándose aún más en los últimos años. Ahora es más difícil que antes encontrar información.

Otra limitación con el que nos hemos encontrado son los Censos, pues los que periódicamente publica el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) no suelen estar actualizados, como tampoco están actualizados los listados de las embarcaciones marisqueras con draga hidráulica y rastro remolcado autorizadas a capturar chirla en la Región Suratlántica cuando salen publicados en BOJA. El último Censo publicado en febrero de 2015 no refleja la situación actual de la pesquería de chirla. De hecho, desde su publicación se han producido cambios, tanto en el número de embarcaciones de rastro como en el nombre de las embarcaciones y en el puerto base. En el Anexo I se ve una tabla con las alteraciones que se han producido desde su última actualización (Tabla AI.7).

A este problema se une el hecho de el número de tripulantes de cada embarcación tampoco es real. Saber el número exacto ha resultado ser una tarea imposible, porque varía de día en día. Por ley, las embarcaciones están obligadas a “despachar” con tres tripulantes como mínimo, pero la realidad es bien distinta, hoy pueden ser tres y mañana dos o uno, como es el caso de la draga “Punta Umbría Primero”.

En la obtención de datos agradecemos la colaboración de la Junta de Andalucía, si bien en los últimos siete años no nos ha proporcionado ningún dato para poder estimar el esfuerzo pesquero total ejercido por la flota de chirla. En un primer intento por obtenerlos, a finales de 2013 se remitió un escrito a la Junta de Andalucía, dirigido a la actual Directora General de Pesca y Acuicultura, D^a Margarita Pérez Martín, solicitando dicha información. La respuesta de la Directora fue negativa, alegando que la información que solicitábamos era muy costosa y laboriosa. En palabras textuales: *«supone un trabajo que, por su dimensión, no puede ser asumido en estos momentos por esta Dirección General»*.

Aún con riesgo a obtener, de nuevo, un “no” por respuesta, este año hemos vuelto a solicitar la información con una agregación mucho mayor y sin la

identificación concreta de los barcos, pero a pesar de ello también ha sido denegada, alegando el excesivo volumen de información a procesar, lo que ha imposibilitado utilizarla en este trabajo.

El trabajo se estructura en siete capítulos, incluyendo la introducción y las conclusiones. En los capítulos segundo y tercero se da una visión generalizada de todos los aspectos teóricos asociados con la explotación de los recursos pesqueros en régimen de libre acceso y en pesquerías reguladas. En el capítulo cuarto se desarrollan los aspectos metodológicos de las principales técnicas que se implementan en el capítulo sexto, pero antes del diseño del modelo se realiza una descripción de la evolución y situación actual de la pesquería (capítulo quinto) que nos permite en el capítulo sexto diseñar un modelo concreto y evaluar los resultados del mismo. Finalmente incorporamos en el capítulo séptimo las principales conclusiones de este trabajo de investigación.

De esta forma, en el capítulo segundo realizamos una tipología de los recursos naturales que son explotados por el hombre atendiendo a diferentes criterios, todo ello desde la perspectiva del tratamiento otorgado a los mismos en el pensamiento económico. A partir de las múltiples formas de apropiación existentes (propiedad privada, propiedad común, libre acceso) para los recursos naturales, se introducen los derechos, reglas y regímenes de derechos de propiedad para el manejo y la regulación de los mismos. Posteriormente se analizan las características de los derechos de propiedad del recurso propuestas por Scott (1988): exclusividad, durabilidad, seguridad, transferibilidad, flexibilidad y divisibilidad.

En el caso de recursos renovables, como es el que nos ocupa, se describen los factores que influyen en la dinámica de estos recursos y se incorporan los principales modelos biológicos de dinámica de poblaciones, que permiten analizar el fenómeno de la sobreexplotación. A continuación, incorporando variables relativas a la actividad extractiva, desde una perspectiva bioeconómica, se describe el modelo

ya clásico de Gordon (1954) y su implementación en el contexto de pesquerías realizado por Schaefer (1954a, 1957b). Estos modelos están diseñados en situaciones de equilibrio a largo plazo por lo que, al final del capítulo, introducimos modelos bioeconómicos dinámicos que permiten analizar la respuesta final a los cambios producidos en la pesquería por variables exógenas, y también la senda o trayectoria seguida por las principales variables de control.

En el capítulo tercero se pretende dar una visión generalizada de todos los aspectos teóricos relacionados con la ordenación o gestión de pesquerías, incluyendo también la posibilidad de descentralizar la gestión y la de aplicar un enfoque ecosistémico a la pesca. Por ello, en primer lugar, se desarrollan todos los aspectos claves que afectan a la gestión sostenible de pesquerías, enfatizando especialmente los siguientes: el proceso de toma de decisiones, la posible multiplicidad de objetivos, los principales agentes o stakeholders de la pesquería, y la posibilidad de conflictos entre estos en la consecución de objetivos diferentes.

En segundo lugar, se analizan distintos regímenes de derechos de propiedad en el contexto de la gestión pesquera, dado que desempeñan un papel fundamental para asegurar la eficacia en la gestión sostenible de los stocks, y la pervivencia futura de las pesquerías. En este sentido, en tercer lugar, la necesidad de garantizar una ordenación de los recursos pesqueros que sea lo más eficiente, efectiva y equitativa posible, y que a su vez sea capaz de solucionar los problemas que genera una pesquería de libre acceso, nos lleva a analizar los instrumentos de ordenación o regulación. Estos van desde los más sencillos, como son las vedas temporales o espaciales, las cuotas de captura y la regulación del esfuerzo pesquero, hasta los más abstractos y complejos, como son las cuotas individuales transferibles o ITQs.

En cuarto lugar, bajo un escenario de cogestión o gestión compartida de pesquerías, se analiza el papel del gobierno y de los agentes implicados en el proceso decisonal, poniendo de relieve la clasificación de acuerdos de cogestión

elaborada por Sen y Nielsen (1996) con cinco niveles (instructivo, consultivo, cooperativo, consejero, informativo), analizando las tareas, etapas del proceso y ventajas que presenta.

Finalmente también desarrollamos en el capítulo tercero lo que sería un enfoque de cogestión adaptativa y ecosistémica, dado que estos se adaptan mejor a las necesidades del sector y fomentan el intercambio de conocimientos y el aprendizaje adaptativo. Con el primero, los pescadores comparten su experiencia con otros stakeholders (administración, científicos, etc.) y, en base a esto, aprenden de sus propios éxitos y fracasos. Con la gestión pesquera basada en los ecosistemas se persigue conseguir un equilibrio entre los aspectos institucionales, humanos y ecológicos, teniendo en cuenta la situación de la pesquería, su entorno natural, y su interacción con el hombre.

En el capítulo cuarto, desarrollamos diferentes técnicas de decisión multicriterio, realizando una descripción de los métodos que componen esta gran familia de técnicas: los métodos multicriterio continuos y los discretos. Seguidamente, se realiza una descripción del enfoque multicriterio continuo conocido como programación por metas, dada la naturaleza multiobjetivo de la mayoría de las políticas pesqueras y los múltiples agentes que participan en el proceso de toma de decisiones. Además, en el contexto del paradigma multicriterio discreto se describe el Proceso Analítico Jerárquico o AHP, diseñado especialmente para incorporar las preferencias individuales. A continuación, se desarrollan los métodos aplicables para la obtención de las preferencias de grupos de individuos. Finalmente, se realiza una revisión de estas técnicas en el contexto de la gestión de pesquerías.

Dedicamos el capítulo quinto a la descripción de la pesquería de chirila (*Chamelea gallina*) del Golfo de Cádiz. La flota dedicada a esta actividad se concentra casi en su totalidad en los puertos onubenses de Ayamonte, Isla Cristina,

Lepe y Punta Umbría, y en el gaditano de Sanlúcar de Barrameda. Iniciamos el capítulo con una síntesis de la evolución histórica de la pesquería para, seguidamente, describir las artes de pesca autorizadas (draga hidráulica, rastro remolcado) y las características técnicas de la flota (arqueo, eslora, potencia). A continuación se desarrollan los principales indicadores económicos de la pesquería (precios, costes, etc.), así como las medidas regulatorias utilizadas en la misma, haciendo una distinción entre medidas técnicas de conservación, medidas de control de las capturas y medidas de control del esfuerzo pesquero. Por último, se describen los grupos que participan de forma directa o indirecta en la pesquería: cofradías de pescadores, asociaciones de armadores, organizaciones de productores, organizaciones sindicales, organismos de investigación y la Administración Pública.

En el capítulo sexto se realiza una aplicación de las técnicas descritas a la gestión de la pesquería de chirla. Esta está sustentada en base a criterios u objetivos múltiples de diferente naturaleza, por lo general en conflicto. Por ello, desde la perspectiva de la toma de decisiones con objetivos múltiples, se elabora un modelo bioeconómico multiobjetivo que describe la situación del stock de chirla, las capturas y el esfuerzo total de la pesquería. Además, en este se consideran los intereses de todos los grupos involucrados, con el objetivo final de establecer un sistema de gestión sostenible para la pesquería de chirla en un contexto de cogestión pesquera.

Desde la perspectiva de la toma de decisiones multicriterio, primeramente, se definen las variables de decisión desagregadas en tres segmentos diferentes de flota. A continuación, se definen los objetivos (biológicos, socioeconómicos, políticos) de gestión del modelo, generalmente incompatibles entre sí, y se estructuran jerárquicamente para poder aplicar la metodología del proceso analítico jerárquico o AHP. Posteriormente, se definen las metas y restricciones que representan las condiciones económicas de la flota, así como evaluaciones de la dinámica del stock,

que se llevan cabo con el modelo de Schaefer en su versión estática. Finalmente, se incorporan en el modelo las preferencias individuales de cada grupo de interés mediante el AHP. Como técnica de optimización se utiliza la programación por metas en sus diferentes versiones (ponderadas, lexicográficas, minimax, extendida).

Las conclusiones más relevantes de este trabajo se presentan en el capítulo séptimo, las metodológicas y las resultantes de la propia aplicación para la pesquería de chirila, detallando algunas líneas futuras de investigación que pueden resultar de interés.

Y para terminar esta memoria de tesis se incorpora la bibliografía y un anexo estadístico con las tablas, figuras y gráficos con toda la información relevante para el trabajo empírico.

CAPÍTULO 2

La propiedad y el libre acceso de los recursos naturales: el caso de los recursos pesqueros

2.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene por finalidad analizar los problemas biológicos-económicos asociados con la explotación de los recursos pesqueros en el libre acceso. Pero, como el recurso natural es la base sobre la que se lleva a cabo la explotación pesquera, antes de abordar el contenido del capítulo, hemos de precisar, aunque sea obvio, el concepto de recurso natural y algunas de sus posibles clasificaciones (apartado 2).

En el apartado 3 se analiza una breve revisión histórica de lo que se ha dado en llamar Economía de los Recursos Naturales, desde los economistas clásicos hasta la actualidad. En este contexto, la propiedad privada, entendida

como el derecho de gozar y disponer de un bien, posee una importancia fundamental en la explotación de los recursos naturales.

En este contexto se realiza en 2.4 una clasificación de los regímenes de propiedad imperantes en la explotación pesquera, desde la propiedad pública, pasando por la propiedad común y la propiedad privada, y culminando con el régimen de libre acceso a los recursos, siguiendo las aportaciones de Ciriacy-Wantrup y Bishop (1975) y Bromley (1989, 1991), entre otros.

Los recursos naturales de propiedad pública, que convencionalmente pertenecen al conjunto de toda la sociedad y que tradicionalmente han sido explotados en régimen de libre acceso, como pueden ser el aire, los peces o los yacimientos de petróleo, se caracterizan por ser conducidos de manera inexorable a su sobreexplotación, lo que Hardin (1968) denominaba tragedia de los comunes, por lo que en este apartado expondremos este mecanismo.

En el siguiente apartado se desarrolla la relación entre derechos de propiedad y reglas de propiedad a distintos niveles de elección –constitucional, colectivo y operacional– que configuran los derechos y determinan quiénes pueden participar en los procesos de formulación, gobernanza, modificación, diseño de políticas, apropiación y supervisión, entre otros (Ostrom, 1990). La sección finaliza con una tipología de regímenes de derechos de propiedad que incluye a regímenes de propiedad, propietarios del recurso, derechos y obligaciones de los propietarios, tal y como proponen Hanna et al. (1995).

Sobre estas premisas, en 2.6 se introducen los recursos pesqueros como recursos naturales de propiedad común, renovables, con dinámica propia marcada por pautas demográficas, y con capacidad suficiente para generar rentas una vez que han sido apropiados por los pescadores.

Desde una perspectiva biológica, se analizan las causas que provocan la sobreexplotación de una población de peces debido a la acción humana, no sin antes detallar los factores primarios cuya interrelación se incorpora en el sencillo

modelo de Russell (1931), elaborado para representar la variabilidad del stock neto de una población de peces sometidos a explotación (reclutamiento, crecimiento, mortalidad natural y mortalidad causada por la pesca).

Pero, además se detallan los principales modelos de dinámica de poblaciones desarrollados en el ámbito de la biología, tanto aquellos que agregan los factores primarios como los que describen separadamente el comportamiento de cada uno de ellos, distinguiendo entre modelos descriptivos, modelos analíticos y modelos de cohorte.

De entre todos los diferentes modelos agregados, en 2.7 desarrollamos el Modelo General de Producción de Schaefer (1954a) en su versión estática, por su sencillez, su bajo requerimiento de información, y por la elegancia de sus conclusiones: que la cantidad máxima de capturas que el medio puede sustentar de forma que se asegure la continuidad de las especies marinas a largo plazo viene determinada por el Rendimiento Máximo Sostenible o RMS. El apartado concluye con el planteamiento de otros modelos agregados, entre los cuales se destacan los elaborados por Pella y Tomlinson (1969), Fox (1970) y Walter (1973).

En 2.8 incorporamos funciones de costes e ingresos en el Modelo General de Producción de Schaefer, planteando el objetivo de maximización de la función de beneficios de la pesquería, considerada esta de forma agregada. Así pues, desde una perspectiva económica, desarrollamos el modelo bioeconómico clásico de Gordon (1954) en su versión estática, bajo la suposición de precios constantes y demandas perfectamente elásticas. Luego, determinamos analíticamente el punto de equilibrio económicamente eficiente (equilibrio bionómico) o RME que, en definitiva, coincide con el óptimo social en condiciones de explotación de propiedad privada. Por último, explicamos las causas que en el libre acceso llevan a la disipación de la renta o del rendimiento económico de la pesquería.

El análisis de Gordon (1954) proporciona unos resultados muy específicos sobre la base de unas hipótesis también muy concretas, pero que en realidad no

resultan de ayuda para explicar cuestiones sobre la distribución de la renta individual de los pescadores, ni tampoco sobre la trayectoria óptima de las capturas en el tiempo.

Por consiguiente, se considera también importante incluir en este epígrafe la generalización del Modelo Clásico, para analizar cuáles son los niveles de capturas máximos sostenibles con el óptimo social ante la existencia de externalidades en la actividad pesquera, precios y costes variables con las capturas, curvas de demandas inelásticas, etc. (Turvey, 1964; Copes, 1970; Anderson, 1973).

Con la incorporación del factor tiempo en la función de beneficios y la tasa general de descuento tratamos de completar el análisis bioeconómico de pesquerías en 2.9, dando una visión general sobre los modelos dinámicos diseñados para la gestión de pesquerías.

2.2. CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

La definición que más ha perdurado y trascendido sobre los recursos naturales, y que además ha sido objeto de la economía de los recursos naturales desde el siglo XIX, está relacionada con el concepto de aquellos bienes de consumo, de producción y activos que, a diferencia de otros bienes, no han sido hechos ni por el hombre ni a través de un proceso de fabricación iniciado por este, sino que, por el contrario, nos han sido concedidos de forma gratuita por la Naturaleza.

En palabras de Riera et al. (2005), *«los recursos naturales son aquellos bienes que provee la naturaleza y que son utilizados por las personas bien para consumirlos directamente, bien para ser utilizados en algún proceso de producción»* (p. 276).

Ahora bien, es de notar que desde la consideración de los recursos naturales como el factor “tierra” en la terminología de los economistas clásicos, se han venido sucediendo definiciones muy diversas acerca de los mismos.

Por ejemplo, la definición que nos proporciona Say (1841) está basada en la consideración de los recursos naturales como todos aquellos bienes que como el aire, el agua y la luz del sol, la Naturaleza nos concede gratuitamente sin que nos veamos obligados a producirlos. En un sentido muy extenso, esta definición

incluye no sólo los cuerpos inanimados cuya acción trabaja para crear valores, sino también las leyes del mundo físico, como la gravitación que hace descender la pesa de un reloj, el magnetismo que dirige la aguja de una brújula, la elasticidad del acero, la gravedad de la atmósfera y el calor que se desprende por la combustión, etcétera (p. 58).

Siguiendo a Common (1988), los recursos naturales suelen definirse de forma convencional como *«todos los atributos de la tierra, vivos o inanimados, que explota el hombre como fuente de alimentos, materias primas y energía»* (p. 198).

Una definición con la que William J. Reed no está muy de acuerdo, ya que no incluye al aire puro ni tampoco a la Naturaleza virgen. Por eso, citando a Common, Reed (1994) señala que, en un sentido amplio, los recursos naturales se identifican con *«todos aquellos bienes de que dispone el hombre como un “regalo de la Naturaleza”»* (p. 15), definición que permite incluir al aire puro y a la Naturaleza virgen como regalos, que aunque valorados por el hombre, no son necesariamente utilizados en un proceso productivo.

Atendiendo a sus propiedades físicas, Romero (1994) los define como *«factores que, afectando a los procesos de producción y consumo, tienen su origen en fenómenos o procesos naturales [biológicos, geológicos o químicos; muy cortos o de larga duración] que escapan al control del hombre»* (p. 15).

Desde una perspectiva puramente económica, los recursos naturales son para Romero *«factores que afectan a las actividades productivas, pero que no han sido hechos por el hombre, ni tampoco han sido hechos a través de un proceso de fabricación iniciado por el hombre»* (p. 15).

Según el mismo Gómez (1998), los recursos naturales:

tienen valor en cuanto afectan al bienestar de las personas. Así, algunos recursos naturales pueden tener un valor de uso (por ejemplo, puede tratarse de una especie fundamental para la existencia de una cadena trófica) o simplemente estético (p. ej. el paisaje). El valor de uso de un recurso puede ser directo, en cuanto provee bienes de consumo (algunos de ellos fundamentales, como el aire y el agua) [...]; o indirecto (como es el caso de los materiales y energía utilizables en la producción de mercancías y de contaminación (p. 10).

Vázquez (1999), por su parte, los concibe como *«un gran "stock" de capital del que depende no sólo nuestra capacidad productiva y de bienestar presente, sino también futura»* (p. 32).

En cuanto a la clasificación de los recursos naturales, nos encontramos con que existe una gran variedad dependiendo del criterio que se adopte, por ejemplo, tasa de regeneración, estructura material o velocidad de regeneración de los recursos¹.

La clasificación que habitualmente se viene utilizando distingue entre recursos renovables y no renovables, en base a si la tasa de regeneración del recurso es o no económicamente significativa (Reed, 1994; Surís y Varela, 1995; Riera et al., 2005). Bajo esta denominación, los animales y las plantas, así como los bosques, las pesquerías y las praderas son ejemplos de recursos naturales renovables, dado que están sujetos a una tasa de regeneración biológica natural y pueden perdurar en el tiempo si su tasa de extracción no supera su propia tasa de regeneración natural.

¹ Véanse los trabajos, por ejemplo, de Reed, W.J. (1994); Romero, C. (1994); Surís, J.C. y Varela, M.M. (1995); y Riera, P., et al. (2005).

A diferencia de los renovables, otros recursos naturales, tales como el petróleo, el gas natural y una mina de carbón son no renovables, porque no son susceptibles de regenerarse de forma natural en una escala de tiempo humana. Estos recursos tienen también la propiedad de que no pueden utilizarse indefinidamente de manera sostenible, porque su uso implicaría una reducción de su stock y se agotarían. Son recursos agotables en la terminología de Hotelling (1931).

Otra clasificación diferente distingue cuatro tipos de recursos naturales si nos centramos en la estructura material del recurso. Nos referimos a: *i)* los recursos biológicos (bosques, fauna, pesquerías, etc.), cuya regeneración está regida por fenómenos biológicos; *ii)* los recursos minerales, que pueden ser tanto de tipo metálicos (hierro, oro, etc.) como no metálicos (minerales industriales, rocas, hidrocarburos que están en el suelo o subsuelo, etc.); *iii)* los recursos energéticos, que incluyen tanto los yacimientos (carbón, gas natural, petróleo, etc.) como los recursos de aporte o de flujo (radiación solar, etc.); y, por último, *iv)* los recursos medioambientales (agua, aire, capa de ozono, etc.), como una parte esencial del sustento humano (Romero, 1994; Suris y Varela, 1995).

Finalmente, desde el punto de vista temporal, referido este a la velocidad de regeneración de los recursos naturales, la clasificación que Romero propone los agrupa en cuatro tipos: *a)* recursos no renovables (carbón, petróleo, radiación solar, etc.), cuyo uso implica su total destrucción; *b)* recursos no renovables con servicios reciclables (cobre, hierro, plata, etc.), cuyo uso implica su destrucción, aunque es recuperable en el futuro por medios industriales; *c)* recursos renovables (bosques, pesquerías, etc.), cuyo uso implica su destrucción o agotamiento pero en seguida se regeneran; y, por último, *d)* recursos ambientales (agua, aire, paisaje, etc.), cuyo uso no implica su agotamiento o, si lo hay, su velocidad de reproducción es muy rápida.

2.3. LA ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES EN EL PENSAMIENTO ECONÓMICO CLÁSICO, NEOCLÁSICO Y CONTEMPORÁNEO

Comenzamos este apartado analizando la evolución que ha experimentado el término *economía* en la historia del pensamiento económico clásico, neoclásico y contemporáneo pues, sin duda, un recorrido a lo largo de la misma nos evidencia que la definición de economía² no es única y que varía en función de su objeto de estudio. Con anterioridad al pensamiento económico clásico, la palabra economía (del latín *oeconomia* y esta a su vez del griego *οἰκονομία* [oikonomía]³) estaba asociada con un conjunto de normas que rige el buen orden de una ciudad o una casa y no existía la economía como rama del conocimiento, sino que venía integrada a la moral y a la política. El objeto de estudio de la Ciencia Económica parecía estar más orientado hacia la adquisición de cosas útiles (las riquezas) que satisfacían la necesidad del hombre, que hacia la producción de las mismas. También permanecía vigente la visión de los bienes reproducibles, así como la idea del crecimiento y perfeccionamiento de los minerales en el seno de la tierra, unida a la de los animales y las plantas. Esto explica, en palabras de Naredo (1987), que «*las minas se dejaran en reposo tras un periodo de explotación activa esperando que los minerales volvieran a reproducirse*» (p.31).

Esto fue así hasta que los cambios ideológicos e institucionales acontecidos a partir del Renacimiento impulsaron el afán de la sociedad por investigar la Naturaleza, el origen de las riquezas y el papel del hombre en el proceso económico, preparando el nacimiento de la economía que se inició en el siglo XVI, se prolongó durante los siglos XVII y XVIII, y desembocó en la configuración de la Ciencia Económica que actualmente hoy conocemos.

² El Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española en su 22.^a edición define la palabra *economía* entre sus muchas acepciones como: 1) “*Administración eficaz y razonable de los bienes*”; 2) “*Conjunto de bienes y actividades que integran la riqueza de una colectividad o un individuo*”; 3) “*Ciencia que estudia los métodos más eficaces para satisfacer las necesidades humanas materiales, mediante el empleo de bienes escasos*”. Disponible en línea en: <http://www.rae.es> (Consulta: 08/10/15).

³ Este término se descompone a su vez en dos: *οἶκος* [oikos] (casa, hogar) y *νόμος* [nom] (regla, administración). Por casa los griegos entendían todos los bienes que posee la familia. Véanse, por ejemplo, las referencias de Naredo, J.M. (1987); Say, J.B. (1841); y Schumpeter, J.A. (1954).

Durante la época de los economistas clásicos (1776-1890), el objetivo general de la Ciencia Económica versa sobre la naturaleza de las riquezas y las actividades humanas que se dirigen a la producción y acumulación de riquezas, o a su distribución y consumo. El nacimiento de la Economía como disciplina científica se atribuye, según la literatura, a la publicación de la obra *Investigación sobre la Naturaleza y Causas de la Riqueza de las Naciones* de Adam Smith, que data de 1776. En ella, el que ha sido llamado “padre de la economía política”, a través de lo que se ha llegado a conocer como la doctrina de la *mano invisible*, incorpora los tres principios básicos que sustentan todo pensamiento económico.

En primer lugar, Smith (1776) supone que «*el impulso psicológico primordial en el hombre, como ser económico, es el afán de lucro*» (p. XXXVI). En segundo lugar, «*la existencia de un orden natural en el universo, conforme al cual todos los empeños individuales, en el sentido del egoísmo, se conjugan para componer el bien social*» (p. XXXVI). Por último, y sobre la base de estos postulados, concluye que:

el mejor programa consiste en dejar que el proceso económico siga por su cuenta; [...] como "laissez-faire", liberalismo económico o no intervencionismo. [...] Puesto que existe una "mano divina" que guía a cada hombre a la obtención de su propio lucro, para contribuir al bienestar social, la consecuencia clara es que el Gobierno resulta superfluo, salvo para mantener el orden y realizar ciertas funciones de rutina (pp. XXXVI-XXXVII).

Según la concepción de Smith (1776), la Economía Política⁴ clásica constituye «*una de las ramas de la ciencia del legislador o del estadista*» (p.377) que nace para enriquecer tanto al pueblo como al soberano. Sus dos objetivos primordiales son:

El primero, suministrar al pueblo un abundante ingreso o subsistencia, o, hablando con más propiedad, habilitar a sus individuos y ponerles en condiciones de lograr

⁴ Durante el periodo clásico se designaba por el nombre Economía Política (*Political Economy*) a lo que hoy llamamos Teoría Económica o Economía (*Economics*).

por sí mismos ambas cosas; el segundo, proveer al Estado o República de rentas suficientes para los servicios públicos (p. 377).

En congruencia con Smith, otro economista clásico Thomas Robert Malthus comienza el primer capítulo de sus *Principios de Economía Política* de 1820 definiendo la Economía Política como «una ciencia cuyo objeto primordial es investigar las causas que influyen en el aumento de la riqueza» (p. 19).

Una postura diferente a la de Smith es la que mantiene David Ricardo, para quien el objeto general de la Economía Política no es el estudio de las causas de la riqueza, sino su reparto o distribución entre los miembros de una comunidad integrada por trabajadores, capitalistas y terratenientes. Y, así lo expresa en el prólogo de su obra sobre *Principios de Economía Política y Tributación* publicado en 1817:

El producto de la tierra, [...] se distribuye entre las tres clases de sociedad, es decir: los propietarios de la tierra, los dueños del capital necesario para su cultivo y los trabajadores que la cultivan. [...] El problema principal de la Economía Política consiste en determinar las leyes que regulan esta distribución (p. 31).

El ricardiano McCulloch (1825) concibe la Economía Política, en sus *Principios de Economía Política*, como «la ciencia de las leyes que regulan la producción, la acumulación, la distribución y el consumo de todos los artículos necesarios, útiles o agradables para el hombre que al mismo tiempo poseen valor de cambio» (p. 1). Mientras que Senior (1836) se refiere a ella como «la ciencia que trata de la naturaleza, la producción y la distribución de la riqueza» (p. 2).

Say (1841), por su parte, nos presenta la Economía, en los preliminares de su *Tratado de Economía Política*, como la ciencia que enseña «la manera en la que se forman, se distribuyen y se consumen las riquezas que satisfacen las necesidades de las sociedades» (p. 9).

Desde el punto de vista de Say, el objetivo de la Economía Política es precisamente:

el conocimiento de la verdadera naturaleza de las riquezas [...], de las dificultades que hay que superar para proveerse de ellas, del camino que siguen al distribuirse en la sociedad, del uso que se puede hacer de ellas, así como de las consecuencias que resultan de esos diversos hechos (p. 46).

Con este principio, la Economía Política ocupa para Say un punto intermedio entre las ciencias matemáticas y las ciencias morales como ciencia de la producción (o de la “creación de utilidad”), distribución y consumo de la riqueza.

De otra parte, el filósofo y economista inglés John Stuart Mill integra, en sus *Principios de Economía Política* de 1848, las visiones de Smith y Senior centradas en la producción de riqueza, por un lado, y las de Ricardo centradas en su distribución, por otro. Y es que Mill acepta la separación entre el pensamiento económico y el pensamiento moral y afirma, en las observaciones preliminares de sus *Principios*, que el objeto de la Economía Política va dirigido al estudio de la producción y distribución de la riqueza: «*Las leyes de la producción y la distribución, y algunas consecuencias de carácter práctico que de ellas se deducen*» (p. 45).

En el último tercio del siglo XIX, con la aparición de la corriente de pensamiento económico neoclásico (1870-1930) surge la definición de Economía como la ciencia que estudia la actividad humana dirigida a los objetos apropiados y valorados que se consideran productibles, o como la ciencia que se ocupa de la obtención de recursos materiales escasos, para distribuirlos y así satisfacer las necesidades humanas. La escuela neoclásica considera a la Economía como la ciencia que se ocupa de la asignación de recursos escasos.

El concepto de Economía como ciencia matemática aparece en el libro de Jevons (1871), *La Teoría de la Economía Política*. A su juicio, «*la Economía,*

científicamente hablando, [...] es una especie de matemática que calcula las causas y los efectos de la actividad humana y muestra cómo puede aplicarse mejor» (p. 16). Además, «*opera con cantidades*» (p. 69) y «*tiende a ser más deductiva que muchas de las ciencias físicas*» (p. 79). Igualmente, por su relación con la ciencia moral, Jevons reconoce que la Economía se debe tratar como «*un cálculo del placer y del dolor, y el objeto de la economía es maximizar la felicidad adquiriendo placer con el menor coste posible en dolor*» (p. 81).

Desde el punto de vista del economista neoclásico Walras (1874), el objetivo de la Economía Política (pura) es el análisis de la “teoría de la riqueza social”, como así nos lo deja ver en sus *Elementos de Economía Política Pura*, mientras que para el neoclásico inglés Marshall (1890), la Ciencia Económica versa sobre el estudio de la riqueza y, sobre todo, el estudio del hombre.

En el libro I de sus *Principios de Economía*, el propio Marshall concibe la Economía como una ciencia social que estudia el trabajo cotidiano del hombre con el fin de alcanzar la felicidad o el bienestar de los individuos, o sea, como el estudio de «*las actividades del hombre en los actos corrientes de la vida; examina aquella parte de la acción individual y social que está más íntimamente relacionada con la consecución y uso de los requisitos materiales del bienestar*» (p. 3). Al mismo tiempo, la Economía «*trata principalmente de aquellos móviles que afectan de un modelo más intenso y constante a la conducta del hombre en la parte comercial de su vida*» (p. 14).

Y en el libro II de sus *Principios*, Marshall añade que:

la Economía es, por una parte, una ciencia de la riqueza, y por otra, aquella parte de las ciencias sociales que estudia la acción del hombre en la sociedad, que trata de los esfuerzos de éste para satisfacer sus necesidades, en cuanto éstas y aquéllos pueden ser medidos en términos de riqueza o de su elemento representativo general, es decir, en dinero (p. 43).

En la década de los treinta del siglo XX, el economista británico Lionel Charles Robbins, influenciado por la escuela neoclásica austriaca, nos presenta una definición de Economía más actual y contemporánea, que se fundamenta en la noción de escasez de los neoclásicos tratando de buscar las esencias económicas de la conducta humana.

Según esta concepción, Robbins (1932), en su *Ensayo sobre la Naturaleza y Significación de la Ciencia Económica*, la define como «la ciencia que estudia el comportamiento humano como una relación entre fines dados y medios escasos que tienen usos alternativos» (p. 16). Y continúa diciendo que «la economía se preocupa de aquel aspecto del comportamiento que surge de la escasez de los medios para alcanzar fines dados» (p. 24).

Spencer (1971) nos presenta una visión moderna de Economía en su libro *Economía Contemporánea*, al afirmar que: «La Economía es la ciencia social cuya preocupación fundamental es el modo en que la sociedad utiliza sus limitados recursos, que tienen usos alternativos, para producir bienes y servicios para el consumo presente y futuro» (p. 3).

Por último, desde una perspectiva ambiental, Georgescu-Roegen (1993) admite que: «La economía es una ciencia que se ocupa de la especie humana que vive en sociedad dentro de un ambiente finito, o no es nada» (p. 831).

2.3.1. DEL SIGLO XVII AL XIX: DE LOS FISIÓCRATAS A LOS CLÁSICOS

Un aspecto importante a lo largo de la historia del pensamiento económico ha sido siempre determinar la naturaleza de la riqueza de las sociedades o riqueza en sentido económico.

Hasta finales del siglo XVII permanecía vigente la idea de que las riquezas eran cosas útiles que se obtenían con abundancia y gratuitamente gracias a la Naturaleza. Decía Naredo (1987) que «la actividad humana se limitaba a apropiarse de tales riquezas que la naturaleza o la gracia divina [...] ponían a

su disposición» (p. 76). Los seres humanos ni producían las riquezas ni podían modificar de forma sensible el volumen de las mismas, cuya generación se atribuía en lo esencial a la Tierra-Madre. La riqueza consistía tan solo en metales preciosos o en dinero, y solo era productiva la Naturaleza. El comercio era el único medio capaz de acumular riquezas, ya fuera por el Estado o los individuos.

En la segunda mitad del siglo XVIII, la escuela de escritores economistas franceses (los llamados “fisiócratas”⁵) y, entre ellos, el principal fundador, François Quesnay (1758) con su conocida obra *Tableau Économique*, contribuyó a desplazar el centro de interés de la Economía, desde la adquisición hacia la producción de las riquezas.

Entre sus teorías, los fisiócratas defendían la creación de riqueza con la productividad de la tierra, el libre comercio y la política de *laissez-faire*, o de no intervención gubernamental en la actividad económica. En especial, a Quesnay se le atribuye el mérito de haber sido el primero en formular de forma acabada la idea de “lo económico” como un todo coherente y ordenado, y como un “sistema” sujeto a leyes específicas descifrables con ayuda de la lógica. Para Quesnay, la producción de la tierra concernía a todas las clases sociales de la sociedad, esto es, a los agricultores arrendatarios, que constituían la verdadera clase productiva, a los artesanos y a los terratenientes o propietarios.

La agricultura desempeñó un papel muy importante en la Economía de los fisiócratas, al ser considerada la única actividad productiva capaz de crear riqueza e ingresos. Otras actividades, como la industria y el comercio, solo se limitaban, respectivamente, a transformar y distribuir la riqueza que proporcionaba la agricultura, por lo que no podían ser consideradas como actividades productivas.

Con el paso de la agricultura a la industria, en el último cuarto del siglo XVIII, se inicia una nueva visión económica conocida como la corriente de

⁵ Unos pocos franceses (Quesnay, Mirabeu y Mercier de la Rivière) constituían la secta conocida por “los economistas franceses” o “fisiócratas” de mediados del siglo XVIII.

pensamiento económico clásico, en la que, frente a las doctrinas de los fisiócratas, el trabajo se convierte en la fuente fundamental de la riqueza. Durante esta época prevalece la idea de que los recursos naturales que están a disposición de cualquiera son ilimitados e indestructibles, por lo que no pueden ser considerados como riquezas.

Los principales temas de estudio de los economistas clásicos fueron: la concepción económica de la Naturaleza; la Ley de los rendimientos decrecientes sobre la tierra planteada por Ricardo (1817); los limitantes físicos al crecimiento económico a largo plazo de la población (Malthus, 1820); y la tendencia inevitable de la Economía hacia un estado estacionario de Mill (1848).

Con la publicación de la obra de Adam Smith acerca de *La Naturaleza y Causas de la Riqueza de las Naciones* en 1776 y el comienzo de la Revolución Industrial en el siglo XIX, la tierra dejó de ser la única fuente creadora de riquezas, dando origen a otros factores productivos de origen humano, como el capital y el trabajo, de importancia en la generación de valor. Surge así de la mano del escocés Adam Smith la definición de riqueza como bienes útiles, escasos y costosos de obtener (en el sentido de trabajosos) que poseen valor de cambio. Entre los seguidores de esta teoría destacamos a los economistas ingleses Malthus (1766-1834) y Ricardo (1772-1823).

La definición sobre la riqueza que Malthus nos presenta, en la primera edición de sus *Principios de Economía Política* de 1820, es más restringida que la de Smith, y excluye a ciertos bienes materiales de la Naturaleza (el aire, la luz, la lluvia, etc.) que no requieren esfuerzo humano alguno para su apropiación o producción, quedando únicamente limitada a «*los objetos materiales, necesarios, útiles o agradables al hombre, cuya apropiación o producción ha exigido algún esfuerzo humano*» (p. 29). En ediciones posteriores de sus *Principios*, la concepción de riqueza de Malthus adquiere un sentido más amplio al eliminar la palabra esfuerzo de la definición anterior, incluyendo así a «*los objetos*

materiales, necesarios, útiles o agradables al hombre, que los individuos o naciones se apropian voluntariamente» (p. 29).

Al igual que Smith, también Ricardo (1817), al comienzo del capítulo XX de sus *Principios de Economía Política y Tributación* delimita el significado de riqueza a las «*cosas necesarias, convenientes y agradables*» (p. 225), aunque, a diferencia de este, considera que la riqueza «*no puede estimarse por la cantidad de trabajo que con ella se puede adquirir*» (p. 229).

Según la visión de Ricardo en sus *Principios*, el concepto de riqueza no está unido al valor. Es más, el trabajo es la única fuente de producción que infunde valor en los bienes económicos, y así lo deja reflejar: «*el valor se debe a la acción del trabajo o, más bien, a la actividad del hombre combinada con la acción del capital y con la de aquellos agentes que aporta la naturaleza*» (p. 233).

El economista francés Jean Baptiste Say (1841), por su parte, en su *Tratado de Economía Política* rechaza el argumento de Ricardo y mantiene que el término riqueza y valor son sinónimos, ya que considera que un individuo es más o menos rico en proporción al aumento del valor de sus posesiones y si puede disponer de bienes en abundancia.

Al mismo tiempo, Say establece una distinción entre dos tipos de bienes: por un lado, aquellos bienes que la Naturaleza nos concede gratuitamente, como el aire, el agua y la luz del sol (las “riquezas naturales”), sin que nos veamos obligados a producirlos y que por ser ilimitados no dan valor; por otro, los bienes que sí adquieren valor cuando son apropiados, como las tierras, los metales y las monedas (las “riquezas sociales”).

Say reconoce en su *Tratado* que únicamente las “riquezas sociales” constituyen las verdaderas riquezas, por lo que concluye afirmando que solo estas son el objeto de estudio de la Ciencia Económica:

Las riquezas sociales son las únicas que pueden llegar a ser objeto de un estudio científico, porque son las únicas cuyo valor no es arbitrario, las únicas que se forman, se distribuyen y se destruyen conforme a leyes que podemos asignar (p. 277).

Los pensamientos de John Stuart Mill acerca del desarrollo económico se acercan más a los de Malthus y Ricardo. Para Mill, el aumento de la riqueza no es ilimitado y el progreso económico lleva inevitablemente al estado estacionario. La definición de riqueza que viene recogida en las observaciones preliminares de sus *Principios* de 1848 incluye a «todas las cosas útiles o agradables que poseen valor de cambio» (p. 35). O, dicho con otras palabras, «todas las cosas útiles o agradables excepto aquellas que pueden obtenerse, en la cantidad deseada, sin trabajo o sacrificio alguno» (p. 35). Así pues, en el pensamiento económico de Mill, para que un bien tenga valor de cambio debe poder venderse. Las tierras y los bienes comunales, los manantiales, las minas, etc., al no poder venderse ni enajenarse, carecen de valor de cambio y, por tanto, no entran en el concepto de riqueza de Mill.

2.3.1.1. La Teoría Malthusiana sobre el Crecimiento Económico de la Población y sus Implicaciones

El estudio en detalle del proceso del crecimiento económico a largo plazo de la población fue, sin duda, uno de los temas de mayor preocupación para los economistas clásicos.

Con anterioridad a Malthus y durante el siglo XVIII prevalecía la idea de que la población, siempre que no se pusieran obstáculos, aumentaría hasta el límite impuesto por el suministro de medios de subsistencia (los alimentos). En efecto, el principio de población de Smith (1776) conserva su carácter de ley natural: «Todas las especies de animales se multiplican en proporción a los medios de subsistencia, y no hay especies que puedan hacerlo por encima de esa proporción» (p. 77).

Ahora bien, cuando el siglo XVIII llegó a su término, el principio de población de Smith dejó de tener interés a raíz de la publicación del *Primer Ensayo sobre la Población*⁶ de Malthus (1798). En dicha obra, a partir de las hipótesis de que el alimento es necesario para la existencia de la humanidad y de que la pasión entre los sexos es necesaria y que permanecerá inalterada, Malthus postula que la población aumenta inevitablemente más deprisa que los alimentos. El argumento básico y los distintos ritmos de crecimiento de la población y de la alimentación se rigen por leyes matemáticas.

Realmente, lo que Malthus sostiene en su *Ensayo* es que el crecimiento de la población, en ausencia de controles de natalidad, se hace en progresión geométrica (1, 2, 4, 8, 16, ...), en tanto que los alimentos solo aumentan en progresión aritmética (1, 2, 3, 4, 5, ...):

Considerando aceptados mis postulados, afirmo que la capacidad de crecimiento de la población es indefinidamente mayor que la capacidad de la tierra para producir alimentos para el hombre. La población, si no encuentra obstáculos, aumenta en progresión geométrica. Los alimentos tan sólo aumentan en progresión aritmética (p. 68).

Esta teoría de la población le llevó precisamente a Malthus a pronosticar las graves consecuencias que en un futuro lejano sufriría Inglaterra por el excesivo aumento de la población: «*El hambre parece ser el último y más temible recurso de la naturaleza*» (p. 142).

La Ley de la progresión geométrica a la que hacía referencia Malthus no pasó desapercibida entre sus seguidores, e influyó de manera muy significativa en el pensamiento económico contemporáneo. Así, por ejemplo, entre el grupo de los clásicos, Ricardo (1817) creyó ver, en sus *Principios*, que la teoría sobre el

⁶ El principio “maltusiano” de la población surge ya plenamente desarrollado de Botero en 1589:

Las poblaciones tienden a aumentar más allá de todo límite concebible; [...] los medios de subsistencia y las posibilidades de aumentarlos están, en cambio, limitados. Este límite que frena el crecimiento de la población se impone a través de la miseria (freno negativo o prudencial de Malthus), a menos que los individuos sean periódicamente reducidos en número por las guerras, las pestilencias y otros factores (los frenos positivos de Malthus) (citado en Schumpeter, 1954, p. 300).

crecimiento de la población de Malthus llevaría a la nación al empobrecimiento y a la miseria, mientras que la de Smith la enriquecería. Los pensamientos de Mill (1848) acerca del crecimiento de la población se acercan a los de Malthus, ya que el autor pensaba que a la larga las mejoras tecnológicas no podrían mantenerse con el aumento de población, lo que se supondría una disminución de los niveles de vida.

Pese a todo, hubo economistas clásicos postricardianos, como Nassau Senior y M. Thomas Sadler, entre otros, que se opusieron en gran parte a esta teoría. Sadler (1830) se mostró crítico con la teoría de la población de Malthus en su obra *The Law of Population*, al considerar que el crecimiento de la población no tendía a infinito. Esto le llevó a intentar sustituir la progresión geométrica de Malthus por otras leyes de crecimiento que presentaban máximos alcanzables antes de llegar al punto de presión malthusiana.

El economista neoclásico Marshall sostiene, en el libro IV de sus *Principios de Economía* de 1890, que «el aumento de la población tiende a desarrollar la organización del comercio y de la industria» (p. 142). Igualmente, admite que es posible que, en un momento determinado, la población aumente más rápidamente que la producción de alimentos, afirmando que:

Es cierto que el mal solamente queda diferido, pero se evita por el momento. El crecimiento de la población, si no es detenido por otras causas, deberá serlo en una fecha posterior por la dificultad de conseguir materias primas; pero, a pesar de la ley del rendimiento decreciente, la presión de la población sobre los medios de subsistencia puede ser restringida por largo tiempo a causa de la apertura de nuevos campos de abastecimiento (p. 142).

En el siglo XX, Joseph A. Schumpeter (1954), en su obra *Historia del Análisis Económico*, mantiene la postura de que la Ley de población de Malthus en realidad no aporta nada nuevo que no hubiesen dicho anteriormente sus antecesores (p. 300).

2.3.1.2. La Teoría de la Propiedad y el Agotamiento de los Recursos Naturales

La definición de riqueza sobre la que se levanta la Ciencia Económica se encuentra estrechamente vinculada al tipo de propiedad de los recursos naturales.

Hasta el siglo XIX subyace la idea de que la tierra es un patrimonio colectivo de la humanidad y de que, no habiendo sido producida por ningún hombre, no puede ser objeto legítimo de apropiación privada. Esta idea dejó de tener interés gracias a la teoría ricardiana de la renta (Ricardo, 1817) que aducía al rendimiento decreciente de la producción agrícola y permitía caracterizar como ingresos “no ganados” aparte de los rendimientos obtenidos de la tierra.

Smith (1776) defendía la propiedad privada y aconsejaba la venta de las tierras de la corona a manos privadas como medio de lograr su rápida mejora y buen cultivo:

Las tierras pertenecientes a la Corona de la Gran Bretaña no rinden anualmente la cuarta parte de la renta que podrían rendir si perteneciesen a dueños particulares [...] Tan pronto como esas tierras de la Corona llegasen a ser de propiedad particular, se convertirían en pocos años en terrenos bien cultivados y productivos (pp. 724-725).

Según Malthus (1820), la subsistencia se conseguiría de forma, si no feliz, al menos organizada y eficaz a través de la familia, la propiedad privada y la desigualdad entre los hombres:

La naturaleza ha proporcionado, mediante la fertilidad del suelo, mediante la facultad que tienen los hombres de emplear máquinas como sustitutos del trabajo y mediante el estímulo que representa para la actividad un sistema de propiedad privada, la posibilidad de que un sector de la sociedad goce de comodidades o servicios personales (p. 333).

La preocupación por el agotamiento y la escasez de los recursos naturales, incluidos los agrarios, los forestales, los minerales, el agua y la energía, así como

sus repercusiones en la producción y el bienestar estuvo también muy presente en las teorías económicas de los clásicos. Smith (1776), lo dejaba reflejar así en sus escritos: «*algunas minas de carbón, aunque ventajosamente situadas, no se pueden explotar porque están agotadas*» (p. 160).

Los economistas clásicos del siglo XVIII mantenían que la propiedad convierte en escasos los bienes que antes no lo eran. También creían que con la teoría del crecimiento económico a largo plazo de la población en progresión geométrica de Malthus (1798), el aumento de la población traería la escasez de los alimentos y llevaría a la sociedad a un estado estacionario. En congruencia con Malthus, David Ricardo y, más tarde, J. Stuart Mill consideraban que las existencias limitadas impondrían limitaciones al crecimiento económico. Para los economistas clásicos de principios y mediados del siglo XIX, los bienes escasos son los no productibles.

El principio de que la tierra era un patrimonio colectivo de la humanidad dejó de tener interés con la Ley de los rendimientos decrecientes de la tierra de David Ricardo. Su argumento, tal y como señala en sus *Principios* de 1817, es que cuando la tierra es uniformemente fértil y en cantidad ilimitada, nadie paga por su uso: «*[...] nadie pagará por el uso de la tierra cuando hay una gran cantidad de ella no apropiada todavía y, por ende, a disposición de cualquiera que desee cultivarla*» (p. 64). Y, añade que:

no se paga nada por la cooperación de estos agentes naturales, porque son inagotables y están a disposición de cualquiera. [...] Si toda la tierra tuviese las mismas propiedades, si fuera ilimitada en cantidad y uniforme en cantidad, no se pagaría nada por su uso (p. 65).

En lo referente a la renta de la tierra, Ricardo (1817) se mantiene en desacuerdo con Smith al afirmar, en el capítulo II de sus *Principios*, que las rentas existen tanto por la escasez de tierra fértil como por la Ley de los rendimientos decrecientes de la producción agrícola. Su teoría es que la renta de

la tierra (las tierras “marginales” que en el límite carecen de renta) debe explicarse por la existencia de suelos de diversa calidad (primera, segunda, tercera, etc.), y no por la generosidad de la Naturaleza, como sostenía Smith.

En el pensamiento de Ricardo, las mejores tierras (los terrenos fértiles “de primera calidad”) eran las primeras que se cultivan, si bien con el crecimiento de la población estas escasearían, lo que implicaría pagar más renta por su uso y extender el cultivo a las tierras de peor calidad (las menos fértiles) para abastecer la demanda de alimento empleando más esfuerzo. Como consecuencia, los costes de la producción agrícola crecerían y la renta disminuiría (principio de los rendimientos decrecientes).

El concepto de escasez de los recursos naturales fue examinado por Ricardo, en sus *Principios*, al plantear la idea de que la escasez está relacionada con la dificultad de producir, y que solo son escasos los bienes cuya oferta no puede aumentarse:

Hay algunas mercancías cuyo valor viene determinado exclusivamente por su escasez. Ningún trabajo podrá incrementar la cantidad de dichos bienes, y por tanto su valor no se verá disminuido por una oferta mayor. Tal es el caso de algunas estatuas o pinturas excepcionales, libros o monedas raras, vinos de una calidad peculiar, que sólo pueden ser elaborados con uvas cultivadas en una tierra especial, de oferta muy limitada (pp. 35-36).

Sobre la escasez de la tierra, Ricardo decía que, con la Ley de los rendimientos decrecientes, el crecimiento económico a largo plazo desaparecía debido a la escasez de las tierras productivas, y también que la tierra se hacía escasa por el mero hecho de haber sido objeto de apropiación.

Refiriéndose al derecho de propiedad privada, Say (1841), en el capítulo IV de su *Tratado de Economía Política*, admite la existencia de dos tipos de recursos naturales: por un lado, los que son de propiedad privada; por otro, los que no son apropiables porque tienen un uso común:

Entre los agentes naturales, unos son susceptibles de apropiación, es decir, de ser propiedad de quienes se apoderan de ellos, como un campo o un curso de agua; otros no son susceptibles de apropiación y siguen siendo del uso de todos, como el viento, el mar y los ríos que sirven de vehículo, la acción física o química de unas materias sobre otras, etc. (p. 61).

Y, más adelante, continúa afirmando que «el "fondo" [en el sentido de "terreno"] no es propiedad de nadie, como algunas canteras de las que se sacan piedras, como los ríos y los mares, a donde la industria va a sacar pescado, perlas, coral, etc.» (p. 63).

En lo que respecta a la propiedad privada de la tierra, en el capítulo IX de su *Tratado*, Say considera que «la tierra no es el único agente natural que tiene un poder productivo» (p. 358), aunque es el único, o casi el único, que un grupo de hombres puede tomar para sí con exclusión de los demás, «transformar en una propiedad privada y exclusiva» (p. 358) y apropiarse de los beneficios.

De otra parte, según el economista inglés John Stuart Mill, los recursos naturales adquieren valor únicamente con la propiedad privada, y esta idea la dejaba reflejar en sus *Principios de Economía Política* de 1848 al afirmar que:

Mientras la cantidad disponible de un agente natural sea prácticamente ilimitada, no puede tener ningún valor en el mercado, [...] pues nadie pagará nada por lo que puede obtener gratis. Pero tan pronto como aparece una limitación prácticamente efectiva, tan pronto como no puede obtenerse de una cosa tanto como se apropiaría y usaría si se pudiera obtener con sólo pedirla, la propiedad o el uso de ese agente natural adquiere un cierto valor de cambio (pp. 51-52).

Mill defiende la propiedad privada basada en el derecho a disponer de los frutos del propio trabajo, tal y como nos lo deja ver en sus *Principios*:

El reconocimiento, a cada persona, del derecho a disponer exclusivamente de lo que ha producido con su propio esfuerzo, o ha recibido de aquellos que lo

produjeron, ya sea como un presente, ya mediante un convenio justo, sin fuerza ni fraude (p. 206).

Por último, los pensamientos de Mill acerca de la escasez se acercan más a los de los neoclásicos que a los de Malthus y Ricardo. Y es que Mill sostiene que algunos agentes naturales, tales como el agua, la tierra, las pesquerías o la pesca de río, existen en cantidad limitada y, por consiguiente, son recursos agotables. Mill extiende igualmente este concepto a los recursos minerales no renovables:

[...] el agua existe en cantidad limitada en las orillas de un río o de un lago; pero si se necesita para regar, tal vez resulte insuficiente para llenar todas las necesidades [...] el agua es una de las cosas cuyas cantidad es de las más estrictamente limitadas [...] El carbón, los minerales metálicos y otras sustancias útiles que se encuentran en el suelo, son aún más limitados que la tierra. No sólo no se presentan más que en determinados sitios, sino que pueden agotarse [...] Las pesquerías de ballenas en el Ártico han sido insuficientes durante mucho tiempo para satisfacer la demanda existente, [...] las inmensas extensiones de las pesquerías del sur tienden a agotarse de la misma manera. La pesca de río es un recurso de carácter muy limitado y se agotaría rápidamente si se permitiera a todo el mundo usarla sin restricción (p. 51).

2.3.2. ÚLTIMO TERCIO DEL XIX Y PRINCIPIOS DEL XX: EL PENSAMIENTO NEOCLÁSICO

En el último tercio del siglo XIX, a raíz de la “revolución marginalista” en la década de 1870, desaparece la escuela clásica y surge una nueva corriente de pensamiento económico, denominada neoclásica, que cambiará la concepción de la Economía Clásica.

Con la aparición de los trabajos de sus principales fundadores –William Stanley Jevons de la escuela inglesa, Carl Menger de la escuela austriaca y León Walras de la escuela de Lausana, en Suiza– se incorpora el lenguaje matemático en el desarrollo científico de esta disciplina, si bien, se abandona el estudio de la

Naturaleza y del crecimiento económico a largo plazo de la Economía clásica. Los economistas neoclásicos insisten en que las cosas útiles limitadas en cantidad son productibles o multiplicables y apropiables. El capital y el trabajo son los únicos factores productivos para ellos.

Durante esta época se producen cambios en la definición de conceptos básicos, como la riqueza. Por ejemplo, Walras (1874), en sus *Elementos de Economía Pura*, define la riqueza social como la suma de todas

las cosas materiales o inmateriales (porque la materialidad o inmaterialidad de las cosas no es relevante en este contexto) que son "escasas", es decir, que por una parte nos son "útiles" y, por otra, existen a nuestra disposición en "cantidades limitadas" (p. 155).

Según la concepción walrasiana, la apropiación de los recursos y en consecuencia la propiedad, «que no es más que la apropiación legítima o conforme a la justicia» (p. 157), recae únicamente sobre toda la riqueza social.

Jevons (1905), por su parte, en el capítulo IV de su obra *Los Principios de la Economía*, expone que:

los recursos naturales no se incluyen bajo el término de riqueza, tal y como es usado en economía, excepto incidentalmente. Los recursos naturales han de ser considerados como condiciones necesarias de la riqueza, pero no como riqueza en sí, a menos que sean directamente aplicados a satisfacer las necesidades del hombre (p. 13).

Una visión de riqueza diferente a la de Smith es la que tiene el británico Marshall (1890), a quien no le preocupaba la causa de la riqueza. Para este, la riqueza se reduce a las cosas deseables, como así lo manifiesta en sus *Principios de Economía*:

Toda riqueza consiste en cosas deseables, es decir, en cosas que satisfacen necesidades humanas directa o indirectamente, pero no todas las cosas deseables se

consideran como riqueza [...] Cuando se habla simplemente de la "riqueza" de un hombre, [...] debe considerarse que ésta se compone de dos clases de bienes. En la primera figuran aquellos bienes materiales sobre los cuales tiene (por la ley o la costumbre) derechos de propiedad privada y que son, por tanto, transferibles y enajenables [...] A la segunda clase pertenecen aquellos bienes inmateriales que le son propios, le son externos y sirven directamente como medios que le permiten adquirir bienes materiales (pp. 47, 49).

Marshall, en el libro II de sus *Principios*, distingue dos elementos que van juntos: la propiedad y el esfuerzo humano que se asocia al trabajo. En su visión,

son "libres" aquellos bienes que no han sido apropiados y que son concedidos por la Naturaleza sin necesidad de esfuerzos por parte del hombre. La tierra en su estado originario fue un don libre de la Naturaleza [...] Los peces del mar son libres generalmente [...] Sin embargo, el trigo cultivado sobre una tierra libre y el pescado que se obtiene de pesquerías libres no son libres, ya que han sido adquiridos mediante el trabajo (p. 48).

2.3.2.1. El Problema de la Escasez de los Recursos Naturales

Las teorías económicas sobre la escasez de los recursos naturales de J. Stuart Mill, W. Stanley Jevons y A. Marshall marcan una importante transición en el pensamiento económico entre las teorías clásicas y las neoclásicas, aunque, según Barbier (1989), únicamente el trabajo de Marshall parece ser una completa transición del pensamiento económico clásico al neoclásico, y del punto de vista clásico sobre la escasez a la concepción moderna del problema de escasez de los recursos naturales.

En la década de los años sesenta del siglo XIX, la preocupación del economista británico Jevons por la escasez objetiva de los recursos naturales no renovables le llevó a contemplar la gestión de los recursos energéticos desde perspectivas económicas. En su obra de 1865, *El Problema del Carbón*, analizó los problemas derivados de la escasez física de las reservas de carbón existentes

en Gran Bretaña y llegó a pronosticar que el aumento del consumo del carbón llevaría a la subida del precio del carbón y al posible agotamiento de este recurso. Según Jevons, esto sería un grave problema para la industria inglesa que llevaría a la posible búsqueda de otras fuentes de energía con el transcurso del tiempo: «Si se agotara el carbón necesitaríamos alguna fuente de calor, así como de energía» (p. 186); o también, «[...] si nuestro carbón desapareciera, o estuviera próximo a hacerlo y tuviera un alto precio, podríamos encontrar en el viento, el agua o los molinos mareomotrices un provechoso sustituto del carbón» (p. 189).

Por otra parte, la teoría de Jevons sobre el agotamiento de los recursos se presenta como una extensión de la teoría de la población malthusiana, que le llevó a considerar el carbón como un recurso escaso y limitado cuyo consumo tenía que crecer en progresión geométrica para garantizar a la nación un idéntico grado de prosperidad y supremacía. En el capítulo IX de su obra expuso que era una «ley de crecimiento natural o la multiplicación en cuestiones sociales» (pp. 251), esto es, una ley en defensa del principio de que «los seres vivientes de la misma naturaleza y en las mismas circunstancias se multiplican a la misma razón geométrica» (pp. 194-195).

El neoclásico suizo León Walras, por su parte, no acepta la teoría inglesa del valor-trabajo de Smith y Ricardo y toma como fuente del valor la escasez de un bien. Y es que en el pensamiento de Walras (1874) solo las cosas escasas (útiles y limitadas en cantidad) tienen la cualidad de ser “apropiables”, como nos deja ver en sus *Elementos de Economía Política Pura*: «[...] las cosas útiles, al no existir más que en cantidades limitadas, son apropiables [...] de forma que nada quede para el dominio común» (pp. 156-157).

Para Walras, todas las cosas escasas son “valiosas e intercambiables” y no hay cosa escasa que no lo sea. Además, son “producibles industrialmente o multiplicables”, esto es, «[...] que tiene interés producirlas y multiplicar su cantidad en la mayor medida posible mediante esfuerzos regulares y sistemáticos» (p. 158).

Desde un punto de vista completamente diferente al de Mill y Jevons, la teoría de la escasez de los recursos naturales de Marshall (1890) se centra en el capital y el trabajo. En sus *Principios de Economía*, el autor mantiene de la escuela clásica que los productos agrícolas están sujetos a la Ley de los rendimientos decrecientes si bien, al igual que Jevons, también manifiesta su preocupación por los rendimientos decrecientes en las minas:

[...] Es cierto que encontramos continuamente una dificultad cada vez mayor en obtener una producción más grande de minerales, salvo cuando conseguimos un mayor poder sobre estos depósitos naturales por medio de mejoras introducidas [...] La continua aplicación de capital y trabajo a las minas dará por resultado una disminución en el tipo de rendimiento. Pero este rendimiento no es un rendimiento "neto", como aquel de que hablamos en la ley del rendimiento decreciente [...] El producto del campo es algo distinto del suelo, pues aquél, debidamente cultivado, mantiene su fertilidad, mientras que el producto de la mina es una parte de la propia mina (pp. 142-143).

Los *Principios* de Marshall ejercieron una fuerte influencia sobre la Economía Ambiental. El autor muestra su preocupación por el deterioro medioambiental y lo expone así:

Las bellezas naturales de un lugar de moda tienen un valor en dinero que no puede ser desconocido, pero se requiere algún esfuerzo para darse verdadera cuenta del valor que representa para los hombres, mujeres y niños el poderse pasear entre paisajes bellos y variados (p. 142).

2.3.3. SIGLO XX Y ACTUAL: EL PERIODO CONTEMPORÁNEO

En el siglo XX, Harold Hotelling (1931), con la publicación de su artículo *The Economics of Exhaustible Resources*, no solo comparte la preocupación de Jevons por el agotamiento y la escasez de los recursos naturales no renovables, sino que también proporciona los niveles óptimos de extracción de un yacimiento minero para maximizar los beneficios (Regla de Hotelling). Este principio se

extendió a la explotación de algunos recursos naturales renovables, como los forestales y pesqueros.

La preocupación de los economistas del siglo XX por el agotamiento de los recursos naturales y la contaminación ambiental les llevó a incluir en sus trabajos el medio ambiente dentro del marco analítico de la economía neoclásica. Esto originó la aparición de dos nuevas disciplinas científicas: por un lado, la denominada Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente (también conocida como Economía Ambiental); por otro, la Economía Ecológica. Las diferencias entre la una y la otra se encuentran en los supuestos básicos de partida.

Azqueta (1994), en su obra *Economía, Medio Ambiente y Economía Ambiental*, nos precisa que ambas disciplinas, aunque diferentes, se complementan. Son diferentes en tanto que:

Mientras que la economía ecológica, se movería en torno a los problemas que no presentan ninguna capacidad de elección (restricciones), la economía ambiental busca aquél campo en el que los grados de libertad son mayores, y la valoración económica adquiere sentido (p. 12).

Y se complementan en cuanto que: «[...] vuelven a converger en el campo de la política ambiental, en el que ambas recomiendan una combinación de medidas de intervención estatal, y de instrumentos de mercado» (p. 12).

La Economía Ambiental (EA) centra su atención en el estudio del problema de la contaminación (entendiendo esta como una externalidad negativa) y de la asignación intergeneracional óptima de los recursos agotables, utilizando para ello las herramientas propias del análisis económico convencional. Sus raíces se encuentran en las aportaciones de William S. Jevons, León Walras, Alfred Marshall y Harold Hotelling, pero el nacimiento de la EA se sitúa habitualmente en la década de los años cincuenta.

Los escritos sobre la teoría de las externalidades⁷ del economista Pigou (1920), *La Economía del Bienestar*, y del que fuera premio nobel de Economía en 1991, Coase (1960), *El Problema del Coste Social*, son claves para sentar los cimientos de esta disciplina durante los años setenta. Según Pigou, la existencia de externalidades supone un beneficio pero también un coste, lo que puede llevar a una asignación incorrecta de los recursos. Para mejorar esta situación y lograr un mayor bienestar social o asignación óptima de recursos, Pigou sugiere utilizar un impuesto igual al de la externalidad negativa.

Desde otro punto de vista, el economista norteamericano Coase sostiene que la economía de mercado puede ser eficiente (o Pareto óptima) cuando los derechos de propiedad sobre los recursos naturales están claramente definidos, esto es, que no hay ningún intercambio posible de bienes que permita aumentar el bienestar de alguien sin empeorar el bienestar de otra persona.

En el trabajo de Azqueta (1994), el punto de partida de la EA es:

El análisis de las razones que explican por qué el desarrollo de las actividades económicas (producción, distribución y consumo), se traduce, en un sistema de mercado, en la degradación del entorno natural [...], así como las funciones que cumplen (desde la de ser sustentos necesarios de la propia vida y su diversidad, hasta su papel en las funciones de producción de bienes y servicios, y de utilidad, pasando por la de construir también sumideros para todo tipo de residuos) (pp.9-10).

Desde el punto de vista de Pearce y Turner (1990), la economía del medio ambiente se convierte en una subdisciplina compleja dentro de la Ciencia Económica que trata de analizar: «los temas ambientales, en los límites de los sistemas económicos y naturales [...] sin duda, complejos [...] está, por tanto, en el límite entre una serie de disciplinas de ciencias sociales y ciencias naturales» (p. 30).

⁷ Las externalidades son costes o beneficios que se imponen a las personas como resultados de una actividad particular (Clark, 1976, p. 27).

La otra disciplina, la Economía Ecológica (EE), surge en el último tercio del siglo XIX, si bien no fue hasta los años setenta y ochenta del siglo XX cuando se consolidó, alcanzando una importancia relevante hasta fundar la International Society for Ecological Economics en 1988.

La EE se sustenta en conceptos físicos, como la Ley de conservación de la materia y los principios de la termodinámica (Georgescu-Roegen, 1971) para explicar los procesos productivos. A diferencia de la EA, esta estudia las relaciones entre los ecosistemas y los sistemas económicos (Constanza, 1989), y acepta como punto de partida que la Economía es un sistema abierto (Kapp, 1994) a la entrada de energía solar (Naredo, 1987) en constante interacción con los ecosistemas.

Para Nicholas Georgescu-Roegen, el principal representante de la EE contemporánea, la Economía se presenta como un flujo entrópico dentro de un sistema abierto a la entrada de energía, frente al concepto de sistema cerrado sostenido por los clásicos. Sobre la base de la termodinámica, Georgescu-Roegen (1971) sostiene que el crecimiento económico ilimitado es físicamente imposible. Y en su obra, *La Ley de la Entropía y el Proceso Económico*, el autor expone la representación analítica termodinámica de un proceso económico, y concluye que solo la termodinámica explica por qué las cosas que son útiles tienen valor de cambio. Para ello hace uso de la Ley de la conservación de la materia y de la energía (Primer Principio de la Termodinámica) y de la Ley de la degradación de la energía (Segundo Principio de la Termodinámica).

Inspirado en Malthus y Mill, el economista ecológico Daly (1989), discípulo de Georgescu-Roegen, plantea la posibilidad de mantener la economía en estado estacionario reduciendo la utilización del flujo de materia y energía en el proceso de producción.

En este contexto, Naredo (1987) señala en su trabajo, *La Economía en Evolución*, que el “sistema ecológico” «se caracteriza por ser "abierto" y "dependiente" de la energía y los materiales que intercambia con su medio

ambiente» (p. 426). En un trabajo posterior, Naredo (1994) sostiene que la primera preocupación de la EE debe ser: *«la naturaleza física de los bienes a gestionar y la lógica de los sistemas que los envuelven, considerando desde la escasez objetiva y la renovabilidad de los recursos empleados, hasta la nocividad y el posible reciclaje de los residuos generados»* (p. 378).

Según Martínez Alier, en su obra *De la Economía Ecológica al Ecologismo Popular* de 1992, la EE *«no debe ser vista como una corriente circular o espiral de valor de intercambio, [...] sino más bien como un flujo entrópico de energía y materiales de dirección única»* (pp. 66-67). En consecuencia, nos la define como:

una economía que usa los recursos renovables (agua, pesca, leña y madera, producción agrícola) con un ritmo que no exceda su tasa de renovación, y que usa los recursos agotables (petróleo, por ejemplo) con un ritmo no superior al de su sustitución por recursos renovables (energía fotovoltaica, por ejemplo). Una Economía Ecológica conserva asimismo la diversidad biológica, [...] es también una economía que genera residuos sólo en la cantidad en que el ecosistema los puede asimilar o reciclar (p. 226).

En la última década del siglo XX, la Economía de los Recursos Naturales consigue incorporar aspectos institucionales en la gestión de los recursos naturales, a través de la teoría de los costes de transacción de Coase (1960) y del análisis de las instituciones de North (1990), ganador del premio nobel de Economía en 1993. Surge así la llamada Nueva Economía Institucional (NEI), una nueva corriente dentro de la Ciencia Económica que, siguiendo a North, conserva el supuesto básico de escasez de los recursos naturales de la teoría neoclásica y los instrumentos analíticos de la teoría microeconómica, pero que, sin embargo, modifica algunos de sus fundamentos.

2.4. PROPIEDAD Y RÉGIMENES DE PROPIEDAD EN LOS RECURSOS NATURALES. LOS BIENES COMUNES

Para Ciriacy-Wantrup y Bishop (1975), «la "propiedad" designa un conjunto de derechos de uso y de transmisión (por venta, arrendamiento, herencia, etc.) de los recursos naturales» (p. 714). El autor cuando habla de propiedad se refiere a una institución social, es decir, a un sistema de decisión social «que ofrece[n] normas de decisión para adaptar y encajar a lo largo del tiempo demandas "contrapuestas" [...] de diferentes grupos de interés de una sociedad» (p. 714).

De otra parte, el economista institucional Bromley (1991, 1992) subraya que la propiedad “no” es un objeto o recurso natural como lo es la tierra. En realidad:

La propiedad es una corriente de beneficios (o de ingresos), y un derecho de propiedad es un reclamo a un flujo de beneficios que algún cuerpo superior – generalmente el gobierno– estará de acuerdo en proteger a través de la asignación del deber a otros que pueden desear, o de alguna forma interferir en la corriente de beneficios (1991, p.2; 1992, p.2).

Al hablar de propiedad se hace también necesario recordar las diferencias existentes, primero, entre los distintos tipos de bienes o recursos referidos a la naturaleza intrínseca del recurso y, segundo, entre las diferentes formas de propiedad de un recurso, ya que, de acuerdo a Wade (1987), un mismo tipo de recurso puede ser explotado bajo diferentes regímenes de propiedad (acceso abierto, común o comunal, privada, pública o estatal).

La importancia de distinguir entre el tipo de recurso y el régimen de propiedad bajo el cual se gestiona el recurso ha sido defendida por autores, tales como Ostrom y Ostrom (1977), Aguilera Klink (1987), Bromley (1989, 1991), McCay (1996) y McKean (1996), entre otros.

2.4.1. CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS BIENES O RECURSOS REFERIDOS A SU NATURALEZA FÍSICA

Desde una perspectiva económica, los trabajos de Samuelson (1954) y Musgrave (1959) establecen una distinción de bienes entre públicos y privados, según la forma de consumo de un bien y en base a dos criterios diferentes. El primero propone tener en cuenta el grado de divisibilidad que presenta su consumo (principio de rivalidad), mientras que el segundo se refiere a la facilidad o dificultad con que las personas son excluidas en el consumo de un bien (principio de exclusión).

Según Samuelson, lo que caracteriza especialmente a los bienes públicos es su indivisibilidad, es decir, que todas las personas pueden consumir la misma cantidad del bien, y que no admiten la posibilidad de dividir o repartir su consumo. A diferencia de estos, los bienes cuyo consumo puede dividirse y asignarse a diferentes consumidores son considerados como bienes privados. Para Samuelson no existe rivalidad en los bienes públicos puros, dado que no se reduce la disponibilidad física del recurso una vez utilizado o consumido por una persona.

Musgrave, por su parte, nos habla de la imposibilidad de exclusión en el consumo de los bienes públicos y afirma que es una propiedad que no comparte con los bienes privados, ya que en estos existe la posibilidad de exclusión: *«aquello que yo consumo y pago no lo consumes tú»* (p. XL).

En congruencia con Samuelson y Musgrave, algunos años después, Vincent Ostrom y Elinor Ostrom (1977) proponen una clasificación de los recursos naturales que los agrupa en cuatro clases de bienes (privados, sometidos al pago de derechos, comunes y públicos), tal y como aparecen en la Tabla 2.1, teniendo en cuenta los dos criterios independientes de: *i*) exclusión, o control de acceso al recurso; y *ii*) substracción, o rivalidad en el consumo o disfrute del recurso.

Tabla 2.1. Tipos de bienes por sus características físicas

		<i>Substracción o Rivalidad</i>	
		ALTA	BAJA
<i>Exclusión</i>	FACTIBLE	Bienes privados (alimentos, zapatos, automóviles, libros)	Bienes sometidos al pago de derechos (teatros, carreteras de peaje, tv por cable)
	INFECTIBLE	Recursos comunes (agua, bosques, peces)	Bienes públicos (calles, defensa nacional, paisaje)

Fuente: Adaptado de Ostrom, V. y Ostrom, E. (1977: 12)

Atendiendo a la clasificación anterior, los bienes privados se caracterizan por ser exclusivos y rivales, esto es, que fácilmente pueden excluir a otras personas de su uso y disfrute, y que su consumo por parte de una persona perjudica o impide el consumo para los demás.

En contraposición con los bienes privados, los bienes públicos⁸ se caracterizan por no ser exclusivos ni rivales, dado que su exclusión es imposible o sumamente costosa, y el consumo de una unidad de estos bienes no impide que otros lo usen o disfruten⁹.

Estas dos propiedades de “no exclusividad” y “no rivalidad” que presentan los llamados bienes públicos puede generar el llamado problema del gorrón o polizón (*free-rider*), esto es, de aquel individuo que tiene incentivos a beneficiarse de un bien público sin pagar por su producción (Ostrom y Ostrom, 1977).

Por otro lado, los bienes sometidos al pago de derechos (también denominados bienes de peaje o club) se caracterizan porque excluyen a las

⁸ Son los “bienes públicos puros” de McKean (1996).

⁹ Además de estas dos propiedades que caracterizan a los bienes públicos, siguiendo a Aguilera Klink (1987), hemos de añadir una tercera propiedad para este tipo de bienes: «El coste de proporcionar el bien público a un consumidor adicional es nulo» (p. 122).

personas de su acceso o uso mediante pago de algún tipo, pero una vez que tienen acceso pueden ser disfrutados por todos y su consumo no reduce la disponibilidad para los demás.

Finalmente, los bienes comunes, también conocidos como bienes comunales o recursos comunes (RC)¹⁰, son una clase de bienes para los que la exclusión de los beneficiarios al acceso es difícil o infactible, y además no pueden ser disfrutados por todos sin que impida el disfrute de otros. Un ejemplo de este tipo de bien es el pescado que una vez extraído del mar deja de estar disponible para otros pescadores.

2.4.2. TIPOLOGÍAS DE RÉGIMENES DE PROPIEDAD

Los recursos naturales pueden ser explotados bajo diferentes formas de aprovechamiento o regímenes de propiedad. Stevenson (1991) establece una clasificación de regímenes de propiedad que distingue entre: propiedad privada, propiedad común y libre acceso, de acuerdo con criterios de limitación tanto en el número de usuarios del recurso como en la extracción del recurso explotado (Tabla 2.2).

En el régimen de propiedad privada, los derechos de extracción de un recurso natural son conferidos a una persona, que es quien a su vez delimita el acceso, uso, consumo y venta de los recursos. En el supuesto de propiedad común, la explotación del recurso se realiza mediante un conjunto de reglas de uso que solo tendrán que cumplir las partes implicadas. Y, por último, en el régimen de libre acceso, o bien el acceso al recurso está limitado a un número de usuarios o bien no existe limitación en la extracción del recurso y el recurso está abierto a todos.

¹⁰ De la denominación en inglés: Common-pool resources (CPRs).

Tabla 2.2. Tricotomía de regímenes de propiedad

		<i>Institución de propiedad</i>			
<i>Limitación</i>		PROPIEDAD PRIVADA	PROPIEDAD COMÚN	LIBRE ACCESO	
				Usuario limitado	Usuario no limitado
	GRUPO	Una Persona	Solo miembros	Solo miembros	Abierto a todos
	EXTRACCIÓN	Limitación por decisión individual	Limitación por reglas	Ilimitada	Ilimitada

Fuente: Stevenson, G.G. (1991: 58)

Una clasificación diferente a la de Stevenson es la que nos proporciona Bromley (1989, 1991), quien distingue entre recursos que son controlados y gestionados en régimen de propiedad estatal, propiedad privada o propiedad común, y recursos sin propiedad (o de libre acceso).

En primer lugar, en situación de régimen de propiedad estatal, los derechos que conciernen al uso de los recursos están en manos del gobierno, que a su vez toma decisiones sobre el acceso y explotación de los recursos. En este régimen de propiedad existe una limitación por decisión: las personas pueden utilizar el recurso, pero solo si poseen un permiso del Estado, y además tienen el deber de cumplir las normas que este establece.

En segundo lugar, en el régimen de propiedad privada se le concede a un individuo (o grupos de individuos) los derechos a regular los recursos y a excluir a otros individuos de su uso y consumo, aunque dentro de ciertos límites y reglas.

En tercer lugar, en el régimen de propiedad común (o comunal¹¹), los derechos de propiedad sobre el recurso son exclusivos de un grupo de individuos que forman una comunidad reconocida de usuarios independientes (los comuneros o copropietarios). Estos derechos son inviolables y, en ciertos casos,

¹¹ En la terminología de Feeny, D., et al. (1990).

plenamente enajenables¹². Además, estos no se pierden aunque no se utilicen y la comunidad posee el derecho de excluir del acceso a los no propietarios y, posteriormente, diseñar y configurar sus pautas de funcionamiento (Ostrom, 1986; Bromley et al., 1992).

La propiedad común se puede considerar como una propiedad privada compartida del recurso en la que los individuos utilizan conjuntamente los derechos de propiedad (McKean, 1996).

Por último, el régimen de sin propiedad o de libre acceso se caracteriza porque no existen derechos de propiedad bien definidos, de forma que los recursos naturales no están controlados ni gestionados. Así pues, el acceso es libre y está abierto a todos.

Estos cuatro tipos de regímenes de propiedad anteriores lo son también para otros autores, entre los que destacamos a Ciriacy-Wantrup y Bishop (1975), Berkes et al. (1989), Feeny et al. (1990), Ostrom (1990) y Hanna et al. (1995). No obstante, hay que precisar que esta clasificación “idealizada” de propiedad, en la práctica no es universal ni inmutable ya que, de hecho, las diferentes formas de posesión de los recursos naturales presentan algunas veces combinaciones conflictivas de estos regímenes, y variaciones en el interior de cada una de ellas. Para clasificaciones parecidas véanse, por ejemplo, Demsetz (1967) y McCay (1996).

2.4.3. LA PROPIEDAD COMÚN Y EL LIBRE ACCESO DE LOS RECURSOS

La propiedad común ha sido objeto de estudio y debate entre muchos antropólogos, científicos, economistas de los recursos naturales, historiadores y sociólogos de todos los tiempos.

¹² En algunas ocasiones los derechos del grupo existen legalmente, y en otras los derechos existen de *facto* dependiendo del Estado (Bromley et al., 1992).

Tal y como se ha expuesto, en la clasificación que nos propone Bromley (1989) se distingue claramente la propiedad común del libre acceso, sin embargo, la idea generalmente aceptada desde los años 50 del siglo pasado, y difundida a través de los trabajos de Gordon (1954), Scott (1955), Demsetz (1967) y Hardin (1968), ha sido que la propiedad común, o comunal, es sinónimo de ausencia de propiedad o libre acceso. Como señala Demsetz, la propiedad común es «*un derecho que puede ser ejercido por todos los miembros de la comunidad*» (p. 354).

Lo que caracteriza a la propiedad común como sinónimo del libre acceso es: (i) la ausencia de propietarios, y la inexistencia tanto de derechos de propiedad bien definidos como de un régimen de gestión sobre el recurso; (ii) que el acceso a los recursos no está regulado, es gratuito, libre y abierto a todos (acceso sin restricciones); y (iii) que no existen limitaciones en el uso de los recursos (Gordon, 1954; Scott, 1955; Demsetz, 1967; Alchian y Demsetz, 1973).

Desde esta perspectiva, la propiedad común para algunos dificulta la gestión eficiente de los recursos naturales, y deriva en el agotamiento de los recursos a medida que su uso aumenta. Hardin (1968) pone como ejemplos: la degradación de los océanos, los ríos, el aire y los parques nacionales, siendo el resultado final de todos ellos la “tragedia de los comunes”.

Según Elinor Ostrom (2000), premio Nobel de Economía en 2009, la propiedad común es ineficiente para una gran mayoría de economistas porque origina: (1) la disipación de la renta, provocada por el hecho de que nadie es dueño del recurso hasta su apropiación, que genera una carrera no productiva por capturar el recurso antes de que otros lo hagan (Gordon, 1954; Scott, 1955; Schaefer, 1957b; Cheung, 1970; Clark, 1976, 1980); (2) unos costes de transacción y de cumplimientos elevados, en la elaboración de reglas que hacen que se reduzcan las externalidades (Coase, 1960; Demsetz, 1967); y (3) una baja productividad, debido al hecho de que nadie tiene incentivos por trabajar duro para aumentar sus propios ingresos (North, 1990).

Frente a esta idea, a partir de los años 80 del siglo XX, muchos autores empiezan a cuestionarse que la propiedad común sea sinónimo de tragedia, y ponen en sus trabajos ejemplos de recursos comunes (RC) – tales como, la caza de bisontes entre las tribus de indios norteamericanos, muchas de las tierras del Japón, los pastos comunes del Himalayas, los Andes y los Alpes suizos– que durante miles de años fueron gestionados con éxito en todo el mundo por grupos de usuarios.

Los trabajos de McCay y Acheson (1987), Wade (1987), Berkes et al. (1989), Pinkerton (1989), Feeny et al. (1990), Ostrom (1990), Bromley (1992) y McKean (1992), entre otros, han servido como punto de partida para explicar cómo las comunidades han logrado proteger los RC con éxito durante largos periodos de tiempo.

En los años 70 del pasado siglo, los economistas Ciriacy-Wantrup y Bishop (1975) nos dejaron claro que la propiedad común y el libre acceso son incompatibles, al utilizar el término “propiedad común” para referirse a «*una distribución de los derechos de propiedad sobre determinados recursos en la que ciertos titulares tienen iguales derechos al uso del recurso [y no a] “la propiedad de todos”*» (pp. 714-715).

Según los citados autores, la propiedad común se caracteriza por el cumplimiento simultáneo de estas dos condiciones: (i) que todos los propietarios tienen iguales derechos al uso del recurso; y (ii) que los usuarios del recurso no pertenecientes a la comunidad de propietarios son excluidos de su uso.

La importancia de distinguir entre la propiedad común y el libre acceso ha sido también defendida por Aguilera Klink (1987), Berkes y Farvar (1989), Bromley (1989, 1991), Feeny et al. (1990), Ostrom (1990), Pearce y Turner (1990) y McCay (1996), entre otros.

En la actualidad son muchos los economistas de los recursos naturales que, como Ciriacy-Wantrup y Bishop (1975), Aguilera Klink (1987), Feeny et al.

(1990) y Ostrom y Bromley (1991), aceptan que el agotamiento de los recursos no reside en la propiedad común, sino en la ausencia de derechos de propiedad que es lo que caracteriza a los recursos en el libre acceso. El mismo Aguilera Klink lo expresa así:

Una gran mayoría de economistas han venido identificando los recursos naturales de libre acceso con los de propiedad común, etiquetando ambos como recursos de propiedad común y asegurando que el agotamiento de los recursos es consecuencia directa de la propiedad común que, en el fondo, no es sino ausencia de propiedad» (p. 121).

2.4.4. LA GESTIÓN DE LOS COMUNES: SOLUCIONES A LA TRAGEDIA DE LOS COMUNES Y CRÍTICAS

El biólogo Garrett Hardin, en su ya famoso artículo publicado en *Science*, la tragedia de los comunes de 1968, afirma que los recursos naturales de propiedad pública cuando están abiertos a todos y son limitados están sujetos a una “tragedia”, o sea, que *«la libertad de los comunes trae la ruina de todo»* (p. 1244).

En el trabajo de Hardin, las decisiones racionales de cada individuo provocan resultados desastrosos para el grupo y cada individuo tiende a maximizar el uso individualizado de los recursos a corto plazo, lo que conduce a la sobreexplotación o degradación masiva de los recursos comunes. En palabras de Hardin: *«La ruina es el destino hacia el que todos los hombres se dirigen, cada uno persiguiendo su propio interés en una sociedad que cree en la libertad de los comunes»* (p. 1244).

A mediados de los años cincuenta del pasado siglo, los economistas Gordon (1954) y Scott (1955) sintetizaron el argumento de Hardin en sus estudios sobre la gestión de pesquerías en situación de libre acceso, aceptando que *«lo que es propiedad de muchos, no es propiedad de nadie»* (1954, p. 135;

1955, p. 116), y que, por tanto, ninguna persona que no sea propietario de los recursos se va a preocupar de conservarlos. Según Gordon: *«La riqueza que es gratis para todos no tiene valor para nadie [...] El pescado en el mar carece de valor para el pescador, porque no hay seguridad de que esté ahí mañana si queda algo hoy»* (p.135).

La tragedia de los comunes en pesquerías es, siguiendo a Jentoft (2004), el resultado de “fallos de mercados”, debido principalmente a la existencia de unos derechos de propiedad inadecuados.

Hoy en día sabemos que las predicciones de sobreexplotación inevitable de los recursos comunes se refieren a los recursos naturales de propiedad pública explotados en régimen de libre acceso. La confusión tiene que ver con la definición que se le ha venido dando a los términos “comunes” y “propiedad”, más concretamente, a la propiedad común¹³. La tragedia de los comunes es, en realidad, la tragedia del libre acceso.

Hardin (1968, 1994) propone, como solución a la “tragedia”, la privatización de los derechos de propiedad o la intervención del gobierno en la gestión de los recursos.

Al igual que Hardin, algunos autores, entre los que destacamos a Gordon (1954), Scott (1955), Demsetz (1967), Cheung (1970), Alchian y Demsetz (1973) y Smith (1981), también se muestran defensores de la asignación de derechos privados sobre los recursos que son de libre acceso. Demsetz lo ilustra con el caso de los cazadores indios de las montañas de Quebec que tuvieron que privatizar los derechos de caza que habían sido comunes en el siglo XVIII. Smith, por su parte, lo expone así:

Cuando tratamos un recurso como propiedad "común" quedamos atrapados en su destrucción inexorable [...] La única vía para evitar la tragedia de los comunes en

¹³ Elinor Ostrom (2000) cita tres fuentes de confusión entre los siguientes términos: (i) propiedad común y libre acceso; (ii) recurso común y régimen de propiedad común; y, por último, (iii) sistema de recurso (*stock*) y unidades de sistemas de recursos.

los recursos naturales y la vida salvaje es poner fin al sistema de propiedad común creando un sistema de derechos de propiedad privada (pp. 465, 467).

Sin embargo, no todos los economistas han aceptado las soluciones planteadas por Hardin. Este es el caso de Berkes et al. (1989), quienes exponen que hay muchos estudios en donde los recursos comunes que son controlados por los propios usuarios del recurso pueden manejarse con éxito sin necesidad de recurrir a la privatización de los derechos o a la regulación estatal. Algunos ejemplos son: la gestión comunitaria de una pesquería de langosta de Maine y otra de arrastre de Nueva York; los sistemas de irrigación de aguas del Sur de la India; y los bosques de Nepal y Tailandia. Desde esta perspectiva, Ostrom (1990) apunta que la privatización de los recursos no es una opción viable en la gestión de recursos móviles, como el agua, las pesquerías o la fauna silvestre terrestre.

Desde otro punto de vista diferente, se acepta que para que el régimen de propiedad común dé buenos resultados y sea sustentable a lo largo del tiempo se necesita la acción colectiva (Wade, 1987) y la construcción de instituciones, o sistemas de reglas, que incentiven la cooperación de los individuos (Olson, 1965; North, 1990; Ostrom, 1990). McKean (1992) cita en su trabajo el caso de tres pueblos japoneses que impusieron sanciones y utilizaron reglas para la gestión de tierras de uso comunitario.

En esta línea, el razonamiento de Olson (1965) sobre su teoría de “la lógica de la acción colectiva” le lleva a explicar la falta de incentivos de los individuos sin beneficios colectivos y la cooperación sin mecanismos de castigos o incentivos selectivos. En palabras de Olson:

[...] a menos que el grupo sea suficiente pequeño, o a menos que haya coacción o algún otro mecanismo especial que obligue a los individuos a actuar por intereses comunes, "los individuos racionales, egoístas no actuarán de manera colectiva para obtener beneficios comunes" (p.2).

Anderson (1974), por su parte, simula un modelo dinámico que relaciona la cantidad existente de un recurso natural con su tasa natural de regeneración y de uso. En este trabajo, el autor propone como posibles soluciones que se fijen impuestos con una tasa proporcional al uso de los recursos, o que se establezca una regulación para determinar las cantidades máximas anuales de recurso.

El mismo Wade (1987) se sustenta en experiencias reales realizadas en 31 pueblos de regadíos del sur de la India y admite la cooperación de los campesinos de forma colectiva, contradiciendo así el razonamiento de Olson. Según Wade, la probabilidad de que una comunidad gestione con éxito los recursos comunitarios va a depender de estos seis factores: (1) los recursos; (2) la tecnología; (3) la relación entre los recursos y el grupo de usuarios; (4) el grupo de usuarios; (5) la información; y (6) la relación entre los usuarios y el Estado.

También Ostrom (1990) propone la cooperación entre los individuos de comunidades implicadas en el recurso para gestionar los RC sin la necesidad externa del gobierno. En este trabajo, la autora revisa casos en los que los individuos se organizan en grupos, crean sus propias reglas locales y son capaces de construir instituciones robustas formales/informales, que consiguen sobrevivir con el paso del tiempo. Según la citada autora, la regulación y conservación de los recursos naturales dirigidos por una comunidad implica establecer diferentes recomendaciones, a modo de “principios de diseño”¹⁴, tales como la elaboración de reglas a diferentes niveles que definan claramente quiénes tienen derecho a usar el recurso y cuáles son los límites del mismo.

Ostrom (1990, 1995) nos ofrece una lista con ocho principios de diseño extraídos de numerosos estudios realizados sobre la gestión colectiva de los RC y que pueden, en efecto, utilizarse como guía para la gobernanza con éxito de los sistemas autogestionados (Tabla 2.3).

¹⁴ Por principios de diseño, Elinor Ostrom (1990) se refiere a «un elemento o condición que ayuda a explicar el éxito de estas instituciones para mantener el recurso común y lograr el respeto a las reglas generación tras generación de usuarios» (p. 90).

Tabla 2.3. Principios de diseño de instituciones sostenibles

1.- <i>Límites claramente definidos</i>	Una delimitación claramente identificada sobre cuáles son las fronteras del recurso y quiénes son los usuarios del recurso con derecho a su extracción
2.- <i>Congruencia entre las reglas de apropiación y de provisión y las condiciones locales</i>	Las reglas de apropiación que restringen el tiempo, lugar, tecnología, y/o cantidad de unidades del recurso están relacionadas con las condiciones locales y con las reglas de provisión requeridas para mantener el recurso
3.- <i>Acuerdos de elección colectiva</i>	Los acuerdos establecidos de forma colectiva permiten mantener los incentivos para cumplir así con las normas
4.- <i>Supervisión</i>	Los supervisores son los responsables del seguimiento de las normas
5.- <i>Sanciones graduales</i>	Participación de los usuarios en la imposición de sanciones graduales dirigidas a todos los que incumplen las reglas operacionales
6.- <i>Mecanismos de resolución de conflictos</i>	Los usuarios tienen un acceso rápido a mecanismos locales de bajo coste para resolver los conflictos
7.- <i>Reconocimiento mínimo de los derechos de organización</i>	Mientras que las autoridades gubernamentales externas reconozcan la legitimidad de las reglas diseñadas por los usuarios, aunque sea mínimamente, los propios usuarios podrán hacer cumplir las reglas por sí mismos
8.- <i>Instituciones anidadas</i>	La apropiación, provisión, supervisión, ejecución de las reglas, resolución de conflictos y actividades de dirección se organizan en múltiples niveles de instituciones anidadas o entrelazadas, para RC que forman parte de sistemas más grandes y complejos

Fuente: Adaptado de Ostrom (1990: 90-102; 1995: 35-40)

Por su parte, Feeny et al. (1990) y Berkes (1996) plantean la posibilidad de que tanto la propiedad privada, como la estatal, o la comunal son opciones viables para la gestión de recursos comunes.

Más concretamente, Feeny et al. se cuestionan la “tragedia de los comunes” y, en base a casos de estudios realizados en pesquerías, los autores sugieren tener en cuenta seis categorías diferentes para la gestión de los recursos

pesqueros. Estas son: (i) las motivaciones del individuo; (ii) las características de los individuos; (iii) la naturaleza de los acuerdos institucionales; (iv) las interacciones entre usuarios; (v) la habilidad de los usuarios para crear nuevos acuerdos; y (vi) el comportamiento de las autoridades.

En último lugar, otros estudios nos lleva a tener en cuenta la gestión compartida de los recursos comunes entre el gobierno y los grupos de usuarios (*enfoque de cogestión*). Por ejemplo, los trabajos de Jentoft (1989), Pinkerton (1989), McCay (1996) y Berkes et al. (2001) se centran en la utilización de este sistema de gestión con aquellos recursos que son migratorios, como es el caso de los recursos pesqueros.

2.5. DERECHOS Y REGLAS DE PROPIEDAD EN LOS RECURSOS NATURALES

Para una gran mayoría de economistas de los recursos naturales y del medio ambiente, la ausencia de derechos de propiedad no es compatible con el uso de manera sostenible de los recursos a largo plazo.

La definición de derechos de propiedad constituye el primer paso para llevar a cabo un uso sostenible de los recursos naturales. De acuerdo a Ostrom y Schlager (1996) y Ostrom (2000), los derechos de propiedad definen las acciones que los individuos pueden realizar en relación con una cuestión determinada y frente a otros individuos.

Sin embargo, en la literatura económica de los recursos naturales, los términos “derechos” y “reglas” suelen intercambiarse con bastante frecuencia. Y el concepto de “derechos de propiedad” tiende por lo general a confundirse con el concepto de “propiedad” que se establece asociado, en términos legales, no sobre el objeto en sí, sino sobre las unidades que se obtienen de él.

2.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DERECHOS DE PROPIEDAD Y TIPOS

Tal y como señalan Demsetz (1967), Alchian y Demsetz (1973) y Scott (1988), cualquier derecho de propiedad incorpora en mayor o menor grado un conjunto de diferentes cualidades o atributos estándares.

Las características más relevantes que, a juicio de Scott, deben proporcionar los derechos de propiedad de los recursos naturales son seis: (i) exclusividad; (ii) duración; (iii) cualidad del título; (iv) transferibilidad; (v) flexibilidad; y (vi) divisibilidad.

- La exclusividad, es la facultad del derecho de propiedad para excluir a otros usuarios de la explotación del recurso.
- La duración (o permanencia) de los derechos concedidos o asignados, hace referencia al periodo de tiempo durante el cual el poseedor puede ejercer su derecho.
- La cualidad del título (o seguridad), se refiere a la validez del título de propiedad conferido por los derechos.
- La transferibilidad del derecho, es la facultad del usuario a transferir temporal o permanentemente la titularidad del derecho a alguien más mediante su alquiler, venta o intercambio.
- La flexibilidad, está asociada al uso de los derechos y hace referencia a la posibilidad que tienen los titulares del derecho de estructurar libremente las operaciones necesarias para alcanzar sus objetivos.
- La divisibilidad, es la posibilidad de dividir los derechos en cuotas más pequeñas, básicamente, para permitir la compra o venta de algunas cuotas. Se puede considerar como sinónimo de rivalidad.

Desde el punto de vista de Scott (1989), las cuatro primeras características de los derechos son las más importantes. Un derecho de propiedad se dirá que es completo o perfecto, si es totalmente exclusivo, de duración infinita,

completamente seguro y totalmente transferible. Y será más completo conforme incorpore en mayor grado cada una de estas cuatro características.

Por otro lado, tanto Schlager y Ostrom (1992) como Ostrom y Schlager (1996) identifican cinco tipos diferentes de derechos de propiedad para el uso de los RC, tanto a nivel operacional (acceso y extracción) como a nivel de elección colectiva (gestión, exclusión y enajenación):

- Acceso, es el derecho a entrar en un dominio físico definido (por ejemplo: entrada en la pesquería, en un bosque, etc.) y disfrutar de los beneficios no substractivos (por ejemplo: caminatas, sentarse a disfrutar o a tomar el sol, pasear por un bosque, etc.).
- Extracción o explotación, es el derecho a obtener las unidades o los productos del recurso (por ejemplo: capturar peces, apropiarse del agua, leña, etc.).
- Gestión, es el derecho de regular las normas internas de uso del recurso y transformar el recurso mediante mejoras (por ejemplo: sembrarlo, quemarlo, etc.).
- Exclusión, es el derecho de determinar quién tendrá derecho al acceso y/o extracción del recurso, y cómo este derecho puede ser transformado.
- Enajenación o transferencia, es el derecho a vender o alquilar los derechos de gestión y/o exclusión.

Como señalan Schlager y Ostrom, la propiedad completa implica el control absoluto sobre el acceso y uso de un recurso, y otorga la capacidad de preservar al recurso para su uso privado, venta, e incluso destrucción. Generalmente, la ausencia de uno de estos derechos no constituye necesariamente un régimen de derechos de propiedad inseguro.

Estos cinco tipos de derechos de propiedad son independientes entre sí, y se pueden asignar a quienes tienen derechos de propiedad sobre el recurso:

dueños, propietarios, demandantes, usuarios autorizados y participantes autorizados (Schlager y Ostrom; Ostrom y Schlager).

Asimismo, se puede construir una escala acumulativa de derechos que comience con el derecho mínimo de acceso y termine con la situación de posesión absoluta de los cinco derechos.

En la Figura 2.1 se incluye el conjunto de derechos que posee cualquier usuario del recurso, junto con las situaciones extremas de libre acceso y propiedad privada.

Figura 2.1. Titulares de los derechos y tipos de derechos

		Titulares de los derechos				
		DUEÑO	PROPIETARIO	DEMANDANTE	USUARIO AUTORIZADO	PARTICIPANTE AUTORIZADO
Tipos de derechos	ACCESO	*	*	*	*	*
	EXTRACCIÓN	*	*	*	*	—
	GESTIÓN	*	*	*	—	—
	EXCLUSIÓN	*	*	—	—	—
	ENAJENACIÓN	*	—	—	—	—
		PROPIEDAD PRIVADA ←			→ LIBRE ACCESO	

Fuente: Adaptado de Ostrom y Schlager (1996: 133), a partir de Schlager y Ostrom (1992: 252)

Bajo este esquema, en la medida en que aumenta el número de derechos que puede poseer un individuo, o grupo, más nos alejamos del régimen de libre acceso y, en consecuencia, más cerca estamos del régimen de propiedad privada.

En una situación extrema de libre acceso, los “participantes autorizados” únicamente tienen el derecho de acceso al recurso, mientras que en un régimen de propiedad privada son los “dueños” quienes legalmente gozan de todos los derechos de propiedad. En una situación intermedia se encuentran los

“demandantes”, es decir, todos aquellos individuos que disfrutaban de tres de los derechos: acceso, extracción y gestión.

2.5.2. LAS REGLAS DE PROPIEDAD

Las reglas definen las actuaciones permitidas y prohibidas de los usuarios del recurso para el cumplimiento de los derechos de propiedad, pudiendo crear incentivos diferentes que afectan a la cooperación entre los usuarios. En un marco institucional construido por reglas, Elinor Ostrom (1990) establece una distinción entre reglas que operan en tres niveles diferentes de análisis: i) operacional; ii) de elección colectiva; y iii) de elección constitucional.

En el nivel operacional se establecen los límites al uso de los recursos. Las reglas operacionales, o de trabajo, afectan directamente a las decisiones diarias de los ciudadanos relacionadas con el cuándo, dónde y cómo se debe extraer el recurso; quién debe supervisar las acciones de los otros y cómo; qué información debe ser intercambiada; y qué premios o sanciones se asignarán a diferentes combinaciones de acciones. Pueden ser de dos tipos: unas son elaboradas por la ley (reglas formales); otras, generalmente arraigadas en las costumbres y tradiciones, se transmiten a lo largo del tiempo y no son necesariamente escritas (reglas informales).

En el segundo nivel, las reglas de elección colectiva determinan quiénes podrán participar en la organización de gestión y cómo. El diseño de las reglas a este nivel incide en el entorno institucional en el cual los individuos toman las decisiones sobre la explotación y gestión del recurso, pudiendo afectar indirectamente a las elecciones operacionales.

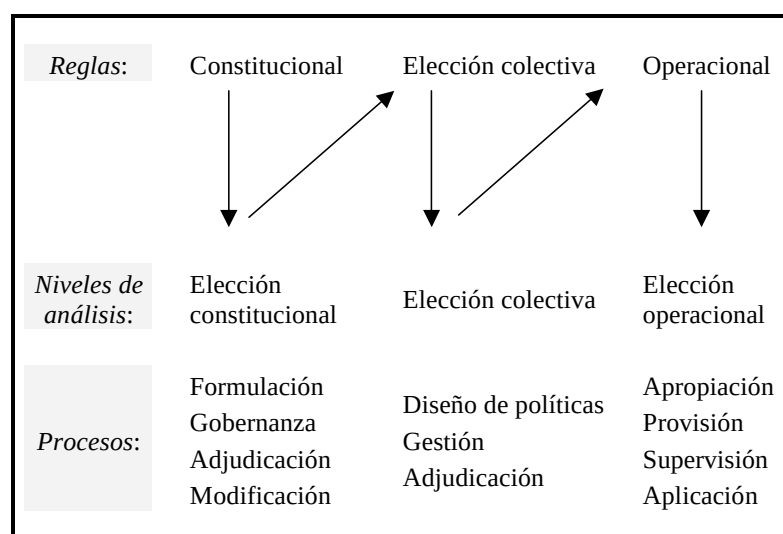
En el tercer nivel, las reglas de elección constitucional afectan a las actividades operacionales a través de sus efectos. Estas reglas determinan quiénes pueden participar tanto en los principios constitucionales como en la creación y

modificación de las reglas de elección colectiva que a su vez afectan al conjunto de reglas operacionales.

Para completar la clasificación anterior, en el esquema de reglas y niveles de análisis que sugiere Ostrom, también debemos tener en cuenta la existencia de procesos de varios tipos: (i) apropiación, provisión, supervisión y aplicación (a nivel operacional); (ii) diseño de políticas, gestión y adjudicación (a nivel de elección colectiva); y (iii) formulación, gobernanza, adjudicación y modificación (a nivel constitucional).

En la Figura 2.2 se recogen tanto los procesos como las relaciones existentes entre reglas y niveles de análisis.

Figura 2.2. Reglas, niveles de análisis y procesos



Fuente: Ostrom, E. (1990: 53)

2.5.3. TIPOLOGÍA DE REGÍMENES DE DERECHOS DE PROPIEDAD

Los regímenes de derechos de propiedad difieren unos de otros tanto por la naturaleza de la propiedad como por los derechos y las obligaciones de los propietarios, las reglas de uso y la zona geográfica de control.

En este sentido, Hanna et al. (1995, 1996) nos presentan una tipología de regímenes de derechos de propiedad construida a partir de los regímenes de propiedad privada, comunal, estatal y libre acceso, distinguiendo tanto entre el propietario del recurso como entre los derechos y las obligaciones del propietario (con respecto al acceso y uso de los recursos), en cada uno de los cuatro regímenes de propiedad.

La clasificación que se muestra en la Tabla 2.4 no es en absoluto la única, pudiéndose citar, por ejemplo, la de McCay (1996), que se caracteriza porque incluye la propiedad estatal y la propiedad común en una misma categoría.

Tabla 2.4. Tipos de regímenes de propiedad con propietarios, derechos y obligaciones

<i>Tipos de regímenes de propiedad</i>	<i>Propietario del recurso</i>	<i>Derechos del propietario</i>	<i>Obligaciones del propietario</i>
PROPIEDAD PRIVADA	INDIVIDUAL	USOS SOCIALMENTE ACEPTABLE; CONTROL DE ACCESO	EVITAR LOS USOS SOCIALMENTE NO ACEPTABLES
PROPIEDAD COMÚN	COLECTIVO	EXCLUSIÓN DE LOS NO PROPIETARIOS	MANTENIMIENTO; RESTRICCIÓN DE LAS TASAS DE USO
PROPIEDAD ESTATAL	ESTADO	DETERMINACIÓN DE LAS REGLAS	MANTENIMIENTO DE LOS OBJETIVOS SOCIALES
LIBRE ACCESO O SIN PROPIEDAD	NADIE	EXTRACCIÓN	NINGUNO

Fuente: Hanna et al. (1995: 29; 1996: 5)

De acuerdo con la clasificación de Hanna et al., frente a la situación de libre acceso en la que no hay propietarios exclusivos del recurso y todos tienen derecho a su extracción, en la propiedad privada se le asigna a un individuo el

acceso y uso del recurso, siempre dentro de ciertos límites y reglas, y se excluye a otros individuos del uso del recurso en cuestión.

Por otro lado, la propiedad común está dirigida por un grupo claramente identificable que, conjuntamente, tienen el derecho de excluir a los no propietarios del recurso, y la obligación tanto de mantener el recurso con restricciones que limiten su uso como de garantizar un uso del recurso consistente con los intereses colectivos de los propietarios. Finalmente, en un régimen de propiedad estatal es el Estado quien controla el uso del recurso, determina las reglas, y está obligado a asegurar con esas reglas el mantenimiento de los objetivos sociales.

2.6. LOS RECURSOS PESQUEROS: CARACTERÍSTICAS Y MODELOS DE DINÁMICA DE POBLACIONES

Como la mayoría de los bienes otorgados por la Naturaleza, los recursos pesqueros son bienes naturales, libremente apropiables y de uso libre, pero que una vez han sido apropiados dejan de estar disponibles para los demás. En efecto, así lo aseguraba la *Partida Tercera* que recoge el principio de libertad en su Ley XVII, al afirmar que:

Bestias salvajes, è las aves, è los pescados de la mar, è de los ríos, quien quier que los prenda son suyos, luego que los ha presos, quien prenda alguna destas cosas en la su heredad misma, ò en la agena (Berni y Catalá, 1759, p. 223).

O, tal y como ponía de manifiesto Marshall (1890) en el libro II de sus *Principios de Economía*:

Los peces del mar son libres generalmente, pero algunas pesquerías marítimas están celosamente reservadas para el uso exclusivo de los miembros de una determinada nación y pueden calificarse como propiedad nacional. Los bancos de ostras que han sido creados por el hombre no son libres en ningún sentido; los que

se han formado de un modo natural son libres en todo sentido si no han sido apropiados (p. 48).

Los recursos pesqueros ni se reproducen de manera ilimitada ni tampoco son infinitos. La realidad es que crecen y viven en un ambiente/medio marino que ofrece oportunidades y limitaciones para el desarrollo de la pesca.

Desde una perspectiva económica, una vez que han sido objeto de apropiación privada o exclusiva por los pescadores, también pueden generar rentas económicas. Se caracterizan igualmente porque son bienes escasos que tienden a agotarse cuando se encuentran abiertos a todos y sin ningún límite. Y de esta forma queda recogido en los *Principios de Economía Política* de Mill (1848):

La pesca, en el mar, es en la mayor parte de los casos un don de la naturaleza prácticamente ilimitado en cantidad; pero las pesquerías de ballenas en el Ártico han sido insuficientes durante mucho tiempo para satisfacer la demanda existente, aun al elevado precio necesario para sufragar los gastos de captura, que son considerables: y las inmensas extensiones de las pesquerías del sur tienden a agotarse de la misma manera. La pesca de río es un recurso de carácter muy limitado y se agotaría rápidamente si se permitiera a todo el mundo usarla sin restricción (p. 51).

Los recursos pesqueros son en esencia recursos naturales autorrenovables, que tienen un origen biológico y capacidad limitada para regenerar la biomasa que se extrae de ellos, es decir, son auto-sostenibles. Además, una de sus principales características es su variabilidad en el espacio y en el tiempo, causado tanto por el propio comportamiento biológico de las especies como por factores oceanográficos o climatológicos, lo que hace que la disponibilidad de los recursos pesqueros fluctúe temporal y espacialmente en ciclos de corta o larga duración.

Por último, su gestión se hace particularmente difícil debido, sobre todo, al hecho de que son recursos móviles (fugaces), no visibles y difícilmente accesibles, razón suficiente que provoca que la actividad pesquera esté sujeta a un amplio margen de incertidumbre y de riesgo.

2.6.1. DINÁMICA DE UNA POBLACIÓN DE PECES Y CAUSAS DE SU SOBREEXPLOTACIÓN

Los recursos pesqueros tienen una dinámica propia que se encuentra marcada por pautas demográficas. Los modelos matemáticos que explican la dinámica de poblaciones de peces, sometidas comercialmente a explotación, precisan que la máxima captura de equilibrio sea estimada a partir de la formulación de técnicas alternativas. Russell (1931) fue uno de los primeros autores en establecer las condiciones biológicas básicas que llevan a una “población”¹⁵ de peces explotada comercialmente a alcanzar un estado estacionario.

Al formular el modelo de Russell, conviene recordar que un concepto que resulta esencial es el de *stock*. Para Cushing (1968), un stock de peces es un grupo de individuos que tiene un área de desove común a la cual los adultos regresan año tras año. Otras definiciones se deben a los trabajos de Larkin (1972), Ricker (1975) e Ihssen et al. (1981), siendo una de las más aceptadas la propuesta por Gulland (1983), quien identifica una *unidad de stock* con un grupo de organismos cuyas posibles diferencias intraespecíficas e intercambios con otros grupos pueden ser ignorados sin que las conclusiones alcanzadas sean invalidadas.

Una definición más específica es la que nos proporcionan Sparre y Venema (1997), según la cual un *stock* es cualquier subconjunto de peces de una misma especie que presenta estas características: (i) está bien delimitado; (ii) se

¹⁵ De acuerdo al Artículo 4 del Reglamento (CE) núm. 1380/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11/12/13, sobre la Política Pesquera Común, una población es: «un recurso biológico marino existente en una zona de gestión determinada» (Consejo Europeo, 2013, L 354, p. 30).

mezcla poco con el medio; (iii) posee los mismos parámetros de crecimiento y mortalidad; y (iv) habita en un área geográfica particular.

Para un stock aislado e independiente en un sentido geográfico, o dicho con otros términos, para una *población cerrada* en la que no se tienen en cuenta los posibles efectos migratorios, si denotamos por X_{t-1} y X_t a la biomasa o peso total de la población al comienzo y término de un periodo t , respectivamente, el modelo desarrollado por Russell expresa la variación en peso de la población a través de la siguiente ecuación:

$$X_t = X_{t-1} + (R_t + C_t) - (M_t + h_t) \quad (1)$$

representando,

R_t : el peso de los individuos que habiendo alcanzado la talla mínima se incorpora al stock explotado (peces reclutados);

C_t : el crecimiento en peso de los individuos que se encuentran en la fase explotada (peces supervivientes);

M_t : el decremento en peso por muertes debidas a causas naturales, ya sea por enfermedades, escasez de alimentos, cambios climáticos o predación por otras especies (mortalidad natural);

h_t : el decremento en peso por la mortalidad causada por la actividad pesquera (mortalidad por pesca).

Así pues, si analizamos los términos de la ecuación de Russell (factores primarios), resulta evidente que bajo esta formulación:

1. El stock se mantiene estable, o en equilibrio, si se mantiene la biomasa de la población al inicio y al final de un periodo t ($X_t = X_{t-1}$), es decir, si el aumento en peso de la población debido a los reclutamientos y a los crecimientos de los individuos está compensado con las pérdidas por muertes naturales y por la actividad pesquera ($R_t + C_t = M_t + h_t$).

2. El stock crece si el peso de la población al finalizar el periodo t es mayor que al inicio del mismo ($X_t > X_{t-1}$), o sea, si el peso por reclutamiento de individuos y por crecimiento supera al peso total por muertes naturales y por capturas ($R_t + C_t > M_t + h_t$).
3. El stock decrece en todos los demás casos en los que ni 1), ni 2) ocurren.

Del mismo modo, si agrupamos todos los factores que son independientes de la acción del hombre (reclutamiento, crecimiento y muerte natural) obtendremos la función que representa la *tasa de crecimiento natural* de la población en el periodo t como:

$$F(X_t) = R_t + C_t - M_t \quad (2)$$

Considerado esta expresión, la dinámica de un stock de peces, recogida a través de la ecuación (1), puede ser descrita por la igualdad:

$$X_t - X_{t-1} = F(X_t) - h_t \quad (3)$$

En consecuencia, de acuerdo con la ecuación anterior podemos concluir que, desde un punto de vista biológico:

- La población se mantiene en equilibrio si la captura no altera el tamaño de la población (se le llama captura de equilibrio), o sea, si $h_t = F(X_t)$.
- La población se encuentra sobreexplotada si la captura supera a la tasa de crecimiento natural de dicha población, o sea, si $h_t > F(X_t)$.

Para finalizar, precisamos el hecho de que la sobrepesca puede ser producida, o bien, por un descenso de reclutamiento debido quizás a la relación densidad-dependiente entre el tamaño del stock y el número de individuos reclutados en cada periodo (sobrepesca por reclutamiento), o bien, por tamaños de malla que impiden que los individuos alcancen su talla normal (sobrepesca de crecimiento). Un claro ejemplo de sobrepesca de crecimiento en las pesquerías

demersales del Mar del Norte que data de los años 50 del siglo XX lo podemos encontrar en el trabajo de Beverton y Holt (1957).

2.6.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE DINÁMICA DE POBLACIONES

La propiedad compartida de un recurso como la pesca ha inducido a desarrollar, a partir de la ecuación de Russell (1931), varios modelos de dinámica de poblaciones desde una perspectiva biológica que consideran el efecto global neto de todos los factores sobre la biomasa, con el objetivo de determinar, como señala Schaefer (1954b), la máxima captura, o rendimiento máximo, que se puede extraer de un stock de peces para que la población de peces se mantenga sostenible a lo largo de los años (captura de equilibrio). O, lo que es lo mismo, que el sistema de explotación no dañe la capacidad de recuperación del stock, de tal manera que bajo el propio sistema de regulación se puedan realizar anualmente los aportes de biomasa, suficientes y necesarios, que mantengan la situación de equilibrio a niveles próximos del óptimo.

En todo modelo bioeconómico de gestión de pesquerías subyace un submodelo biológico de dinámica de poblaciones (Cushing, 1975) que nos ayuda a comprender y explicar un fenómeno determinado. Tales modelos pueden ser de tres tipos: Analíticos, Agregados y de Análisis de Cohortes, si bien, el punto de partida de todos ellos es la consideración del stock como un sistema dinámico abierto, en el sentido de que, como señala Von Bertalanffy (1969), «*intercambia materia con el medio circundante, que exhibe importación y exportación, constitución y degradación de sus componentes materiales*» (p. 3).

En líneas generales diremos que los Modelos Analíticos son modelos estructurados por edades en los que se incluyen las capturas por “cohorte”, es decir, las capturas por cada grupo de peces de la misma edad pertenecientes a un mismo stock. Estos presentan un mayor interés en pesquerías de arrastre, ya que

permiten el control tanto del esfuerzo pesquero¹⁶ como de la edad de la primera captura.

Se caracterizan igualmente porque consideran de forma separada las principales componentes relacionadas con los fenómenos de crecimiento y mortalidad de un stock de peces de la ecuación de Russell, por ello precisan un gran número de parámetros de la población. Se fundamentan en conceptos relacionados con: i) la tasa de mortalidad natural, que en la mayoría de los casos es constante e independiente de la edad y densidad de la población; y ii) la tasa de crecimiento individual que, desde Jones (1956), se supone que es específica de la edad.

De entre todos los Modelos Analíticos, el más importante es sin duda el de Beverton y Holt (1957), utilizado en los stocks de platija y bacalao del Mar del Norte, aunque no menos importantes son los modelos de Baranov (1918), Ricker (1944), Doi (1951) y Parrish y Jones (1953).

Frente a estos, los Modelos Agregados (también denominados Descriptivos o de Producción) precisan menos información, ya que consideran de forma conjunta todos los factores relacionados con los fenómenos biológicos que explican el comportamiento del recurso explotado (R_t , C_t y M_t). Asimismo suponen implícitamente una relación densidad-dependiente para la tasa de crecimiento de la población.

Los Modelos Agregados surgen en los años treinta del siglo XX gracias a Thompson y Bell (1934) y Graham (1935), aunque el desarrollo de los mismos no tiene lugar hasta principios de los años cincuenta a raíz de los trabajos de Schaefer (1954a, b) y de otros autores, entre los que destacamos a Ricker (1975),

¹⁶ El esfuerzo pesquero es una especie de índice que agrega todos los insumos que se utilizan en la operación de pesca, tales como el número de embarcaciones, anzuelos, artes de pesca utilizados, entre otros. En general va a depender de los sistemas empleados para la captura, de su cantidad, y de la forma en cómo estos sistemas se aplican en el tiempo y en el espacio, estando además vinculado tanto al tipo de pesquería que estemos analizando como al método de pesca y a la forma de su aplicación. El artículo 4, apartado 21, del Reglamento (CE) núm. 1380/2013 define el esfuerzo pesquero de una embarcación como el producto de la capacidad y la actividad de la embarcación. (Consejo Europeo, 2013, p. 31).

Caddy (1980), Gulland (1983) y Pauly (1984). En los trabajos de Schaefer y Beverton (1963) y Schaefer (1967), la utilización de los Modelos Analíticos y Agregados, en la pesquería del atún de aleta amarilla del Pacífico, han puesto de manifiesto la equivalencia de soluciones entre ambos modelos.

En la práctica, también existe la posibilidad de incorporar factores ambientales en los Modelos Agregados, sobre todo, en pesquerías pelágicas. En este sentido, hemos de destacar el trabajo desarrollado por Parrish y MacCall (1978) en la pesquería de caballa de California, y el de González Galán (2002), quien estima un Modelo Agregado en tiempo discreto que describe la dinámica del stock de caballa del Golfo de Cádiz, utilizando el Modelo de Gibbs como técnica de solución bayesiana.

Por otro lado, los denominados Modelos de Análisis de Cohortes, también conocidos con el nombre de Modelos de Análisis de la Población Virtual (A.P.V.), son modelos biológicos de dinámica de poblaciones que se basan en estimaciones de captura total por cada grupo de talla (Fry, 1949). Estos modelos son los utilizados en la determinación de las tasas anuales de capturas, o TAC, por el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM).

Por último, no podemos olvidarnos de la existencia de otros modelos biológicos que, aunque de naturaleza compleja, resultan especialmente adecuados en situaciones en las que el stock de peces explotado se compone de individuos de diferentes especies. En efecto, nos estamos refiriendo a los denominados Modelos Multiespecies que se utilizan principalmente en pesquerías de gran tamaño y difíciles de gestionar (véase, por ejemplo, Quirk y Smith, 1970).

2.7. ANÁLISIS BIOLÓGICO DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS: LOS MODELOS AGREGADOS

En este apartado se analiza, primeramente, el funcionamiento de la actividad pesquera utilizando los modelos agregados o descriptivos en un entorno estático en general. Posteriormente se expone el modelo biológico de producción de Schaefer (1954a), que sirve para cuantificar la cantidad de biomasa que le corresponde a la máxima captura de equilibrio de un stock de peces sometido a la explotación pesquera.

A partir de la ecuación (3) de Russell (1931), y considerando que $dX(t)/dt$ es la tasa de crecimiento de la población, la ecuación diferencial que describe en tiempo continuo la dinámica del recurso se puede establecer como sigue¹⁷:

$$\frac{dX(t)}{dt} = F[X(t)] - h(t) \quad (4)$$

donde,

$X(t)$ es la función que representa el nivel en peso de biomasa de la población en el tiempo t . Se supone definida para valores de $X(t) \geq 0$;

$F(\cdot)$ es la función de crecimiento natural de la población dada;

$h(t)$ es la función de rendimiento o cantidad de capturas de la pesquería, y representa la tasa instantánea de capturas en el tiempo t .

Matemáticamente, la función de crecimiento natural $F(\cdot)$ suele definirse en el intervalo $[\alpha, \beta]$ (con $\alpha < \beta$) verificando las siguientes tres propiedades (Conrad y Clark, 1987):

- i) $F[X(t)] \leq 0$ si $0 \leq X(t) \leq \alpha$;
 - ii) $F[X(t)] > 0$ si $\alpha < X(t) < \beta$;
 - iii) $F[X(t)] < 0$ si $X(t) \geq \beta$.
- (5)

¹⁷ Véase, por ejemplo, Clark, C.W. (1976).

Con relación a la tasa instantánea de capturas $h(t)$, desde el punto de vista biológico suele considerarse proporcional al tamaño del stock $X(t)$ y al esfuerzo pesquero $E(t)$ desarrollado por la flota en el tiempo t (Baranov, 1918; Graham, 1935; Schaefer, 1954a; Ricker, 1975; Schnute, 1977; Roff, 1983).

Siguiendo a Schaefer, el rendimiento $h(t)$ se puede expresar como producto de la biomasa $X(t)$ y de una función ϕ llamada tasa instantánea de mortalidad por pesca que depende del esfuerzo pesquero $E(t)$, o sea, que:

$$h(t) \equiv h(E, X) = \phi(E) \cdot X(t) \quad (6)$$

Así pues, diremos que las capturas se realizan de forma sostenible cuando coincidan con el crecimiento vegetativo de la población, o sea, cuando $h(t) \equiv F[X(t)]$. En tal caso, al nivel máximo de capturas posibles compatibles con un equilibrio sustentable y estable de la población a largo plazo se le denomina máximo rendimiento sostenible o RMS: $h_{\text{RMS}} = \max F(X)$.

En contraste, cuando el número de capturas supere el crecimiento vegetativo de la población, $h(t) > F(X)$, la pesquería tenderá a su agotamiento o colapso.

2.7.1. EL MODELO GENERAL DE PRODUCCIÓN DE SCHAEFER

El modelo general de producción de Schaefer (1954a) es uno de los modelos más utilizados para examinar cómo puede variar el crecimiento de la biomasa en función de ella misma. Dada su naturaleza de modelo agregado, como se ha comentado anteriormente, no se distinguen los factores que determinan el crecimiento natural neto del recurso (reclutamiento, crecimiento en peso y mortalidad natural) sino que, por el contrario, el stock es tratado en su globalidad considerando, bajo unas condiciones ambientales constantes, que dicho crecimiento es función únicamente del tamaño de la biomasa.

El modelo de Schaefer se caracteriza igualmente porque contiene variables y parámetros. En el caso de las variables, hay una independiente que representa el tiempo, t , y cuatro dependientes, que son:

- La biomasa de la población o biomasa explotable en t , que asumimos positiva, $X(t) \geq 0$.
- La tasa de esfuerzo pesquero, $E(t)$.
- La tasa de captura, $h(t)$.
- La tasa de captura por unidad de esfuerzo o CPUE, $U(t)$.

Por otro lado, con respecto a los parámetros del modelo de Schaefer se consideran los siguientes tres:

- La tasa intrínseca de crecimiento (r), es el parámetro de la curva de crecimiento; toma valores positivos diferentes según la especie.
- La capacidad de carga, del ambiente o saturación (K), representa el equilibrio natural de la población, es decir, el nivel máximo asintótico de biomasa sustentable por el medio ambiente de manera natural en ausencia de la intervención humana (biomasa en equilibrio).
- El coeficiente de capturabilidad (q), es una constante que depende de la eficiencia de la actividad pesquera. Representa la tasa instantánea de mortalidad de pesca causada por unidad de esfuerzo pesquero.

Suponiendo una población de peces sometida a explotación a una tasa de captura $h(t)$, el modelo de Schaefer se compone inicialmente de dos ecuaciones, si bien para su estimación se suele añadir una tercera, las cuales vienen formuladas según las expresiones:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = F[X(t)] - h(t) \\ h(t) = q \cdot E(t) \cdot X(t) \quad \text{con } q = \text{constante} \end{cases} \quad (7)$$

La primera ecuación del modelo anterior, definida como diferencia de la función de crecimiento natural de la biomasa del stock y de la tasa de capturas, representa la tasa de crecimiento de la población.

Respecto a la función de rendimiento o tasa de capturas, cuantificada mediante la segunda ecuación del modelo, Schaefer (1954a) supone que la captura por unidad de esfuerzo ejercido es directamente proporcional al tamaño de la población, $X(t)$ ¹⁸. La forma que adopta esta función de capturas, o de producción, de Schaefer es un caso especial de la función de tipo Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala y exponentes restringidos a la unidad¹⁹.

Para el proceso de estimación de los parámetros del modelo de Schaefer suele añadirse una tercera ecuación, tal como (8), que define la CPUE, $U(t)$, como función directamente proporcional a la biomasa:

$$U(t) \equiv U(X(t)) = q \cdot X(t) \quad (8)$$

Ahora bien, suponiendo que el esfuerzo ejercido $E(t)$ es estrictamente positivo, $U(t)$ se puede obtener mediante el cociente entre la tasa de captura y el esfuerzo pesquero a partir de la segunda ecuación del modelo de Schaefer (7), es decir, como:

¹⁸ Como apunta Clark (1976), la hipótesis que subyace a la segunda ecuación del modelo de Schaefer deriva simplemente del hecho de que la captura por unidad de esfuerzo h/E es proporcional al nivel de biomasa, para todos los niveles de E y X .

¹⁹ Utilizar una función de capturas de tipo potencial es lo más usual, pues las elasticidades del nivel de capturas con relación al esfuerzo pesquero y al nivel de biomasa son iguales a la unidad. Sin embargo, algunos autores, como Clark y Munro (1975) prefieren utilizar en su análisis una función del tipo: $y = qX^\alpha E^\beta$, $\forall \alpha \geq 0$. Véase también el trabajo de Clark (1976) para funciones Cobb-Douglas de la forma: $y = qX^\alpha E^\beta$, con $0 < \alpha$ y $\beta < 1$.

$$U(t) \equiv U(E(t)) = \frac{h(t)}{E(t)} \quad (9)$$

No obstante, hay que señalar que, aunque de entrada se podría pensar en formular la tercera ecuación del modelo de Schaefer con la expresión anterior obtenida para las capturas por unidad de esfuerzo, lo cierto es que su limitación a valores de $E \neq 0$ nos lleva a utilizar la ecuación (8) que es válida siempre y tiene sentido para todo valor de E , incluido el cero.

Para la estimación de la CPUE se puede utilizar una de las múltiples metodologías descritas por Schaefer (1957a), Fox (1970), Walter (1973), Schnute (1977) o Hilborn y Walters (1992).

Ahora bien, bajo el supuesto de ausencia de explotación, no hay capturas y, en consecuencia, la población tiende a su equilibrio natural K . En tal caso, se pueden simplificar las dos ecuaciones del modelo de Schaefer (7) y reducirlas a una sola que venga dada según la expresión:

$$\frac{dX}{dt} = F[X(t)] \quad (10)$$

La función empleada por Schaefer (1954a) para representar el crecimiento natural de la biomasa pesquera $F(\cdot)$ en tiempo continuo es la curva logística de Verhulst-Pearl²⁰, que se caracteriza por depender tanto de la biomasa de la población como de las condiciones ambientales, r y K , supuestamente consideradas estables y constantes. Esta viene dada por una ecuación diferencial no lineal de primer orden de la forma:

$$F[X(t)] = r \cdot X(t) \cdot \left(1 - \frac{X(t)}{K}\right) \quad (11)$$

La curva anterior satisface las siguientes tres propiedades:

²⁰ El nombre de la curva logística de crecimiento de la biomasa del modelo de Schaefer se le atribuye por primera vez a Pierre F. Verhulst (1838), quién la propuso para exponer su teoría sobre el crecimiento de una población, si bien este trabajo pasó casi al olvido. Casi un siglo después, fue Raymond Pearl quien la redescubrió en 1920. Una explicación de la curva logística de Verhulst-Pearl puede verse en el trabajo de Evelyn Hutchinson (1981).

1. Toma valores positivos, siempre que los niveles de biomasa no superen el nivel de equilibrio natural K :

$$F[X(t)] \geq 0 \quad \forall X(t) \in [0, K] \quad (12)$$

donde los extremos del intervalo $[0, K]$ representan los niveles mínimo y máximo de biomasa, respectivamente.

2. El crecimiento natural de biomasa es cero, tanto para un stock nulo como para el stock de biomasa que corresponde al equilibrio natural:

$$F[X(t)] = 0 \quad \text{si } X(t) = 0, K \quad (13)$$

3. La curva de crecimiento es cóncava hacia el eje de abscisas, y presenta un máximo cuando $X(t) = K/2$:

$$\frac{d^2 F[X(t)]}{dt^2} \leq 0 \quad \forall X(t) \in [0, K] \quad (14)$$

$$\left(X(t), \frac{dX}{dt} \right)_{MAX} = \left(\frac{K}{2}, \frac{rK}{4} \right) \quad (15)$$

Gráficamente, $F(\cdot)$ es una función cuadrática que adopta la forma de parábola invertida hacia el eje positivo de abscisas, corta a dicho eje en los puntos $X(t) = 0$ y K , y presenta un máximo en $X(t) = K/2$, tal y como puede verse en la Figura 2.3:

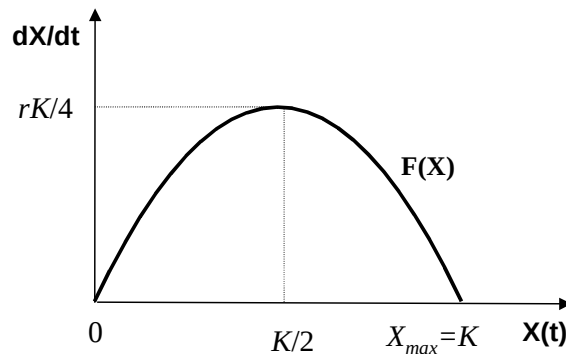


Figura 2.3. Tasa natural de crecimiento de una población según el modelo de Schaefer (1954a)

Por otro lado, resolviendo la ecuación diferencial (11), por el método de las variables separables, obtenemos fácilmente la trayectoria del stock no explotado $X(t)$, como:

$$X(t) = \frac{K}{1 - \left(1 - \frac{K}{X(0)}\right) \cdot e^{-rt}} \quad (16)$$

Gráficamente, la curva solución a lo largo del tiempo es una función con forma de *sigmoide*, simétrica respecto a un punto de inflexión que se presenta, por lo general, en un nivel de biomasa $X(t) = K/2$. Se caracteriza igualmente porque: (1) crece lentamente cuando la cantidad de biomasa $X(t)$ de la población es pequeña; (2) aumenta exponencialmente cuando la cantidad de biomasa se incrementa; y (3) tiende a estabilizarse conforme la cantidad de biomasa va aumentando debido a resistencias ambientales (Figura 2.4).

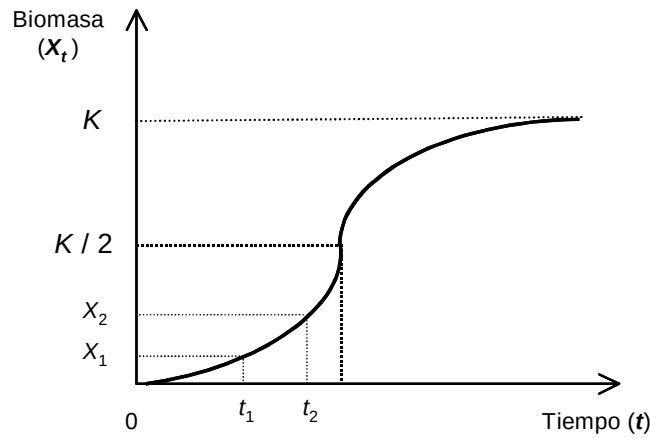


Figura 2.4. Trayectoria del stock no explotado según el modelo de Schaefer (1954a)

De la Figura 2.4 se deduce que X es un rendimiento sustentable o sostenible si durante el periodo de tiempo $\Delta t = t_2 - t_1$ las capturas se igualan al incremento natural de biomasa $\Delta X = X_2 - X_1$, o sea, si se cumple la igualdad $h(t) = \Delta X$, lo que significa que la población al final de ese periodo se va a

encontrar al mismo nivel que al principio del mismo y, por tanto, puede regenerarse. En cambio, si las capturas en el periodo Δt superan el incremento natural de biomasa ΔX , entonces el rendimiento no será sostenible y, por consiguiente, a largo plazo se acabará produciendo el agotamiento y colapso de la pesquería.

Bajo el supuesto de explotación pesquera, la situación de equilibrio biológico de la pesquería exige que las capturas se realicen según una base sustentable, para lo cual forzosamente la tasa de crecimiento de la población debe ser nula ($dX/dt = 0$), o dicho con otras palabras, debe ocurrir que la función de crecimiento natural de la población $F(\cdot)$ y el rendimiento o cantidad de capturas $h(t)$ se igualen ($F[X(t)] = h(t)$). Según el modelo de Schaefer debe verificarse la siguiente igualdad:

$$r \cdot X(t) \left(1 - \frac{X(t)}{K} \right) = q \cdot E(t) \cdot X(t) \quad (17)$$

A niveles de esfuerzos constantes ($E(t) \equiv E$), si en la ecuación anterior expresamos el stock de biomasa (X), en función del esfuerzo pesquero ejercido (E), obtenemos la población de equilibrio sostenido como:

$$X = K \left(1 - \frac{q}{r} E \right) \quad (18)$$

Y, por sustitución en la segunda ecuación del modelo de Schaefer (7), podemos obtener la ecuación que determina el rendimiento o nivel de capturas en función del esfuerzo como:

$$h(E) = q \cdot K \cdot E \left(1 - \frac{q}{r} E \right) \quad (19)$$

Para completar el análisis de Schaefer vamos a calcular los niveles de esfuerzo y captura de equilibrio biológico. Cuantitativamente, el nivel máximo de esfuerzo pesquero en situación de equilibrio biológico que le corresponde al

Rendimiento Máximo Sostenible o RMS, al que llamaremos E_{RMS} , se obtiene de igualar a cero la primera derivada de la expresión anterior ($dh/dE = 0$) y, seguidamente, despejar el esfuerzo pesquero E :

$$qK\left(1 - 2\frac{q}{r}E\right) = 0 \Rightarrow E_{RMS} = \frac{r}{2q} \quad (20)$$

A partir de aquí se obtiene el rendimiento máximo o nivel máximo de capturas sostenible que le corresponde al esfuerzo del RMS, h_{RMS} . Su valor es:

$$h(max) = h_{RMS} = \frac{rK}{4} \quad (21)$$

Evidentemente, resulta obvio comprobar cómo, a partir de la segunda derivada, el valor del esfuerzo que anula la primera derivada es efectivamente un máximo, pues:

$$\frac{d^2h}{dE^2} < 0 \Rightarrow \frac{2q^2K}{r} < 0 \quad (22)$$

Gráficamente, la función de esfuerzo-rendimiento del modelo biológico de producción de Schaefer adopta forma de parábola invertida, tal y como se muestra en la Figura 2.5.

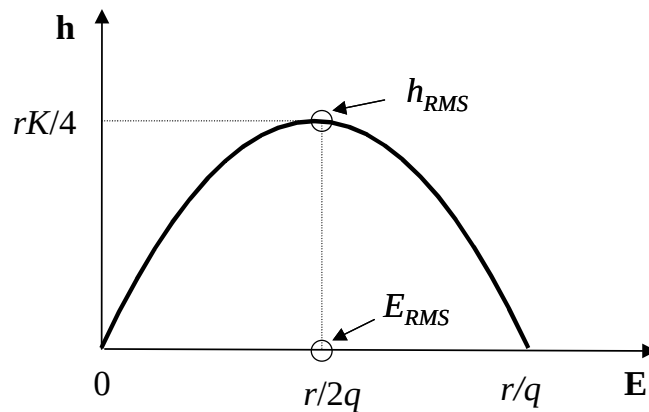


Figura 2.5. Curva de esfuerzo-rendimiento del modelo de Schaefer (1954a) con esfuerzo y captura del RMS

Por consiguiente, desde un punto de vista estrictamente biológico o físico, el óptimo de la pesquería debe situarse en el máximo de la curva de capturas sostenibles, o RMS, donde la productividad en términos físicos del esfuerzo es máxima.

2.7.2. OTROS MODELOS AGREGADOS

La función de crecimiento natural de Schaefer (1954a) ha sido adoptada por muchos autores, de una forma más general, para representar comportamientos de algunos recursos cuya tasa de variación no goza de la simetría inherente a la curva logística, dando lugar así a otros modelos agregados, entre los que destacamos estos tres:

- El Modelo de Pella y Tomlinson (1969), es una generalización del modelo de Schaefer que utiliza una función de crecimiento natural de tipo potencial, pero en este caso es de la forma:

$$F[X(t)] = r \cdot X(t) \cdot \left(1 - \frac{X^{m-1}}{K}\right) \quad (23)$$

Resulta que para el caso particular $m = 2$, ambos modelos coinciden.

- El Modelo de Fox (1970), coincide con el modelo de Pella y Tomlinson cuando m tiende a infinito:

$$F[X(t)] = r \cdot X(t) \cdot \left(1 - \frac{\ln(X)}{K}\right) \quad (24)$$

- El Modelo de Walter (1973), es una adaptación de los modelos anteriores a poblaciones que siguen comportamientos oscilatorios con retardos a causa del proceso de reproducción:

$$F[X(t)] = r \cdot X(t) \cdot \left(1 - \frac{X(t)}{K} - L \cdot X(t) \cdot X(t-w)\right) \quad (25)$$

En particular, si $L = 0$ se transforma en el modelo de Schaefer.

2.8. ANÁLISIS ECONÓMICO DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS: EL MODELO CLÁSICO DE GORDON-SCHAEFER

Desde el punto de vista económico, el análisis de los recursos pesqueros se desarrolla a través de los modelos de Gordon (1953, 1954) y Scott (1955). La incorporación de estos modelos permite, en efecto, analizar tanto las causas y consecuencias de una población de peces sometida a sobrepesca biológica, como las razones de naturaleza económica que impulsan al pescador a sobrepasar los límites de sostenibilidad que ofrece el recurso.

El análisis bioeconómico que Gordon desarrolla a principios de los años cincuenta del siglo XX es considerado, en ocasiones, como el primer trabajo aceptable que formaliza analíticamente las consecuencias que resultan de la explotación de un recurso natural de propiedad privada (un solo agente) o de libre acceso.

El modelo económico de Gordon (1954) analiza el comportamiento de los principales agentes económicos implicados en la actividad, utilizando implícitamente la función de esfuerzo-rendimiento del modelo biológico general de producción de Schaefer (1954a), razón por la cual se le suele denominar modelo de Gordon-Schaefer o, simplemente, modelo clásico de gestión de pesquerías.

En síntesis, el modelo clásico de naturaleza estática proporciona los niveles de esfuerzo, captura y biomasa a largo plazo para una pesquería aislada y en equilibrio biológico, tanto en situación de gestión centralizada como de libre acceso, siempre y cuando se tengan en cuenta las tres hipótesis siguientes:

H1.- Durante el periodo de análisis, las relaciones biológicas y ambientales del stock sometido a explotación permanecen inalteradas²¹.

²¹ El autor deja entender implícitamente que el análisis se desarrolla a “largo plazo”, o mejor, en el tiempo necesario tanto para los ajustes del esfuerzo a las condiciones de demanda como para los ajustes biológicos del stock de peces a los cambios en el nivel de esfuerzo (Gordon, 1953).

H2.- La curva de demanda del output es perfectamente elástica, y las cantidades capturadas de peces por la pesquería son muy pequeñas respecto a las del conjunto de la industria.

Resulta pues que, el nivel de las capturas h (como output) no influye en el precio p del pescado y permanece constante e invariante con el nivel del output, es decir, que $p = p(h)$. Por consiguiente, bajo este supuesto se obtiene que la curva de ingresos totales (IT_E) es una homotecia de la curva con forma de parábola invertida esfuerzo-rendimiento, o de producción sostenible del esfuerzo $h(E)$, obtenida bajo la hipótesis de equilibrio de la población, que se puede escribir como:

$$IT_E = p \cdot h(E) \quad (26)$$

H3.- Asumiendo costes constantes por unidad de esfuerzo, la curva de costes totales (CT_E) se puede expresar como una función lineal del esfuerzo pesquero, bajo el supuesto de que no existen efectos inducidos en los precios de los factores de pesca, es decir,

$$CT_E = cE \quad (27)$$

donde, la pendiente de esta curva, c , representa el coste variable por unidad del esfuerzo; de manera que en c se incluyen diferentes costes como, por ejemplo, los del combustible, suministros, barcos, artes y cebos.

Teniendo en cuenta la definición de función de ingresos totales, es posible la obtención de dos funciones más: (1) la función de ingresos marginales del esfuerzo (IMa_E); y (2) la función de ingresos medios del esfuerzo (IMe_E), ambas definidas mediante las siguientes expresiones:

$$IMa_E = \frac{\partial IT_E}{\partial E} = p \frac{\partial h(E)}{\partial E} \quad (28)$$

$$IMe_E = \frac{IT_E}{E} = p \frac{h(E)}{E} \quad (29)$$

Como puede observarse en la gráfica de la Figura 2.6, estas dos funciones son lineales, decrecientes y cortan al eje de ordenadas en un mismo punto. Además, la recta de ingresos marginales IMa_E se sitúa en la bisectriz del ángulo que forman los ingresos medios IMe_E y el eje de ordenadas.

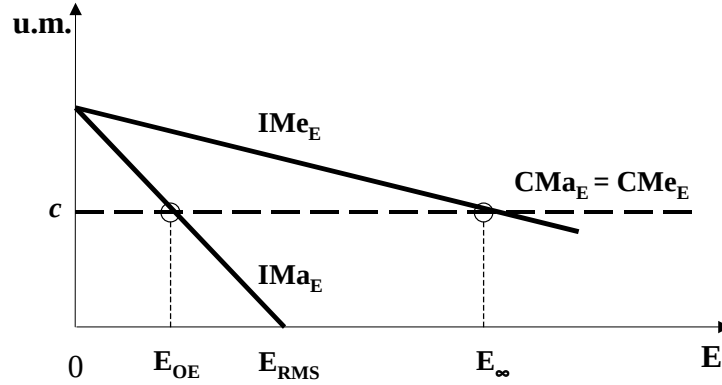


Figura 2.6. Curvas de ingresos y costes, y esfuerzos del RMS, RME y libre acceso

Con un razonamiento similar, a partir de la función de costes totales es posible determinar otras dos funciones: (1) la función de costes marginales del esfuerzo (CMa_E); y (2) la función de costes medios del esfuerzo (CMe_E), utilizando las dos expresiones siguientes:

$$CMa_E = \frac{\partial CT_E}{\partial E} = c \quad (30)$$

$$CMe_E = \frac{CT_E}{E} = c \quad (31)$$

En realidad, ambas funciones de costes son constantes y además coincidentes en c , lo que significa que gráficamente los costes se representan de la misma forma, según una recta paralela al eje de abscisas en el punto de ordenada c (Figura 2.6).

Desde el punto de vista económico, el objetivo para Gordon (1954) es la obtención del tamaño óptimo de la pesquería que haga que se maximice el rendimiento económico total de la pesquería (RE_E). Dicha función se determina

restándole a la función de ingresos totales IT_E la función de costes totales CT_E , es decir, como:

$$RE_E = IT_E - CT_E = p \cdot h(E) - cE \quad (32)$$

Analíticamente, el óptimo o equilibrio económico para cualquier pesquería se obtiene cuando el ingreso marginal se iguala con el coste marginal del esfuerzo pesquero:

$$\frac{\partial RE_E}{\partial E} = 0 \Rightarrow IMa_E = CMa_E \quad (33)$$

O, lo que es lo mismo, si se verifica que:

$$p \frac{\partial h(E)}{\partial E} = c \quad (34)$$

Gráficamente, el nivel de esfuerzo óptimo (E_{OE}) que maximiza la renta económica se sitúa en la intersección de las curvas de ingresos y de costes marginales de la Figura 2.6.

Finalmente, el óptimo económico o rendimiento máximo económico (RME), que por definición es la captura máxima que le corresponde al esfuerzo óptimo, se sitúa gráficamente en el punto de la curva de ingresos totales IT_E tangente a una paralela de la curva de costes totales CT_E (Figura 2.7).

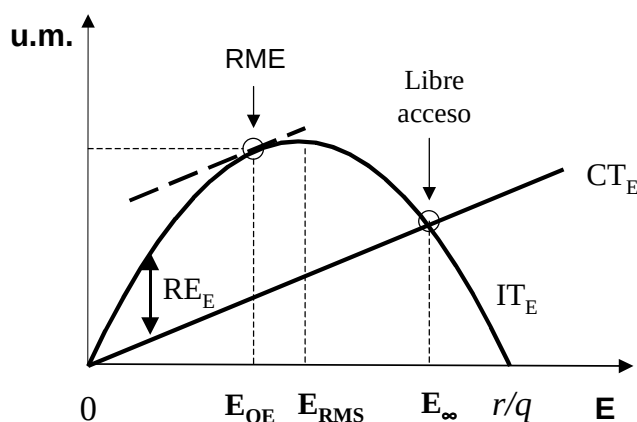


Figura 2.7. Curvas de ingresos, costes y rendimiento totales

En lo que sigue nuestro objetivo se va a centrar en calcular analíticamente el equilibrio óptimo de la pesquería, tanto en situación de gestión centralizada como de libre acceso. Para ambos casos, Gordon (1954) supone implícitamente como función de esfuerzo-rendimiento la del modelo general de producción de Schaefer (1954a), que según vimos en la sección anterior adopta la siguiente forma cuadrática:

$$h(E) = q \cdot X \cdot E = q \cdot K \cdot \left(1 - \frac{q}{r} E\right) \cdot E \quad (35)$$

2.8.1. EQUILIBRIO ECONÓMICO EN SITUACIÓN CENTRALIZADA

Bajo gestión centralizada, o de un único dueño, el óptimo económico (RME) se determina fácilmente hallando el máximo de la función del rendimiento económico de ecuación (33). Esto equivale a encontrar el máximo de la función de esfuerzo-rendimiento de Schaefer respecto al esfuerzo utilizando derivadas:

$$\frac{\partial h(E)}{\partial E} = q \cdot K \cdot \left(1 - 2 \frac{q}{r} E\right) \quad (36)$$

Por consiguiente, sustituyendo el valor de la derivada en la ecuación (35), y tras realizar algunos sencillos cálculos matemáticos, se obtiene finalmente el nivel correspondiente al esfuerzo sostenible (E_{OE}), dado por la expresión:

$$E_{OE} = \frac{r}{2q} \left(1 - \frac{c}{pqK}\right) \quad (37)$$

En este caso resulta trivial comprobar que el nivel de esfuerzo obtenido anteriormente es efectivamente un máximo, pues la segunda derivada de la función del rendimiento total de la pesquería es negativa:

$$\frac{\partial^2 RE}{\partial E^2} = p \frac{\partial^2 h(E)}{\partial E^2} = -\frac{2pq^2K}{r} < 0 \quad (38)$$

Por último, si se utiliza la expresión (20) del esfuerzo del RMS del modelo general de producción de Schaefer ($E_{RMS} = r/2q$) para establecer la relación existente entre ambos esfuerzos, resulta que el nivel del esfuerzo del RMS supera al del RME ($E_{RMS} > E_{OE}$) siempre y cuando los valores de los parámetros son positivos. Además, la relación que se obtiene entre ambos puede expresarse como:

$$E_{OE} = E_{RMS} \left(1 - \frac{c}{pqK} \right) \quad (39)$$

2.8.2. EQUILIBRIO ECONÓMICO EN SITUACIÓN DE LIBRE ACCESO

En situación de libre acceso, es decir, si la pesquería no está regulada por ningún agente solo se cubren los costes, por lo que el rendimiento económico de la pesquería se hace cero o se disipa (“disipación de rentas”).

En este caso, el punto de equilibrio denominado equilibrio bionómico se obtiene, tras igualar a cero la ecuación del rendimiento económico (RE_E), cuando el ingreso total y el coste total se igualan:

$$RE_E = p \cdot h(E) - cE = 0 \Rightarrow p \cdot h(E) = cE \quad (40)$$

O, lo que es lo mismo, cuando el rendimiento por unidad de esfuerzo pesquero se iguala al precio relativo de dicha unidad de esfuerzo, o sea, cuando:

$$\frac{h(E)}{E} = \frac{c}{p} \quad (41)$$

Combinado la ecuación anterior con la expresión de función de capturas sostenibles dada por (35), se puede obtener el nivel del esfuerzo correspondiente al libre acceso de la forma:

$$E_{\infty} = \frac{r}{q} \cdot \left(1 - \frac{c}{pqK} \right) \quad (42)$$

Gráficamente resulta que E_{∞} coincide con el punto de la Figura 2.7 donde la curva de costes interseca a la curva de ganancias.

Por consiguiente, se obtiene que el nivel de biomasa correspondiente a E_{∞} es el punto de la forma:

$$X_{\infty} = \frac{c}{pq} \quad (43)$$

Por último, operando y simplificando las expresiones de los esfuerzos del RME (36) y del libre acceso (42), se puede encontrar la condición que ha de satisfacerse para que el esfuerzo correspondiente a una pesquería regulada sea inferior al correspondiente a una pesquería no regulada, y que no es otra que:

$$E_{OE} < E_{\infty} \Leftrightarrow c < p \cdot q \cdot K \quad (44)$$

2.8.3. GENERALIZACIÓN DEL MODELO CLÁSICO

Sobre la base del modelo clásico de Gordon-Schaefer se han desarrollado otros modelos estáticos de gestión de pesquerías en el marco de la Economía del Bienestar, para tratar de analizar tanto la existencia de “externalidades”²² en la actividad pesquera como los efectos que produce, en los niveles máximos sostenibles de capturas, la alteración de las hipótesis del modelo clásico.

Cuando existen externalidades se pueden generar: (i) curvas de oferta agregada con pendiente negativa (Henderson y Quandt, 1958); (ii) curvas totales del esfuerzo decrecientes para niveles elevados de este (Copes, 1970); e incluso, (iii) un óptimo social situado en un nivel intermedio de esfuerzo del que proporciona el RME y RMS (Pearce y Turner, 1990).

²² En pesquerías, tradicionalmente se han distinguido tres tipos de externalidades: i) de stock, que genera un decrecimiento del stock y un aumento en los costes de explotación a causa de la entrada de nuevos barcos en la pesquería (Gordon, 1954); ii) de malla o selectividad, debido al tipo de red utilizado en las capturas (Turvey, 1964); y iii) de congestión o agrupamiento, que genera un aumento del coste marginal de las capturas ante un incremento de la flota (Turvey, 1964).

Por último, respecto a la incorporación de hipótesis más generales en el modelo clásico es importante notar que, desde el punto de vista del mercado de bienes y no de mercado de factores (esfuerzo), generalizaciones en el modelo llevan a considerar, de acuerdo con Copes (1970) y Anderson (1973):

- (1) Precios variables y costes variables con las capturas (el output).
- (2) Curvas de demandas de peces inelásticas, sobre todo, en pesquerías pelágicas donde el nivel de las capturas ejerce una gran influencia sobre el precio de mercado de los peces.
- (3) Curvas de ofertas dobladas hacía atrás a partir del RMS, bajo situación de libre acceso a largo plazo.
- (4) Existencia de diversos puntos de equilibrio. En este sentido, destacamos la curva de ingresos con dos máximos obtenida por Anderson, a partir de una curva de demanda inelástica en el RMS.
- (5) Funciones de crecimiento natural diferentes de la curva logística de Verhulst-Pearl. Y, por último,
- (6) Curvas de esfuerzo-rendimiento asimétricas distintas a las del modelo biológico agregado de Schaefer como, por ejemplo, la de Beverton y Holt (1957).

2.9. ANÁLISIS DINÁMICO DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS: LOS MODELOS BIOECÓNICOS EN TIEMPO CONTINUO

Con los modelos de Gordon-Schaefer y Scott (1955), y con la introducción de costes e ingresos en el modelo general de producción de Schaefer (1957b), se completa el análisis bioeconómico de gestión óptima de los recursos pesqueros en un entorno estático. No obstante, hay que reconocer que la inclusión del factor tiempo en los modelos pesqueros nos permite realizar un estudio más completo,

aunque también algo más complejo²³, y analizar, por ejemplo, cómo afecta la introducción de la tasa de descuento a la tasa de captura en cualquier periodo de tiempo.

Consecuentemente, a lo largo de esta sección nuestro objetivo es el de introducir los modelos bioeconómicos dinámicos de gestión de pesquerías explotadas de forma continuada en el tiempo. Si bien, dado que el tratamiento de estos modelos con profundidad se escapa de nuestro objetivo, nos limitamos únicamente a dar una visión general acerca de los mismos.

Aunque parezca evidente, frente al objetivo de maximización de la renta económica neta de la pesquería en los modelos estáticos, el stock de peces en el análisis dinámico constituye un stock de capital capaz de proporcionar un flujo de consumo mediante su captura, por lo que la sociedad puede planificar las capturas en el tiempo.

Desde un entorno dinámico, el problema más general que se plantea consiste en encontrar las trayectorias de extracción óptimas del esfuerzo, captura y biomasa de equilibrio en todos los instantes de tiempo t ($0 \leq t \leq \infty$), de tal forma que se genere el máximo beneficio descontado no solo en el presente sino también en el futuro, siempre bajo la consideración de la existencia de un único propietario del recurso (gestión centralizada) y asumiendo una tasa social de descuento δ positiva independiente del tiempo²⁴.

La formulación de los primeros modelos bioeconómicos dinámicos de gestión de pesquerías en tiempo continuo data de principios de la década de los sesenta del siglo pasado. Estos se caracterizan porque utilizan técnicas de resolución análogas a las de la Teoría de la Acumulación del Capital. En este sentido, hay que destacar el trabajo de Crutchfield y Zellner (1962) realizado

²³ En cuanto a que la resolución de problemas dinámicos implica la utilización de técnicas de la Teoría del Control Óptimo, tales como el Principio de Optimalidad de Bellman (1957) y el Principio del Máximo de Pontryagin (1962).

²⁴ Trabajar con una tasa social de descuento infinita proporciona la misma solución que el modelo de Gordon-Schaefer en libre acceso, es decir, lleva a la disipación de la renta (Pearce y Turner, 1990).

sobre la pesquería del fletán del Pacífico, que se puede considerar como una versión dinámica del ya conocido modelo clásico de Gordon-Schaefer, resuelto mediante la técnica matemática del Cálculo de Variaciones, dado el carácter lineal del modelo.

Poco después, a raíz de las publicaciones de Arrow (1968) y Dorfman (1969) surgen de la mano de autores, como Plourde (1970, 1971), Quirk y Smith (1970) y Clark (1976), los primeros trabajos de modelos dinámicos aplicados en pesquerías resueltos mediante la Teoría del Control Óptimo. En particular, Plourde (1970) aplicó esta técnica para la determinación de las trayectorias óptimas en un modelo dinámico de pesquerías no lineal en la variable de control.

Para un stock de peces sometido a explotación, asumiendo: (i) que el precio del recurso p es constante en el tiempo t ; y (ii) que c es el coste por unidad de esfuerzo, la función de beneficio neto de la pesquería en t , definida como diferencia de la función de ingresos menos la función de costos totales, se puede expresar de la forma:

$$\pi(X, h) = p \cdot h(t) - c \cdot E \quad (45)$$

Con estas consideraciones, un modelo dinámico de pesquerías en tiempo continuo y con horizonte temporal infinito se formula maximizando el funcional objetivo, $VA(\pi)$, que representa el valor actual (descontado) de los beneficios, según la expresión:

$$\max_{X(t)} VA(\pi) = \int_0^{\infty} \pi(X, h) \cdot e^{-\delta t} dt \quad (46)$$

siendo δ es la tasa de descuento positiva empleada por el propietario del recurso.

Además de la función de beneficio neto, el modelo dinámico incluye diferentes restricciones de tipo biológico/biotecnológico como, por ejemplo, la función de producción de Cobb-Douglas, la cual permite expresar las capturas en función del esfuerzo pesquero según la ecuación:

$$h(t) = q \cdot E(t)^{\alpha} \cdot X(t)^{\beta} \quad \text{con } \alpha + \beta > 1 \quad (47)$$

En particular, utilizando la función de producción con rendimientos constantes a escalas ($\alpha=\beta=1$) del modelo de Crutchfield y Zellner (1962), la función de beneficio (45) se puede reescribir como:

$$\pi(X, h) = [p - C(X)] \cdot h(t) \quad (48)$$

aceptando que $c/qX = C(X)$.

Otra restricción que también se suele considerar en el modelo anterior es la ecuación diferencial que representa la tasa de crecimiento del stock del modelo de producción de Schaefer (1957), $\dot{X}(t) = F[X(t)] - h(t)$ (*ecuación de estado*), pero expresada esta respecto a la tasa de capturas²⁵:

$$h(t) = F[X(t)] - \dot{X}(t) \quad (49)$$

La solución del modelo que maximiza la función de beneficios con expresión (48), sujeto a las restricciones (47) y (49), se puede obtener fácilmente utilizando la Condición de Euler como técnica matemática con el funcional objetivo reescrito de la forma:

$$VA(\pi) = \int_0^{\infty} [p - C(X)] \cdot [F[X(t)] - \dot{X}(t)] \cdot e^{-\delta t} dt \quad (50)$$

De este modo, y sabiendo que $F'(X) = dF/dX$ y $C'(X) = dC/dX$, la solución es como sigue:

$$F'(X) - \frac{C'(X) \cdot F(X)}{p - C(X)} = \delta \quad (51)$$

De acuerdo con Pearce y Turner (1990), la ecuación anterior en esencia nos dice que «si los costes no están relacionados con el tamaño de las existencias, las existencias óptimas se alcanzan cuando la tasa propia de

²⁵ Para la determinación del control óptimo $h^*(t)$, con $t \geq 0$ (horizonte temporal infinito), se introducen como restricciones: (i) la ecuación de estado; (ii) una restricción que acota las capturas (variable de control) de la forma: $h(t) \in [0, h_{\max}]$; y (iii) un estado inicial de biomasa $X(0) = X_0$. A continuación se procede a calcular la función hamiltoniana en valores corrientes, o actuales, para la obtención de la solución por el Principio del Máximo de Pontryagin (1962). Un estudio similar con horizonte temporal finito ($0 \leq t \leq T$) puede verse en Clark (1976).

rendimiento es igual a la tasa de descuento» (p. 324). Además, el numerador del cociente representa el efecto marginal de existencia o efecto directo de bienestar de las existencias, en el sentido de que mide el crecimiento de los costes futuros de extracción, debido a la reducción de existencias producida por un incremento de la extracción actual. Mientras que el denominador es la ganancia o utilidad neta de consumir en el momento actual.

Finalmente, hay que destacar el hecho de que la solución óptima de un modelo dinámico va a depender de los valores de la tasa social de descuento, siendo, en efecto, más conservacionista cuanto más próxima se encuentre δ del valor cero.

En particular, analizando los dos casos extremos para δ , se obtienen como soluciones: (1) el nivel de biomasa en el libre acceso y la disipación de la renta (solución estática de libre acceso del modelo clásico), para una tasa de descuento infinita ($\delta = \infty$); (2) la solución más conservacionista posible bajo gestión centralizada, para una tasa de descuento nula ($\delta = 0$), alcanzándose el nivel de biomasa estático del RMS si $C(X) = 0$, o del RME del modelo clásico si $C(X) > 0$. En este caso, el gestor social opta por sacrificarse en el presente (no capturar) para beneficiar a las generaciones futuras.

CAPÍTULO 3

De la ordenación pesquera convencional a la cogestión adaptativa y el enfoque ecosistémico en la pesca

3.1. INTRODUCCIÓN

Los resultados obtenidos por Gordon (1954) en condiciones de libre acceso constituyen la base que justifica una intervención y regulación de los recursos pesqueros. La explotación de los recursos en régimen de libre acceso proporciona generalmente escasos rendimientos, y al mismo tiempo lleva a un rápido agotamiento de los recursos a medida que su uso aumenta, dado que estos se extraen a tasas superiores al crecimiento natural.

Los recursos pesqueros necesitan ser gestionados para poder así mantener la actividad pesquera a largo plazo, y también evitar al menos en teoría su posible degradación, sobreexplotación y extinción. No obstante, la gestión sostenible de estos es una tarea compleja debido a la movilidad e invisibilidad del recurso, por

lo que se requiere un profundo conocimiento de su dinámica, y un seguimiento adecuado para evitar el uso abusivo, deterioro y destrucción de los mismos.

Tanto la propia naturaleza de estos recursos como su propio hábitat hacen que sea difícil su gestión, agravándose más aún si tenemos en cuenta el hecho de que el pescador, como ser racional que es, por sí solo carece de incentivos para conservar el recurso pesquero, lo que unido al deseo de todo ser humano por aumentar sus ganancias económicas le llevará a explotar el recurso desenfrenadamente hasta superar incluso en ocasiones niveles de explotación que conducen a la disipación de las rentas cuando no se imponen limitaciones a sus capturas.

La conservación de un recurso renovable como son los peces requiere que, además de unos derechos de propiedad claramente definidos, que se establezcan unas instituciones robustas, y que se elaboren un conjunto apropiado de reglas de propiedad.

Así pues, el objetivo de este capítulo no es otro que presentar una visión generalizada de todos los aspectos teóricos relacionados con la ordenación o gestión de pesquerías, incluyendo también la posibilidad de descentralizar la gestión y la de aplicar un enfoque ecosistémico a la pesca. Con esta intención, el presente capítulo se va a estructurar del siguiente modo:

En los tres primeros apartados se analizan todos los aspectos claves que rodean a la gestión sostenible de pesquerías, haciendo especial hincapié en: *i)* el proceso decisional y los problemas asociados (3.2); *ii)* los objetivos múltiples de gestión y los grupos de interés o stakeholders que en ella participan (3.3); y *iii)* los posibles enfrentamientos o conflictos de pesquerías que surgen entre objetivos de gestión y grupos de interés implicados en la pesquería (3.4).

Tras examinar los primeros pasos en la gestión de pesquerías también se hace necesario incluir las diferentes estrategias o formas que existen para administrar o regular las pesquerías, entre las que se incluye la asignación de

unos derechos de propiedad bien definidos sobre el recurso que sean: exclusivos, duraderos, seguros, transferibles, flexibles en el tiempo y divisibles (Scott, 1988). De igual modo, se hace necesaria la asignación de las reglas y normas que rigen los usos y usuarios (3.5).

Pero, la consideración de regímenes de propiedad no es suficiente para regular las pesquerías, debido al hecho de que estas se caracterizan por una gran diversidad, complejidad y dinamismo, acentuándose aún más si cabe en las multiespecíficas y multiflotas. Se precisan utilizar medidas técnicas de conservación e instrumentos de regulación del input y los outputs para alcanzar los objetivos biológicos, económicos, sociales y políticos de la pesquería. Asimismo, hay que tener en cuenta que la gestión de pesquerías no es solo tarea de los gobiernos, sino de todas las interacciones entre las instituciones de gobernanza: gobierno, pescadores y sus organizaciones, consumidores, compradores y sociedad civil.

Sobre la base de estos conceptos, en 3.6 se desarrollan los sistemas de gestión, atendiendo a las instituciones de regulación y a los instrumentos que lo configuran. Posteriormente se analiza el papel que desempeñan las instituciones en la gobernanza de los recursos pesqueros, término que a su vez se encuentra sujeto a numerosas interpretaciones que se extienden desde un conjunto de reglas, hábitos y valores, hasta los instrumentos o mecanismos que garantizan el cumplimiento de las reglas (Jentoft, 2004). Por último, se introducen las medidas para la regulación de la composición de las capturas, esfuerzo de pesca y tamaño de las capturas.

Los mecanismos de regulación no han sido siempre los mismos. Tradicionalmente la gestión de los recursos pesqueros se ha venido realizando a través del sistema de totales anuales de capturas y cuotas. La asignación de derechos de propiedad a los pescadores, por ejemplo, mediante la asignación de cuotas individuales transferibles o ITQs, es un posible instrumento de gestión de pesquerías que se trata en 3.7, junto con las licencias de pesca sobre el esfuerzo,

las cuotas individuales de capturas no transferibles y las tasas sobre las capturas individuales.

Por otro lado, el conocimiento de los pescadores es esencial en la gestión de pesquerías y también debe tenerse en cuenta. Con esta intención, en 3.8 se aborda el estudio de la ordenación compartida de los recursos pesqueros (enfoque de cogestión), en la que tanto el gobierno como los pescadores y grupos de interés participan en la gestión del recurso y proponen medidas para la obtención de resultados exitosos.

Con los sistemas de cogestión se trata de conseguir la eficiencia económica, al menos en teoría, a través de la participación de los usuarios del recurso en el diseño e implementación de las medidas de gestión. Bajo este enfoque, parte de las responsabilidades del gobierno es delegada a las asociaciones de pescadores existiendo, por lo tanto, una implicación directa de los pescadores en el proceso de toma de decisiones. Los requisitos para su puesta en marcha, el grado de participación de los usuarios del recurso y el papel que desempeñan los consejos consultivos regionales en este enfoque también se analizan en 3.8.

Además, también se pone de relieve la tipología de acuerdos de cogestión elaborada por Sen y Nielsen (1996) que, dependiendo del grado de implicación de los usuarios, consta de cinco niveles diferentes de acuerdos institucionales de cogestión (instructivo, consultivo, cooperativo, consejero o de advertencia, informativo).

En el establecimiento de los acuerdos de cogestión se analizan las tareas y etapas del proceso de gestión y, posteriormente, se evalúan los acuerdos de cogestión teniendo en cuenta los criterios más relevantes de sostenibilidad, eficiencia y equidad (Hanna, 1995b; Sen y Nielsen, 1996). Para completar el estudio de la cogestión se ponen de relieve las numerosas ventajas que presenta, y se citan algunos trabajos en los que se pueden encontrar implementaciones de este enfoque.

Finalmente, en 3.9 nos centramos en el estudio de la puesta en marcha de enfoques de gestión de pesquerías más novedosos, por lo que se da una visión general del enfoque de la cogestión adaptativa, y un paso más nos lleva a abordar el enfoque de ecosistemas en la pesca, que incorpora no solo la gestión de los recursos pesqueros sino también los recursos humanos.

3.2. EL PROCESO DECISIONAL EN LA GESTIÓN DE PESQUERÍAS Y LOS PROBLEMAS ASOCIADOS

La gestión de pesquerías se puede definir como la acción de diseñar, justificar y administrar el control de los recursos pesqueros (Hilborn y Walters, 1992). Al mismo tiempo, debe tratar de solucionar los posibles conflictos que se generen por el uso y usuarios del recurso de la forma más efectiva, eficiente y equitativa que sea posible (Hanna, 1995a).

La definición que se recoge en las *Orientaciones Técnicas* de la FAO (1999) hace referencia a:

El proceso integrado de recogida de información, análisis, planificación, consulta, adopción de decisiones, asignación de recursos y formulación y ejecución, así como imposición cuando sea necesario, de reglamentos o normas que rijan las actividades pesqueras para asegurar la productividad de los recursos y la consecución de otros objetivos (p. 7).

De esta definición se desprende que la ordenación de pesquerías conlleva realizar un conjunto de tareas complejas encaminadas a conseguir los máximos beneficios para los usuarios. Más concretamente, en estas *Orientaciones*, se pone de manifiesto que la gestión de pesquerías implica:

- i) Establecer políticas y objetivos concretos de distinta naturaleza para cada pesquería que va a ser objeto de ordenación;

- ii) Determinar y llevar a cabo las actuaciones necesarias para que, mediante consultas con todos los grupos interesados, los organismos de ordenación y los pescadores avancen hacia el logro de los objetivos identificados. Por ejemplo, entre las medidas que pueden adoptarse destacamos: la elaboración y ejecución de planes de ordenación para todas las poblaciones, la supervisión, el control y la vigilancia;
- iii) Consultar y negociar con todos los grupos de usuarios interesados que estén directa o indirectamente relacionados con la pesca;
- iv) Examinar periódicamente los objetivos y las medidas de ordenación para comprobar que siguen siendo adecuados y efectivos; y
- v) Informar a los gobiernos y usuarios sobre la situación de los recursos y los resultados de las actividades de ordenación.

Desde la perspectiva de la toma de decisiones, el sistema de diseño de decisiones en la gestión de pesquerías que proponen Lane y Stephenson (1995) combina factores biológicos, económicos y sociales. De hecho, se puede considerar como un proceso decisonal que se desarrolla en tres etapas sucesivas: i) la Ciencia Pesquera; ii) el Diseño de Objetivos; y, por último, iii) la Ordenación Pesquera (Figura 3.1).

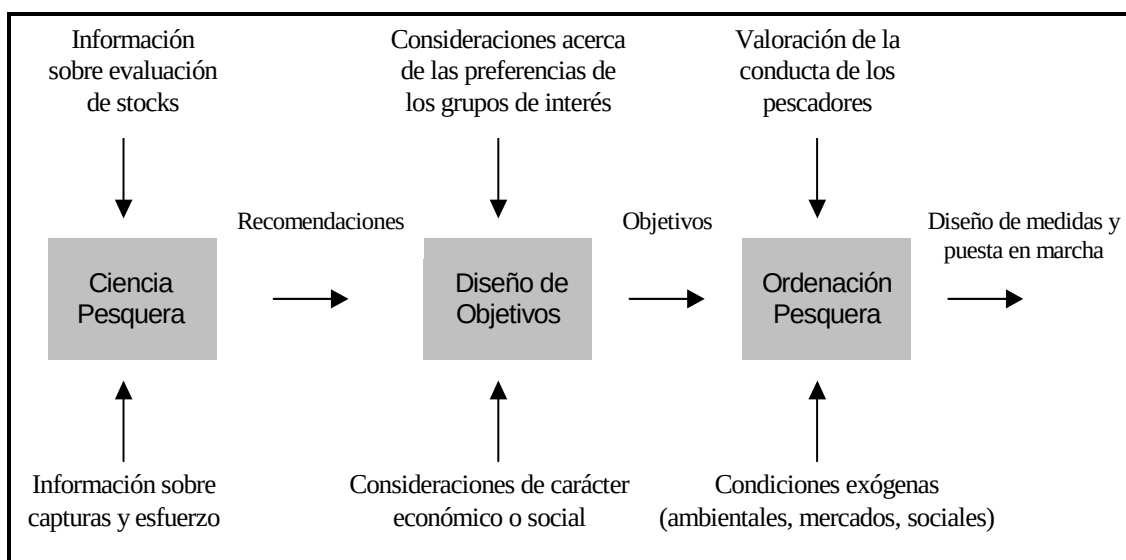
En primer lugar, la Ciencia Pesquera desempeña un papel muy importante en el proceso de gestión dado que, a partir de informaciones necesarias recogidas sobre la evaluación de los stocks, las capturas y el esfuerzo pesquero, se va a encargar de dar recomendaciones biológicas sobre el estado de los stocks para el diseño de los objetivos.

En segundo lugar, el Diseño de Objetivos (gestión estratégica) debe determinar objetivos concretos para la gestión del recurso, a partir de las consideraciones acerca de las preferencias de los grupos de interés que participan y de otras consideraciones de carácter económico o social. De acuerdo con Pope (1997), los objetivos hay que definirlos de forma clara y precisa, nunca

“vagamente”. A la vez, tendrán que ser específicos; cuantificables empíricamente o subjetivamente; y se podrán utilizar para evaluar el progreso de la gestión y su efectividad.

En último lugar, y para alcanzar los objetivos fijados, la Ordenación Pesquera (gestión táctica) debe establecer y poner en marcha medidas para el control del input, outputs, etc., teniendo en cuenta la conducta de los pescadores, así como otras condiciones sociales, ambientales y de mercados.

Figura 3.1. Sistema de diseño de decisiones en la gestión de pesquerías



Fuente: Elaboración propia, a partir de Lane, D.E. y Stephenson, R.L. (1995: 219)

La regulación de pesquerías de forma responsable y que asegure el uso sostenible a largo plazo de los recursos pesqueros implica resolver, por un lado, “problemas de conservación” de los recursos pesqueros para el beneficio sostenido de futuras generaciones de pescadores y, por otro, “problemas de asignación” de estos recursos entre empresas que tienen derechos de explotación (Lane, 1989). En la Tabla 3.1 se indican las principales fuentes de problemas asociados con la gestión de pesquerías.

Tabla 3.1. Clasificación de los problemas asociados con la gestión de pesquerías

CONSERVACIÓN DEL RECURSO				ASIGNACIÓN DEL RECURSO		
<i>Dinámica de la población</i>	<i>Asignación del stock</i>	<i>Dependencias medio-ambientales</i>	<i>Interacciones del stock</i>	<i>Explotación</i>	<i>Asignación de las capturas</i>	<i>Impactos socio-económicos</i>
Tasas de crecimiento anual	Estado del recurso (tamaño, edad)	Hábitat	Dinámica del ecosistema marino	Captura y esfuerzo pesquero	Accesibilidad a la pesquería	Mantenimiento de los mercados pesqueros
Tasas de mortalidad	Inspecciones del stock	Contaminación	Especies múltiples	Estructura de la industria pesquera	Derechos de propiedad a la extracción	Participación laboral
Reproducción	Concentración espacial	Meteorológicos		Operaciones de la pesca	Cumplimiento de las regulaciones	Dinámica del ingreso

Fuente: Elaboración propia, a partir de Lane, D.E. (1989: 231-234)

En términos generales, los problemas de conservación del recurso a largo plazo surgen tanto por la incapacidad de observar los stocks plenamente, como por el alto grado de complejidad de las interacciones del stock con el medio. De acuerdo con el esquema desarrollado por Lane (1989), estos problemas se pueden clasificar en cuatro categorías: *a)* dinámica de población del recurso; *b)* asignación del stock; *c)* dependencias medioambientales; *d)* interacciones del stock.

En contraste, los problemas de asignación del recurso surgen por la necesidad de controlar las capturas para la obtención de beneficios, pudiéndose agrupar en tres categorías: *i)* modo de explotación del recurso; *ii)* asignación de los derechos de extracción; *iii)* cuestiones socioeconómicas acerca de los individuos y comunidades implicadas en las actividades pesqueras.

3.3. LOS PRIMEROS PASOS EN LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DE PESQUERÍAS: ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS E IDENTIFICACIÓN DE LOS STAKEHOLDERS

Seguidamente nos centramos en analizar algunos elementos claves que rodean a la gestión de pesquerías, de acuerdo con el esquema anterior propuesto por Lane y Stephenson (1995). Nos referimos tanto al establecimiento de los objetivos perseguidos por los gestores de pesquerías, como a una identificación clara de quiénes son los usuarios del recurso y agentes (la industria pesquera, las agencias de gobierno, etc.) que participan y de cómo estos agentes se organizan.

3.3.1. OBJETIVOS MÚLTIPLES DE GESTIÓN

La identificación de los objetivos que se esperan lograr en la gestión de pesquerías desempeña un papel crucial para garantizar el uso sostenible a largo plazo de los recursos pesqueros (FAO, 1995).

Un rápido repaso bibliográfico histórico nos permite atestiguar que, entre principios de 1900 y hasta finales de los años 60, la gestión óptima se realizaba solo a través del Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) con la consiguiente maximización de la biomasa de las capturas, siendo reconocido como el objetivo principal de la gestión de pesquerías en la Convención Internacional aprobada en la I Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar que se celebró en Ginebra en el año 1958.

Con posteridad a la Primera Guerra Mundial se inicia la expansión de la flota española, ligada al progreso tecnológico y al incremento del tonelaje de las embarcaciones. Se produce así un cambio de filosofía: de la búsqueda tradicional del RMS a la búsqueda del Rendimiento Máximo Económico (RME).

Después de los años 60, los gestores de pesquerías reconocen explícitamente la necesidad de incluir consideraciones económicas (Clark, 1976),

de carácter social o político (Crutchfield, 1973; Gulland, 1977; Larkin, 1977) en sus modelos. A raíz de entonces se considera que el diseño de políticas de gestión es intrínsecamente de objetivos múltiples por naturaleza (Charles, 1989).

En el contexto de pesquerías, la gama de objetivos existente generalmente se agrupa en estas tres categorías: medioambientales (incluyen los biológicos y ecológicos), económicos y sociales (incluyen los políticos y culturales). Por ejemplo, tal y como señala Arnason (2009), los objetivos que más comúnmente se usan en las políticas de gestión de pesquerías incluyen: (i) la conservación de los stocks de peces y del medio ambiente; (ii) la generación de exportaciones y divisas; (iii) el aumento de los ingresos netos de los pescadores; (iv) el aumento de las oportunidades de empleo de los pescadores; (v) el mantenimiento del bienestar y la viabilidad de la comunidad pesquera. Objetivos que, salvo en escasas ocasiones, son incompatibles entre sí (Crutchfield, 1973; Pope, 1997) o están en conflicto (Hilborn, 2007).

Para asegurar el principio de sostenibilidad en la explotación del recurso, los gestores de pesquerías utilizan objetivos biológicos de gestión que mantengan los stocks de peces a largo plazo estableciendo niveles apropiados de capturas. Desde la Conferencia de 1958 sobre el Derecho del Mar, el objetivo principal de la gestión de pesquerías desde el punto de vista biológico es la obtención de un nivel de capturas igual al Rendimiento Máximo Sostenible o RMS. En este sentido, la Sección 7.2.1 del Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO, aprobado en noviembre de 1995 en Roma, reconoce que:

El uso sostenible a largo plazo de los recursos pesqueros es el objetivo primordial de la conservación y gestión, los Estados y las organizaciones y arreglos subregionales o regionales de ordenación pesquera deberían, entre otras cosas, adoptar medidas apropiadas, basadas en los datos científicos más fidedignos disponibles y formuladas a los efectos de mantener o restablecer las poblaciones a niveles que puedan producir el máximo rendimiento sostenible, con arreglo a los

factores ambientales y económicos pertinentes, incluidas las necesidades especiales de los Estados en desarrollo (p. 10).

En la práctica, la optimización de este óptimo biológico se hace especialmente difícil pues, como pusieron de manifiesto Anderson (1977) y Apollonio (1982), en la determinación del RMS influyen factores sociales, económicos y ecológicos que también deben tenerse en cuenta.

Desde el punto de vista económico, partiendo de la base de que los individuos tienden a maximizar la utilidad, o el bienestar, el objetivo de los pescadores va a ser alcanzar el máximo nivel de excedente del productor y del consumidor (Cunningham et al., 1985) o, dicho con otras palabras, alcanzar el máximo rendimiento económico o RME. Sin embargo, la participación de diferentes grupos en la gestión de pesquerías con intereses de tipo político, social, o de conservación sobre los recursos hace también difícil la obtención de este objetivo en la práctica.

Ahora bien, para garantizar una explotación racional en condiciones económicas y sociales apropiadas, no solo hay que maximizar el rendimiento económico sino que también hay que asegurar el mantenimiento del empleo. Y es que la pesca, como actividad económica que es, contribuye a que la industria pesquera ejerza una gran influencia política, tanto en términos de creación de empleos como en su contribución al producto nacional bruto (Cunningham et al., 1985). Circunstancia que ha llevado a considerar que el mantenimiento del empleo sea una cuestión de interés para los gestores de las pesquerías europeas de la Política Pesquera Común (PPC).

En la práctica son muchos los estudios que han considerado objetivos múltiples en la gestión de sus pesquerías (Leung et al. 1998; Brown et al., 2001; Mardle et al., 2002; Arnason, 2009; Pascoe et al., 2009), las incompatibilidades y las inconsistencias asociadas (Crutchfield, 1973; Gulland, 1977; Charles 1989, 1995; Pope, 1997).

3.3.2. LOS STAKEHOLDERS EN PESQUERÍAS

Una gestión pesquera efectiva también requiere un compromiso para obtener un consentimiento y complicidad en todos los participantes, los llamados agentes, grupos de interés o partes interesadas (del inglés, stakeholders) implicados en la pesquería.

La necesidad de identificar a los stakeholders es un paso esencial en la gestión de cualquier pesquería. Pero, ¿quiénes son los stakeholders?; ¿quiénes participan en el proceso de toma de decisiones?; y, por último, ¿están representados todos sus intereses?

No cabe duda de que el significado del término stakeholders está sujeto al contexto en el que se utilice. En efecto, en un contexto empresarial, Freeman (1984) se refiere a ellos en un sentido amplio y los define como: *«cualquier grupo o individuo que pueda afectar o ser afectado por el logro de los propósitos de una corporación. Stakeholders incluye a empleados, clientes, proveedores, accionistas, bancos, ambientalistas, gobierno u otros grupos que puedan ayudar o dañar a la corporación»* (pp. 25-26).

Para los sociólogos son “los actores sociales”, o dicho con otras palabras, todos los individuos o entidades sociales que están bien informados y capacitados y que, por tanto, pueden formular y defender decisiones (Long, 1992).

En el contexto de gestión de los recursos naturales, autores como Grimble y Chan (1995), y Grimble y Wellard (1997) los definen como todos los grupos de individuos con objetivos e intereses comunes. Concretamente, Grimble y Wellard incluyen bajo esta terminología a “los actores claves”, es decir, a

cualquier grupo de individuos, organizados o no, que comparten un mismo interés o intervienen en un asunto concreto o sistema; ellos pueden estar en cualquier nivel o posición en la sociedad, desde global, nacional y regional hasta el nivel familiar o intrafamiliar (p. 175).

En el contexto de pesquerías, la definición de stakeholders no es única. La definición general que se recoge en las *Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable* de la FAO (1999) hace referencia a: «*Cualquier persona o grupo al que uno o más estados le reconocen un interés legítimo en la conservación y gestión de los recursos objetivo de ordenación*» (p. 72).

Existen diferentes grupos de stakeholders dependiendo de sus intereses, aunque generalmente estos incluyen tanto a los pescadores como a los grupos que tienen un derecho legítimo a ser consultados antes de la toma de decisiones (Mikalsen y Jentoft, 2001). El trabajo de Pomeroy et al. (2001) constituye sin duda una excepción, pues los pescadores no se encuentran entre los stakeholders.

Desde la perspectiva de Soma (2003), los stakeholders son todos los grupos y organizaciones representativas del sector pesquero, y aquéllos que tienen relación con él, esto es, los pescadores, armadores, vendedores, gestores de pesquerías, organizaciones de productores, procesadores, organizaciones comerciales, grupos medioambientales, científicos, etc.

Por su parte, Pomeroy y Rivera-Guieb (2006) proporcionan una definición más holística de los *stakeholders*, pues los definen como: «*individuos, grupos u organizaciones de personas que están interesados, implicados o afectados (positivamente o negativamente) por el uso y gestión de los recursos costeros y marinos*» (p. 33).

La participación activa de los stakeholders en el proceso de toma de decisiones acerca de qué medidas deben aplicarse es esencial para la gestión de los recursos pesqueros de forma sostenible. Sin embargo, no todos participarán por igual. El grado de implicación de estos varía dependiendo del nivel en el que se encuentren (apartado 3.8).

Respecto a los posibles criterios de clasificación, existe un número muy variado. La clasificación que Grimble y Chan (1995) proponen se establece teniendo en cuenta características sobre: a) la importancia de un grupo en

relación a los otros, en términos de su cometido; y *b*) el grado de influencia, o poder, que ciertos grupos tienen para controlar el resultado de una decisión y lograr el éxito de un proyecto. Sobre la base de estos criterios, los citados autores distinguen en un macro-micro continuo entre: grupos de interés o “actores claves” que afectan a una decisión o acción (primarios), y aquéllos que se ven afectados por esta decisión (secundarios).

Por su parte, Brown et al. (2001), en un estudio real sobre la gestión de una zona marina protegida en Tobago, identifican tres grupos diferentes de stakeholders (primarios, secundarios, externos) atendiendo al grado de responsabilidad que tienen en las decisiones. Según los autores, los primarios son los que tienen una alta importancia en la pesquería pero una baja influencia; los secundarios son los importantes e influyentes, pudiendo estar directamente implicados en la pesquería; y, por último, los externos son los que pueden ser influyentes pero tienen poca importancia en la gestión de pesquerías.

En el trabajo de Pomeroy y Rivera-Guieb (2006) se examinan diferentes criterios para la identificación de stakeholders primarios, secundarios y terciarios. Estos hacen referencia a: (i) la existencia de derechos en los recursos costeros y marinos; (ii) el grado de esfuerzo e interés en la gestión; (iii) la igualdad de acceso al recurso; (iv) la compatibilidad de las actividades e intereses comunes; (v) el impacto de las actividades de los stakeholders en el recurso; y (vi) las pérdidas y los daños ocasionados en el proceso de gestión, entre otros.

Por último, Mikalsen y Jentoft (2001) consideran un criterio de clasificación diferente en la gestión de pesquerías de Noruega. Este se basa en la presencia de tres conjuntos de atributos: legitimidad, poder y urgencia. Según los autores, el número de atributos que tengan los individuos va a determinar el tipo de stakeholders: los definitivos con tres; los expectantes (peligrosos, dominantes, dependientes) con dos; y los latentes (adormecidos, exigentes, discretos) con uno. Con esta clasificación, los individuos o entidades que no presentan ninguno de estos atributos no son stakeholders.

3.4. LOS CONFLICTOS EN PESQUERÍAS

Los conflictos están presentes en la mayoría de las pesquerías. Conseguir que la gestión de una pesquería se lleve a cabo de forma eficiente supone, necesariamente, asumir que la existencia de objetivos múltiples de distinta naturaleza es causa de conflictos (Hanna y Smith, 1993).

Para Charles (1992), los conflictos surgen por las tensiones que se originan entre los paradigmas de una pesquería y los objetivos que lo forman. Por su parte, Bennett et al. (2001) consideran que los conflictos se producen tanto por la existencia de objetivos múltiples como por la diversidad de grupos de *stakeholders* que existen con diferentes opiniones.

La gestión de pesquerías se caracteriza claramente por objetivos múltiples, algunos de los cuales pueden estar en conflicto. El más obvio es el conflicto entre los empleos y las capturas (Mardle et al., 2002). Igualmente, es frecuente que la obtención de un incremento del nivel de beneficio económico se consiga con una reducción del tamaño de la flota, lo cual es un inconveniente, ya que las oportunidades de empleo alternativo en comunidades pesqueras en las que existen con frecuencia pocas alternativas se verán limitadas.

Aunque los objetivos de gestión de tipo económico y de conservación puedan ser complementarios, en el sector pesquero generalmente los objetivos económicos están en conflicto con los de tipo biológico. Este es el caso, por ejemplo, de objetivos socioeconómicos de asignación del recurso a corto plazo y de objetivos biológicos de conservación del stock a largo plazo (Lane, 1989; Pascoe et al., 1997).

Más explícitamente, Mardle et al. han señalado que las discrepancias se generan, la mayor parte de las veces, por los intentos de conservar los stocks (objetivo biológico), unido al deseo de la comunidad pesquera de mantener los niveles de empleos e ingresos (objetivo socioeconómico). Es por ello que muchas

pesquerías han buscado la conservación de los stocks con la reducción de los niveles de empleos e ingresos a corto plazo. Sin embargo, y pese a los numerosos intentos realizados por el sector para tratar de resolver este tipo de conflicto, los resultados obtenidos no han sido del todo satisfactorios.

Los conflictos entre diferentes grupos de usuarios del recurso en un sentido amplio se originan a consecuencia de que cada una de las partes quiere perseguir sus propios intereses, contradiciendo, comprometiendo, o incluso derrotando los intereses de los demás. Pero, en realidad el abanico de razones es muy amplio.

Para Grimble y Wellard (1997), los conflictos son situaciones de desacuerdo que se producen entre dos o más grupos de stakeholders por el uso de recursos naturales escasos. Según Scialabba (1998), los conflictos surgen cuando hay intereses contrapuestos entre las partes interesadas: *«los intereses de dos o más partes discrepan y al menos una de las partes busca imponer sus intereses a costa de los intereses de la otra parte»* (p. 199).

Para Bennet et al. (2001), la primera causa de conflictos son los fallos institucionales, no obstante, también pueden producirse como consecuencia de: *a)* la estructura social (perspectiva sociológica); *b)* las relaciones de poder (perspectiva política); o *c)* la toma de decisiones racional de un individuo que busca maximizar su utilidad (perspectiva económica).

No obstante, la percepción de los conflictos no siempre tiene por qué ser negativa. De hecho, existen situaciones de conflictos no destructivas, o positivas, que pueden utilizarse de forma constructiva social y políticamente, para mejorar la estructura de gestión o gobernanza en pesquerías.

Partiendo de esta visión positiva de los conflictos, Daniels y Walkers (1996) señalan que los conflictos entre recursos naturales no solo son inevitables sino que también son convenientes, en la medida en que puedan conducir a acuerdos innovadores negociados entre diferentes grupos de interés. Un conflicto

positivo puede ayudar, en esencia, a alcanzar metas u objetivos contradictorios o incompatibles, e incluso permitir que las comunidades se mantengan unidas con el establecimiento de consensos entre los grupos.

3.4.1. TIPOLOGÍA DE CONFLICTOS Y PARADIGMAS EN UNA PESQUERÍA

Charles (1992) nos presenta una tipología con cuatro categorías de conflictos, no necesariamente mutuamente excluyentes, para comprender los paradigmas en pesquerías (Tabla 3.2).

El autor distingue entre: *i*) conflictos de jurisdicción pesquera; *ii*) conflictos que se originan por la gestión del recurso (mecanismos de gestión); *iii*) conflictos entre diferentes grupos de interés (asignación interna); y *iv*) conflictos entre grupos de dentro y fuera de la pesquería (asignación externa).

Tabla 3.2. Tipología de conflictos de una pesquería

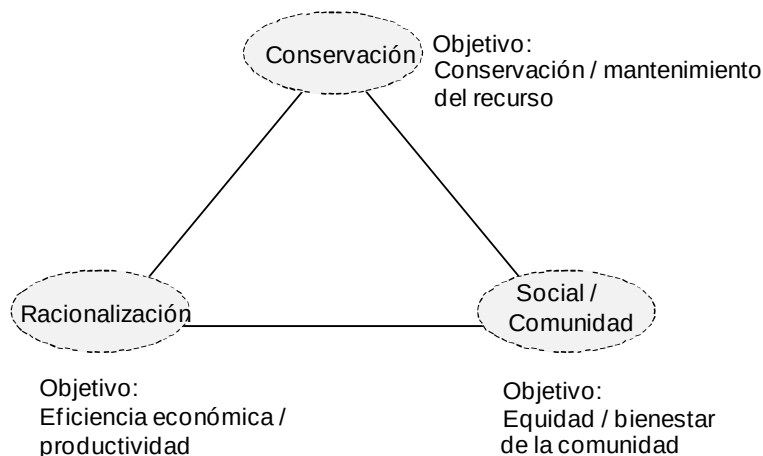
JURISDICCIÓN PESQUERA	MECANISMOS DE GESTIÓN	ASIGNACIÓN INTERNA	ASIGNACIÓN EXTERNA
Derechos de propiedad	Planes de gestión	Conflictos entre “artes” de pesca	Usuarios internos y extranjeros
El papel del gobierno	Conflictos de cumplimiento	Entre grupos de usuarios	Pescadores y acuicultores
Conflictos entre gobiernos	Interacciones pescadores y gobierno	Pescadores y procesadores	Industrias no pesqueras

Fuente: Charles, A.T. (1992: 381)

Para analizar esta fuente de conflictos, Charles considera que existen tres paradigmas diferentes, o “vistas en el mundo pesquero”, que definen la política de gestión de una pesquería. En base a esto, el autor diseña un “triángulo de

paradigmas” en cuyos vértices se sitúan los paradigmas de conservación, racionalización y de la comunidad/sociedad (Figura 3.2).

Figura 3.2. Objetivos y paradigmas en una pesquería



Fuente: Elaboración propia, a partir de Charles, A.T. (1992: 384)

De una parte, el paradigma de conservación se basa en la premisa de que la primera tarea en la gestión pesquera es la conservación/mantenimiento del recurso. Objetivo que se puede conseguir limitando las capturas, por ejemplo, con la asignación de cuotas, controles en las flotas, restricciones en el tiempo de pesca, etc.

De otra parte, el paradigma de racionalización busca el equilibrio entre los objetivos relacionados con el bienestar como, por ejemplo, el empleo (eficiencia económica) y la distribución (productividad).

Por último, el paradigma de la comunidad/sociedad se centra en el bienestar de la comunidad, en la equidad, y también en otros beneficios sociales y culturales.

Desde la perspectiva de Charles, los conflictos surgen con mayor probabilidad cuando existen desacuerdos entre los tres tipos de paradigmas. Por consiguiente, la búsqueda de pesquerías sostenibles debe implicar en definitiva

un equilibrio entre los tres paradigmas, lo que desde el punto de vista del autor se puede conseguir eliminando los conflictos, por ejemplo, con el consenso entre todos los participantes.

La tipología de conflictos propuesta por Charles no es la única. En efecto, Bennet et al. (2001) han encontrado distintos tipos de enfrentamientos en tres pesquerías tropicales de diferentes partes del mundo, que pueden resumirse en cinco clases de conflictos. Así, tomando como punto de partida la clasificación de Charles, los autores han establecido la suya propia:

- (1) Conflictos entre los usuarios que controlan la pesquería, por cuestiones relacionadas con la regulación del control de acceso a la pesquería.
- (2) Conflictos por la forma de control y gestión de la pesquería, por la falta de cumplimiento, el tamaño y la asignación de la cuota, y también por cuestiones sobre la gestión compartida del recurso o cogestión.
- (3) Conflictos entre grupos de usuarios heterogéneos de pesquerías y escalas, por ejemplo, entre grupos (lingüísticos, étnicos, religiosos); entre escalas de usuarios (artesanal, semi-industrial); entre flotas, pescadores versus mayoristas/minoristas, etc.
- (4) Conflictos entre pescadores y otros usuarios del medio ambiente acuático (pescadores versus turistas, submarinistas, nadadores, etc.).
- (5) Conflictos por las relaciones de los pescadores con los demás grupos (pescadores versus ecologistas, gobierno, economistas, etc.).

3.5. LOS REGÍMENES DE DERECHOS DE PROPIEDAD EN LA GESTIÓN PESQUERA

Naturalmente, la inclusión de los regímenes de derechos de propiedad como conjunto de derechos y reglas se hace necesaria para la asignación de unos derechos de propiedad bien definidos sobre el recurso tanto de acceso (entrada en

la pesquería) como de extracción (obtención de las capturas), así como de otros derechos adicionales de gestión, exclusión de los no propietarios y transferencia que influyan en el resto de los pescadores (Schlager y Ostrom, 1992).

Pero además, hay que tener en cuenta reglas de propiedad a distintos niveles de elección –constitucional, colectivo y operacional– que configuren los derechos y determinen quiénes pueden participar en los procesos de formulación, gobernanza, diseño de políticas, apropiación y supervisión, entre otros (Ostrom, 1990).

En pesquerías, tal y como señalan Davidse et al. (1999), los regímenes de derechos de propiedad no están aislados, sino que se diseñan en base a la política del gobierno, la actitud de los pescadores, la estructura de la flota, la situación de los stocks de peces y los costes de aplicación.

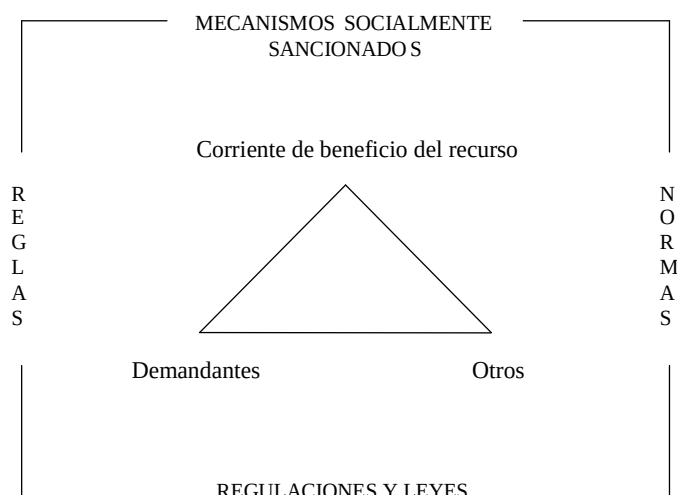
De acuerdo con el esquema propuesto por Kurien (1998), los regímenes de derechos de propiedad no son estáticos. Se componen de las relaciones “triádicas” entre tres elementos fundamentales: la corriente de beneficio del recurso; los demandantes con derechos; y los “otros”, así como de mecanismos socialmente sancionados (reglas, regulaciones, normas y leyes) que aseguran la sostenibilidad de las relaciones. Para visualizarlo, el autor propone diseñar un triángulo equilátero y situar estos tres elementos en cada uno de sus vértices (Figura 3.3).

Siguiendo a Kurien (1998, 2000), los derechos de propiedad son relaciones sancionadas por los usuarios del recurso con derecho a su apropiación o a una corriente de beneficio del mismo. Dichos usuarios o bien ejercen derechos de uso sobre el recurso (los demandantes), o bien están obligados a respetar los derechos de los demandantes (los “otros”).

En el spectrum de regímenes de Kurien, el diseño de un triángulo incompleto, generalmente por la ausencia de los “otros”, nos llevará a alcanzar la

situación de libre acceso, que se caracteriza por la existencia del privilegio de acceso y posesión y la carencia de derechos de propiedad.

Figura 3.3. Triada de regímenes de derechos de propiedad



Fuente: Kurien, J. (1998: 8)

En el sector pesquero es el propio gobierno el que en ocasiones, y mediante disposiciones legales, asigna los derechos a los pescadores y garantiza la existencia de los derechos del grupo, por lo que estos derechos son reconocidos legal y formalmente (derechos de jure).

En cambio, en otras ocasiones, los derechos de propiedad pueden establecerse entre los propios pescadores. Son entonces derechos de facto y se caracterizan porque no suelen estar reconocidos por la autoridad. Estos tienen en realidad un carácter informal, aunque no por ello dejan de tener legitimidad, y los individuos o comunidades que los han creado y desarrollado actúan como si, de hecho, tuvieran facultades para establecerlos y hacerlos cumplir entre ellos mismos y todos aquéllos que podrían optar desde fuera (Schlager y Ostrom, 1992).

Asimismo cabe señalar que estos dos tipos de derechos de propiedad pueden solaparse, complementarse, o estar en conflicto y, aunque eventualmente los derechos de facto pueden ser reconocidos directa e indirectamente por la autoridad, suelen ser menos seguros que los derechos de jure hasta que no son legales formalmente. Pese a ello, en lo que a gestión de pesquerías se refiere, los derechos de facto suelen ser eficientes y equitativos.

Por último, las reglas de propiedad también juegan un papel muy importante en la ordenación pesquera, ya que: (i) dan solidez a los derechos; (ii) estructuran una situación; (iii) definen el comportamiento de los usuarios; (iv) especifican la capacidad de pesca; (v) sirven para imponer vedas temporales, restricciones en los artes de pesca o en las capturas; y (vi) pueden utilizarse para resolver situaciones de conflictos. Un ejemplo es el caso de los pescadores de las pesquerías comerciales y recreativas de Australia y Nueva Zelanda enfrentados en las decisiones relativas al uso y asignación de los stocks (Kearney, 2001).

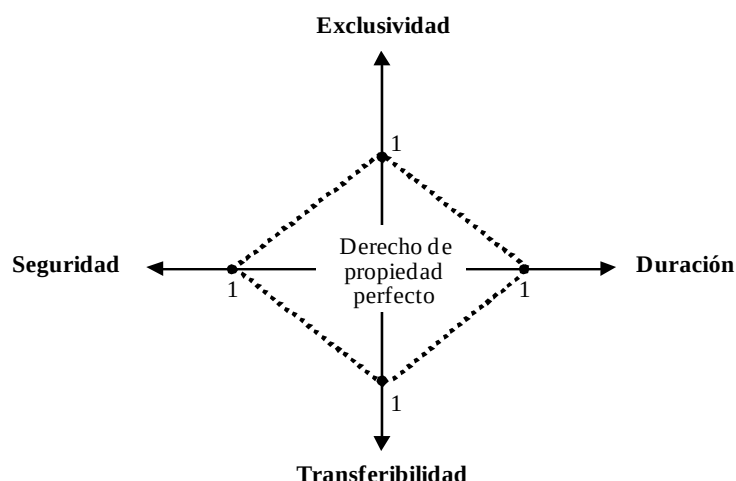
3.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DERECHOS DE PROPIEDAD

Para regular la actividad pesquera se pueden utilizar mecanismos basados en la asignación de derechos de propiedad de acceso tales como la asignación de licencias, cuotas individuales de pesca y derechos de uso territoriales (TURFs), entre otros.

Los derechos de propiedad pesqueros incorporan en mayor o menor grado cada una de las seis características propuestas por Scott (1988, 1989), ya analizadas en el Capítulo 2 de este trabajo. Nos referimos a la exclusividad, duración, cualidad del título (o seguridad), transferibilidad, flexibilidad y divisibilidad. Según Scott (1988), las cuotas individuales transferibles de capturas o ITQs son derechos de propiedad que reúnen al menos estas cuatro características: exclusividad, duración, transferibilidad y divisibilidad.

Arnason (2000), siguiendo a Scott (1988, 1989), propone visualizar y cuantificar la exclusividad, duración, seguridad y transferibilidad de los derechos en pesquerías. Con este objetivo, el autor dibuja cuatro ejes y sobre ellos cuantifica cada una de estas características en una escala continua del 0 al 1, de forma que valores alejados de su máximo impliquen pérdidas de eficiencia económica. Como se muestra en la Figura 3.4, un derecho de propiedad perfecto presentará todas estas características con valores unitarios (frontera del cuadrado unitario), y no presentará ninguna característica cuando los cuatro valores sean cero.

Figura 3.4. Derecho de propiedad perfecto



Fuente: Elaboración propia, a partir de Arnason, R. (2000: 20)

Anderson (2002), por su parte, ha desarrollado un índice para medir el grado de cada una de las cuatro características anteriores, utilizando para tal fin la escala del 1 al 5 que se indica en la Tabla 3.3 (1 = ninguno; 2 = débil; 3 = moderado; 4 = fuerte; y 5 = muy fuerte).

Por último, solo resta insistir en el hecho de que el conocimiento de los derechos de propiedad es condición necesaria, pero no suficiente, para evitar la sobreexplotación de un recurso pesquero. Y es que, con la definición de los

derechos de propiedad se generan los incentivos para que el pescador disminuya el nivel de capturas, ya que se limita la rivalidad. Pero el recurso sigue siendo escaso, a pesar de que los derechos de propiedad evitan que otros usuarios tomen lo que le pertenece al titular del derecho.

Tabla 3.3. Grados en las características de los derechos de propiedad

GRADOS	CARACTERÍSTICAS DE LOS DERECHOS DE PROPIEDAD			
	<i>Durabilidad</i>	<i>Exclusividad</i>	<i>Seguridad</i>	<i>Transferibilidad</i>
1 NINGUNO	Nada / diario	Libre acceso sin restricciones	No es seguro. Derechos no protegidos	No transferible
2 DÉBIL	Estacional	Poseedor del derecho con limitaciones en el control de inputs, outputs y gestión de las capturas	Derechos protegidos por la ley o fuerzas de seguridad privada. Alta incertidumbre política	Transferible bajo condiciones muy restrictivas y limitadas
3 MODERADO	Entre 1 y 5 años	Poseedor del derecho que controla algunos inputs, outputs y gestiona las capturas	Se produce robo o los derechos tienen el riesgo de cambios en la administración	Transferibles dentro de un grupo definido (ejemplo, los pescadores)
4 FUERTE	Entre 5 y 10 años	Poseedor del derecho que controla la mayoría de la gestión de la propiedad	Derechos protegidos razonablemente. Generalmente sobreviven a cambios administrativos del gobierno	Transferencia completa con instituciones de mercado mal establecidas
5 MUY FUERTE	Más de 10 años / permanencia indefinida	Propietario del derecho que controla el acceso a la propiedad y todas las decisiones	Derechos bien cumplimentados a través del cumplimiento y del sistema legal	Transferencia completa con instituciones de mercados eficientes y bien establecidas

Fuente: Elaboración propia, a partir de Anderson, J.L. (2002: 137-139)

3.6. SISTEMAS DE GESTIÓN DE PESQUERÍAS

El conjunto de reglas, que definen tanto la forma de los derechos de acceso y extracción como el mecanismo mediante el cual el usuario participa en la creación de las reglas, constituye lo que se llama un sistema de gestión o estructura de gobernanza (Iglesias Malvido et al., 2002). La permanencia en el tiempo de estos sistemas dependerá de las reglas de uso formales o informales que se apliquen en cada caso (Ostrom, 1995).

La FAO, a través del Código de Conducta para la Pesca Responsable de 1995, en su Sección 7.2.2, establece que un sistema de gestión pesquero efectivo ha de ser biológicamente sostenible, económicamente viable, socialmente aceptable y administrativamente eficiente.

En todo sistema de gestión de una pesquería puede distinguirse la existencia de dos elementos netamente diferenciados: los instrumentos de gestión que emplea la pesquería, y la institución encargada de tutelar la aplicabilidad de los mismos (Franquesa, 1997). El conjunto de reglas que delimitan la estructura de los derechos de los pescadores a nivel operacional define los instrumentos, y el que lo hace en el nivel de elección-colectiva define las instituciones reguladoras (Iglesias et al., 2002).

3.6.1. TIPOLOGÍA DE SISTEMAS DE GESTIÓN

Domínguez et al. (2002), al igual que Iglesias et al. (2002), proponen una tipología de sistemas de gestión con diferentes opciones, teniendo en cuenta los derechos de los pescadores tanto a nivel operacional como de elección-colectiva.

Por un lado, dependiendo de la capacidad que tengan los pescadores (simples usuarios, copropietarios, propietarios) para reasignar los derechos de pesca en el nivel operacional, pueden distinguirse tres posibles sistemas de gestión: intervencionista, cooperacionista y liberalizado.

En un Sistema de Gestión Intervencionista, los pescadores son simples usuarios de los derechos operacionales y solo el gobierno tiene capacidad para reasignar los derechos de pesca.

En un Sistema de Gestión Cooperacionista, los pescadores son copropietarios de los derechos operacionales y tienen la posibilidad de ceder la gestión de sus derechos de pesca a sus asociaciones. Por último, en un Sistema de Gestión Liberalizado, los pescadores son propietarios de los derechos operacionales y pueden gestionar individualmente sus derechos de pesca.

Por otro lado, dependiendo de cada una de las posibles instituciones reguladoras (agencia estatal, asociaciones, mercado) y de cómo se establezcan las reglas en el nivel operacional, en el nivel superior de elección-colectiva pueden distinguirse tres posibles sistemas de gestión: centralizado, autorregulado e individual.

Lo que caracteriza a un Sistema de Gestión Centralizado tradicional es que los pescadores no tienen ningún derecho y simplemente asumen las reglas establecidas por una agencia estatal tal como, por ejemplo, la Unión Europea, el gobierno central, regional, local, etc. Asimismo, los derechos de acceso y extracción recaen sobre la agencia estatal. Este tipo de gestión supone unos costes de control que pueden llegar a ser muy elevados y desproporcionados a los ingresos que generan las pesquerías.

En un Sistema de Gestión Autorregulado, son los pescadores quienes a través de sus asociaciones participan en la elaboración de las reglas que definen los derechos de propiedad.

Finalmente, en un Sistema de Gestión Individual, cada individuo puede poseer derechos de regulación y enajenación, y será la interacción entre todos lo que determine el conjunto de reglas que especificarán los derechos de acceso y extracción.

Por último, combinando cada uno de los posibles sistemas de gestión del nivel operacional (intervencionista, cooperacionista, liberalizado) con los del nivel de elección-colectiva (centralizado, autorregulado, individual), se puede establecer una tipología de sistemas de gestión de pesquerías con nueve alternativas, tal y como se presenta en la Tabla 3.4.

Cada uno de estos sistemas de gestión presenta determinadas posibilidades y limitaciones y, en la práctica, pueden solaparse.

Tabla 3.4. Sistemas de gestión de una pesquería

NIVEL DE ELECCIÓN-COLECTIVA (Grado de participación en el establecimiento de las reglas)	NIVEL OPERACIONAL (Capacidad para ejercer derechos de acceso y extracción)		
	<i>Intervencionista</i> Pescador = simple usuario	<i>Cooperacionista</i> Pescador = copropietario de los derechos operacionales	<i>Liberalizado</i> Usuario = propietario de derechos operacionales
<i>Centralizado</i> (El gobierno establece la asignación inicial de los derechos operacionales)	Los pescadores no pueden modificar la asignación inicial	Las asociaciones pueden realizar temporalmente reasignaciones	Se permiten cambios temporales en el ejercicio de derechos operacionales
<i>Autorregulado</i> (La asociación establece la asignación inicial)	Los pescadores no pueden modificar la asignación inicial establecida por las Asociaciones	Las asociaciones o los pescadores pueden modificar la asignación inicial temporalmente	La asignación inicial es modificada por intercambios internos
<i>Individual</i> (La asignación inicial de cada periodo es resultado del mercado)	El mercado no funciona o los intercambios son escasos	Las reasignaciones en el mercado son hechas por las asociaciones	Las reasignaciones en el mercado son hechas por los pescadores

Fuente: Domínguez et al. (2002: 170) e Iglesias et al. (2002: 409)

3.6.2. INSTITUCIONES DE GOBERNANZA

En la Nueva Economía Institucional (NEI), las instituciones desempeñan un importante papel en la gestión de los recursos pesqueros, pues su misión es tratar de reducir los altos costes de transacción que se generan en su gestión y así incrementar la eficiencia de la pesca como actividad socioeconómica (North, 1990).

No obstante, el término institución está sujeto a numerosas definiciones e interpretaciones, que se extienden desde un conjunto de reglas que definen los derechos de propiedad (Jentoft, 1989), hábitos y valores, hasta instrumentos o mecanismos que garantizan el cumplimiento de las reglas (Jentoft, 2004).

Para el nobel de Economía Douglass North (1990), las instituciones son las reglas formales (leyes, constituciones) o informales (tradiciones, creencias, normas socioculturales específicas de una comunidad) creadas por el hombre que guían el comportamiento económico, es decir, son: *«las reglas del juego de una sociedad o, más formalmente, las restricciones diseñadas por el hombre que dan forma a las interacciones humanas»* (p. 3).

Elinor Ostrom (1990), por su parte, se refiere a ellas como:

el conjunto de reglas de trabajo que los individuos utilizan para determinar quiénes toman las decisiones, qué acciones están permitidas o limitadas, cuáles son las reglas de agregación que se han de incluir, qué procedimientos se deben utilizar, qué información se debe o no proporcionar, y qué pagos se le asignarán a los individuos dependiendo de sus acciones (p. 51).

La definición dada por Scott (1995) contrasta con la de Ostrom, en el sentido de que no se centra únicamente en las reglas sino que se extiende también a normas y elementos cognitivos. Según Scott: *«las instituciones constan de normas, estructuras cognitivas y de regulación y actividades que proporcionan estabilidad y significado al comportamiento social»* (p. 33). Asimismo, *«son transportadas por varias culturas, estructuras, y rutinas y, operan en niveles*

múltiples de jurisdicción» (p. 33). Desde la perspectiva del autor, las instituciones *«confieren tanto derechos como responsabilidades, tanto privilegios como obligaciones, tanto licencias como mandatos»* (p. 38).

Tal y como señala Jentoft (2004), es fácil identificar los tres “pilares” (reglas, normas y elementos cognitivos) de instituciones de Scott en la gestión de pesquerías. Dada la gran diversidad, complejidad y dinamismo de las reglas de gestión en pesquerías, en el pilar regulativo las instituciones de gestión confieren reglas de conducta, por ejemplo, en las cuotas y artes de pesca. Desde la perspectiva de elección racional, el pilar normativo incluye valores tales como la honestidad y el respeto por las reglas. Finalmente, el pilar cognitivo se centra fundamentalmente en aspectos de las instituciones que garantizan la comprensión de las reglas por parte de los pescadores.

3.6.3. INSTRUMENTOS DE REGULACIÓN

Los instrumentos de gestión o regulación pesquera, en términos generales, persiguen garantizar una explotación sostenible de los recursos pesqueros. Con su implantación se busca mejorar la gobernanza y sostenibilidad de las pesquerías.

El Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO de 1995, en su Sección 7.6.5, establece que los instrumentos de regulación deben servir para *«regular la pesca de forma que se evite el riesgo de conflictos entre los pescadores que utilicen distintos tipos de embarcaciones, artes y métodos de pesca»* (p. 15).

La OCDE (1997) los clasifica atendiendo a la conducta de los pescadores. Distingue así tres categorías: medidas técnicas, medidas para el control de los outputs (capturas) y medidas para el control del input (esfuerzo pesquero).

De una parte, las medidas técnicas, o de conservación, tienen como objetivo mantener la productividad y capacidad reproductiva de los stocks. Son

medidas que regulan la composición de las capturas por especies y tallas y sus efectos en los ecosistemas, tratando de reducir o impedir las capturas de peces prematuros y juveniles, por ejemplo, a través del establecimiento de tallas mínimas de captura, con la imposición de limitaciones en las dimensiones de la malla y en la selección del tamaño/sexo de los stocks capturados/desembarcados, o con el establecimiento de vedas temporales y espaciales, principalmente en aquellas zonas caracterizadas por una gran abundancia de especies juveniles.

En la práctica, las medidas técnicas no garantizan por sí solas una gestión sostenible de los recursos pesqueros y requieren utilizarse conjuntamente con medidas de incentivos, tales como el establecimiento de TACs y el reparto por cuotas.

De otra parte, los controles de los outputs son mecanismos de ordenación encaminados a controlar las capturas totales, limitando la producción hasta un cierto nivel que teóricamente coincide con el RMS. Estos suelen tener generalmente un efecto directo sobre el estado del recurso, e indirectamente favorecen la rentabilidad económica de la pesquería. En este grupo de medidas las más relevantes son: los totales admisibles de capturas (TACs), las cuotas de capturas individuales no transferibles (CIs) y transferibles (ITQs), y los límites de capturas desembarcadas (taras).

Por último, los controles del input son mecanismos orientados a controlar la asignación del esfuerzo pesquero, por lo que tienen un efecto más directo en el mantenimiento de la rentabilidad de las flotas. En esta categoría se incluyen las medidas que limitan el esfuerzo ejercido por las flotas (licencias y cuota individual del esfuerzo pesquero), y las que imponen restricciones en las artes y en el número/tamaño de las embarcaciones autorizadas a pescar (controles sobre la capacidad de pesca de las flotas).

El esfuerzo de pesca puede aumentar por tres razones diferentes: o bien por la presencia de nuevos barcos en la pesquería; o bien porque aumente el poder de pesca de todos o de algunos barcos independientemente de si se reduce

o no el tamaño de la flota manteniéndose el mismo tiempo, o bien porque se incrementa el tiempo de pesca en el mar, por ejemplo, la introducción de mejoras tecnológicas en los propios barcos y en las artes aumentará el poder de pesca de las embarcaciones y, como consecuencia, el esfuerzo invertido.

La clasificación propuesta por la OCDE no es la única. Arnason (2009), por su parte, propone otra clasificación diferente que agrupa los instrumentos de gestión pesquera en base a los objetivos biológicos/económicos que persiguen los pescadores. Así pues, distingue entre instrumentos biológicos y económicos. Evidentemente, los biológicos tienen como objetivo prioritario la conservación y/o recuperación de los stocks explotados. Son: el establecimiento de TACs, vedas, tamaño mínimo de las capturas y todas aquellas medidas técnicas que imponen restricciones en las dimensiones de las artes de pesca y embarcaciones. En cambio, los económicos persiguen la mejora de la eficiencia económica de la pesquería y su rentabilidad, incidiendo sobre la conducta de los pescadores. Estos a su vez se subdividen en dos categorías: directos e indirectos.

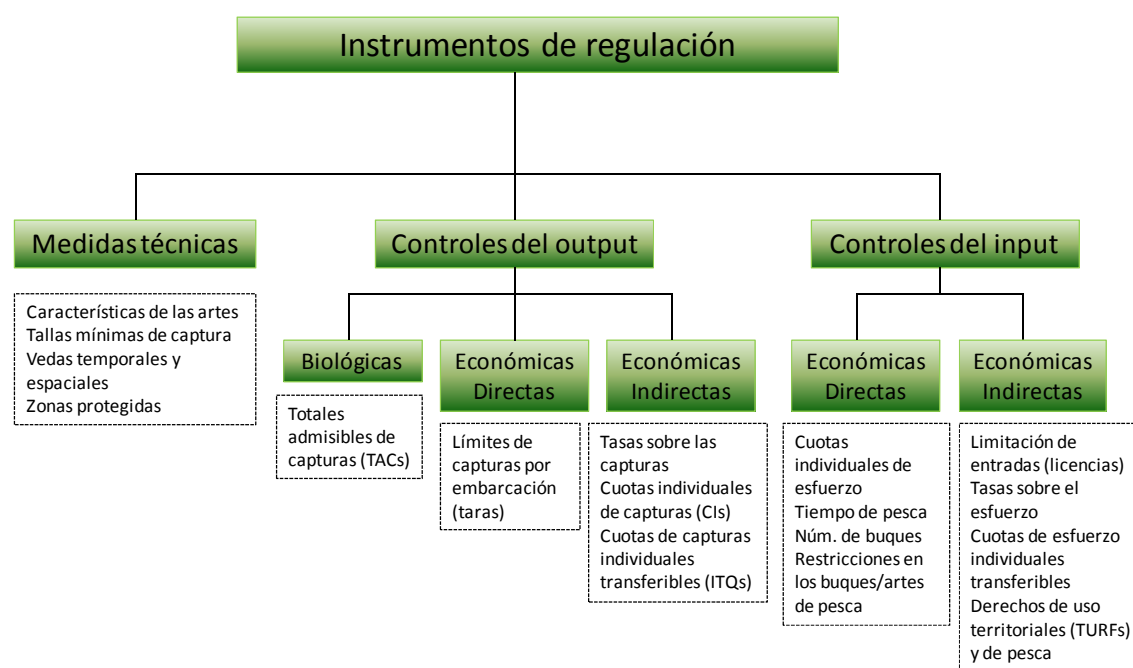
Los instrumentos económicos directos afectan de forma explícita a la actividad de los pescadores (cuotas individuales de esfuerzo, limitaciones sobre el tiempo total de pesca o sobre el número de embarcaciones, etc.), mientras que los indirectos cambian los incentivos de los pescadores. Estos consisten, por un lado, en la imposición de tasas (sobre el esfuerzo y las capturas) y, por otro lado, en la asignación de derechos de propiedad privados de diferentes tipos, entre los que se incluyen: las licencias de acceso a una pesquería, las cuotas individuales de capturas transferibles/no transferibles, la propiedad individual, los derechos de uso territoriales pesqueros (TURFs) y los derechos de pesca comunitarios.

De acuerdo con Arnason, ni los instrumentos de regulación biológicos ni los económicos directos generan rentas a largo plazo, por lo que no es habitual encontrar pesquerías que utilicen sistemas de gestión que combinen estos dos tipos de instrumentos. Parece que los únicos sistemas de gestión que son capaces

de generar rentas, al menos en teoría, son los económicos indirectos basados en la asignación de derechos de propiedad.

Por último, combinando los dos criterios anteriores establecidos por la OCDE (1997) y Arnason (2009), referidos a los controles (input, outputs, técnicos) y a los objetivos perseguidos por los pescadores (biológicos, económicos), respectivamente, podemos elaborar una tipología de instrumentos de regulación pesqueros, tal y como se muestra en la Figura 3.5.

Figura 3.5. Tipología de instrumentos de regulación pesqueros



Fuente: Elaboración propia, a partir de la OCDE (1997) y Arnason, R. (2009)

En el siguiente apartado, y tras hacer un breve repaso de la evolución histórica de las regulaciones pesqueras, nos centraremos en analizar las ventajas e inconvenientes de los mecanismos de regulación más usuales, que desde 1983 la Política Pesquera Común (PPC) ha ido estableciendo progresivamente en la gestión de pesquerías.

3.7. EVOLUCIÓN DE LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS DE REGULACIÓN PESQUEROS. SUS VENTAJAS E INCONVENIENTES

El estudio de los mares y la concepción de que “el mar es de todos” se remontan al derecho internacional del siglo XVII y a las ideas expuestas por el jurista holandés Hugo Grotius en su tratado *Mare Liberum*, publicado en 1608, en el que defendía la inagotabilidad de los recursos pesqueros y el principio de “libertad de los mares” por el cual no podían asignarse derechos de propiedad sobre el mar.

La idea de Grotius de que los mares constituían una fuente ilimitada de alimentos y materias primas aceptada durante muchos años justificaba el hecho de que, con anterioridad a 1900, la explotación de los recursos pesqueros se viniese realizando en condiciones de libre acceso, también calificado erróneamente de propiedad común por algunos autores, tales como Hardin (1968), Ciriacy-Wantrup y Bishop (1975) y Smith (1981).

Durante los siglos XVI y XVII, y a raíz del establecimiento de las primeras medidas de regulación sobre la actividad pesquera basadas en derechos, los llamados “límites de visibilidad”, quedaban determinadas las áreas marítimas sobre las cuales los Estados ribereños tenían derecho a ejercer su control. Junto a estas también se aplicaba la denominada teoría “tiro de cañón”, basada en el empleo de los derechos territoriales de los Estados costeros a todas las aguas que desde la costa podían ser alcanzadas con disparos de cañones.

En la última década del siglo XVIII, concretamente en el año 1793, se aprobó el límite de pesca exclusivo de 3 millas en los Estados Unidos. Su extensión hasta el límite de las 12 millas territoriales (22 km) a partir de sus costas quedó establecido después de la II Guerra Mundial, en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar.

Con el establecimiento de Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) de 200 millas (370 kilómetros) en aguas del Atlántico europeo – en enero de 1977 –

surge la necesidad de una política pesquera común que regule la gestión de los recursos pesqueros. Desaparece así la política del “laissez-faire” y la posibilidad del libre acceso a los caladeros.

A comienzos de los años 70 del siglo pasado aparecen los primeros instrumentos de gestión en las pesquerías europeas: los totales admisibles de capturas (TACs), las cuotas y las medidas técnicas de conservación. Unos años más tarde, en las Resoluciones de La Haya de mayo de 1980 se adoptó el “Principio de Estabilidad Relativa” (PER) para fijar las proporciones de las cuotas de pesca de cada Estado miembro, si bien este no se puso en práctica hasta el año 1983 tras implantarse formalmente la primera Política Pesquera Común (PPC) de la Unión Europea, cuyo objetivo era la conservación de los recursos pesqueros a corto plazo.

En la década de los años 80 se puso en práctica una forma de ordenación alternativa a los sistemas de TACs y cuotas llamada gestión de pesquerías basada en derechos (Neher et al., 1989). Surge así un nuevo sistema para la conservación y gestión de los recursos pesqueros basado en la asignación de proporciones de capturas a los pescadores en forma de cuotas individuales transferibles (ITQs) sobre las capturas totales permitidas. Este sistema de gestión desde un punto de vista económico puede ser efectivo y rentable.

En el año 1995, tras la primera revisión de la PPC de 1992, la Comunidad Europea decide poner en marcha los llamados “planes de gestión y de recuperación”, e introducir el esfuerzo pesquero como instrumento fundamental en la regulación de la actividad pesquera. Además, por primera vez se controla el esfuerzo total de pesca desplegado por las flotas pesqueras (la capacidad pesquera de las flotas por días de pesca) utilizando las licencias de pesca (limitando el número máximo de barcos autorizados a pescar, el tipo de barcos y/o el tiempo de pesca).

Casi veinte años después de que la PPC viese la luz, en el año 2002 tiene lugar su primera reforma. Entre las nuevas medidas adoptadas por la PPC en esta

reforma se incluye la protección del medio ambiente y diseños de políticas más transparentes que otorgan una mayor participación de los agentes sociales y económicos en los procesos de consulta y que garantizan el desarrollo sostenible de la actividad pesquera a medio y largo plazo desde el punto de vista ecológico, económico y social. La actualización más reciente de la PPC entró en vigor en enero de 2014 y adopta un enfoque ecosistémico orientado a reducir el impacto de la actividad pesquera en el ecosistema marino.

3.7.1. TOTALES ADMISIBLES DE CAPTURAS

El total admisible de captura de la pesquería, o TAC, es un nivel máximo que se establece en las capturas totales o globales de un stock, para que el tamaño óptimo de las poblaciones de peces y el valor óptimo correspondiente a la solución bajo un sistema de gestión individual no ponga en peligro la pesquería, de forma que, cuando este se haya alcanzado, se cierra el acceso a la misma.

La cantidad máxima de captura anual que suele fijar la Comisión Europea para una determinada especie es la que se corresponde con las capturas compatibles con el RMS o con una cantidad un poco inferior, si bien, en la práctica por lo general no suele respetarse este límite.

Este instrumento de gestión parece ser ideal a primera vista, por lo que lo utilizan la mayoría de las principales pesquerías demersales y pelágicas de la UE, excepto las del Mar Mediterráneo, y muchas de las pesquerías demersales de Canadá y gran parte de los Estados Unidos.

En el caso de que pueda controlarse, el TAC sí conduce a una buena conservación del recurso, sin embargo, no queda exento de dificultades teóricas y prácticas. El principal problema que presenta es el incumplimiento de la regulación. Y es que el mismo diseño del sistema de TACs no establece ninguna limitación sobre el esfuerzo de pesca (cierre estival, días de prohibición, etc.), lo

que conlleva la introducción de incentivos adicionales para que las embarcaciones traten de incrementar su capacidad individual.

Adicionalmente, en las pesquerías mixtas que capturan diferentes especies genera capturas no deseadas cuando se ha agotado la cuota para una especie, pero aún quedan cuotas de otras. En esta situación, los pescadores se ven obligados a descartar las especies que ya no tienen derecho a desembarcar, muchas de ellas de alto valor económico (Comisión Europea, 2009).

Por otro lado, al estar basado en los desembarcos, incrementa la propensión al fraude en las capturas oficiales declaradas. El propio sistema de TACs también tiene implicaciones económicas, pues no solo origina la carrera competitiva por pescar sino que también provoca un proceso expansivo de la inversión, para obtener el mayor volumen de capturas en el menor tiempo posible antes de que se cierre la pesquería. Tal situación conduce, por un lado, a la sobrecapitalización de la actividad pesquera y, por otro, a la disipación de las rentas de la pesquería, dado que el coste de la captura por unidad de esfuerzo se eleva cuantiosamente.

La utilización en la práctica de este sistema dará como resultado una reducción de la duración de la campaña junto con una explotación ineficiente del recurso, desde el punto de vista económico, si no se acompaña de otras medidas que controlen directamente el esfuerzo pesquero (Comisión Europea, 2009; Fernández, 2009) o que regulen las capturas individuales. En este sentido, Anderson (1991) propone combinar el sistema de TACs con un sistema basado en cuotas individuales transferibles.

El ejemplo clásico de los efectos derivados de la imposición de un sistema regulador basado en TACs, que llevaron a la reducción de la temporada de pesca antes del cierre de la pesquería, lo podemos encontrar durante 1930 en la pesquería del fletán del Pacífico (Crutchfield y Zellner, 1962).

Algunos ejemplos más que demuestran que las infracciones son continuas porque las capturas de algunas especies, como la anchoa europea (*Engrasulius engrasulius*), el arenque del Atlántico (*Harengus harengus*), el bacalao del Mar del Norte (*Gadus morhua*) o la merluza norte (*Merluccius merluccius*), sobrepasan el TAC establecido, pueden verse en los trabajos de Villasante et al. (2011).

3.7.2. LICENCIAS DE PESCA

Como instrumento de bloqueo de incentivos, las licencias de pesca tienen como principal objetivo controlar el esfuerzo pesquero total desplegado por la flota (la capacidad pesquera de la flota), limitando el número total de embarcaciones en una pesquería con derecho de acceso al recurso.

Por ejemplo, este sistema fue aplicado con éxito en la pesquería del salmón de la Columbia Británica durante 1969-80. Dicho periodo se caracterizó por la reducción del número de embarcaciones en un 20%, seguido de un incremento en un 50% del montante del capital empleado (Fraser, 1979).

Evidentemente, una reducción del tamaño total de la flota implica inicialmente una reducción del esfuerzo pesquero total. Sin embargo, al no establecerse ninguna limitación sobre el esfuerzo pesquero de una embarcación, esta medida induce a los pescadores a incrementar su esfuerzo adicional, dado que los barcos obtienen ganancias superiores tras la regulación. Así pues, es posible que a largo plazo aumente el esfuerzo pesquero total hasta alcanzar unos niveles indeseables, pudiendo incluso llegar a situarse en un nivel de stock inferior al óptimo pero superior al de libre acceso.

Las licencias crean un derecho de uso –el derecho de acceso a la pesquería–, pero no asignan un derecho de propiedad para el recurso. Además conducen generalmente al sobredimensionamiento del capital pesquero y a la disipación de rentas económicas. Otro inconveniente añadido es que el sistema

de licencias de pesca no ayuda a resolver el problema de la carrera por pescar (Charles, 2005).

El establecimiento de licencias por sí solas para regular el tamaño de la flota no garantiza la eficiencia de la pesquería desde un punto de vista económico, y para poder alcanzar una solución subóptima precisa, además, de otros mecanismos de gestión adicionales, tales como el control de la capacidad y/o tiempos de pesca, pudiendo dar buenos resultados cuando se combina con una política de taras.

Una solución más adecuada consiste en la utilización de licencias de pesca junto con otras medidas de control sobre los outputs. Así, por ejemplo, en la pesquería canadiense de bacalao negro se inició en 1981 un sistema combinado de licencias y TACs que limitó el número de embarcaciones a 48 (Neher et al., 1989). A pesar del aumento en el TAC, la duración de la temporada de pesca pasó de 245 días en el primer año a 8 días en 1990.

3.7.3. TASAS SOBRE LAS CAPTURAS INDIVIDUALES

Esta medida de ajuste de incentivos consiste en la imposición de tasas (o *royalties*) sobre las capturas individuales con el fin de regular una pesquería. La cuantía de las tasas varía de una embarcación a otra, siendo establecida por la agencia gubernamental en base a la estructura de costes de cada barco y a las características biológicas del stock explotado.

Su efecto más inmediato a corto plazo se traduce en la reducción de las ganancias individuales, razón por la cual el propietario de la embarcación se mostrará reacio a aceptar este tipo de medida.

Los principales problemas que subyacen en el establecimiento de la cuantía de las tasas derivan del hecho, en primer lugar, de que el peso de las capturas no coincida con el peso de los desembarcos y, en segundo lugar, de que las capturas no estén formadas por una sola especie e incluyan también las

capturas incidentales de otras especies. Otro problema añadido es que para la implantación de un sistema de tasas se necesita información biológica sobre el recurso, los costes individuales y el precio del mercado.

Por último, la imposición de tasas también puede realizarse sobre el esfuerzo individual, si bien esta última alternativa resulta bastante difícil de poner en práctica.

3.7.4. CUOTAS INDIVIDUALES DE CAPTURAS

Las medidas de control individual de los outputs tratan de restringir las capturas de cada embarcación con el reparto del TAC anual en cuotas. Las cuotas individuales de capturas (CIs) asignan una fracción del TAC a embarcaciones individuales de forma que el total de las mismas sea igual al TAC prefijado¹. Se establece así un derecho de propiedad individual para los pescadores que, por otro lado, hace que se sientan propietarios de dichas cuotas.

Las CIs son derechos de captura anual no transferibles, lo que significa que el número de embarcaciones que tiene acceso a la pesquería es fijo. Cuando la tasa de explotación es pequeña, los sistemas de CIs son equivalentes al establecimiento de tasas sobre las capturas.

En general, con la fijación de una cuota individual el pescador puede planificar mejor sus actividades de pesca a lo largo del año, lo cual limita la carrera competitiva por el recurso y aumenta el beneficio económico al mejorar la calidad de las capturas. No obstante, provoca rivalidad entre los pescadores, incrementa la propensión al fraude en las declaraciones de los desembarcos, e incrementa los costes de gestión, control y vigilancia (Charles, 2005).

La puesta en práctica de cuotas individuales resulta especialmente difícil en aquellas pesquerías multi-específicas, con stocks compartidos entre varios

¹ Bajo este sistema, las cuotas de pesca son fijadas en base al “*Principio de Estabilidad Relativa*” (PER), asignándose a cada uno de los Estados Miembros un porcentaje fijo del TAC para cada uno de los stocks de peces sometido a explotación. El reparto de cuotas se establece normalmente de forma anual.

países y que utilicen modalidades de pesca muy heterogéneas en espacios marinos muy concretos (González Laxe, 2005). Algunos problemas más que subyacen son los siguientes: (i) concentra la oferta temporalmente, provocando un decremento de los precios; (ii) hay incertidumbre sobre la duración del derecho; y (iii) potencia el grave problema de los descartes en cuotas multi-especies.

El propio sistema de CIs por sí solo no garantiza la eficiencia debiendo ir acompañado de otras medidas, por ejemplo, por un sistema de licencias. Un sistema de CIs acompañado de una buena estimación de los stocks de peces, de un seguimiento y control efectivos, puede conducir a una buena conservación del recurso.

Existen ejemplos de países a nivel mundial, como Namibia, Noruega e Irlanda que utilizan el sistema CI en sus pesquerías para lograr oportunidades de empleo más amplias (OCDE, 2006).

3.7.5. CUOTAS INDIVIDUALES TRANSFERIBLES

Las cuotas individuales transferibles, o ITQs, son derechos de captura anuales que pueden ser comprados y vendidos entre los pescadores. Este sistema crea derechos individuales de pesca, al igual que las CI, y puede ser un método alternativo a la imposición de tasas. Con la utilización de ITQs se pretende, al menos en teoría, asegurar económicamente la eficiencia en la sobreexplotación pesquera.

El sistema de ITQs consiste en establecer un mercado o “bolsa” de cuotas para que los pescadores intercambien sus derechos de pesca. Fueron Moloney y Pearse (1979) los que inicialmente implantaron este sistema a finales de los años setenta para la regulación de pesquerías comerciales, basándose en los denominados certificados de contaminación que propuso el economista Dales (1968). En este trabajo, los autores demostraron teóricamente que bajo la

suposición de conducta maximizadora de beneficios y mercado perfectamente competitivo, los resultados eran equivalentes con los alcanzados mediante políticas impositivas, lográndose así teóricamente al menos la eficiencia en la explotación pesquera.

Para su puesta en marcha, las ITQs deben cumplir básicamente tres condiciones: (1) que sean derechos permanentes y transferibles; (2) que sean divisibles; y (3) que no se utilicen conjuntamente con otras medidas que puedan perjudicar la consecución de la eficiencia económica (Neher et al., 1989).

En primer lugar, la *permanencia*, o durabilidad, significa establecer la adquisición del derecho de pesca, el tiempo de asignación y el valor de dicha asignación; lo que se traduciría en un mejor ajuste de la capacidad de la flota a las posibilidades de pesca. No obstante, la heterogeneidad de las pesquerías dificulta en la práctica la posibilidad de aplicar la misma norma para todas ellas.

En segundo lugar, la posibilidad de transferir y ceder los derechos de pesca constituye una de las características más importantes de todo sistema de ITQs. La *transferibilidad* de cuotas permite que se puedan comprar y vender los derechos de pesca, lo que contribuye a crear un derecho de propiedad individual sobre la extracción del recurso (Anderson, 2000).

En tercer lugar, la *divisibilidad* permite distinguir entre los derechos de acceso y los de pesca, pudiendo establecerse mecanismos diferentes a la hora de la regulación. En realidad, estamos creando “mercados paralelos” o “subsistemas de regulación en paralelo” que podrán convertirse en posibilidades legales de pesca, afianzando con ello los derechos de asignación.

El procedimiento para su implantación se lleva a cabo en varias etapas: *i*) se evalúa el recurso y se determina la cuota total de captura o TAC, que debe ser igual a la suma de los derechos a repartir; *ii*) se crean los derechos de propiedad individuales en forma de porcentajes de la TAC; *iii*) se efectúa la distribución o asignación inicial de estos derechos a cada participante mediante algún criterio

(por ejemplo, a través de subastas); y, por último, *iv*) se cuantifica el precio de partida del derecho. En este sentido, podemos decir que el sistema de ITQs es un sistema descentralizado.

La Unión Europea, a través de la PPC, propone este sistema por las muchas ventajas que presentan, entre las que destacamos las siguientes: Primero, con la propiedad de las cuotas, el pescador se siente propietario del recurso y tiende a proteger los stocks futuros.

Segundo, al estar asignadas las cuotas de pesca por embarcación, las ITQs ofrecen mayor flexibilidad a los pescadores en cuanto a los periodos de pesca, lo que puede: *i*) eliminar la carrera por pescar; y *ii*) contribuir a una mejor planificación de la extracción del recurso y mejorar la calidad de las capturas, debido a que la pesca puede realizarse a un ritmo más sosegado.

Tercero, la transferibilidad de cuotas favorece la movilidad de los pescadores y la reducción de flotas, de forma que los barcos que se queden, los más “eficientes,” trabajen todo el año (Charles, 2005). Asimismo, incentiva al productor más eficiente y canaliza su actividad a un mercado económico que le resulte más rentable, lo que puede ser una buena alternativa para: (*a*) prevenir o reducir la sobrecapitalización del sector pesquero (Townsend, 1998); (*b*) resolver los problemas de acceso a las pesquerías; (*c*) reducir los enfrentamientos; y (*d*) lograr una mayor rentabilidad económica cada embarcación.

Cuarto, los pescadores propietarios de cuotas que abandonan la actividad reciben una cierta compensación (al poder vender sus cuotas), mientras que los que se quedan se ven abocados a “pagar” por usar un recurso, no teniendo estos que competir por las capturas al tener asegurada su cuota. En consecuencia, la tendencia a largo plazo será la reducción de esfuerzo.

Ahora bien, a pesar de las numerosas ventajas que ofrece este sistema de gestión, la cultura empresarial es un requisito para lograr su éxito, y si no existe

el sistema no funciona. En la práctica, las ITQs no son aconsejables en recursos de ciclo vital reducido, ni en pesquerías sujetas a altas dosis de incertidumbre.

Algunas deficiencias más que subyacen son estas: *i)* la experiencia sugiere que es difícil mantener un equilibrio entre la durabilidad o permanencia de la cuota y los intereses generales; y *ii)* las ITQs inducen la concentración productiva y territorial favoreciendo la emergencia de nuevos oligopolios sectoriales y regionales (por zonas o por puertos), pudiendo afectar a la oferta de los productos pesqueros, al valor de los mismos, y surtir efectos negativos sobre determinadas zonas dependientes de la pesca (González Laxe, 2006).

Por otro lado, desde el punto de vista de su implantación, este sistema tampoco está exento de críticas. En este sentido señalamos que la heterogeneidad de los medios de captura y conservación dificulta, en gran medida, la puesta en marcha de este sistema.

Al mismo tiempo, un problema fundamental añadido a la puesta en marcha de los sistemas de ITQs reside en la dificultad asociada con la asignación inicial de las cuotas de captura (Anderson, 2000), pues se precisa de información exhaustiva sobre costes y beneficios individuales para estimar el precio inicial de los derechos. Evidentemente, tampoco resulta sencillo homogeneizar capturas de flotas que efectúan a bordo distintos procedimientos de transformación pudiendo desvirtuar, por tanto, la estimación del TAC.

En las pesquerías que se dirigen simultáneamente a varias especies, o sea, en las pesquerías multiespecíficas, su implantación es difícil debido a que se incrementan los descartes de especies de pequeño tamaño, y también por los problemas que hay para establecer una cuota para la especie principal y para las especies objetivo.

Un caso real que analiza las numerosas ventajas/inconvenientes de la implantación de ITQs en pesquerías comerciales de Australia y Nueva Zelanda se puede ver en el trabajo de Kearney (2001).

En cuanto a la aceptación de las ITQs como mecanismo de regulación de la actividad pesquera, existen claros ejemplos de países que defienden este sistema. A nivel internacional, los países pioneros, Nueva Zelanda e Islandia, comenzaron a implantar este sistema de cuotas a mediados de los años 80 en casi todas sus pesquerías comerciales y actualmente lo siguen utilizando. Otros países tales como Australia, Canadá, Chile, Estados Unidos y Groenlandia también utilizan las ITQs, pero solamente para regular determinadas pesquerías (Shotton, 2000).

En Canadá y Nueva Zelanda, los sistemas de ITQs establecidos sobre pesquerías basadas en comunidades aborígenes están obteniendo buenos resultados, observándose una reducción de los niveles del esfuerzo pesquero y una mejora tanto en la situación de los stocks como en los rendimientos económicos (Shotton, 2000). En Estonia, las ITQs han empezado a implantarse más recientemente, en el año 2000, pero únicamente en combinación con las cuotas individuales no transferibles (OCDE, 2006).

En contraste, resulta que la mayoría de los países de la UE rechazan este sistema. De hecho, solo lo han implantado los Países Bajos para regular algunas de sus pesquerías (Davidse et al., 1999). A nivel nacional, la Federación Nacional de Cofradías de Pescadores española (FNCP) no acepta la implantación de este sistema en la pesca de bajura española, por diferentes razones que fueron expuestas en la reunión celebrada en Bruselas, en septiembre de 2007. Estas son: la concentración de los derechos de pesca en manos de unas cuantas empresas; la dificultad resultante para realizar el control; el sistema es impracticable para las pesquerías mixtas; el sistema es incompatible con algunos principios comunitarios como, por ejemplo, el acceso libre y el principio de estabilidad relativa; y, por último, el peligro de sobrepesca.

Por último, cabe señalar que la experiencia de las pesquerías en las que se han aplicado sistemas de ITQs nos permite poder afirmar que solo en aquéllas en las que ha existido previamente un gran control social se han obtenido resultados

satisfactorios. En las restantes, el resultado final de las medidas de control que la Administración Pesquera ha tenido que introducir para evitar los efectos indeseables del mercado, se acerca más a sistemas mixtos centralizados-privatizados que a verdaderos mercados competitivos de cuotas de derechos de pesca. En consecuencia, puede interpretarse que es el control social, y no la existencia de derechos de propiedad, exclusivos y transferibles, la clave del éxito de estas experiencias.

3.8. LA GESTIÓN COMPARTIDA O COGESTIÓN DE PESQUERÍAS

En el sector pesquero, la puesta en marcha de los sistemas de cogestión surge para tratar de solucionar los problemas de sobreexplotación del recurso provocados, en gran parte, por la falta de eficacia y legitimidad de los enfoques centralizados; por la incapacidad de los gobiernos para proteger los stocks de peces de su sobreexplotación; y por acuerdos institucionales y organizacionales inapropiados.

La definición de cogestión no es precisa. En términos generales, la gestión compartida, conjunta, cooperativa, co-administración, o dicho con otros términos, la cogestión de pesquerías, se puede considerar una estrategia de gestión que persigue la eficiencia económica a través de la participación de los stakeholders en las decisiones relativas al diseño e implementación de las medidas de regulación pesqueras. Se caracteriza por la existencia de al menos dos organizaciones: una agencia gubernamental (la Administración Pesquera, incluida la investigación) y un grupo de usuarios (Jentoft, 1989; Hanna, 1995a; Sen y Nielsen, 1996).

En la cogestión, una parte de las responsabilidades del gobierno es descentralizada y delegada en las organizaciones de usuarios de niveles locales, regionales y/o nacionales (Jentoft et al., 1998), que participan activamente en

mayor o menor grado en el establecimiento de sus propias normas (Nielsen y Vedsmand, 1999).

Con la implantación de un sistema de gestión compartido se espera que mejore la legitimidad y calidad de las regulaciones pesqueras y, por consiguiente, la efectividad y equidad de la gestión de pesquerías (Jentoft, 1989; Pinkerton, 1989). El enfoque de cogestión se guiará así por los principios de máxima eficiencia y legitimidad del proceso.

El trabajo de Townsend (1998) pone de manifiesto que el término cogestión ni debe confundirse con la gestión corporativa ni con la gestión comunitaria o local de los recursos, pues en ninguno de estos casos el gobierno está implicado en el proceso de las decisiones referente a la gestión del recurso.

De acuerdo con Jentoft (2000), la cogestión constituye una alternativa intermedia que combina la gestión tradicional de arriba-a-abajo (*top-down*) en la cual las decisiones las toma unilateralmente el gobierno, con la visión del enfoque de gestión de abajo-a-arriba (*bottom-up*) en el que se delega la responsabilidad de la gestión del recurso a las comunidades de usuarios del mismo.

Siguiendo a Pinkerton (1992), la cogestión es *«una compartición de poder en el ejercicio de la gestión del recurso entre una agencia gubernamental y una organización comunitaria de ‘stakeholders’»* (p. 331).

Desde otro punto de vista, Hanna (1995a) apunta que la cogestión es un proceso de gestión que requiere la participación activa de los stakeholders en varias etapas del proceso de decisiones en la gestión del recurso.

Para la mayoría de los analistas es sinónimo de participación y colaboración conjunta entre las comunidades y el estado, en aspectos relacionados con el acceso o uso del recurso. Por ejemplo, Borrini-Feyerabend et al. (2000) definen la cogestión como *«una situación en la cual dos o más actores sociales negocian, definen y garantizan entre sí una forma justa de distribuir*

funciones, derechos y responsabilidades para un territorio, área o conjunto determinado de recursos naturales» (p. 1).

Por otro lado, tal y como señalan Sen y Nielsen (1996) y Nielsen et al. (2004), el concepto de cogestión no es preciso y puede ser interpretado de diferentes formas en la sociedad, debido a la existencia de niveles de acuerdos de cogestión que varían a lo largo de un continuo en los cuales los usuarios del recurso están implicados en el proceso de toma de decisiones en mayor o menor grado.

La cogestión de pesquerías no es una estructura legal de derechos y reglas estática, sino que es un proceso dinámico de creación de nuevas estructuras institucionales (Nielsen y Vedsmand, 1999), en el que se combinan el conocimiento y el interés real de los usuarios por el mantenimiento de la actividad con la capacidad de la Administración Pesquera en generar regulaciones adecuadas.

De acuerdo con Berkes et al. (2001) y Pomeroy y Rivera-Guieb (2006), la cogestión de pesquerías se puede definir como

una sociedad en la que el gobierno, la comunidad de usuarios locales del recurso (los pescadores), otros grupos de interés (los dueños de la embarcación, los comerciantes de pescado, los constructores de barcos, los prestamistas, los empresarios, los establecimientos turísticos, etc.), y los agentes externos (organizaciones no gubernamentales, académicas e instituciones de investigación) comparten la responsabilidad y autoridad de la toma de decisiones respecto de la gestión de una pesquería (2001, p. 202; 2006, pp.7-8).

Si aceptamos los tres enfoques de regímenes de gestión de pesquerías (basados en la burocracia, en el mercado y en la comunidad) establecidos por Charles (1992), la cogestión se puede definir como un conjunto de acuerdos institucionales y organizacionales (derechos y reglas) en los cuales los grupos de usuarios de la pesquería y la Administración Pesquera, incluyendo las

instituciones de investigación de pesquerías, comparten las responsabilidades de la gestión del recurso, principalmente las que se refieren a los métodos de regulación, asignación de la cuota y evaluación del stock (Sen y Nielsen, 1996).

Desde una perspectiva institucional, la cogestión implica reorganizar las estructuras de gobernanzas para la gestión de pesquerías (Nielsen y Vedsmand, 1997). En este contexto, se puede considerar como *«un proceso institucional de integración y reasignación de las responsabilidades de gestión y de la competencia (el poder legal) entre los participantes compartiendo los costes derivados de la gestión de pesquerías con los usuarios»* (p. 278).

Nielsen y Vedsmand (1999) identifican cuatro factores claves que influyen en los aspectos institucionales y de organización de los acuerdos de cogestión de pesquerías. Estos son los siguientes:

- (1) La existencia de una estructura de derechos de propiedad que determine quién tiene derecho al acceso, extracción y transferibilidad del recurso.
- (2) La escala de participación, o tipos de tareas que los usuarios pueden desempeñar, así como el nivel (local, regional o nacional) en el que los usuarios se implican en las diferentes tareas.
- (3) La naturaleza de los grupos de usuarios que participan en el proceso de toma de decisiones (pescadores, procesadores, consumidores, ecologistas, etc.).
- (4) El tipo de organización o institución de gestión (existente o posible) que participa (gubernamentales, regionales, locales y/o privadas).

Tal y como señala Noble (2000), los sistemas de cogestión utilizan los acuerdos institucionales en la gestión de pesquerías como *«una manera de descentralizar las decisiones de gestión del recurso y de mejorar la democracia participativa y la conformidad»* (p. 69).

Por último, los requisitos necesarios para su puesta en marcha son varios. Un paso previo a la implementación de la cogestión es, sin duda, conseguir que los grupos de usuarios del recurso se impliquen en el proceso de las decisiones de gestión y participen en el cumplimiento de las reglas. La cogestión requiere, por tanto, que existan tanto aptitudes como aspiraciones dentro del gobierno y entre los usuarios (Sen y Nielsen, 1996). Igualmente, se precisa que los grupos de usuarios tengan incentivos y capacidades para cooperar y codirigir; que sean competentes y responsables; y que se establezca un conjunto de acuerdos institucionales apropiados para permitir que todo esto sea así (Nielsen y Vedsmand, 1999). Berkes (1994), por su parte, sugiere el intercambio de poder, la cooperación entre los stakeholders y el ajuste de las diferencias entre los grupos de usuarios.

3.8.1. EL PAPEL DEL GOBIERNO Y DE LOS GRUPOS DE USUARIOS

Bajo un escenario de cogestión, y siguiendo a Pomeroy et al. (2001), todas las partes involucradas – el gobierno, los stakeholders y los agentes externos – desempeñan un papel crucial en la gestión del recurso. De una parte, el papel del gobierno en la gestión se centra, sobre todo, en aprobar las políticas y la legislación; mediar en las disputas; y proporcionar asistencia técnica y financiera en la cogestión.

De otra parte, los grupos de usuarios y stakeholders (científicos, ecologistas, etc.) son los responsables de la gestión diaria de los recursos. Estos participan en las consultas, diseñan medidas de gestión adecuadas, supervisan y ayudan en el seguimiento y cumplimiento de la ley.

De acuerdo con McCay (1993), *«los pescadores deben estar directamente implicados en la toma de decisiones (frente al papel de consejeros que suelen desempeñar) y tener autoridad para construir e implementar las regulaciones»* (p. 7).

Por último, los agentes externos son necesarios en el enfoque de cogestión, ya que desempeñan el papel de “catalizadores”, en el sentido de que son ellos mismos quienes inician el proceso de aprendizaje social, guían la resolución de los problemas, fortalecen las capacidades locales y promueven las políticas adecuadas. Sin embargo, como sugieren Pomeroy et al., *«no deben interferir directamente en el proceso [y] su participación en el proceso de cogestión debe ser temporal»* (p. 200).

Siguiendo a Jentoft y McCay (1995), el papel que desempeñan los grupos de usuarios del recurso en las decisiones de gestión dependerá de quién y cómo estén representados, así como de sus capacidades de negociación con el gobierno, siendo, por tanto, mucho más probable que el proceso sea boicoteado cuando los grupos de usuarios se sientan pobremente representados.

En el año 2002, el Reglamento (CE) núm. 2371/2002 del Consejo, de 20 de diciembre, sobre la conservación y explotación sostenible de los recursos pesqueros, estableció nuevas formas de participación de los usuarios del recurso en la Política Pesquera Común (PPC), a través de la creación de Consejos Consultivos Regionales (CCR) que representan a todas las partes.

Cada CCR se compone de dieciséis representantes del sector pesquero (cofradías de pescadores, asociaciones de armadores, organizaciones de productores, comerciantes y otras organizaciones de mercado y redes de mujeres), y de ocho miembros pertenecientes a “otros grupos interesados” (organizaciones ecologistas, acuicultores, consumidores y pescadores de pesca recreativa, entre otros) con intereses afectados por la PPC.

En realidad, el objetivo principal de los CCR no es otro que el de adoptar las medidas necesarias, cuando sea posible por consenso, para garantizar la transparencia en todas las fases del proceso de decisiones.

3.8.2. SPECTRUM DE ACUERDOS DE COGESTIÓN

La cogestión no es una entidad fija unitaria, sino que es un conjunto de principios para el diseño institucional que puede tomar varias formas de organización dependiendo de las circunstancias (Jentoft et al., 1998).

En un marco institucional, los acuerdos de cogestión se pueden clasificar en diferentes niveles en función del grado de participación y representación de las partes interesadas en las decisiones. Berkes (1994) establece hasta un total de siete niveles diferentes que varían a lo largo de un continuo. Son los siguientes: informativo; consultivo; cooperativo; comunicativo; comités asesores; consejos de administración; y asociación/control comunitario.

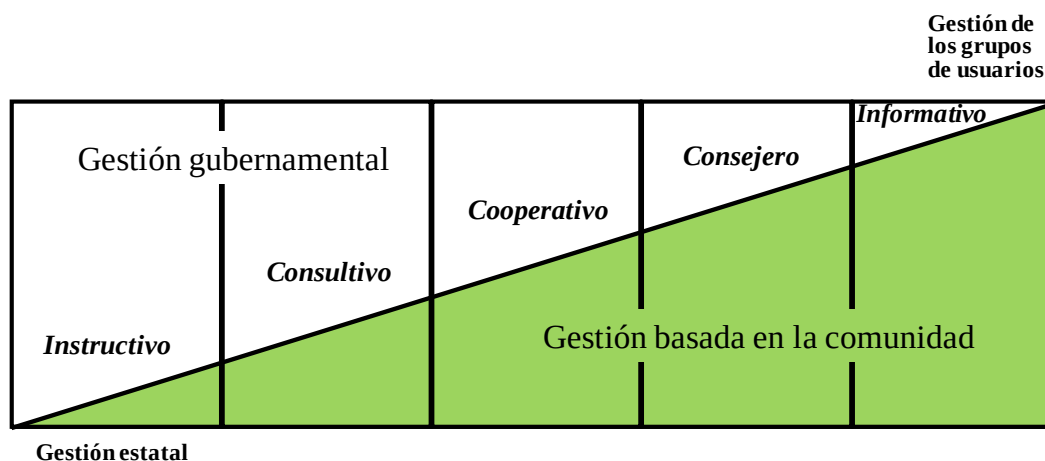
Sen y Nielsen (1996), siguiendo a McCay (1993) y Berkes (1994), identifican un spectrum de acuerdos de cogestión con hasta cinco tipos de niveles diferentes (instructivo, consultivo, cooperativo, consejero e informativo), que varían de un extremo a otro a lo largo de un continuo dependiendo del grado de implicación que los grupos de usuarios y el gobierno tengan en el proceso de decisiones (Figura 3.6). No obstante, se ha de precisar que esta tipología de niveles de acuerdos es solo una simplificación de una realidad mucho más compleja y que, por consiguiente, no resuelve todos los problemas de gestión de pesquerías.

- (1) A nivel instructivo, el gobierno informa a los usuarios de las decisiones que plantea. Podemos decir que en este nivel el intercambio de información que se establece entre ambas partes es mínimo.
- (2) A nivel consultivo, existen mecanismos institucionales de consulta entre los usuarios y el gobierno, pero todas las decisiones son exclusivamente tomadas por el gobierno.
- (3) A nivel cooperativo, los usuarios y el gobierno toman las decisiones conjuntamente en igualdad de condiciones y por consenso. Este tipo

de acuerdo es considerado a juicio de muchos expertos como, por ejemplo, Jentoft (1989), el tipo de cogestión “real”.

- (4) A nivel consejero, o asesor, los usuarios son quienes deciden cuáles son las medidas a adoptar y se las proponen al gobierno. Luego este último las ratifica y aprueba.
- (5) A nivel informativo, el gobierno se mantiene al margen y son los grupos de usuarios los responsables de informar al gobierno de las decisiones adoptadas.

Figura 3.6. Spectrum jerárquico de acuerdos de cogestión



Fuente: Sen, S. y Nielsen, J.R. (1996: 407), a partir de McCay, B.J. (1993) y Berkes, F. (1994)

Debido al hecho de que la cogestión es siempre un proceso dinámico, el tipo de acuerdo de cogestión que se aplique hoy puede cambiar mañana, por ejemplo, hoy puede ser consultivo y en el futuro cooperativo. Como veremos en el siguiente apartado, la determinación del tipo de acuerdo de cogestión dependerá de una serie de factores.

Por su parte, Nielsen et al. (2004) han establecido una clasificación atendiendo a las capacidades y formas de actuar de los pescadores/comunidades

pesqueras en: (i) el diseño de los objetivos de gestión; (ii) la aportación del conocimiento básico en el proceso de toma de decisiones; y (iii) la implementación de las decisiones de gestión. En base a estos tres criterios, los autores distinguen dos tipos de enfoques de cogestión: cogestión instrumental y cogestión de empoderamiento de pesquerías.

Figura 3.7. Cogestión instrumental

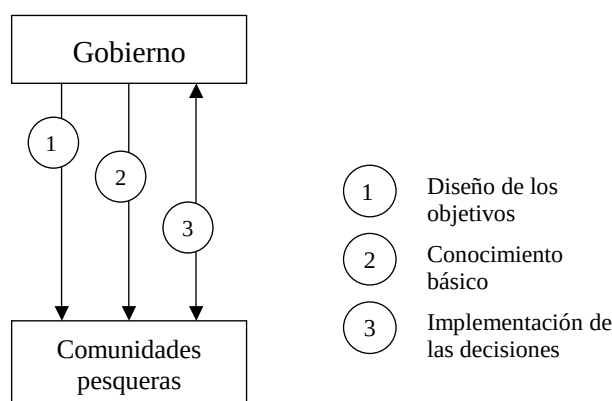
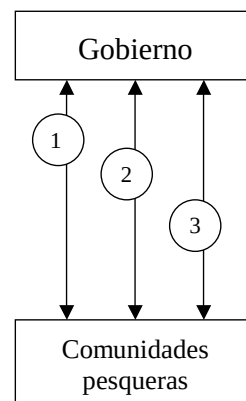


Figura 3.8. Cogestión de empoderamiento de pesquerías



Fuente: Nielsen et al. (2004: 154-155)

En un enfoque de cogestión instrumental, los usuarios solo participan en la etapa de implementación de las decisiones, en tanto que el gobierno es el órgano principal encargado de diseñar los objetivos de gestión y de aportar el conocimiento básico para el proceso de las decisiones de gestión (Figura 3.7).

En cambio, en un enfoque de cogestión de empoderamiento de pesquerías, los usuarios aumentan su poder y autoridad con respecto a la cogestión instrumental. Con el fortalecimiento de los usuarios en su capacidad de participación, estos junto con el gobierno se implican por igual en el diseño de los objetivos de gestión, en la aportación del conocimiento básico necesario para el proceso de decisiones, y en el proceso de implementación de las decisiones de gestión. Este tipo de cogestión es un proceso de aprendizaje para todas las partes implicadas igual que lo es la gestión adaptativa (Figura 3.8).

3.8.3. ELEMENTOS DETERMINANTES DEL TIPO DE ACUERDO DE COGESTIÓN

Jentoft y McCay (1995), al igual que Nielsen y Vedsmand (1995), enfatizan la importancia del ámbito desde el que se deben tomar las decisiones (local, regional, nacional o supranacional) y, en relación a esto, la escala referida al sistema del recurso de pesquerías y a las tareas de gestión que van a ser llevadas a cabo. En el ámbito local, los autores han podido comprobar que si el sistema, y/o las tareas, son grandes y complejas entonces el proceso de toma de decisiones puede no ser efectivo.

3.8.3.1. *Tipos de Tareas de Gestión*

El establecimiento de los acuerdos de cogestión dependerá a su vez de las tareas de gestión, que tanto los grupos de usuarios como los gobiernos sean capaces de llevar a cabo. En la práctica, existe una extensa variedad de tareas que pueden ser adecuadas en las diferentes etapas del proceso de gestión.

En general, y aunque los casos de estudios no suelen ser explícitos sobre las tareas de gestión, sí que hay indicios que confirman que cuanto más específicas sean estas, más se involucrarán los grupos de usuarios en el proceso de toma de decisiones. En estos casos, lo más probable es que las decisiones se tomen en el nivel consejero o informativo.

En un escenario de cogestión ideal, tanto el gobierno como los grupos de usuarios cooperan por igual en todas las tareas de gestión y etapas del proceso de gestión. Sin embargo, la práctica nos demuestra que en la mayoría de los acuerdos de cogestión el papel del gobierno y de los grupos de usuarios es diferente.

En algunas tareas de gestión como, por ejemplo, en la formulación de políticas, puede resultar deseable que las decisiones tomadas por el gobierno y los grupos de usuarios coincidan, mientras que en otras como, por ejemplo, en

los derechos de acceso, puede ser más apropiado que el gobierno tome sus decisiones basándose en consultas con los grupos de usuarios. Tal y como señalan Sen y Nielsen (1996), diferentes tareas de gestión pueden estar sujetas a diferentes tipos de cogestión entre el gobierno y los usuarios.

3.8.3.2. *Etapas del Proceso de Gestión*

De acuerdo con Sen y Nielsen (1996), en un escenario de cogestión ideal, los grupos de usuarios deberían estar implicados en todas las etapas del proceso de gestión del recurso (planificación, implementación y evaluación), pero lo que realmente ocurre es que los usuarios solo se implican en algunas de ellas.

Un enfoque centralizado en la etapa de planificación tenderá a tener costes de diseño más bajos que un enfoque cooperativo, ya que probablemente lleve menos tiempo alcanzar las decisiones. Sin embargo, la implementación, el seguimiento y la ejecución del programa puede ser más costosa, ya que el régimen no es legítimo para los usuarios que han tenido muy poca permanencia en su diseño.

Si falta información para gestionar la pesquería, el enfoque de cogestión puede conducir a costes de transición más bajos en las fases de planificación e implementación, ya que los pescadores pueden proporcionar información sobre los patrones de pesca, las capturas y el estado del recurso.

Según la mayoría de los casos de estudios, los pescadores y demás usuarios del recurso pesquero se involucran en los acuerdos de cogestión durante la etapa de implementación y solo en menor grado en la de planificación. La práctica nos demuestra que el proceso de implementación es continuamente evaluado por el gobierno y los grupos de usuarios, sin embargo, no hay casos de estudios que demuestren la participación de los usuarios en la etapa de *evaluación*.

3.8.4. EVALUACIÓN DE LOS ACUERDOS DE COGESTIÓN PESQUEROS

El cumplimiento de los acuerdos de cogestión pesqueros puede ser evaluado a través de sus impactos en el recurso y sus usuarios. A juicio de Hanna (1995b) y Sen y Nielsen (1996), los tres criterios más relevantes para su evaluación son: sostenibilidad, eficiencia y equidad del proceso de gestión.

El primero de los criterios, la sostenibilidad, se divide a su vez en dos: administración del recurso y resistencia del sistema de gestión. La administración se refiere a la tendencia de los grupos de usuarios a mantener la productividad y las características ecológicas del recurso, en tanto que la resistencia es la capacidad que tiene el sistema para absorber las perturbaciones y tratar los cambios. Según Hanna, un proceso de gestión será resistente si conduce a reglas flexibles, y si se adapta tanto a los cambios estructurales (por ejemplo, cambios en el arte de pesca y/o en el tamaño de la flota) como a los cambios de mercados.

El segundo criterio, la eficiencia, se refiere a la efectividad del coste del acuerdo, en particular, a la reducción de los costes de transacciones (costes de información, costes de coordinación y costes de cumplimiento) o a la mejora de los ingresos netos de la pesquería.

El tercer criterio, la equidad, en el sentido de justicia, se evalúa con cuatro elementos: la representación, la claridad, las expectativas homogéneas y los efectos distributivos del proceso de gestión. La representación se refiere al grado en que los intereses de los grupos de usuarios se ven representados en el proceso; la claridad, a la transparencia del proceso de gestión; las expectativas homogéneas, al grado en el que los participantes tienen objetivos similares en el proceso de gestión; y, finalmente, los efectos distributivos, al grado en el que el proceso de gestión lleva a una distribución de los beneficios más o menos justa.

Evidentemente, en la cogestión pueden existir contradicciones en términos de equidad/efectos distributivos entre los pescadores, por ejemplo, en las limitaciones de acceso de los recursos, en la regulación de cuotas, etc.

De estudios realizados en pesquerías de todo el mundo en los últimos años se ha puesto de manifiesto la validez de los diferentes acuerdos de cogestión, tanto en pesquerías de pequeña escala de países en vías de desarrollo como en pesquerías altamente industrializadas de países desarrollados. De hecho, una gama de experiencias internacionales que practican la cogestión se puede encontrar en los trabajos de Jentoft y McCay (1995) y Sen y Nielsen (1996). Concretamente, Sen y Nielsen, a partir de veintidós casos de estudios a nivel mundial, analizan en detalle once pesquerías diferentes que han basado la gestión de sus recursos en el sistema de cogestión.

A su vez, la cogestión de los recursos pesqueros a través de cooperativas creadas por los propios pescadores locales ha sido practicada con éxito en una pesquería de pescadilla que desarrolla su actividad en la costa atlántica Bight de Nueva York (McCay, 1980), y en algunas pesquerías pelágicas del sureste de Turquía (Berkes, 1986).

Varias implementaciones de acuerdos de cogestión han sido propuestos en pesquerías comerciales de crustáceos situadas en la costa Sureste de la Nueva Inglaterra, en donde tanto pescadores como compradores de mariscos y gobierno son las organizaciones implicadas (Kaplan, 1998). También en pesquerías de Nueva Zelanda (Yandle, 2003), y en pesquerías de la costa Sureste de Asia y del Sur de África (Nielsen et al., 2004).

Ya a nivel europeo hemos de mencionar el caso de la pesquería del *Gran Sol*, también llamada “flota de los 300”, cuyas embarcaciones faenan en aguas del Atlántico a lo largo de la costa Norte y Noroeste de la Península Ibérica (ICES Vb, VI, VII y VIIIabde). La pesquería del Gran Sol responde a un sistema de gestión individualizado, donde los pescadores son los propietarios de los derechos de pesca y tienen el poder de cambiar la asignación de los derechos y de organizar la actividad pesquera (Domínguez Torreiro, 2003).

Concluiremos este punto diciendo que no podemos olvidarnos que en el análisis empírico de este trabajo de investigación, recogido en el capítulo siete, se

aplica un enfoque de cogestión en una pesquería artesanal española muy concreta, la llamada pesquería de la chirla (*Chamelea gallina*) que desarrolla su actividad en aguas del Golfo de Cádiz (ICES IXa)).

3.8.5. VENTAJAS QUE PRESENTA

La gestión compartida de pesquerías ofrece numerosas ventajas: En primer lugar, subyace la hipótesis de que la implicación y participación de los grupos de usuarios creará incentivos más fuertes de cooperación en la implementación de esquemas de gestión más eficientes que puedan beneficiar a todas las partes. Igualmente, el involucramiento de los pescadores en el proceso de gestión proporciona algún sentido de propiedad a los pescadores, lo que les lleva a sentirse más responsables en la búsqueda a largo plazo de la sostenibilidad de los recursos (Jentoft, 2000).

En segundo lugar, con la delegación de parte de las responsabilidades de gestión a los usuarios del recurso pesquero se consigue que estos se impliquen directamente en el proceso de toma de decisiones y que se mejoren los resultados de la gestión, al disponer de mejor información y fomentar una actitud responsable entre los pescadores (Nielsen et al., 2004).

En tercer lugar, tal y como señalan Jentoft (1989) y Nielsen et al. (2004), la cogestión es un sistema de gobernanza más democrático, dado que los pescadores participan en el proceso de la toma de decisiones.

En cuarto lugar, el enfoque de cogestión ofrece ciertas ventajas frente al de gestión centralizada en el gobierno, asociadas con los bajos costes de implementación, supervisión y cumplimiento, y con una mayor legitimidad entre los grupos de usuarios (Hanna, 1995b).

En quinto lugar, la participación directa de los usuarios en los acuerdos de cogestión proporciona una mayor conformidad con las regulaciones pesqueras, lo que a su vez incrementa la legitimidad de las regulaciones (Jentoft et al., 1998).

Finalmente, a todas estas ventajas deben unirse otras relacionadas con la minimización de conflictos (Noble, 2000; Castro y Nielsen, 2001), la minimización del gasto público y, por tanto, la reducción de los costes de control y sanción, así como de los costes de obtención de información. Más aún, dado el coste político que toda medida drástica de gestión tiene para cualquier gobierno, la cogestión facilita la adopción de dichas medidas cuando sean necesarias (Domínguez Torreiro, 2003).

3.9. LA GESTIÓN MODERNA DE PESQUERÍAS

La conservación de los recursos pesqueros exige adoptar enfoques de gestión más participativos y novedosos, como son: la Cogestión Adaptativa y el Enfoque Ecosistémico en la Pesca. Un componente importante en la implementación de ambos enfoques es la Ordenación Adaptativa.

Durante los años 70 del siglo pasado, el concepto de ordenación o gestión adaptativa en los recursos naturales fue desarrollado por Holling (1978) y ecologistas canadienses de la Universidad de la Columbia Británica y vienenses del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados, con el objeto de abordar el proceso de toma de decisiones en situaciones reales de incertidumbre. La utilización del enfoque adaptativo en la gestión sostenible de los recursos naturales renovables se debe principalmente a las investigaciones del ecologista Carl J. Walters (1986).

La ordenación adaptativa trata de hacer frente a la incertidumbre del proceso de las decisiones a través del aprendizaje institucional y la participación social (Berkes et al., 2001; Pomeroy y Rivera-Guieb, 2006).

A diferencia de los sistemas de gestión tradicionales, bajo este enfoque, las políticas de manejo de los recursos son tratadas como “experimentos” (activos o pasivos) que permiten a los gestores aprender, para luego adaptar y modificar su conducta (FAO, 2010).

La filosofía de este enfoque sistemático se centra en el intercambio de conocimientos; en el aprendizaje continuo a través de la experiencia; y en la adaptación (“aprender haciendo”) (Holling, 1978; Walters, 1986; Walters y Holling, 1990). Es asimismo un proceso dinámico, sostenible e iterativo, basado en el aprendizaje de la retroalimentación constante o *feedback* (Walters, 1986; Berkes et al., 2001).

De acuerdo con Borrini-Feyerabend et al. (2000), la ordenación adaptativa es:

un enfoque basado en el reconocimiento de que el manejo de los recursos naturales es siempre experimental, que podemos aprender a partir de las actividades implementadas, y que el manejo de los recursos naturales puede mejorar sobre la base de lo que ha sido aprendido (p. 5).

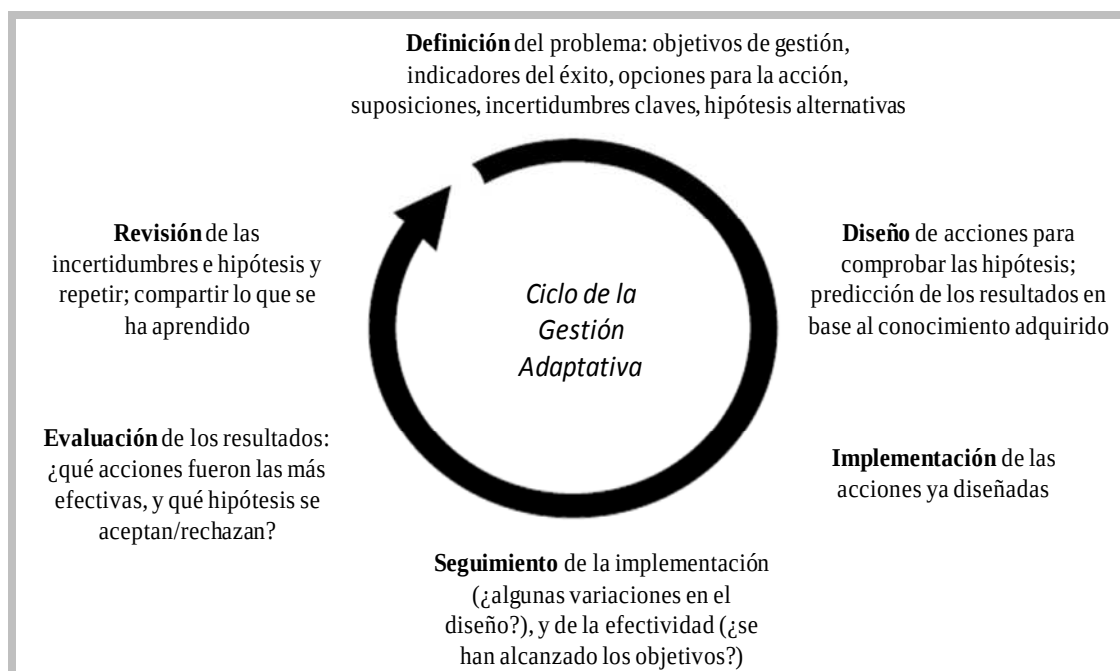
En la práctica, la gestión adaptativa de los recursos naturales es un proceso cíclico de aprendizaje consistente en poner a prueba actividades, generando un aprendizaje gradual mediante el seguimiento, la evaluación de los resultados, y la continuación de ajustes y modificaciones hasta alcanzar satisfactoriamente las metas u objetivos deseados (Pomeroy et al., 2003).

De acuerdo con Murray y Marmorek (2004), implica llevar a cabo seis etapas diferentes: (i) definición del problema existente; (ii) diseño de acciones para comprobar las hipótesis y la predicción de los resultados; (iii) implementación de las acciones diseñadas; (iv) seguimiento del logro de los resultados; (v) evaluación de los resultados de las pruebas; y (vi) revisión de las incertidumbres e hipótesis de los resultados, continuar corrigiendo y mejorando los resultados obtenidos, y compartir lo que se ha aprendido (Figura 3.9).

En el contexto de pesquerías, la gestión adaptativa implica a priori pensar en la situación de la pesquería, con vistas a definir los objetivos y metas, y desarrollar un plan de ordenación que funcione eficazmente. Luego, se precisa recoger información biológica y económica sobre la pesquería en relación con las

flotas, los recursos, los pescadores, el medio ambiente, el rendimiento económico, etc. e implementar el plan de gestión seleccionado. Posteriormente se evalúan los resultados obtenidos y se desarrollan acuerdos que conduzcan a mejoras, en base a las nuevas experiencias y los conocimientos adquiridos (Parks, 2011). De esta forma, con la iteración del proceso, los pescadores y gestores aprenden de sus éxitos y fracasos, y obtienen resultados que les ayudan a tomar sus propias decisiones.

Figura 3.9. Ciclo de la gestión adaptativa



Fuente: Murray, C. y Marmorek, D.R. (2004: 2)

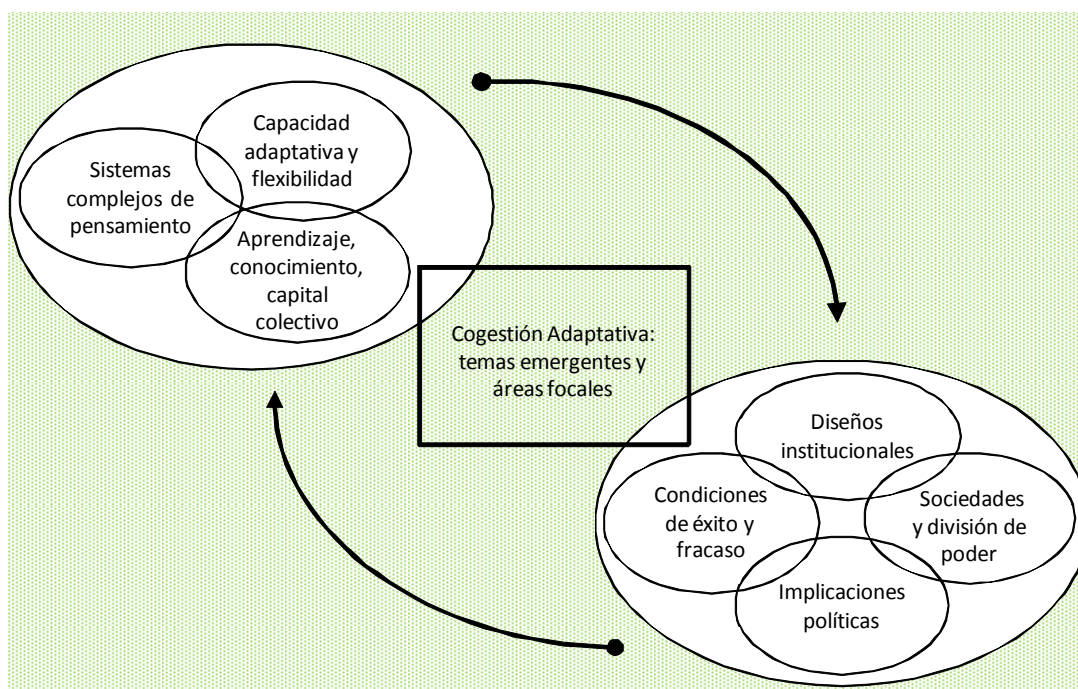
3.9.1. LA COGESTIÓN ADAPTATIVA DE PESQUERÍAS

La fusión de la ordenación adaptativa con la cogestión da lugar a un enfoque de gestión participativo y de aprendizaje continuo que se conoce con el nombre de Cogestión Adaptativa. Opera a través de múltiples niveles y requiere hacer uso de los conocimientos y compromiso de un gran número de usuarios del recurso a diversas escalas (Armitage et al., 2007).

La cogestión adaptativa es realmente una herramienta bastante flexible para la ordenación sostenible de los recursos naturales y del medio ambiente. Establece un vínculo entre el aprendizaje continuo iterativo de la ordenación adaptativa y la gestión cooperativa en la que los usuarios y la Administración Pesquera comparten conjuntamente tanto derechos como responsabilidades.

Según Berkes (2007), es un proceso de acuerdos institucionales cambiantes todo el tiempo y de aprendizaje continuo e innovación. En la práctica se caracteriza por: i) la interacción horizontal entre grupos de usuarios en el mismo nivel de organización; ii) la interacción vertical de los usuarios con el gobierno; y iii) el aprendizaje iterativo.

Figura 3.10. Temas principales en la cogestión adaptativa



Fuente: Armitage, D., et al. (2007: 8)

En la Figura 3.10 se exponen los siete temas esenciales de la cogestión adaptativa que hemos recogido en el trabajo de Armitage et al. (2007). Estos temas incluyen: los sistemas complejos de pensamiento; la capacidad adaptativa

y flexibilidad; el aprendizaje, conocimiento y capital colectivo; los diseños institucionales; las sociedades y la división de poder; las implicaciones políticas; y también las condiciones para el éxito y fracaso.

Un enfoque adaptativo cogestionado resulta especialmente útil bajo condiciones de cambio, incertidumbre en la adopción de decisiones y complejidad en la gestión de los recursos naturales (Berkes, 2007). No obstante, su implementación requiere una fuerte comprensión del concepto por parte de los actores sociales, usuarios o partes interesadas.

3.9.1.1. Definición y Principios en la Cogestión Adaptativa

No existe una única definición de cogestión adaptativa que goce de total aceptación. Por ejemplo, Ruitenbeek y Cartier (2001), la definen como: *«una gestión con una estructura a largo plazo que permite a las partes interesadas compartir la responsabilidad de gestión o manejo dentro de un sistema específico de recursos naturales, y aprender de sus acciones»* (p. 8).

Mientras que para Folke et al. (2002) representa *«un proceso por el cual los acuerdos institucionales y el conocimiento ecológico se prueban y revisan en un proceso de prueba-y-error dinámico, continuo, auto-organizado»* (p. 20). Esta definición ha sido adoptada también por Armitage et al. (2007).

De acuerdo con Olsson et al. (2004) puede definirse como: *«un sistema de gestión, flexible, basado en la comunidad, que se adapta a lugares y situaciones específicas, que se apoya y trabaja con varias organizaciones en diferentes escalas»* (p. 75).

La cogestión adaptativa es una estrategia de gestión que se fundamenta principalmente en cuatro principios básicos, que son: (1) “aprender haciendo”; (2) síntesis de diferentes sistemas de conocimiento; (3) colaboración y división de poder entre los niveles locales, regionales y nacionales; y (4) flexibilidad de gestión (Olsson et al., 2004).

En el contexto de pesquerías, la cogestión como proceso es adaptativa en el sentido de que, a través de un proceso de aprendizaje, la información es compartida entre los pescadores y la Administración Pesquera llevando a continuas modificaciones y mejoras en la gestión. Además, a través de la cogestión, todas las partes activamente contribuyen y trabajan juntas en la ordenación de pesquerías durante todo el ciclo del proceso, desde la etapa previa de diagnóstico del problema hasta la etapa de seguimiento y mejora, compartiendo los costes y los beneficios así como los éxitos y los fracasos.

Y, dado que el aprendizaje social y la adaptación son la base de la gestión adaptativa (Holling, 1978; Lee, 1999), el éxito de este enfoque en la práctica dependerá en gran medida de que tanto los pescadores como la Administración Pesquera mantengan una mentalidad abierta para colaborar y compartir experiencias y conocimientos (Pomeroy y Rivera-Guieb, 2006).

3.9.1.2. *Experiencias de su Implementación*

Como apoyo a este enfoque en la ordenación pesquera, a nivel nacional incluimos la propuesta presentada en el *I Congreso Iberoamericano de Gestión Integrada de Áreas Litorales* por García Allut y Vázquez Portela (2012), ambos miembros pertenecientes a la Fundación Lonxanet para la Pesca Sostenible (FLPS)², que se centra principalmente en la gestión adaptativa a pequeña escala de reservas marinas de interés pesquero localizadas en la región de Lira, Galicia, cogestionadas por las comunidades de pescadores artesanales a través de sus cofradías y por representantes de la Administración Pública. Los propios pescadores, en base a su conocimiento ecológico, participan activamente en el diseño, práctica, cumplimiento y vigilancia de su plan de ordenación y de sus medidas de gestión.

A raíz de esta experiencia, los autores citados han observado que desde el punto de vista biológico se ha producido un incremento de la biomasa para

² [En línea] Disponible en: <http://www.fundacionlonxanet.org> (Consulta : 02/11/15)

algunas especies, tales como el percebe y el erizo, lo que se traduce en un aumento del volumen de las capturas, del tiempo de pesca y del número de mariscadores.

Por otro lado, los resultados sociales observados han sido: *i)* una reducción de los enfrentamientos y conflictos entre los pescadores; *ii)* el fortalecimiento de las capacidades de adaptación de los pescadores, quienes a su vez se vuelven más responsables con la utilización sostenible de los recursos pesqueros; y, por último, *iii)* el empoderamiento de las cofradías de pescadores artesanales.

A nivel internacional, en el trabajo de Armitage et al. (2007) se examinan los avances sobre la implementación de este enfoque en la gestión de pesquerías de todo el mundo con una gran multitud de casos prácticos, principalmente, en Canadá, EE. UU. y Australia. Hemos de destacar el caso de estudio de Ayles et al. (2007), en el que se proponen diferentes iniciativas para recuperar las poblaciones de peces a las cuales dirigen sus esfuerzos tres pesquerías artesanales localizadas en el oeste del Ártico canadiense, todas ellas cogestionadas por agencias estatales y comunidades pesqueras indígenas.

3.9.2. EL ENFOQUE DE ECOSISTEMAS EN LA PESCA

El Enfoque de Ecosistemas en la Pesca (EEP en lo sucesivo) es una estrategia innovadora para la ordenación pesquera sostenible que trata de proteger los ecosistemas³ marinos y al mismo tiempo conservar las poblaciones de peces, sin perjudicar a otras especies marinas.

La consideración conjunta de los elementos bióticos y abióticos del ecosistema y de los aspectos humanos (es decir, de los procesos y factores sociales, económicos e institucionales que determinan los sistemas pesqueros)

³ Según el documento de la FAO de 2003, por 'ecosistema' se entiende: «una unidad de organización que consiste en una agregación de plantas, animales (inclusive seres humanos) y microorganismos, junto con los componentes no vivos del ambiente» (FAO, 2003, p. 125).

son los puntos de partida en la implementación de un enfoque ecosistémico en la pesca (FAO, 2010b).

Para que el EEP resulte efectivo es esencial la coordinación, consulta, cooperación y toma de decisiones conjunta, no solo entre las diferentes pesquerías que operan dentro del mismo ecosistema o zona geográfica, sino también entre los gestores pesqueros y demás sectores que tienen impacto en las pesquerías, o se ven afectados por ellas. En el contexto del EEP, la gobernanza será más transparente y democrática si todas las partes interesadas se involucran en él (Frid et al., 2005).

La adopción del enfoque ecosistémico en la pesca requiere el conocimiento tanto de las especies no objetivo como del funcionamiento de los ecosistemas, para comprender la dinámica real de los ecosistemas explotados.

No obstante, la falta de conocimiento adecuado hace que una gestión pesquera basada en el enfoque ecosistémico esté inevitablemente sujeta a niveles altos de incertidumbre y error (FAO, 2003, 2010b), lo que a su vez exige que, dada la naturaleza compleja y dinámica de los ecosistemas, sea siempre adaptable.

Desde los años 90 del pasado siglo, sobre todo a partir de la aprobación de la Declaración de Río sobre los Principios del Desarrollo Sostenible, en julio de 1992, el EEP empieza a ocupar un espacio destacado en la agenda de los gobiernos, de los organismos internacionales y de la industria pesquera.

La Sección 6.2 de los Principios Generales del Código de Conducta para la Pesca Responsable que elaboró la FAO en 1995 se refiere al EEP, y en él se estipula que:

La ordenación de la pesca debería fomentar el mantenimiento de la calidad, la diversidad y la disponibilidad de los recursos pesqueros en cantidad suficiente para las generaciones presentes y futuras, en el contexto de la seguridad alimentaria, el alivio de la pobreza, y el desarrollo sostenible. Las medidas de ordenación deberían

asegurar la conservación no sólo de las especies objetivo, sino también de aquellas especies pertenecientes al mismo ecosistema o dependiente de ellas o que estén asociadas con ellas (p. 5).

En la década de los años dos mil se celebró la Conferencia de Reykjavik (Islandia) sobre la Pesca Responsable en el Ecosistema Marino, organizada por la FAO en octubre de 2001. En virtud de la Declaración de Reykjavik, aprobada en dicha Conferencia, se reconoce la necesidad de incorporar los efectos de la pesca en el ecosistema marino y los impactos de este en la pesca, con el fin de asegurar una conservación más eficaz, y una utilización más sostenible del ecosistema y sus recursos (FAO, 2001).

Un acontecimiento posterior, tal como la Cumbre Mundial de Johannesburgo (Sudáfrica) sobre el Desarrollo Sostenible de 2002, marcará el impulso definitivo para la puesta en práctica del enfoque ecosistémico en la gestión de los recursos renovables, incluyendo las pesquerías, donde además se aprueba un plan de aplicación para recuperar los recursos marinos agotados o sobreexplotados:

Elaborar y facilitar el uso de diversos enfoques e instrumentos, incluido el enfoque basado en el ecosistema, la eliminación de prácticas de pesca destructivas, el establecimiento de zonas marinas protegidas consistentes con la ley internacional [...] y la integración de la ordenación de zonas marinas y costeras en sectores claves (FAO, 2003, pp. 4 y 97).

En la Conferencia de Bergen (Noruega), celebrada en septiembre de 2006, se compartieron experiencias internacionales sobre la aplicación del EEP, lo que contribuyó a identificar estrategias y herramientas comunes que facilitarán la implementación de dicho enfoque en el futuro (Bianchi y Skjoldal, 2008).

Más recientemente, en la Cumbre Mundial sobre Sostenibilidad en la Pesca celebrada en Baiona (Vigo), en septiembre de 2009, se acuerda que una de las medidas adicionales a adoptar para asegurar la sostenibilidad de los recursos

pesqueros a largo plazo sea: *«aplicar un enfoque basado en el ecosistema que utilice datos científicos precisos, facilite la sostenibilidad a largo plazo y tenga en cuenta el impacto de la pesca sobre otras especies, hábitats y el ecosistema»*⁴.

Los conceptos y principios que sustentan el EEP no son nuevos, aunque sí lo es su aplicación práctica. Muchos de los progresos que se están logrando en la aplicación de este enfoque holístico aparecen expuestos en los trabajos de Bianchi y Skjoldal (2008) y de las Naciones Unidas (2009).

En el continente africano occidental, tres países pesqueros del suroeste que comparten el mismo ecosistema marino (Angola, Namibia y Suráfrica) han implementado conjuntamente el EEP en la región de Benguela, Namibia. En el caso de estudio de O'Toole (2009) se examinan los importantes avances de este enfoque.

En Europa, actualmente se está trabajando en la puesta en marcha de un plan de control plurianual y multiespecífico para proteger conjuntamente los stocks de bacalao, arenque y espadín del Mar Báltico (Comisión Europea, 2011). Asimismo, Noruega y Rusia están cooperando conjuntamente en la ordenación ecosistémica en el Mar de Barents y en las zonas marinas situadas frente a las islas Lofoten de Noruega (Winsnes y Skjoldal, 2008).

Países de otros continentes, tales como Canadá, EE. UU y Nueva Zelanda, han empezado a incorporar gradualmente las consideraciones del ecosistema en la gestión de sus pesquerías. También en las pesquerías comerciales que operan en la zona del Pacífico, y más concretamente en Australia, se están aplicando estrategias del enfoque ecosistémico que incluyen la asignación del riesgo ecológico (Fletcher, 2008).

Algunas pesquerías en Latinoamérica que se encuentran sobreexplotadas o en situación de colapso, como por ejemplo, la de la merluza común (*Merluccius gayi*) de la zona central de Chile (regiones IX y X), están promoviendo la

⁴ Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM). Noticia publicada online el 16/09/2009.

aplicación de este enfoque para la recuperación de estos stocks de peces. En el trabajo de Neira y Arancibia (2006), presentado en la Conferencia de Bergen de 2006, se analizan los principales factores de riesgo para la sostenibilidad ecológica de dicha pesquería.

Al igual que el EEP, la Gestión Pesquera basada en el Ecosistema (GPBE) también tiene como objetivo la ordenación pesquera (FAO, 2003). No obstante, desde la publicación del trabajo de Gabriella Bianchi en el año 2008 se acepta que son enfoques distintos, pues la GPBE tiene como primera meta la sostenibilidad ecológica en lugar de las especies objetivo (Pikitch et al., 2004), a diferencia del EEP que se centra en buscar el equilibrio entre los aspectos institucionales, humanos y ecológicos (Bianchi, 2008).

En el contexto de pesquerías, el enfoque ecosistémico tiene en cuenta no solo la abundancia y distribución de las poblaciones explotadas, sino también las consecuencias de las interacciones entre la pesca y los ecosistemas. Los ecosistemas pueden afectar a los stocks de peces y a su productividad, pero también las actividades pesqueras pueden influir negativamente en los ecosistemas marinos. Por ello, el marco de la gestión ecosistémica abarca dos temas principales: el impacto de los ecosistemas marinos en los recursos pesqueros (incluyendo la variabilidad natural y el cambio climático) y, a la inversa, el impacto de la explotación de los recursos pesqueros en los ecosistemas marinos (incluyendo la biodiversidad y el hábitat) (Ward et al., 2002; García y Cochrane, 2005).

Los efectos negativos de la pesca en los ecosistemas pueden ser tanto físicos (por ejemplo, los destrozos que determinadas artes de pesca ocasionan en los corales de agua fría del fondo marino) como biológicos (por ejemplo, las interacciones biológicas, los cambios en las relaciones predador-presa, las cadenas tróficas, los descartes, las capturas incidentales no deseadas y la pérdida o degradación de los hábitats debido a la presión de la pesca).

En la actualidad, la ciencia dirige sus esfuerzos a analizar los posibles efectos (directos e indirectos) de la pesca en los ecosistemas marinos. Esto precisa del desarrollo y aplicación de modelos científicos adecuados que expliquen la dinámica de los ecosistemas; que sean capaces de predecir las interacciones de los ecosistemas; y que compatibilicen los aspectos cualitativos y cuantitativos de la actividad pesquera (Plagányi, 2007). Desafortunadamente, a pesar de todos estos esfuerzos, hoy en día aún siguen existiendo muchas lagunas acerca del funcionamiento completo de los ecosistemas y, por ello, en la práctica, la valoración de estos efectos suele ser difícil y complicada.

3.9.2.1. Definición y Principios que sustentan el EEP

En términos generales, la FAO (2003) acepta que el objetivo fundamental del enfoque ecosistémico en la pesca sea:

planificar, desarrollar y ordenar la pesca de modo que satisfaga las múltiples necesidades y deseos de las sociedades, sin poner en riesgo la posibilidad de que las generaciones futuras se puedan beneficiar de la amplia gama de bienes y servicios que ofrecen los ecosistemas marinos (p. 16).

Por ello, la definición de EEP que propone la FAO tiene en cuenta los objetivos de la sociedad, el medio ambiente, la ecología y los seres humanos como una parte integral de los ecosistemas:

mediante el enfoque de ecosistemas en la pesca se procura equilibrar diversos objetivos sociales, teniendo en cuenta los conocimientos y las incertidumbres sobre los componentes bióticos, abióticos y humanos de los ecosistemas y de sus interacciones, y aplicar un enfoque integrado a la pesca dentro de límites ecológicamente fidedignos (p. 6).

Por otro lado, la puesta en marcha del EEP requiere considerar un conjunto de requisitos o principios relacionados entre sí, que aborden todos los aspectos económicos, sociales y ecológicos de la ordenación de pesquerías, y que

también reconozcan que esta debe centrarse en el mantenimiento de la estructura natural y la función de los ecosistemas marinos, incluyendo la biodiversidad en todos los aspectos (hábitats, especies y genética), y el mantenimiento de los procesos ecológicos que soportan la biodiversidad y productividad.

Cada uno de estos principios generales ha sido elaborado por la FAO en conformidad con el Código de Conducta para la Pesca Responsable de 1995, y todos ellos se encuentran actualizados en el informe técnico de la FAO de 2010. Estos principios pueden resumirse, en esencia, como sigue (FAO, 2010b):

1. Aseguramiento del bienestar de los seres humanos y de la equidad entre ellos. Este principio es esencial para garantizar el uso sostenible de los recursos marinos.
2. Reducción de los efectos negativos de la pesca en los ecosistemas. Las pesquerías deben ser gestionadas con el fin de minimizar sus impactos negativos sobre los ecosistemas. Además, mediante la ordenación de pesquerías se debe asegurar en la medida de lo posible el buen funcionamiento y equilibrio de los ecosistemas.
3. Mantenimiento de las relaciones ecológicas entre los recursos pesqueros que son objeto de captura y las especies asociadas o dependientes.
4. Utilización de medidas de ordenación que sean compatibles unas con otras y con toda la zona de distribución del recurso (o sea, con toda la zona donde se desarrollan las actividades de la pesquería), por ejemplo, a través de los límites jurisdiccionales.
5. Aplicación del enfoque precautorio para la pesca de captura y las introducciones de especies, en todas las etapas del proceso de ordenación. Este enfoque reconoce que se utilicen medidas prudentes para realizar una gestión pesquera eficaz ante la carencia de

información y las incertidumbres sobre la estructura y las funciones del ecosistema.

El Principio 15 de la *Declaración de Río* en 1992⁵ establece que: «cuando haya peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente» (p. 46).

Constituyen un claro ejemplo las pesquerías multi-especies europeas de la zona del Atlántico Noreste que han adoptado el enfoque precautorio para fijar los límites de capturas (Frid et al., 2005).

6. Consideración de las interacciones entre especies, principalmente entre especies protegidas o que puedan estar en peligro de extinción.
7. Ampliación de la participación de las partes interesadas⁶, o grupos de interés, para el proceso de ordenación de pesquerías integradas en los ecosistemas; la fijación de objetivos; y la adopción de decisiones y aplicación.

3.9.2.2. *Etapas para su Implementación*

La implementación y ejecución práctica del enfoque ecosistémico en la pesca suele ser un proceso iterativo y gradual que precisa de factores socioeconómicos, culturales, políticos e institucionales. Igualmente, la implementación del EEP originará beneficios y costos. En el trabajo de Charles y De Young (2008) se evalúan los posibles beneficios y costos de tipo ecológico, económico, social e institucional (o de gestión) resultantes de la aplicación de este enfoque.

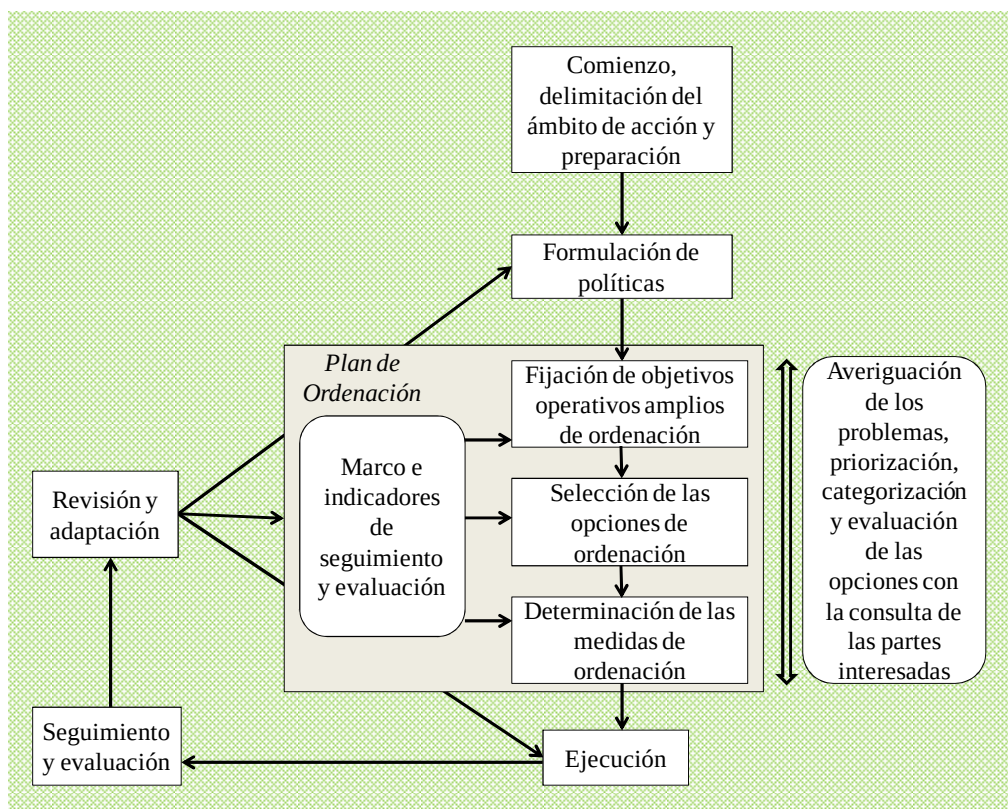
⁵ Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de Río de Janeiro en 1992 y ampliado para la pesca en los Principios Generales del Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO (1995), artículos 6.5 y 7.5.

⁶ En el ámbito del EEP, las partes interesadas se definen según la FAO (2010b) como «aquellos individuos, grupos, organizaciones o asociaciones que participan, tienen intereses o se ven afectados (positiva o negativamente) por el uso de los recursos pesqueros y el manejo del ecosistema» (p. 18).

Tal como se muestra en la Figura 3.11, y conforme al informe elaborado por la FAO (2010b), la implementación del EEP requiere incluir las siguientes etapas:

- o Una fase inicial de comienzo y preparación.
- o La formulación de políticas e identificación de los problemas.
- o El desarrollo de un plan de ordenación.
- o La ejecución de la ordenación.
- o La elaboración de planes de seguimiento y evaluación de la ordenación.
- o La revisión y adaptación de los resultados de ordenación a corto y largo plazo.

Figura 3.11. Etapas para la implementación del EEP



Fuente: FAO (2010b: 69)

El objeto fundamental de la fase inicial de comienzo y preparación es la recopilación de la información básica; la definición de la escala y el alcance de las actividades de ordenación pesquera (el tipo de pesquería, la zona geográfica de acción, etc.); la identificación de los principales grupos de personas vinculados directa o indirectamente con la pesquería que intervendrán, y los intereses de estos; la revisión del marco institucional/jurídico existente y, por último, la descripción de las cuestiones problemáticas que deben abordarse.

Tras la fase preliminar se lleva a cabo la formulación de políticas del EEP, así como la identificación de los problemas que son prioritarios para la sociedad y el gobierno. En esta etapa se requiere la colaboración de todos los grupos de personas seleccionados.

La siguiente etapa, la elaboración de un plan de ordenación, es una de las más importantes para la implementación del EEP y comprende: (i) la definición de los objetivos de ordenación, generales y operativos; (ii) la selección de las opciones de ordenación; y (iii) la determinación de medidas de ordenación encaminadas a alcanzar todos los objetivos establecidos.

Además de estas componentes, el plan de ordenación debe incluir otros elementos tales como: (iv) la selección de puntos de referencia para los objetivos, e indicadores de seguimiento y evaluación de las medidas de ordenación a partir de la opinión de las partes interesadas.

Una vez elaborado el plan de ordenación, se procede a la *ejecución* del mismo. Esta etapa debe ser transparente e implica incluir acuerdos institucionales apropiados para que el EEP resulte efectivo en la práctica.

El seguimiento y la evaluación del EEP son necesarios para garantizar el cumplimiento del plan de ordenación. Las acciones de seguimiento (por ejemplo, el control y la vigilancia) deben ser continuas, y la evaluación de la ordenación debe realizarse a corto y largo plazo, si bien dependerán de cada situación.

Por último, para que el seguimiento y la evaluación resulten efectivos se deben utilizar medidas del rendimiento e indicadores de calidad que permitan la revisión y, al mismo tiempo, la *adaptación* o modificación de la política pesquera de forma periódica. Por consiguiente, el proceso conducirá a una ordenación adaptativa.

3.9.2.3. Elementos Claves para su Éxito y Limitaciones

El éxito del EEP va a depender en gran medida de si los intereses de todos los grupos claves que intervienen en el proceso de gestión han sido considerados, así como de la participación efectiva de los grupos (FAO, 2010b).

En un sentido amplio, Ward et al. (2002) nos proponen tener en cuenta una serie de elementos a fin de poder alcanzar buenos resultados y obtener beneficios a largo plazo con la aplicación del EEP. Para estos autores, un enfoque de ecosistemas efectivo debería:

- i) Operar dentro de un marco de trabajo político apropiado que facilite la implementación efectiva de todos los principios del EEP.
- ii) Incorporar los factores económicos, sociales y culturales que puedan afectar tanto a los objetivos de gestión del recurso como a las metas, estrategias y actividades pesqueras.
- iii) Identificar e incorporar los valores ecológicos en la gestión a través de los objetivos fijados, las metas, las estrategias y las actividades pesqueras.
- iv) Proporcionar el conocimiento adecuado sobre las especies utilizadas, para asegurar que la sobrepesca sea de bajo riesgo.
- v) Asegurar un sistema de gestión del recurso apropiado, basado en datos fiables, así como en el conocimiento y usos de la ordenación adaptativa.

- vi) Incluir las externalidades medioambientales que pueden afectar al recurso, o al sistema de explotación del recurso, dentro del sistema de gestión del recurso.

Según el documento técnico de la FAO (2003), algunas consideraciones acerca de las limitaciones que pueden dificultar el éxito, hasta el extremo de que pueden conducir al fracaso de este enfoque, están vinculadas fundamentalmente con: (a) la falta de inversiones en el proceso de ordenación; (b) la existencia de conflictos entre las partes interesadas con respecto a la fijación de los objetivos; (c) la falta de participación efectiva de las partes interesadas, en ocasiones debido a la falta de interés y de recursos financieros, o a la falta de acceso a los datos y a la información necesaria; y (d) la carencia de conocimientos adecuados de tipo biológicos, ecológicos y sobre la conducta de los pescadores.

Además de estos factores también hemos de tener en cuenta otros no menos importantes como: (e) la falta de suficiente capacidad para compilar y analizar la información; y (f) la falta de educación y de toma de conciencia, sobre la importancia que tienen las interacciones entre los ecosistemas y los recursos pesqueros (FAO, 2003).

Por último, otra limitación y no menos importante que hemos de añadir a la lista anterior, ya que según Sumaila (2005) puede ser un obstáculo para la implementación del EEP, hace a referencia a: (g) las diferencias económicas que pueden existir entre países que comparten un mismo ecosistema marino.

CAPÍTULO 4

Técnicas para la toma de decisiones con criterios múltiples: la programación por metas y el proceso analítico jerárquico

4.1. INTRODUCCIÓN

Conscientes de que el uso incontrolado de los recursos pesqueros disponibles lleva a su agotamiento, y de la necesidad de diseñar políticas que contribuyan a hacer un uso óptimo de los mismos, el presente capítulo hace una mera revisión a las Técnicas de Decisión Multicriterio diseñadas especialmente para resolver problemas complejos de decisión que incorporan criterios y agentes múltiples, y que desde los últimos sesenta años los científicos de todo el mundo han venido utilizando en sus trabajos.

En este contexto, encontrar la solución ideal que optimice simultáneamente un conjunto de objetivos que son, en la mayoría de los casos, incompatibles entre sí y que, a su vez, sea consistente con las preferencias de

grupos heterogéneos de individuos, en la práctica es una tarea no solo difícil sino también imposible, entre otras cosas, porque los intereses de los grupos implicados suelen ser contrapuestos. Por ello, la búsqueda de la “mejor” solución de forma racional y coherente plantea la necesidad de abordar los problemas de gestión de los recursos pesqueros desde la óptica del paradigma de la decisión multicriterio y no en el paradigma de la optimización clásica.

La participación de los individuos en la toma de decisiones (los decisores, en la terminología multicriterio) es fundamental en los problemas de Toma de Decisiones Multicriterio (TDM en lo sucesivo) siendo, en cierto modo, los responsables de seleccionar las soluciones óptimas (en el sentido de las “mejores”) de entre todas las alternativas generadas posibles.

Según Vincke (1992), resolver un problema de decisión de estas características no consiste en *«buscar una verdad oculta (como cuando tratamos con los problemas de optimización clásicos), sino en ayudar al decisor a tratar los datos (por lo general complejos) que forman parte de su problema y avanzar hacia una solución»* (p. 29).

A tenor de los antecedentes históricos sobre la TDM, las primeras aportaciones en este campo se remontan a los trabajos realizados por el economista italiano Vilfredo Pareto en la Teoría del Bienestar en 1896, si bien sus inicios como rama de la Teoría de la Decisión se sitúan a principios de la década de los años cincuenta del siglo XX, gracias a los trabajos desarrollados por los pioneros Koopmans (1951), Kuhn y Tucker (1951), Charnes et al. (1955), y Charnes y Cooper (1961)¹.

Sea como fuere, no en vano ha de transcurrir toda la década de los 60 hasta producirse su expansión en 1972, año en el que se celebró la Primera Conferencia Mundial sobre la TDM (1st. World Conference on Multiple Criteria Decision Making) en la Universidad de Carolina del Sur (EE. UU.). Desde

¹ Para los orígenes y la metodología de la TDM pueden consultarse los trabajos de: Starr, M.K. y Zeleny, M. (1977); Rosenthal, R.E. (1985); Steuer, R.E. (1986); y Dyer, J.S., et al. (1992), entre otros.

entonces, muchos han sido los autores que han contribuido a sus avances, destacándose, entre otros, a Ijiri (1965), Lee (1972), Ignizio (1976) y Romero (1991), en la Programación por Metas, y a Cohon (1978) y Zeleny (1982), en la Programación Multiobjetivo.

Una conferencia internacional, que viene celebrándose cada dos años desde 1994, sobre los avances en la Programación Multiobjetivo y la Programación por Metas, es la Multi-Objective Programming and Goal Programming: Theory & Applications (MOPGP). En las actas de esta se recoge una extensa colección de trabajos con aplicaciones reales en diferentes áreas temáticas.

Igualmente, hay que poner de relieve la gran cantidad de monografías, artículos y libros publicados desde esta década², así como las numerosas aportaciones realizadas por asociaciones y sociedades científicas creadas por grupos de expertos de todo el mundo desde mediados de los años 70, como por ejemplo, el grupo “EURO Working Group on Multicriteria Decision Aiding (EWG-MCDA)”³, fundado por Bernard Roy en 1975; la sociedad llamada “International Society on MCDM”⁴, fundada por Stanley Zionts en 1979; el grupo de trabajo “European Summer Institute Group on Multicriteria Analysis (ESIGMA)”, fundado por Vincke en 1985; el grupo investigador español “Grupo de Decisión Multicriterio Zaragoza (GDMZ)”⁵, creado a comienzos de 1996; o la “Red Iberoamericana de Evaluación y Decisión Multicriterio (RED-M)”⁶, desde 1997.

Bajo estas premisas, nuestro interés en este capítulo se centra principalmente en exponer las técnicas especialmente ideadas para la toma de

² Véanse los trabajos de Zeleny, M. (1982); White, D.J. (1990), quien recoge una extensa lista de 504 artículos en inglés con diferentes aplicaciones del análisis multicriterio publicados entre 1955 y 1986; y Jones, D.F. y Tamiz, M. (2010), entre otros.

³ [En línea] Disponible en: <http://www.cs.put.poznan.pl/ewgmcda/> (Consulta: 16/10/15).

⁴ [En línea] Disponible en: <http://www.mcdmsociety.org/> (Consulta: 16/10/15).

⁵ [En línea] Disponible en: <http://gdmz.unizar.es> (Consulta: 16/10/15).

⁶ [En línea] Disponible en: <http://www.redmsociety.org/?q=REDM> (Consulta: 16/10/15).

decisiones con objetivos y agentes múltiples. Para ello, el capítulo se va a estructurar como sigue:

En 4.2 comenzamos analizando las etapas en las que ha de llevarse a cabo cualquier proceso de decisión para, seguidamente, proceder en 4.3 a dar algunas de las múltiples clasificaciones de los distintos enfoques o metodologías de solución que constituyen cada una de las dos grandes familias de métodos TDM, a saber, la Decisión Multiobjetivo (o TDM continua) y la Decisión Multiatributo (o TDM discreta) desde una óptica esencialmente determinista.

En los dos apartados siguientes se exponen los dos enfoques que se van a utilizar en el capítulo de aplicación empírica de este trabajo de investigación. En el contexto específico de la decisión multicriterio continua, describimos detalladamente el enfoque sugerido por Charnes y Cooper (1961), la Programación por Metas (PM), de información a priori sobre los objetivos, pesos y prioridades (4.4). La base de este enfoque radica en la idea de que cualquier decisor racional, consciente de la imposibilidad de optimizar en general todos los objetivos en conflicto, no busca encontrar el conjunto de soluciones eficientes (o soluciones Pareto-óptimas) como lo hacen los métodos de optimización vectorial, sino aquellas soluciones satisfactorias suficientemente próximas a unas metas. También se incluyen en este apartado algunas conexiones de la PM con otros enfoques, sus ventajas e inconvenientes, los procedimientos de solución y, finalmente, las técnicas que ayudan a paliar sus debilidades y a mejorar las soluciones obtenidas.

Por otro lado, en el contexto específico de la decisión multicriterio discreta, de entre todas las metodologías de decisión multicriterio que han surgido en la literatura para tratar de estimar estructuras de preferencias de grupos homogéneos y heterogéneos de individuos con objetivos múltiples y en conflicto, nuestro objetivo en 4.5 se centra en medir y cuantificar las preferencias individuales utilizando el Proceso Analítico Jerárquico, más conocido en la literatura por sus siglas inglesas AHP, así como en agregar las preferencias de los

miembros de un grupo utilizando como herramienta el paradigma multicriterio (4.6).

Evidentemente, los métodos aplicables a la agregación de las preferencias individuales van desde los más sencillos, como es el método de la media aritmética ponderada o media geométrica, hasta los más complejos, como el método de Zahir (1999a,b) basado en clusters, o el propuesto por Linares y Romero (2002) que es de naturaleza continua y utiliza el enfoque de PM.

Cerramos el capítulo con una revisión de las principales aplicaciones de estas técnicas en el sector pesquero, haciendo especial énfasis en las que utilizan la programación por metas y el AHP (4.7).

4.2. ETAPAS EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO

La Toma de Decisiones Multicriterio (TDM), como disciplina de la Teoría de la Decisión, constituye *per se* una alternativa idónea en cualquier ámbito de la sociedad, ya que intenta ayudar a los individuos a tratar con decisiones difíciles y demasiado complejas (Keeney y Raiffa, 1976), además de ofrecernos un procedimiento estructurado para pensar y meditar sobre las posibles decisiones, y una estructura dentro de la cual un decisor podrá expresar sus creencias y preferencias, o sea, los juicios subjetivos que serán críticos para alcanzar una buena solución.

En realidad, son muchos los autores que nos presentan la toma de decisiones como un proceso a lo largo del tiempo, dinámico y complejo que se ha de llevar a cabo de forma secuencial en una serie de etapas (Simon, 1977; Goicoechea et al., 1982; Zeleny, 1982; López Cachero, 1983). Concretamente, Goicoechea et al. (1982) nos la definen como:

un proceso dinámico en el que todas sus componentes cambian y evolucionan durante su curso: las alternativas se añaden y se renuevan, los criterios para su evaluación al igual que la importancia relativa de los criterios permanecen en un flujo dinámico, la interpretación de los resultados varía, los valores humanos y las preferencias son reasignadas (p. 24).

De acuerdo con Simon (1977), todo proceso de toma de decisiones se debe llevar a cabo fundamentalmente en al menos estas cuatro etapas o fases: (i) recogida de información; (ii) diseño; (iii) selección del procedimiento de resolución; y (iv) revisión.

La toma de decisiones comienza con la etapa inicial de recogida de información, es decir, con la obtención de los datos necesarios para poder definir correctamente las variables de decisión, los criterios (atributos, objetivos y metas), las funciones objetivos y las restricciones del problema. Continúa con la etapa de diseño, en la cual se construye el modelo y se determinan las diferentes soluciones, estrategias o elecciones de acción disponible para el decisor (o sea, el conjunto de alternativas factibles). Le sigue la etapa de selección, en la que se elige una de las alternativas en base a algún tipo de criterio establecido a priori. Y termina con la etapa de revisión, en la cual se lleva a cabo la validación de los resultados obtenidos.

Los procesos de decisión multicriterio con más de cuatro etapas han sido desarrollados por autores como Goicoechea et al. (1982) y Chankong y Haimes (1983).

4.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS TDM

La enorme popularización de la TDM y su gran poder de aplicación en multitud de contextos decisionales han hecho posible que haya proliferado, en un corto

espacio de tiempo⁷, un gran número de enfoques paradigmáticos que lo único que tratan es de solucionar los problemas de toma de decisiones en un contexto de criterios múltiples, pudiéndose agrupar en función de diferentes aspectos subyacente al proceso de la decisión.

Tanto Hwang et al. (1979) como Hwang y Yoon (1981) y Ríos et al. (1989) han optado por utilizar, como criterio de clasificación, el tipo de información que el decisor puede suministrar al analista sobre sus preferencias acerca de un conjunto de objetivos que deben satisfacer un conjunto de restricciones. Conforme a este criterio se pueden establecer tres tipos de situaciones:

- Información nula sobre las preferencias del decisor. En este caso lo que tenemos es un problema de optimización multiobjetivo, y se consideran como soluciones el conjunto de puntos no dominados o puntos eficientes, o sea, las soluciones que no son dominadas por ninguna otra respecto a cada uno de los criterios. En el trabajo de Ríos et al. (1989) pueden verse algunos métodos de generación de soluciones eficientes.
- Información completa sobre las preferencias del decisor. En este caso se asume la existencia de una función de valor /utilidad⁸ global, ordinal o medible, que refleje las preferencias del decisor y agregue las funciones de valor/utilidad de cada uno de los criterios. Este es el enfoque adoptado por la Teoría de la Utilidad Multiatributo (TUMA), desarrollado principalmente por Keeney y Raiffa (1976) para el caso determinístico.

⁷ Por ejemplo, siguiendo a Miettinen (1999) solo en el año 1994 se celebraron 144 conferencias y aparecieron unos 200 libros y volúmenes de proceedings en este campo. Es más, entre 1987 y 1992 se publicaron unos 1216 artículos de revistas.

⁸ Una función $U: \Re^k \rightarrow \Re$ que representa las preferencias del decisor entre los vectores objetivos es, por definición, una *función de valor* (caso determinístico) o *función de utilidad* (caso estocástico). Véase Miettinen, K.M. (1999).

- Información parcial sobre las preferencias del decisor. Se puede considerar como una etapa intermedia hacia los de información completa en la que se determinará el conjunto eficiente. Entre los métodos de solución de estos problemas se encuentran los métodos interactivos.

Guerras Martín (1989), por su parte, basándose en los trabajos de Cohon (1978), Hwang et al. (1979), Rietveld (1980) y Zionts (1980), ha elaborado una lista con diez criterios claves de clasificación posibles compatibles entre sí. Estos son:

- (1) Número de alternativas disponibles (finito vs. infinito).
- (2) Escala de medida de los datos (cardinal vs. ordinal vs. mixta).
- (3) Información sobre las preferencias (completa vs. parcial vs. nula).
- (4) Forma de modelizar las preferencias (funciones de utilidad vs. metas vs. niveles mínimos vs. ordenación de objetivos).
- (5) Número de alternativas en la decisión final (una vs. varias).
- (6) Incertidumbre de los datos (aleatoriedad vs. determinístico).
- (7) Número de decisores implicados en el proceso de decisión (uno vs. múltiple).
- (8) Mecanismos para generar las alternativas (alternativas explícitas vs. implícitas).
- (9) Tipo de información sobre las preferencias (ordinal vs. cardinal vs. mixto).
- (10) Relación entre el analista y el decisor (información analista→decisor vs. información decisor→analista vs. información decisor↔analista).

Tradicionalmente, las técnicas de decisión multicriterio se han venido clasificando atendiendo casi con exclusividad a la naturaleza de las alternativas

(discreta vs. continua), y lo han hecho desde dos grandes perspectivas (Zimmermann, 1985; Korhonen et al., 1992; Barba-Romero y Pérez Navarro, 1994):

- La Toma de Decisiones Multiobjetivo (TDMO), o TDM continua;
- La Toma de Decisiones Multiatributo (TDMA), o TDM discreta.

En términos generales puede decirse que la TDMO resulta más apropiada cuando el espacio de decisión es continuo y el conjunto de alternativas (infinito no numerable) está definido implícitamente, o sea, en problemas con variables de decisión que están sujetas a un conjunto de restricciones que deben satisfacerse y que, consecuentemente, arrojan un número infinito de soluciones factibles (Steuer, 1986; Miettinen, 1999).

Por el contrario, cuando el espacio de decisión es discreto y el conjunto de alternativas posibles (finito o infinito numerable) está definido explícitamente, la TDMA es la más aconsejable. En este caso, quien modeliza la situación concreta objeto de estudio (o sea, el analista) únicamente se limita a clasificar, ordenar y seleccionar las alternativas de acuerdo con la utilidad del decisor (Vincke, 1992).

En la práctica, estos dos enfoques se pueden utilizar tanto en entorno determinístico como estocástico o probabilístico, dependiendo de si los datos (alternativas, objetivos, metas, etc.) del problema vienen medidos de un modo preciso o, por el contrario, encierran algún tipo de incertidumbre.

Considerando el aspecto de la incertidumbre de los datos junto con la naturaleza de las alternativas (discreta vs. continua), Zionts (1980) nos propone una clasificación de modelos TDM con cuatro tipos (Tabla 4.1). Los de Tipo I, los denominados modelos de Optimización Discreta Multicriterio, se caracterizan por tener un número discreto de alternativas y soluciones deterministas. Así pues, para un grupo de alternativas prefijadas, el problema consistirá o bien en seleccionar la alternativa “mejor” o bien en ordenarlas.

Por otro lado, los modelos de Tipo II se encuadran en el Análisis de Decisión Discreto Estocástico Multicriterio y las alternativas, aunque son finitas, no se conocen con exactitud.

Tabla 4.1. Tipología de modelos TDM

		<i>Naturaleza de las alternativas</i>	
		DISCRETA (FINITO)	CONTINUA (INFINITO)
<i>Incertidumbre de los problemas</i>	DETERMINÍSTICO	Tipo I	Tipo III
	INFECTIBLE	Tipo II	Tipo IV

Fuente: Zionts, S. (1980: 540-558)

A diferencia de los anteriores, los de Tipo III son los modelos de Programación Matemática Determinista Multicriterio, que se caracterizan por tener un número infinito de alternativas y resultados deterministas. Las restricciones de estos modelos se encuentran definidas de forma explícita para generar el conjunto de alternativas factibles. Por último, los de Tipo IV son los denominados modelos de Programación Matemática Estocástica Multicriterio, ya que tratan los problemas de programación matemática con restricciones fijadas explícitamente y con resultados que están sujetos a una cierta distribución de probabilidad (resultados estocásticos).

Seguidamente, y sin ánimo de hacer un recorrido exhaustivo de su continua evolución, nos ocuparemos de clarificar las principales técnicas que sirven de ayuda al analista a la hora de resolver los modelos TDM discretos y continuos desde una perspectiva únicamente determinista (los modelos Tipos I y III, respectivamente, de la Tabla 4.1), teniendo siempre en cuenta que al fin y al cabo lo más importante en el paradigma multicriterio no es el método elegido en sí, sino el buen uso que se hagan de los datos y la interpretación de los

resultados, como así lo piensan Barba-Romero y Pomerol (1997): *«la elección del método final es menos importante que el análisis y la modelización multicriterio previos, todo ello seguido de una interpretación y una discusión adecuadas»* (p. 21).

4.3.1. MÉTODOS MULTICRITERIO CONTINUOS

Desde que el economista Vilfredo Pareto introdujera en 1896 el concepto de solución eficiente ha proliferado un gran número de métodos multicriterio continuos que, como era de esperar, se pueden clasificar en la práctica de muy diferentes maneras dependiendo del criterio que se utilice, no existiendo para ello un criterio universal que pueda decirse que sea el mejor de todos. No obstante, en todos ellos subyace el supuesto de que el espacio de decisión es continuo y que las alternativas no están determinadas de antemano siendo, por tanto, necesario obtener o diseñar la mejor alternativa.

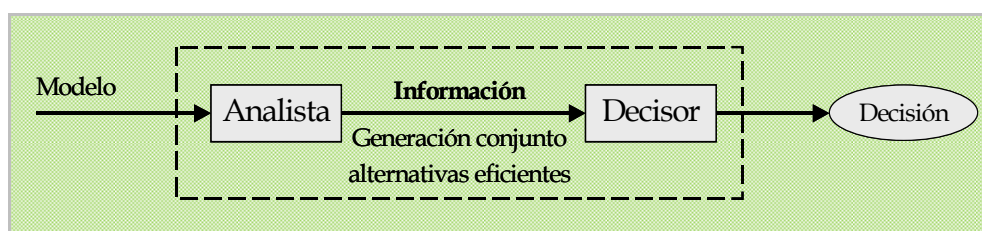
En cualquier caso, sea cual fuera el criterio utilizado, en su conjunto todos deben proporcionar suficiente información y garantizar técnicas computacionalmente factibles y relativamente eficientes, así como fomentar la cuantificación explícita de los intercambios entre objetivos (Cohon y Marks, 1975).

La clasificación de las técnicas de decisión multiobjetivo realizada por Cohon (1978) permite distinguir entre: (i) Técnicas que resuelven los conflictos de los grupos como el Análisis Paretiano y la Teoría de Juegos; y (ii) Técnicas de solución multiobjetivo –para un decisor o grupo de decisores–, según sea el sentido del flujo de información que se establece entre el decisor y el analista a lo largo de todo el proceso y que culmina, en cualquier caso, con la adopción de una decisión final. Pertenecen a este grupo tanto las Técnicas Generadoras de soluciones eficientes, si la información fluye del decisor hacia el analista (top-down), como las Técnicas que Incorporan Preferencias, si la información fluye en sentido contrario (bottom-up).

Guerras Martín (1989), por su parte, establece una tipología de modelos de decisión multiobjetivo con tres categorías, utilizando únicamente como criterio de clasificación la relación entre el analista y el decisor a lo largo del proceso de decisión: (a) Técnicas Generadoras de soluciones eficientes o Pareto óptimas; (b) Técnicas con Información a priori; y (c) Técnicas Interactivas, las cuales conforman los tres grandes grupos que se resumen a continuación.

En primer lugar, las Técnicas Generadoras son aquéllas en las que el flujo de información va del analista al decisor, y el conjunto de soluciones eficientes es generado parcial, o totalmente, por el analista en una etapa previa a la incorporación de la estructura de preferencias de los decisores (Figura 4.1). Se incluyen en este grupo las siguientes Técnicas Tradicionales de Programación Multiobjetivo, también denominadas Técnicas de Optimización Vectorial: (1) el Método de las Ponderaciones (Zadeh, 1963); (2) el Método de las Restricciones (Marglin, 1967); (3) el Método NISE (Cohon et al., 1979); (4) el Método del Simplex Multiobjetivo (Philip, 1972; Zeleny, 1973); y (5) el Método híbrido de las Ponderaciones–Restricciones (Cohon, 1978).

Figura 4.1. Flujo de información analista-decisor

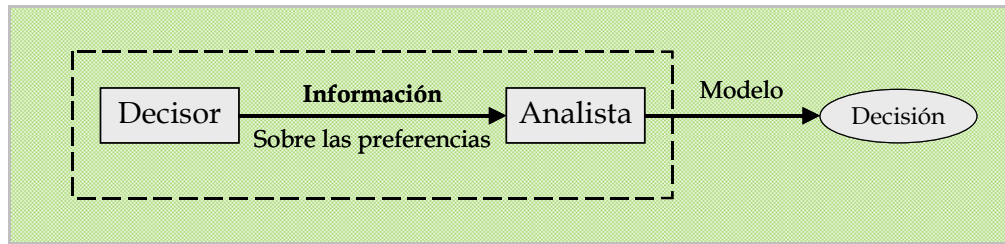


Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, las Técnicas con Información a priori se caracterizan porque el flujo de información a lo largo del proceso se produce en sentido contrario al caso anterior (o sea, del decisor al analista) y, además, las preferencias del decisor solo pueden manifestarse al principio del proceso

(Figura 4.2). Dentro de este grupo, las tres técnicas que más se utilizan son: (1) la Programación Compromiso (Yu, 1973; Zeleny, 1973); (2) la Programación por Metas (Charnes y Cooper, 1961); y (3) el Método Sucedáneo de las Tasas de Intercambio (Haimes y Hall, 1974).

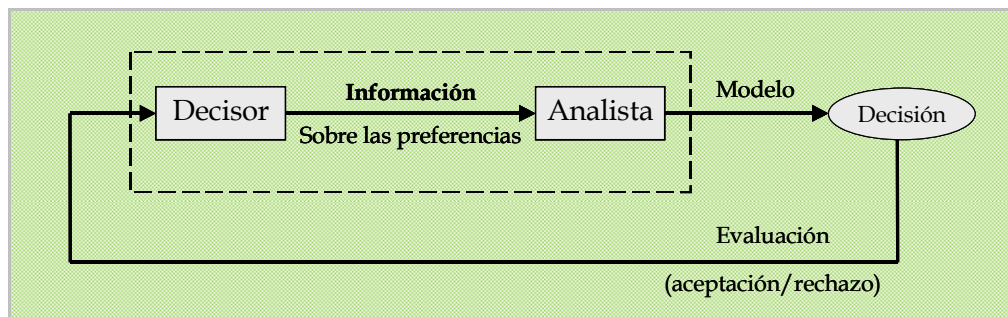
Figura 4.2. Flujo de información decisor-analista



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, los Métodos Interactivos se diferencian de los dos anteriores en que el flujo de información decisor-analista es continuo mientras dura el proceso de decisión, y fluye en ambos sentidos, del primero al segundo y viceversa. Además, en cada etapa del proceso, el decisor puede expresar sus deseos o no de mejorar la solución obtenida por el analista (eficiente o no) (Figura 4.3).

Figura 4.3. Flujo de información analista-decisor y decisor-analista



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con Caballero et al. (2002), estos métodos se pueden clasificar en función del tipo de información solicitada al decisor y del análisis interno en la resolución. Algunos métodos interactivos necesitan información explícita sobre las tasas de intercambio entre objetivos o *trade-offs*, mientras que otros requieren que el decisor en cada iteración elija entre un conjunto de soluciones generalmente eficientes o que exprese niveles de referencia para todos los objetivos. En cualquier caso, el proceso se detiene cuando el decisor acepta la solución obtenida por el analista.

En la Tabla 4.2 se propone una clasificación de métodos multicriterio continuos con los tipos de soluciones que generan.

Tabla 4.2. Clasificación de los métodos multicriterio continuos según la relación analista-decisor, y tipo de soluciones que generan

TÉCNICAS GENERADORAS (o métodos sin información sobre las preferencias)		Método de las Ponderaciones Método de las Restricciones Método NISE Método del Simplex Multiobjetivo Método híbrido de las Pond.–Rest.	Soluciones eficientes
TÉCNICAS CON INFORMACIÓN A PRIORI (con información parcial sobre las preferencias)	Variables continuas y discretas	Programación por Metas	Soluciones "satisfacientes"
		Programación Compromiso	Soluciones "cercanas" al ideal
	Variables continuas	Método Sucedáneo de las Tasas de Intercambio	
TÉCNICAS INTERACTIVAS (o métodos con información progresiva sobre las preferencias)		Método STEM Método G-D-F Método de la PM Interactiva Método SEMOPS Método Interactivo de Z-W Método del Punto de Referencia Método VIA	Soluciones de consenso

Fuente: Elaboración propia

Los Métodos Interactivos presentan la ventaja de que permiten un mejor entendimiento del modelo analizado, puesto que la interacción entre decisor y

analista se realiza en todo el proceso. Sin embargo, no quedan exentos de inconvenientes. Uno de ellos hace referencia al hecho de que se precisa una gran cantidad de información del decisor en todo momento, información que muchas veces el analista no dispone, lo cual conlleva a realizar un esfuerzo muy superior al requerido con un método convencional, agravándose aún más si cabe cuando en el proceso de decisión intervienen un grupo de decisores en lugar de uno.

Entre todos los Métodos Interactivos, los de mayor aceptación son: (1) el Método STEP o STEM⁹ de Benayoun et al. (1971); (2) el Método G-D-F propuesto por Geoffrion et al. (1972); (3) el Método de la Programación por Metas Interactiva de Dyer (1972); (4) el Método Multiobjetivo Secuencial (SEMOPS¹⁰) de Monarchi et al. (1973); (5) el Método Interactivo de Zionts y Wallenius (1976, 1983), (6) el Método del Punto de Referencia de Wierzbicki (1982); y, por último, (7) el Método Visual Interactivo (VIA) de Korhonen y Laakso (1986a). Una exposición detallada de algunos de estos métodos puede verse, entre otros, en Caballero et al. (2002).

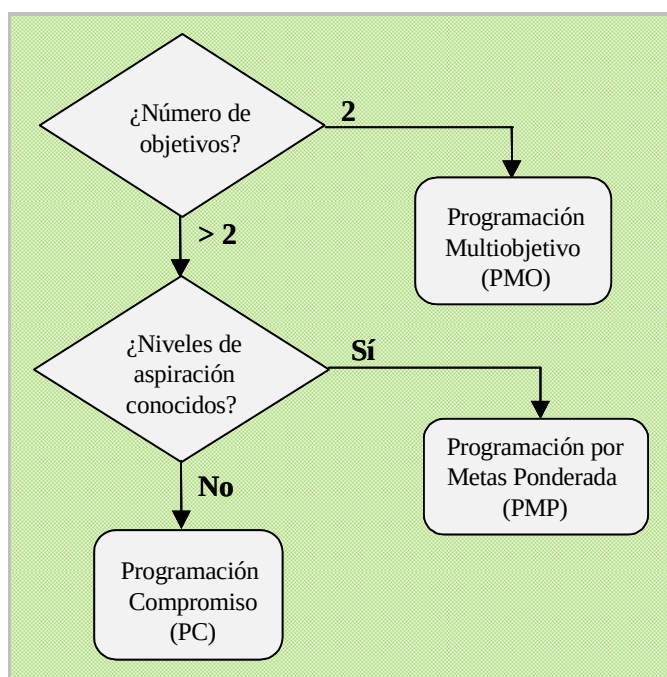
Por otra parte, las Técnicas Generadoras Multiobjetivo tienen la ventaja de que permiten la incorporación directa de las tasas de intercambio (*trade-offs*) entre los criterios modelados en el análisis y la incorporación de las preferencias del decisor, a través de un conjunto de pesos asignados a los objetivos múltiples. Con el uso de estas técnicas no se necesita tener ninguna información sobre las preferencias, prioridades, utilidades, o cualquier otro juicio de valor entre los objetivos. Sin embargo, este tipo de técnicas es muy sensible al número de objetivos del problema, en el sentido de que cuando el decisor afronta una decisión con más de tres, las dificultades de cálculo son importantes y se complica la representación de resultados, como consecuencia del elevado número de soluciones eficientes que se generan. El-Gayar y Leung (2001) recomiendan

⁹ El método STEM estima progresivamente las preferencias del decisor fijando primero los valores ideales (el máximo) de los objetivos en los k objetivos, y seguidamente solicitar al decisor para que indique en cada paso del proceso de solución qué objetivos pueden decrecer para permitir posibles mejoras en los otros.

¹⁰ Acrónimo de “Sequential Multiojective Problems Solving”.

el uso de las técnicas generadoras solamente para el caso bio-objetivo. Con tres objetivos o más proporcionan mejores resultados la Programación por Metas Ponderadas, PMP, o la Programación Compromiso, PC (Figura 4.4).

Figura 4.4. Uso recomendado de tres técnicas multiobjetivo



Fuente: El-Gayar, O.F. y Leung, P.S. (2001: 473)

La Programación por Metas y la Programación Compromiso constituyen dos herramientas potentes para el análisis de decisiones multicriterio y facilitan la toma de decisiones en grupo, cada una de ellas desde filosofías muy distintas: la satisfacción de metas relacionadas con los objetivos, para aquélla; la reducción del conjunto eficiente con el máximo acercamiento a la solución ideal, según algún criterio de distancia, para esta. El objetivo de ambas, en última instancia, no es generar el conjunto de soluciones eficientes sino simplemente aproximarlos. Además, estos dos enfoques ni son independientes ni están aislados y, aunque pueda pensarse que realmente no existe ningún tipo de conexión entre ellos, lo cierto es que, desde el punto de vista de las soluciones, cuando se eligen como

niveles de aspiración los valores obtenidos en el punto ideal (solución ideal) existe una estrecha dependencia entre los problemas de Programación por Metas Extendida (PM-E) y los de Programación Compromiso con las normas $p = 1$ e ∞ (Tamiz et al., 1998; Romero, 2001; Ignizio y Romero, 2003). Desafortunadamente, la optimalidad paretiana de estas soluciones no se puede garantizar con certeza.

En la práctica, tanto PM como PC pueden aplicarse con todo tipo de objetivos y de variables. Además permiten la incorporación de la incertidumbre en los modelos, y pueden utilizarse de forma interactiva, e incluso conjuntamente con el Proceso de las Jerarquías Analíticas o AHP (Ramanathan y Ganesh, 1994; Díaz Balteiro y Romero, 1998).

4.3.2. MÉTODOS MULTICRITERIO DISCRETOS

Frente al caso continuo, en el contexto específico de la Toma de Decisiones Multiatributo (TDMA), las alternativas han sido explícitamente predeterminadas, por lo que el analista solo se limita a clasificarlas, ordenarlas y seleccionarlas atendiendo a diferentes criterios que siempre reflejan las preferencias del decisor. No obstante, la gran variedad de métodos multicriterio discretos que durante los últimos cuarenta años han proliferado dentro de este campo han motivado que, en la actualidad, se encuentren agrupados de formas muy diferentes.

Korhonen et al. (1992) proponen una clasificación de los problemas TDMA con un total de 32 combinaciones diferentes, teniendo en cuenta cinco aspectos diferentes, que son: (a) pocas alternativas vs. muchas; (b) menos de 10 criterios vs. más de 10; (c) alternativas conocidas a priori vs. no conocidas; (d) valores de los criterios conocidos con certeza vs. no conocidos; y (e) criterios explícitamente especificados vs. implícitamente especificados.

En el campo de la Decisión Multiatributo, atendiendo a la forma en que suelen modelizarse las preferencias de los individuos, las tres corrientes más

extendidas son: i) la Teoría de la Utilidad Multiatributo (TUMA), válida para seleccionar la alternativa que tiene mayor utilidad a través de funciones de valor o de utilidad que reflejen las preferencias del decisor; ii) el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), válido para seleccionar la alternativa de mayor peso dentro de estructuras de preferencias jerárquicas; y iii) las Técnicas de Superación o Sobreclasificación (“Outrankings”), válidas para seleccionar la alternativa que mejor satisface una medida de concordancia dada a través de un sistema de relaciones binarias.

Para resolver los problemas de decisión con un elevado número de alternativas conocidas a priori y con valores de los criterios conocidos (o no) con absoluta certeza, se pueden utilizar los métodos de agregación inspirados en la teoría del valor (o de la utilidad) multiatributo para el caso determinístico (o estocástico), basados en la existencia de una función de valor (o de utilidad) que agrega los diferentes criterios considerados (Keeny y Raiffa, 1976). Los métodos más frecuentes son: la Suma Ponderada (SAW), la Utilidad Aditiva (UTA) de Jacquet-Lagréze y Siskos (1982) y el Programa Visa de Belton y Vickers (1990).

Cuando los criterios se estructuran de forma jerárquica, en diferentes niveles, proporcionan mejores resultados: (a) los métodos composicionales desarrollados por Saaty (1977, 1980) como el AHP y el Proceso Analítico en Red (ANP), que consisten en seleccionar la alternativa que tiene mayor ponderación respecto a los criterios que se han utilizado; o (b) el método descomposicional llamado Análisis Conjunto (AC), desarrollado por Luce y Tukey (1964) y Green y Rao (1971) para estimar las preferencias de los consumidores principalmente en el área de marketing.

Cuando el número de alternativas es elevado y no se conocen a priori y, además, los criterios no se especifican explícitamente, los métodos basados en relaciones de superación o sobreclasificación permiten obtener una ordenación parcial/completa de las diferentes alternativas en función de los distintos criterios utilizados. Todos ellos, de inspiración francesa, se crearon para solventar las

dificultades prácticas de TUMA en relación con la construcción de la función de valor/utilidad. Pertenecen a este grupo la familia de métodos agrupados bajo la denominación ELECTRE (Roy, 1968, 1991) y la familia de métodos PROMETHEE (Brans et al., 1984).

Otros métodos multicriterio de tipo discreto aplicables en problemas con un número finito de alternativas son: (i) los de distancia a una alternativa ideal como, por ejemplo, el método LINMAP de Srinivasan y Shocker (1973) y sus variantes, y el método TOPSIS de Hwang y Yoon (1981); y (ii) el método PRES de Gómez-Senent et al. (1991) y su extensión (la metodología PRES II multiexperto para la selección y evaluación de proyectos).

En el trabajo de Leal Millán et al. (1995) se aborda una gran variedad de métodos multicriterio discretos, que van desde los clásicos de agregación de preferencias como el AHP hasta los más actuales, como los métodos basados en grafos de apoyo (Pattern y C.P.E.¹¹), los métodos ELECTRE I y II, o el método de elección social de Arrow-Raynaud consistente en la eliminación sucesiva de alternativas (Arrow y Raynaud, 1986).

En base a los criterios que acabamos de exponer, y para finalizar esta sección, hemos confeccionado una posible clasificación de métodos multicriterio discretos, tal y como se recoge en la Tabla 4.3.

Dentro de las técnicas que tienen un número discreto de alternativas, las que se basan en la función de valor tienen como principal inconveniente la estimación de estas funciones, mientras que aquéllas que tratan de seleccionar la alternativa que mejor satisface las preferencias del decisor, tales como el AHP y el ELECTRE, poseen la ventaja de que son aplicables tanto con objetivos cuantitativos como cualitativos, siendo además sencillas de utilizar y de gran adaptabilidad en situaciones muy diversas del mundo económico real.

¹¹ Este término proviene de las siglas del Centro de Prospectiva y Evaluación del Ministerio de Defensa francés.

En particular, el AHP es una técnica que resulta especialmente adecuada en aquellas situaciones en las que tratamos de estimar las preferencias de un grupo de decisores con diferentes intereses y no es posible la inclusión directa de las preferencias en el modelo. Además, el AHP permite incorporar la incertidumbre en los problemas de toma de decisiones y medir la inconsistencia de los juicios del decisor.

Tabla 4.3. Clasificación de los métodos multicriterio discretos

MÉTODOS DE AGREGACIÓN DE PREFERENCIAS (basados en la existencia de una función de valor/utilidad)	Directos	Método SAW Método UTA Programa VISA
	Jerárquicos	Método AHP Método ANP Método AC
MÉTODOS DE RELACIONES DE SUPERACIÓN O SOBRECLASIFICACIÓN		Métodos ELECTRE Métodos PROMETHEE
MÉTODOS DE ORDENACIÓN DE ALTERNATIVAS	Basados en distancias al ideal	Método LINMAP Método TOPSIS
	Basados en grafos de apoyo	Método C.P.E. Método Pattern
	Otros métodos discretos	Método de Arrow-Raynoud Métodos PRES y PRES II

Fuente: Elaboración propia

4.4. LA PROGRAMACIÓN POR METAS

La Programación por Metas (PM en lo sucesivo) es quizás la técnica más antigua de decisión multicriterio, remontándose los primeros apuntes teóricos de la misma a mediados de los años 50 del siglo pasado y, más concretamente, a los trabajos de Charnes et al. (1955).

Su nacimiento se sitúa a principios de la década de los 60 cuando Charnes y Cooper (1961), considerados por algunos los “padres” de esta técnica, la propusieron como un método sencillo para resolver los problemas lineales de programación multiobjetivo que eran infactibles. Desde entonces, no han dejado de proliferar trabajos que recogen tanto los aspectos teóricos y operativos de la técnica (Ijiri, 1965; Contini, 1968; Ignizio, 1976; Romero, 1991; Ignizio y Cavalier, 1994; Jones y Tamiz, 2010) como sus aplicaciones a áreas temáticas muy diferentes (Lee, 1972; Romero, 1993; Schniederjans, 1995; Tamiz et al., 1995; Aouni y Kettani, 2001; Jones y Tamiz, 2010).

La existencia de algoritmos de optimización (Dauer y Krueger, 1977; Arthur y Ravindran, 1978, 1980a,b; Ignizio y Perlis, 1979; Ignizio y Cavalier, 1994; Jones y Tamiz, 1995; Tamiz et al., 1999); la disponibilidad de softwares eficientes para la resolución de los modelos (por ejemplo, FORTRAN, GAMS, LINDO y LINGO) y de sistemas informáticos “inteligentes” para la detección de las soluciones ineficientes, como GPSYS e IGPSYS (Tamiz et al., 1999); además de su gran aplicabilidad en problemas reales (Ignizio, 1976; White, 1990), la convierten sin duda en una de las técnicas multicriterio más utilizadas de los últimos tiempos.

Aunque considerada en algunos aspectos como una aproximación heurística para el tratamiento de objetivos múltiples, en el sentido de que la estrecha interacción que existe entre el modelo y el decisor lleva a que con heurística diferente se obtengan soluciones diferentes¹², lo cierto es que su filosofía responde a los principios de lógica simoniana o lógica “satisfaciente” que combina las ideas de satisfacción y complacencia (Simon, 1955, 1957).

Desde esta perspectiva, los economistas March y Simon (1958) conjeturan que en los contextos decisionales definidos con información incompleta, recursos

¹² Los algoritmos heurísticos son algoritmos diseñados para producir de manera eficiente “buenas” soluciones, aunque no necesariamente las óptimas. Se emplea sobre todo por motivos de eficiencia, es decir, para obtener rápidamente ciertos resultados que se espera sean buenos, aunque quizá no sean los óptimos (Jones et al., 2002).

limitados, objetivos múltiples, conflictos de intereses, etc., «la mayoría de las decisiones humanas, ya sean en organizaciones o individuales, se refieren a la selección de alternativas satisfactorias; sólo en casos excepcionales se refieren al descubrimiento y selección de alternativas óptimas» (citado en Ignizio, 1983, p. 281).

De fácil entendimiento, la PM es para Tamiz et al. (1998) «una metodología flexible y pragmática especialmente adecuada para resolver problemas con variables decisionales complejas en los que diversos objetivos al igual que muchas de las variables y de las restricciones están involucrados» (p. 579).

Buscar lo “aceptable” antes que lo “óptimo” constituye el lema de esta técnica siendo, por tanto, su objetivo final llegar a encontrar una solución que satisfaga a un decisor o a un grupo de expertos, y en el caso de que esta no exista encontrar la más próxima (Simon, 1955, 1957). En otras palabras, el decisor intenta obtener una solución que se aproxime, en lo posible, a unos niveles de satisfacción denominados “niveles de aspiración” que han sido prefijados de antemano para cada uno de los objetivos.

La “mejor” solución, es decir, la que más se acerca a la consecución de los deseos del decisor o grupo de expertos (solución satisfactoria), se define en PM como aquélla que minimiza las desviaciones entre un conjunto de objetivos y de niveles de aspiración, o de forma equivalente, que maximizan el cumplimiento de un conjunto de metas.

4.4.1. ESTRUCTURA FORMAL DE LOS MODELOS DE PM

Los objetivos múltiples y en conflicto, las restricciones y las metas son elementos característicos de los modelos de PM. Dentro de este contexto, las “metas”¹³

¹³ Como aparentemente metas y restricciones tienen la misma forma, a las metas también se les suele denominar restricciones blandas, débiles, suaves o flexibles (del inglés “soft constraints”), frente al resto de las restricciones del modelo que se las conoce como metas inflexibles (rígidas o duras).

representan las restricciones no rigurosas que el decisor desea que se satisfagan, pero que al mismo tiempo pueden ser violadas en caso de no existir puntos que las verifiquen, siendo estas soluciones admisibles.

Los objetivos se transforman siempre en metas que se añaden al conjunto de restricciones fijas del modelo, asociando a cada objetivo un determinado nivel de logro o de aceptabilidad (nivel de aspiración) que el decisor desea no superar, alcanzar exactamente o exceder.

En la práctica, los niveles de aspiración se pueden alcanzar o no, y pueden ser fijos o variables (Drynan y Sandiford, 1985). No obstante, la elección de unos niveles de aspiración adecuados cuando estos son desconocidos puede resultar difícil en determinados casos. Para cuando esto ocurra, El-Gayar y Leung (2001) proponen obtener el punto ideal como una primera aproximación y, a continuación, suponer que los niveles de aspiración se encuentran próximos al ideal.

Además de los niveles de aspiración, para construir una meta se precisa introducir unas variables de desviación positivas (p_i) y negativas (n_i), que midan en cada instante el exceso o la falta de cumplimiento de cada meta con respecto al nivel de aspiración deseado, respectivamente, es decir, lo lejos que se encuentra la solución actual de verificar las metas dadas. Pero, como un nivel de aspiración no puede sobrepasarse y quedar por debajo de él simultáneamente, al menos una de las dos variables de desviación tomará siempre el valor cero cuando la meta alcanza su nivel de aspiración exactamente.

Analíticamente, una vez que los k objetivos f_i ($i = 1, \dots, k$) y los niveles de aspiración t_i ($i = 1, \dots, k$) han sido fijados, la estructura matemática de la meta i -ésima se puede expresar de cuatro maneras diferentes, dependiendo de cómo hayan sido definidos los t_i (Steuer, 1986): (1) menor o igual, $f_i(x) \leq t_i$; (2) mayor o igual, $f_i(x) \geq t_i$; (3) igual, $f_i(x) = t_i$; o (4) por intervalos, $f_i(x) \in [t_i^l, t_i^u]$.

En cualquier caso, las metas pueden escribirse en forma de igualdad con la siguiente expresión:

$$f_i(x) + n_i - p_i = t_i \quad , \forall i = 1, \dots, k \quad (1)$$

para

$x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathcal{R}^n$: un vector de variables de decisión;

$n_i (\geq 0)$ y $p_i (\geq 0)$: las variables de desviación negativa y positiva de la meta i -ésima, respectivamente.

Las variables de desviación n_i y p_i recogen las desviaciones por defecto y por exceso de la meta i -ésima, respectivamente. Además, se verifica que cuando $p_i = 0$ ($n_i = 0$), entonces $f_i(x) \leq t_i$ ($f_i(x) \geq t_i$). En definitiva, que el producto de ambas variables es cero: $n_i \cdot p_i = 0$ ($\forall i = 1, \dots, k$).

Una vez fijados los atributos u objetivos y, a partir de estos, los niveles de aspiración y las metas, para la formulación matemática de un modelo de PM es preciso determinar, teniendo en cuenta la dirección de mejora de cada criterio, las variables de desviación no deseadas de cada meta, es decir, aquellas variables que al decisor le conviene que alcancen sus valores mínimos, o sea, cero. Por lo tanto, según hayan sido introducidas las metas de las formas menores (objetivos a minimizar), mayores (objetivos a maximizar), o iguales (objetivos en los que se desea alcanzar exactamente los niveles de aspiración), habremos de minimizar p_i , n_i o $(p_i + n_i)$, respectivamente.

La estructura general de un modelo de PM con k metas puede escribirse matemáticamente como un problema de minimizar la desviación de un conjunto de niveles de aspiración¹⁴, o de forma equivalente, maximizar el cumplimiento de un conjunto de k restricciones de tipo metas y de $m-k$ restricciones del sistema (restricciones técnicas) de la forma $h_i(x) \leq b_i$ ($\forall i = k+1, \dots, m$), o sea,

¹⁴ El hecho de que no aparezcan variables de decisión en la función objetivo es una de las características que distingue el modelo de PM de otros métodos cuantitativos.

$$\text{Min } Z = z(x, n_1, n_2, \dots, n_k, p_1, p_2, \dots, p_k)$$

sujeto a: (2)

$$\begin{aligned} f_i(x) + n_i - p_i &= t_i & \forall i = 1, \dots, k \\ h_i(x) &\leq b_i & \forall i = k+1, \dots, m \\ n_i \cdot p_i &= 0 & \forall i = 1, \dots, k \\ x, n_i, p_i &\geq 0 \end{aligned}$$

con las variables de desviación negativa (n_i) y positiva (p_i) de la meta i -ésima definidas algebráicamente como sigue (Charnes y Cooper, 1977):

$$p_i = \max\{0, f_i(x) - t_i\} \quad \text{o} \quad p_i = \frac{1}{2} [|f_i(x) - t_i| + f_i(x) - t_i] \quad (3)$$

$$n_i = \max\{0, t_i - f_i(x)\} \quad \text{o} \quad n_i = \frac{1}{2} [|f_i(x) - t_i| + t_i - f_i(x)] \quad (4)$$

Por último, destaquemos el hecho de que este enfoque se puede utilizar con todo tipo de funciones de logro, metas (lineales, no lineales, fraccionales, cuadráticas, estocásticas) y variables (reales, enteras, mixtas, binarias). No obstante, desde el punto de vista computacional, el modelo de PM más sencillo de resolver es el lineal, es decir, el compuesto única y exclusivamente por funciones de logro lineales, restricciones lineales y variables reales, ya que en estos casos la solución se obtiene empleando las técnicas tradicionales de programación lineal, como el algoritmo del Simplex o su versión modificada.

4.4.2. FUNCIONES DE LOGRO MÁS UTILIZADAS

Resolver un problema de PM, en cualquiera de sus formas (lineal, no lineal o entero), consiste en minimizar el conjunto de desviaciones no deseadas del conjunto de metas que han sido preespecificadas por el decisor en términos absolutos (Ogryczak, 1997), esto es,

$$\text{Min } \{ |f_1(x) - t_1|, |f_2(x) - t_2|, \dots, |f_k(x) - t_k| \} \quad (5)$$

Lo que implica obtener, dependiendo de la forma elegida por el analista para medir las desviaciones absolutas de las metas según la expresión (5), diferentes enfoques de PM, que en la práctica van a ser utilizados tanto con variables reales, enteras, mixtas o binarias (variables enteras que solo toman los valores 0 y 1) como con metas no lineales, fraccionales, estocásticas o con intervalos¹⁵.

De acuerdo con Tamiz et al. (1995), Ignizio y Romero (2003) y Romero (2004), las formas más comunes de acometer el proceso de minimización de las variables de desviaciones no deseadas son tres: (i) minimizando la suma ponderada de todas las desviaciones, tanto positivas como negativas, de forma simultánea; (ii) minimizando por orden de importancia y en un sentido lexicográfico; o (iii) minimizando únicamente la desviación más grande en el sentido min-max.

4.4.2.1. PM Ponderadas

La Programación por Metas Ponderadas (PMP en lo sucesivo), igualmente conocida como Programación por Metas Arquimediana, fue introducida en la década de los 60 por Charnes y Cooper (1961) y busca la minimización del logro agregado entre las metas.

En este enfoque, la forma más intuitiva de acometer la minimización de las desviaciones no deseadas, la aditiva, se lleva a cabo minimizando la suma de las mismas, pero esto significa que el decisor da la misma importancia al logro de todas las metas cuando realmente no tiene por qué ser lo que se desea. En su lugar, en la práctica suele considerarse esa suma ponderada por medio de unos coeficientes llamados pesos de ponderación, en adelante $w_i (\geq 0)$, que representan la importancia relativa que el decisor asigna a la realización de cada meta y de

¹⁵ Nótese que las metas representadas en forma de intervalos llevan implícitamente asociadas dos tipos de restricciones, como la expresión (1). Más detalles sobre las mismas pueden verse, por ejemplo, en Charnes, A. y Cooper, W.W. (1977).

forma que cuanto mayor sea su valor más importancia tiene para el decisor alcanzar el nivel de aspiración de dicha meta.

Siguiendo a Charnes y Cooper (1977), en un modelo de estas características, la función de logro es única y minimiza una suma ponderada de variables de desviación no deseadas para el conjunto de metas del modelo, lo cual se expresa algebraicamente de la siguiente forma:

$$\text{Min } z(x, \bar{n}, \bar{p}) = \sum_{i=1}^k (w_i^- n_i + w_i^+ p_i) \quad (6)$$

siendo $w_i = (w_i^-, w_i^+)$, $\forall i = 1, \dots, k$, un vector de pesos no negativos (fijos o variables) asociados a las desviaciones n_i y p_i , respectivamente, generalmente normalizados ($\sum_i w_i = 1$).

Ahora bien, puesto que en la formulación anterior no se tiene en cuenta la presencia de objetivos inconmensurables (expresados en diferentes unidades) en el modelo, autores como Ramanathan y Ganesh (1995), Tamiz et al. (1995, 1998) y Miettinen (1999) recomiendan expresar los objetivos en términos de una misma unidad de medida, para evitar de este modo el problema de sesgos indeseados hacia el cumplimiento de las metas con niveles de aspiración más elevados. Esto se consigue normalizando las metas, por ejemplo, minimizando la suma ponderada de las variables de desviación no deseadas divididas cada una de ellas entre sus correspondientes niveles de aspiración¹⁶.

De este modo, la representación estándar de un modelo general de PMP con k metas normalizadas por sus *targets* es como sigue:

¹⁶ Otras técnicas de normalización que se pueden utilizar (como la normalización euclidiana, en términos porcentuales, basada en recorridos o sumas en términos absolutos) vienen expuestas en los trabajos de Tamiz et al. (1995, 1998).

$$\begin{aligned}
 \text{Min } z(x, \bar{n}, \bar{p}) &= \sum_{i \in V_1} w_i^- \frac{n_i}{t_i} + \sum_{i \in V_2} w_i^+ \frac{p_i}{t_i} \quad \forall i \in \{1, \dots, k\} = V_1 \cup V_2 \\
 \text{sujeto a :} \quad & f_i(x) + n_i - p_i = t_i \quad \forall i \\
 & x, n_i, p_i \geq 0 \\
 & x \in S
 \end{aligned} \tag{7}$$

siendo,

V_1 y V_2 : los subconjuntos de metas donde se acepta la falta y el exceso de logro, respectivamente;

S : un conjunto finito que contiene las $(m - k - 1)$ restricciones rígidas del modelo. En adelante de la forma,

$$S = \{x \in \mathbb{R}^n \text{ tq } x \geq 0 \wedge h_i(x) \leq b_i, \forall i = k + 1, \dots, m\} \tag{8}$$

4.4.2.2. PM Lexicográficas

La Programación por Metas Lexicográficas (PML en lo sucesivo), también conocida como Programación por Metas No-Arquimediana, fue introducida por Ijiri (1965) y adaptada por Lee (1972) e Ignizio (1976).

En este enfoque, el decisor, además de fijar los niveles mínimos (o máximos) de aspiración de las metas, t_i , expresa sus preferencias concretando en qué orden desea satisfacerlas. De esta forma, el decisor establece una jerarquía con las metas, situando en los “niveles de prioridad” últimos aquéllas a las que está más dispuesto a renunciar.

Basándose en la filosofía de buscar una solución que esté lo más próxima posible a la satisfacción de todas las metas, el enfoque lexicográfico tratará de conseguir que las metas clasificadas dentro de una prioridad se aproximen tanto como sea posible a los niveles de aspiración, minimizando la desviación de un nivel de prioridad en lugar de satisfacer este nivel absolutamente. Cada nivel de prioridad puede contener una o más metas siempre que estas sean comparables y se cumpla la propiedad de que “si dos o más metas son asignadas en el mismo nivel de prioridad, entonces éstas deben ser conmensurables” (Ijiri, 1965).

Desde esta perspectiva, bajo la suposición de que el decisor establece $Q (\leq k)$ niveles de prioridad mutuamente excluyentes entre las k metas, que denotaremos por P_j ($\forall j = 1, 2, \dots, Q$), se incluyen en el mismo nivel aquéllas cuyo logro es inconmensurablemente preferido al de cualquier otra situada en un nivel inferior, y de forma que solo se pasa de un nivel de prioridad a otro cuando las metas situadas en el nivel anterior se han satisfecho en la medida de lo posible.

De este modo, con la notación $P_j \gg P_{j+1}$ ($j = 1, 2, \dots, Q-1$) se indica que el logro de las metas situadas en los niveles de prioridad más altos es absolutamente preferido a la realización de cualquier otro conjunto de metas situadas en un nivel más bajo. Lo que implica, de acuerdo con Ijiri, que ningún número n , por muy grande que sea, puede ser $n \cdot P_j$ veces más grande o igual que P_{j+1} ¹⁷.

Una vez definidas las prioridades, en el caso lineal el analista procede a construir la función de logro como un vector ordenado $\bar{a}$, de funciones lineales de variables de desviación $g_j(\bar{n}, \bar{p})$, cuya dimensión coincide con el número de niveles de prioridad Q establecidos y de forma que exprese el nivel de cumplimiento de cada objetivo dentro de un nivel de prioridad dado, tal como sigue (Ignizio, 1983):

$$\begin{aligned} \bar{a} &= [a_1, a_2, \dots, a_Q] \\ a_j &\equiv g_j(\bar{n}, \bar{p}) \quad \forall j=1, \dots, Q \end{aligned} \quad (9)$$

Y como dentro de un mismo nivel las ponderaciones están permitidas, cada componente a_j del vector de logro es una función lineal de las variables de desviación no deseadas al nivel de prioridad j -ésimo de la forma:

$$\begin{aligned} g_j(\bar{n}, \bar{p}) &= \sum_{L \in P_j} w_L^- n_L + w_L^+ p_L \quad \forall j=1, \dots, Q \\ w_L^-, w_L^+ &\geq 0 \quad \forall L \in P_j \end{aligned} \quad (10)$$

¹⁷ Para una discusión de esta propiedad llamada “Propiedad de Orden No Arquimediana” puede verse, por ejemplo, el trabajo de Charnes, A. y Cooper, W.W. (1961).

que representa la desviación normalizada máxima de ese nivel de prioridad. Desviación que, en efecto, se pretende minimizar con objeto de conseguir la máxima realización posible de las metas situadas en la correspondiente prioridad y un reparto lo más justo posible entre aquellos que no logran cumplir nuestros propósitos.

De este modo, un vector solución $x^* \in \mathfrak{R}^n$ en este enfoque minimiza de forma lexicográfica el vector de logro $\bar{a}$, definido según las expresiones (9) y (10), para un conjunto de metas y de restricciones fijas ($x \in S$) como en la expresión (8). Esto es,

$$\begin{aligned} \text{Lex Min } \bar{a} &= [g_1(\bar{n}, \bar{p}), g_2(\bar{n}, \bar{p}), \dots, g_Q(\bar{n}, \bar{p})] \\ \text{sujeto a: } f_i(x) + n_i - p_i &= t_i \quad \forall i = 1, \dots, k \\ x, \bar{n}, \bar{p} &\geq 0 \\ x &\in S \end{aligned} \quad (11)$$

Por definición, la solución $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ obtenida al resolver el modelo (11) se considera óptima si para esta solución el correspondiente valor de $\bar{a}$, al que llamaremos $\bar{a}^*$, es igual o preferido al valor de $\bar{a}$ para cualquier otra solución factible¹⁸. Ahora bien, en el supuesto de que no existan combinaciones que verifiquen todas las metas (o sea, soluciones satisfactorias), se considerará como mejor solución la más cercana, esto es, aquella combinación que verifique el máximo número de niveles de prioridad posibles en el orden preasignado.

Por último, con relación a las metas que comparten un mismo nivel de prioridad, señalar dos cosas: una, la posibilidad de realizar intercambios o *trade-offs* entre ellas a fin de analizar el grado de conflicto; otra, admitir la

¹⁸ Por definición, el vector $\bar{a}^*$ es preferido al vector $\bar{a}$ si la primera componente de $(\bar{a}^* - \bar{a})$ es negativa, dado que todos los elementos de $\bar{a}^*$ y de $\bar{a}$ son no negativos.

incorporación de las preferencias del decisor en forma de pesos de importancia (Ijiri, 1965)¹⁹.

4.4.2.3. *PM Chebyshev*

En el enfoque de la Programación por Metas Chebyshev o Minimax (PMM en lo sucesivo) sugerido por Flavell en 1976, la filosofía subyacente es encontrar la solución que minimiza la desviación de la meta que se encuentra más desplazada (la peor), en lugar de minimizar la suma ponderada de todas las desviaciones no deseadas como ocurre en el enfoque arquimediano, o de minimizar, en un sentido estrictamente lexicográfico, un vector ordenado de todas las desviaciones no deseadas, tal y como se ha visto en el enfoque lexicográfico.

La estructura matemática estándar de un modelo de PMM para un vector de variables de decisión $x \in \mathfrak{R}^n$ se puede escribir de la forma:

$$\begin{aligned} & \text{Min } D \\ & \text{sujeto a: } f_i(x) + n_i - p_i = t_i \quad \forall i = 1, \dots, k \\ & \quad \alpha_i n_i + \beta_i p_i \leq D \quad \forall i \\ & \quad x, n_i, p_i \geq 0 \\ & \quad x \in S \end{aligned} \tag{12}$$

donde,

D : es la máxima desviación de cualquier meta;

α_i y β_i : son unos coeficientes normalizadores e indicadores de las preferencias relativas.

Además, en este enfoque los coeficientes normalizadores tienen la propiedad de que cuando n_i (p_i) es la variable no deseada de la meta i -ésima, entonces, se cumple que $\beta_i = 0$ ($\alpha_i = 0$, respectivamente).

¹⁹ En este estudio, el autor introduce la idea de combinar los enfoques lexicográficos y ponderados (Programación por Metas Combinada) con la asignación de pesos relativos a metas del mismo nivel de prioridad.

Equivalentemente, el modelo (12) puede expresarse como un problema de minimizar la máxima desviación de entre todas las desviaciones posibles. Esto es:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\mathbf{x}} \text{Max}_t (\alpha_i n_i + \beta_i p_i) \\ & \text{sujeto a: } f_i(\mathbf{x}) + n_i - p_i = t_i \quad \forall i = 1, \dots, k \\ & \quad \quad \quad x, n_i, p_i \geq 0 \\ & \quad \quad \quad \mathbf{x} \in S \end{aligned} \quad (13)$$

Desde el punto de vista computacional, los problemas PMM lineales se pueden resolver por aplicación directa del Método del Simplex, aunque las soluciones que estos proporcionan se caracterizan porque ni son habitualmente Pareto-óptimas²⁰ ni están en los extremos de la región factible inicial.

4.4.2.4. *Ventajas y Limitaciones*

La filosofía subyacente en cada una de las tres funciones de logro que acabamos de ver es diferente. Pese a ello, en la mayoría de las aplicaciones reales de PM, estas se eligen sin ninguna justificación teórica, siendo las variantes ponderadas y lexicográficas las más utilizadas (Tamiz et al., 1995; Romero, 2004; Jones y Tamiz, 2010²¹).

Las soluciones óptimas de los modelos de PM obtenidas con la minimización de la función de logro ponderadas y Chebyshev son compatibles con la maximización de una función de utilidad consistente con las preferencias del decisor, que en el caso del modelo arquimediano es de tipo aditiva y separable para cada objetivo. No obstante, la función de logro ponderadas puede proporcionar soluciones sesgadas hacia el cumplimiento de las metas con niveles de aspiración más altos. Por otro lado, la Chebyshev puede generar resultados

²⁰ Algunos tests acerca de la optimalidad de Pareto pueden consultarse en Romero, C. (1991).

²¹ Siguiendo a Jones y Tamiz, con anterioridad a los años 90 del siglo pasado, alrededor de un 75% de las aplicaciones que aparecieron en la literatura de la PM utilizaron la variante lexicográficas y un 25% la ponderadas. Durante el periodo 1990-2000, el 59% utilizaron la PML y el 41% la PMP.

con un logro agregado muy pobre entre las diferentes metas (Ignizio y Romero, 2003).

En relación con las numerosas ventajas que nos ofrece la función de logro lexicográficas sobre el uso de la ponderada y Chebyshev merecen ser destacadas dos: una se refiere al hecho de que en la variante lexicográficas el decisor no se ve obligado a asignarle pesos numéricos a los niveles de prioridad, aunque a veces sí resulta conveniente asignarle pesos a las metas que se encuentran en el mismo nivel de prioridad; la otra nos viene a decir que la solución obtenida en estos modelos nunca es infactible.

Es más, la solución que proporciona la variante lexicográficas es Pareto-óptima cuando se satisface una de las dos condiciones siguientes: (a) la solución del nivel de prioridad más bajo, o sea, la del último problema de optimización, es única; o (b) los niveles de aspiración de las metas forman un punto óptimo de Pareto, o todas las variables de desviación positivas para funciones a minimizar y todas las variables de desviación negativas para funciones a maximizar son positivas en el óptimo (Miettinen, 1999).

Por contra, en el lado de las críticas de la PML, hemos de comentar, en primer lugar, que la no existencia de óptimos alternativos en un determinado nivel de prioridad puede llevar a la obtención de metas redundantes en los niveles inferiores. Además, otras razones que pueden causar la redundancia de las metas lexicográficas son: (1) la utilización de un número de niveles de prioridad excesivo; (2) la fijación de niveles de aspiración demasiado próximos a sus valores ideales; o (3) la inclusión en la función de logro de muchas metas con sus dos variables de desviación como no deseadas (Amador y Romero, 1989; Ballesteros y Romero, 1998; Tamiz et al., 1998). Así, para paliar esta debilidad, se recomienda trabajar con un número reducido de niveles de prioridad, generalmente, no más de cinco.

En segundo lugar, son muchos los autores que siguiendo a Debreu (1959) han manifestado en sus publicaciones la incompatibilidad entre las decisiones

tomadas sobre la base de un enfoque lexicográfico y la existencia de una función de utilidad adecuada a las preferencias del decisor, entre otros, Harrald et al. (1978), Zeleny (1981, 1982), Romero (1991, 1997), Tamiz et al. (1998), Miettinen (1999) e Ignizio y Romero (2003).

Realmente, Debreu (1959) fue el primero en formular y demostrar que un modelo de programación por metas lexicográfica no optimiza la función de utilidad del centro decisor. La demostración de este resultado deriva de la teoría de las relaciones preferenciales, y se reduce a probar que ninguna función de utilidad u se puede construir de forma tal que si un vector a domina lexicográficamente²² a otro vector b entonces se cumple que $u(a) \geq u(b)$, y viceversa.

Según Zeleny (1981, 1982), esta limitación del enfoque lexicográfico puede conducir a:

- Soluciones dominadas. La determinación de metas sin antes explorar los límites y las posibilidades del conjunto factible es una de las principales razones que llevan a obtener soluciones dominadas. Para Zeleny (1982), *«las metas deberían ser los outputs del análisis, no sus inputs»* (p. 297).
- No detectar o identificar una solución ilimitada cuando una función objetivo sea demasiado grande. A consecuencia de esto, las soluciones probablemente no serán aceptadas por los decisores.

Ante esta debilidad del enfoque lexicográfico, Harrald et al. (1978) sugieren utilizar o bien los “Métodos Escalares Multidimensionales” de Carroll (1972) y Srinivasan y Shocker (1973) que cuantifican las preferencias, o bien el enfoque “PM con Intervalos”. Mientras que otros autores, como Romero (1997) y Ballesteros y Romero (1998), recomiendan utilizar la variante lexicográfica de forma cautelosa en combinación con otras variantes.

²² Por definición, se dice que un vector “ a ” domina lexicográficamente a otro vector “ b ” si y solamente si la primera componente no nula de $(a-b)$ es positiva. Además, la primera componente que distingue a un vector de otros determina la dominancia.

4.4.2.5. Conexiones entre las Principales Variantes de PM

Las soluciones obtenidas en los modelos de PM que no reflejan las preferencias del decisor seguramente van a ser rechazadas por este. Es por ello, que para proporcionar un mayor realismo al proceso de modelización y poder reflejar mejor las preferencias del decisor, en la práctica se suelen utilizar enfoques que permiten combinar diferentes funciones de logro de PM a la vez, por ejemplo, el llamado “Programación por Metas Ampliada o Extendida (PM-E)”, o la “Programación por Metas Lexicográfica Ampliada o Extendida (PML-E)”. Ambos enfoques nos permiten interpretar las soluciones obtenidas desde el punto de vista de la teoría de la utilidad.

La estructura analítica de un modelo lineal/no lineal de PM-E, en el que se combinan las variantes arquimediana y Chebyshev de PM, puede escribirse de la forma que sigue (Romero, 2001):

$$\begin{aligned} & \text{Min } (1-Z)D + Z \sum_{i=1}^k (\alpha_i n_i + \beta_i p_i)^p \\ & \text{sujeto a :} \\ & (1-Z)(\alpha_i n_i + \beta_i p_i) \leq D \\ & f_i(x) + n_i - p_i = t_i \quad \forall i \in \{1, \dots, k\} \\ & x, n_i, p_i \geq 0 \\ & x \in S \end{aligned} \tag{14}$$

siendo,

D : la desviación máxima;

Z : un parámetro que cuantifica el grado de eficiencia y equidad de las soluciones en una escala de valores en el intervalo [0,1];

α_i y β_i : los pesos preferenciales y normalizadores correspondientes a las variables de desviación negativas y positivas de la meta i -ésima, respectivamente.

Las diferentes soluciones del modelo anterior se generan haciendo variar el parámetro Z en el intervalo $[0,1]$ y p en $[0,\infty]$. En particular, cuando $p = 1$ se obtienen las soluciones minimax con $Z = 0$ y la arquimediana con $Z = 1$. Estas dos soluciones representan dos polos opuestos desde el punto de vista de la teoría de la utilidad, por el hecho de que el modelo minimax proporciona la solución más equilibrada y el ponderado, la más eficiente. Las soluciones intermedias se obtienen para valores de Z en el intervalo $(0,1)$, y suelen ser las mejores soluciones para el decisor, o grupo de expertos, al optimizar tanto la eficiencia como la equidad (Romero, 2001; Ignizio y Romero, 2003).

En el trabajo de Romero puede verse también la formulación de un modelo de PML-E. Su estructura analítica es algo más compleja que la anterior, ya que se combinan las tres variantes de la función de logro expuestas anteriormente (arquimediana, lexicográficas, Chebyshev):

$$\begin{aligned}
 \text{Lex Min } \bar{a} &= [g_1(\bar{n}, \bar{p}), g_2(\bar{n}, \bar{p}), \dots, g_Q(\bar{n}, \bar{p})] \\
 g_j(\bar{n}, \bar{p}) &= \lambda_j D_j + \mu_j \sum_{L \in P_j} (\alpha_L n_L + \beta_L p_L)^p \quad \forall j \in \{1, \dots, Q\} \\
 \text{sujeto a : } &\lambda_j (\alpha_L n_L + \beta_L p_L) \leq D_j \quad L \in P_j \quad \forall j \\
 &f_i(x) + n_i - p_i = t_i \quad \forall i \in \{1, \dots, k\} \\
 &x, \bar{n}, \bar{p} \geq 0 \\
 &x \in S
 \end{aligned} \tag{15}$$

siendo,

- D_j : la desviación máxima correspondiente al nivel de prioridad j -ésimo;
- $\lambda_j (\geq 0)$: un parámetro de control que toma el valor 0 cuando no se tiene en cuenta la variante Chebyshev;
- μ_j : un parámetro de ponderación del nivel de prioridad j -ésimo con valores en el intervalo $[0,1]$;
- P_j : índice del conjunto de metas situadas en el nivel de prioridad j -ésimo.

De acuerdo con Romero, cualquier modelo de PML-E puede transformarse fácilmente en uno de tipo arquimediano lineal y no lineal, lexicográfico, minimax o PM-E, asignando determinados valores a los parámetros del modelo (Tabla 4.4).

Este modelo general también nos deriva en otros métodos multicriterio, tales como la Programación Compromiso, el Método del Punto de Referencia y el Procedimiento Interactivo de Tchebycheff, sin más que aplicar determinados valores a los parámetros del modelo.

Por último, una extensión de la estructura general del enfoque PML-E en un modelo de PM con objetivos y niveles de aspiración borrosos o *fuzzy* puede verse en la contribución de Arenas, Bilbao, Pérez y Rodríguez (2010).

Tabla 4.4. Enfoques de PM y valores de los parámetros de un modelo PMLE

		Valores de los Parámetros			
		λ_j	μ_j	P	Q
Enfoques de PM	ARQUIMEDIANO, CON FUNCIÓN DE LOGRO LINEAL	0	1	1	1
	ARQUIMEDIANO, CON FUNCIÓN DE LOGRO NO LINEAL	0	1	≥ 2	1
	LEXICOGRÁFICO	0	1	1	≥ 2
	CHEBYSHEV	1	0	1	1
	EXTENDIDO	$(1-Z)$	Z	P	1

Fuente: Elaboración propia, a partir de Romero, C. (2001: 67)

4.4.3. EXTENSIONES DE LA PROGRAMACIÓN POR METAS

Aunque las variantes ponderadas, lexicográficas y Chebyshev de PM inicialmente fueron diseñadas para resolver modelos en un entorno determinista con objetivos y restricciones lineales, y con variables decisionales continuas

(Charnes y Cooper, 1961; Ijiri, 1965; Lee, 1972), lo cierto es que rápidamente se extendieron también a los modelos con objetivos y/o restricciones no lineales (PM no lineal) y a los modelos con variables enteras y binarias (PM entera) (Ignizio, 1976).

En relación con los avances metodológicos realizados en la técnica, existe una multitud de enfoques diferentes basados en la PM que resultan de especial interés como, por ejemplo, la Programación Multi-Metas, PM por Intervalos, PM Fraccional, PM Interactiva, PM Estocástica y PM Borrosa (con metas imprecisas). Todos ellos se pueden utilizar con cualquiera de las variantes de las funciones de logro que acabamos de ver. Para los detalles técnicos de estos enfoques y la estructura analítica de los modelos pueden consultarse los trabajos de González Pachón y Romero (2010) y Jones y Tamiz (2010).

El enfoque multicriterio de Programación Multi-Metas (con metas múltiples) fue desarrollado por Zeleny (1982) y constituye, en realidad, un híbrido entre la PM y la programación multiobjetivo vectorial, ya que minimiza un vector de variables de desviación no deseadas (en el sentido de la programación multiobjetivo), teniendo en cuenta tanto las restricciones rígidas como las de tipo metas. Díaz Balteiro y Romero (1998) han empleado este enfoque con éxito en un problema de planificación forestal en España.

Esta técnica presenta la ventaja de que no precisa información a priori acerca de las preferencias del decisor sobre la importancia de las metas. No obstante, la programación multi-metas suele resultar poco satisfactoria cuando el tamaño del problema es excesivamente grande (con más de cien variables), ya que entonces se genera un número grande de soluciones eficientes y, desde el punto de vista computacional, la obtención de los puntos eficientes mediante un software de optimización (lineal, no lineal y entera) apropiado, por ejemplo, LINDO (para el caso lineal) o LINGO²³ (para el caso no lineal y entero), suele

²³ Una versión gratuita del LINDO y LINGO se encuentra disponible en la siguiente página web: <http://www.lindo.com> (Consulta: 16/10/15).

resultar ineficiente en estos casos. Es por ello, que Lara y Romero (1992, 1994) recomiendan buscar la solución de estos modelos de forma interactiva utilizando, por ejemplo, una adaptación del Método de Zionts y Wallenius (1976) o del Método STEM de Benayoun et al. (1971).

Por otro lado, el enfoque propuesto inicialmente por Charnes y Collomb (1972), la Programación por Metas por Intervalos (PMI), se caracteriza porque las metas del modelo vienen expresadas en forma de intervalos y no como números, o sea, que se encuentran acotadas tanto superior como inferiormente. Así, la estructura analítica de estos modelos es la de PMP lineal, donde las desviaciones en relación con los intervalos se penalizan con la ayuda de unas funciones lineales llamadas “funciones penalizadoras” con dos lados en forma de U, que se definen sobre los intervalos de forma que cambien sus pendientes de un intervalo a otro (Charnes y Cooper, 1977). La PMI ha sido tratada durante la década de los 90 del siglo pasado en los trabajos de Inuiguchi y Kume (1991), Jones y Tamiz (1995) y Vitoriano y Romero (1999), entre otros, y más recientemente en Chang (2006).

La Programación por Metas Fraccional se utiliza cuando las metas vienen expresadas en forma de cocientes y, al igual que la PM por intervalo, es una extensión del caso lineal. Kornbluth (1973) utiliza este enfoque con funciones de logro ponderadas y lexicográficas. Algunas consideraciones de metas fraccionales se recogen en las aportaciones de Soyster y Lev (1978) y Kornbluth y Steuer (1981). Por otra parte, en Gómez, Hernández, León y Caballero (2006) se puede encontrar una aplicación de este enfoque con la variante lexicográfica de PM en un problema de planificación forestal cubana. Además, en un trabajo más reciente de Caballero et al. (2009) se diseñan unos algoritmos para la determinación de soluciones en problemas de este tipo.

La utilización de la Programación por Metas Interactiva garantiza una mayor implicación del decisor en el proceso de toma de decisiones, ya que se establece una conexión entre la filosofía subyacente en los métodos interactivos y

la PM. Los métodos y algoritmos interactivos más interesantes que se han desarrollado para la determinación de soluciones en estos modelos se incluyen en la sección 4.5 de este capítulo. Para el uso de este enfoque pueden verse, por ejemplo, las contribuciones de Dyer (1972), Masud y Hwang (1981), Weistroffer (1983), Reeves y Hedis (1993), y también Caballero et al. (2006).

En la Programación Estocástica por Metas se incorpora el riesgo y la incertidumbre en los parámetros del modelo (niveles de aspiración, pesos preferenciales, etc.). Este tipo de enfoque resulta ideal para la toma de decisiones multicriterio en ambiente de riesgo. En Contini (1968) se propone un método de resolución para el caso lineal basado en la idea de existencia de relación estocástica entre los objetivos y niveles de aspiración. La PM lineal estocástica con la aleatoriedad, únicamente, en los niveles de aspiración ha sido estudiada por García Aguado (1998). Ballesteros (2001), por su parte, nos presenta un método para resolver estos modelos que le lleva a minimizar una estructura media-varianza. Asimismo, en el trabajo de Foued y Sameh (2001) puede verse una aplicación de este enfoque.

Finalmente, la Programación por Metas Borrosa (también conocida como PM Difusa o Fuzzy) fue introducida por Zimmermann en 1978. La raíz de este enfoque se fundamenta en la teoría de los conjuntos borrosos. En los procesos decisionales complejos es frecuente que las decisiones se efectúen en un contexto de incertidumbre e imprecisión cuando los parámetros o coeficientes del modelo sean números imprecisos (Zadeh, 1965), y de forma que los valores que se asignan a los parámetros que intervienen en el modelo sean estimaciones de los mismos, hechas por los expertos en el tema objeto de estudio.

El interés por un mayor realismo de los modelos de decisión ha obligado a construir nuevos programas, surgiendo así los modelos que se encuadran en la llamada Programación Matemática en Ambiente Difuso. Para tratar cuantitativamente la imprecisión de los niveles de aspiración y/o de la estructura de prioridad en los modelos de PM se han venido empleando los conceptos y

técnicas de la “Teoría de los Subconjuntos Difusos” introducida por Lofti A. Zadeh en 1965 y la “Teoría de la Posibilidad” de Zadeh (1978) asociada a ella.

Desde que Bellman y Zadeh (1970) publicaran su trabajo *Decision Making in a Fuzzy Environment*, la PM Borrosa ha sido el objetivo al que han dirigido sus esfuerzos gran cantidad de investigadores, tales como Narasimhan (1980), Hannan (1981), Wang y Fu (1997), Jiménez et al. (2004), Aköz y Petrovic (2007), Yaghoobi y Tamiz (2007), Aouni et al. (2009) y Li (2012), entre otros.

4.4.4. PROCEDIMIENTOS DE SOLUCIÓN Y SOFTWARES DE OPTIMIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN POR METAS

Afortunadamente, la mayoría de las técnicas y de los algoritmos de optimización (lineal, no lineal y entera) existentes para la resolución de los modelos con un único objetivo proporcionan soluciones satisfactorias también en los modelos de PM (lineales, no lineales y enteros). En esta subsección vamos a revisar muy brevemente cuáles son.

1) PM lineal

Los primeros modelos y algoritmos de PM lineal fueron programados en código FORTRAN a principios de los 70 del siglo pasado (Lee, 1972; Ignizio, 1976; Ignizio y Perlis, 1979), sirviendo muchos de ellos como base para los nuevos softwares de optimización que aparecieron en los años 90 y que se utilizan hoy en día para la resolución de los modelos de PM lineales, no lineales o enteros, como GAMS y LINGO, y solamente para los PM lineales, LINDO.

Además, existen softwares específicos para mostrar la resolución gráfica de estos modelos, por ejemplo, WinQSB y GLP, aunque este último presenta la limitación de que solo funciona con dos variables y cuatro metas lineales como máximo.

Cuando las metas son lineales, las técnicas de resolución que se utilizan están inspiradas en los métodos tradicionales y algoritmos matemáticos de programación lineal para un solo objetivo basados en el Método Simplex lineal desarrollado por George B. Dantzig en 1947 (Dantzig, 1963). Algunas referencias que se incluyen en este grupo se deben a Lee (1972), Ignizio (1976), Ignizio y Perlis (1979) y Arthur y Ravindran (1978, 1980a).

En particular, para resolver los modelos lexicográficos lineales de PM en los que la función de logro es vectorial, en la práctica se suelen utilizar: (i) el Algoritmo del Simplex Multifase (o Simplex Modificado) de programación lineal, implementado por Lee (1972) e Ignizio (1976) en lenguaje de programación FORTRAN que, en esencia, minimiza las variables de desviación no deseadas de cada meta utilizando el Simplex en fases múltiples a fin de obtener la solución que satisfaga todas las metas; (ii) el Método Secuencial Lineal de PM, diseñado inicialmente por Ignizio (1976) y, posteriormente, por Ignizio y Perlis (1979) e Ignizio y Cavalier (1994). Este método consiste básicamente en resolver por etapas una secuencia de problemas lineales con un solo objetivo en los cuales se van minimizando las variables de desviación no deseadas de cada nivel por orden de prioridad, de tal manera que la solución obtenida de una meta de prioridad más baja no degrade cualquiera de las soluciones ya obtenidas para las metas de prioridad más alta; (iii) el Algoritmo Lineal de Partición de Arthur y Ravindran (1978, 1980a), programado en lenguaje FORTRAN por Ignizio y Perlis (1979), que se considera como un método simplex “especial” que garantiza la no degradación de las soluciones de prioridad más alta; y también habría que señalar, ya por último, (iv) el Método Gráfico de Lee (1972) e Ignizio (1976), que solo es válido en problemas con dos variables de decisión.

II) PM No Lineal

Cuando las metas son no lineales, las técnicas de optimización que resultan más apropiadas para la resolución los modelos de PM van a ser de cuatro tipos: las no lineales basadas en el Método Simplex; las de Búsqueda Directa; las que se basan en el Gradiente; y las Interactivas (Saber y Ravindran, 1993).

En primer lugar, las Técnicas No Lineales Basadas en el Método Simplex son, de acuerdo con Saber y Ravindran: el “Método de la Programación de Aproximaciones”, la “Técnica de la PM No Lineal Separable” y la “Técnica de la PM Cuadrática”.

En segundo lugar, con relación a las llamadas Técnicas de Optimización de Búsqueda Directa, merece la pena destacar, por un lado, la adaptación que hizo Monarchi (1975) del “Método de Búsqueda Complejo” de Box (1965) y, por otro, las extensiones a la PM que aparecen en las publicaciones de Ignizio (1976), Hwang et al. (1979) y Ravindran et al. (1986) sobre el “Algoritmo de Búsqueda de Patrones”, inicialmente desarrollado por Hooke y Jeeves (1961) para resolver problemas de optimización con un solo objetivo, con variables continuas y sin restricciones.

En tercer lugar, los Algoritmos de Solución de Tipo Gradiente, caracterizados por la utilización de derivadas en la obtención de la solución, son especialmente adecuados en todos aquellos casos en los que tanto las metas como los objetivos son funciones diferenciables. Entre ellos merece ser destacado el “Algoritmo de Partición Basado en el Gradiente (PBG)” de Saber y Ravindran (1996), que usa tanto la técnica de Partición, diseñada por Arthur y Ravindran (1978, 1980a) para resolver problemas de PM lineales, como el método del Gradiente Reducido Generalizado (GRG), desarrollado por Abadie y Carpentier (1969) para resolver problemas de programación con objetivos y restricciones no lineales.

Y, ya por último, entre las Técnicas PM Interactivas No Lineales, que permiten articular las preferencias del decisor durante todo el proceso, se incluyen: el “Método de la PM Secuencial Interactiva” de Masud y Hwang (1981) y el “Método de Weistroffer” (Weistroffer, 1983).

III) PM Entera

Cuando tratamos de resolver los problemas lineales de PM con variables enteras o discretas (puros, mixtos, binarios o 0-1), lo habitual es que empleemos el “Método Secuencial Lineal de PM Lexicográfica”, o bien alguno de los algoritmos de PM especialmente diseñados para estos casos, tales como el “Algoritmo de Ramificación y Acotación” inicialmente desarrollado por Land y Doig (1960), el “Algoritmo de Enumeración Implícita” de Balas (1965), el “Dual Multifase” de Glover (1965), o el “Método de los Planos de Corte” de Gomory (1958).

En base a estas técnicas, los primeros algoritmos de resolución de los modelos de PM (lineales y no lineales) con variables enteras surgen en los años 70 del siglo pasado, gracias al trabajo llevado a cabo por Ignizio (1976) con la variante lexicográfica. Algunas contribuciones más pertenecientes a este campo se deben a Dauer y Krueger (1977), Lee y Morris (1977), Garrod y Moores (1978), Arthur y Ravindran (1980b) y Lee y Luebbe (1987).

A finales de los 90 del siglo pasado, Tamiz y Mardle (1998) desarrollaron un software de modelización de naturaleza interactiva, al que llamaron MoGLI, para la resolución de los problemas de optimización con un solo objetivo lineales, enteros y de PM. Además, para la detección de las posibles soluciones Pareto eficientes en los modelos de PM (lineales y enteros) se han diseñado unos algoritmos especiales de optimización que se pueden utilizar con cualquiera de las variantes de PM. Estos han sido implementados con el software de optimización GPSYS, válido para la PM lineal (Jones et al., 1998), y con

IGPSYS, que es una mera extensión del primero a los problemas de PM enteros (Tamiz et al., 1999).

Otra posible vía de solución, que desde los años 90 está ganando alcanzando un rápido crecimiento, son los llamados Métodos Meta-heurísticos, que resultan especialmente útiles en situaciones complejas en las que los problemas de PM enteros (lineales o no) son de gran tamaño y, por consiguiente, las técnicas de solución tradicionales son prácticamente ineficientes (Jones et al., 2002).

Además de los ya mencionados, la utilización del enfoque de PM en combinación con los Métodos Heurísticos de Búsqueda (por ejemplo, los de tipo no-ingeniosos o *non-naive*, los algoritmos genéticos, el annealing simulado o la búsqueda tabú²⁴), los Sistemas de Expertos y las Redes Neuronales (Ignizio y Cavalier, 1994), han ido ganando popularidad en este siglo, especialmente en el área de la inteligencia artificial (Mirrazavi et al., 2001).

4.4.5. TÉCNICAS QUE AYUDAN A PALIAR SUS DEBILIDADES Y A MEJORAR LAS SOLUCIONES

Llegados a este punto procederemos a completar el análisis de los modelos de PM, analizando las técnicas que nos permiten detectar la redundancia, evitar o modificar errores, y asegurar la obtención de soluciones no inferiores. Dichas técnicas nos ayudan, a su vez, a mejorar las soluciones de estos modelos en sus diferentes versiones puesto que, pese a la gran popularidad que ostenta dicho enfoque, no queda exento de las dificultades que, a continuación, se incluyen.

²⁴ La Búsqueda Tabú (del inglés “Tabú Search: TS”), dada a conocer por Fred Glover en los años 1989 y 1990, es un procedimiento metaheurístico utilizado con el fin de guiar un algoritmo heurístico de búsqueda local para explorar el espacio de soluciones más allá de la simple optimalidad local y obtener soluciones cercanas al óptimo.

A) Resultados Erróneos

Desafortunadamente, la utilización del enfoque de PM puede dar lugar a resultados erróneos, generalmente provocado por una interpretación incorrecta del enfoque, por el uso de un número excesivo de niveles de prioridad (Tamiz y Jones, 1996), o por cualquiera de las siguientes razones que se exponen (Romero, 1993):

- o La posible equivalencia de soluciones con los modelos tradicionales de programación lineal;
- o La falta de significado y las conclusiones equivocadas obtenidas cuando la función de logro se formula erróneamente como un escalar y no como un vector;
- o La omisión de una variable de desviación al formular una meta; y
- o La formulación innecesaria de una meta con sus dos variables de desviación (la positiva y la negativa) a la vez.

La búsqueda de una solución satisfaciente puede resultar errónea si no tenemos en cuenta todos los objetivos o cuando, siguiendo a Tamiz y Jones (1996), las desviaciones de objetivos que vienen medidos en diferentes unidades de medida se sumen directamente (inconmensurabilidad de los objetivos).

Así, tanto para Romero (1993) como para Tamiz et al. (1995, 1998) y también Miettinen (1999), una forma de evitar el problema de los sesgos indeseados hacia alguna de las metas, principalmente los producidos cuando se utilizan objetivos inconmensurables, consiste en utilizar las técnicas de normalización de objetivos. Entre las más usuales se encuentran: la euclidiana; en términos porcentuales; la basada en sumas en términos absolutos o rangos de valores con puntos ideales y anti-ideales; y la cero-uno.

B) Dificultades en la Elección de los Pesos, Niveles de Prioridad y Niveles de Aspiración

La incorporación de las preferencias del decisor en el modelo (bien en forma de pesos o bien en forma de niveles lexicográficos) puede resultar complicada si el número de funciones objetivos que se maneja es excesivamente grande y/o si se supone la existencia de un grupo de decisores en el modelo. Por ello, en estos casos es deseable utilizar otras técnicas. Gass (1986), Khorramshagol y Moustakis (1988), Romero (1991), Ramanathan y Ganesh (1994) y Schniederjans (1995) recomiendan el uso de las técnicas multicriterio discretas como, por ejemplo, el Proceso de las Jerarquías Analíticas (AHP), el Análisis Conjunto, o el Método Delphi. Otros autores, como Spronk y Veeneklaas (1983), Lara y Romero (1992, 1994) y Caballero et al. (1998) proponen el uso de los Métodos Interactivos de programación multiobjetivo.

Otra cuestión a tener en cuenta es que la elección de unos niveles de aspiración adecuados para cada uno de los objetivos puede resultar demasiado complicada cuando el decisor no ha explorado con anterioridad la región factible (Zeleny, 1981). No obstante, facilita su asignación el conocimiento de la solución ideal y del rango de valores del conjunto de soluciones Pareto óptimas.

Goicochea et al. (1982), por su parte, apuntan que los cambios en los niveles de aspiración o de prioridad pueden afectar a la solución final, por lo que recomiendan utilizar o bien un análisis paramétrico en los niveles de aspiración, viendo con ello si es posible incrementar la satisfacción de algunas metas sin reducir el logro de otras, o bien un test de no dominancia.

C) Soluciones Óptimas Inferiores o Dominadas que no satisfacen el Principio de Optimalidad de Pareto

El último aspecto a destacar en PM, y quizás el que despierta más interés, es el de la posible ineficiencia paretiana, es decir, la posibilidad de obtener

soluciones próximas a los niveles de aspiración asociados a los objetivos (Ogryczak, 1994, 1997) que no satisfacen el principio de optimalidad de Pareto.

La ineficiencia paretiana en los modelos de PM puede producirse, en esencia, por dos razones: *i*) la fijación de unos niveles de aspiración demasiados bajos (Zeleny, 1981), o dicho de otra forma, muy “pesimistas” en el sentido de que se alcanzan fácilmente (Zeleny y Cochrane, 1973; Goicoechea et al., 1982; Tamiz et al., 1998, 1999); o bien, *ii*) debido a situaciones en las que habiéndose generado pocas soluciones estas no representan al conjunto no dominado (Zeleny, 1982).

Ante esta debilidad, parece lógico llevar a cabo un análisis posterior en la solución final obtenida con el fin de mejorarla. Como primera vía de solución se pueden utilizar funciones de logro que combinen varios enfoques de PM a la vez para obtener soluciones satisfactorias, por ejemplo, la PM Lexicográficas Extendida de Romero (2001).

Otra posible vía de solución es la utilización del enfoque llamado “Meta-Programación por Metas” propuesto inicialmente por Rodríguez Uría et al. (2002), que mezcla varios enfoques de PM a la vez. Este presenta la ventaja de que permite asignar niveles de aspiración no solo a las metas como es lo habitual sino también a las funciones objetivos, además de ayudar al decisor a clarificar su conocimiento acerca del problema y de su actual estructura de preferencias. La utilización de este enfoque de forma interactiva puede verse en el trabajo de Caballero et al. (2006).

Por último, otras alternativas disponibles para paliar el problema de la ineficiencia paretiana consisten en la utilización de: (1) Técnicas de Detección de Ineficiencias Paretianas y de Restauración de la Eficiencia, desarrolladas a partir del Test de Eficiencia propuesto por Hannan (1980); (2) Análisis de Sensibilidad de la solución obtenida, mediante cambios en las ponderaciones asignadas a las metas y en los niveles de aspiración/prioridad; y (3) Análisis Secuencial de Mejora de metas y soluciones, mediante el uso de Algoritmos Interactivos (por

ejemplo, SIGMOP, Algoritmo Interactivo de Búsqueda de Direcciones, etc.) o de Técnicas “Cuasi-satisfacientes”, como el Método del Punto de Referencia de Wierzbicki (1982) aplicado en la programación por metas lexicográficas.

4.4.5.1. Técnicas de Detección de Ineficiencias Paretianas y de Restauración de la Eficiencia

Uno de los inconvenientes que presenta la PM es su incapacidad para generar soluciones eficientes exclusivamente. Esta debilidad ha provocado la aparición de diversas técnicas con el objetivo de paliar este problema. Son conocidas como Técnicas de Detección de Ineficiencias Paretianas, ya que sirven para comprobar si las soluciones son o no eficientes, e igualmente sirven de Técnicas de Restauración de la Eficiencia, resultando especialmente útiles para generar el conjunto completo de soluciones eficientes para los casos en los que no se hayan detectado soluciones eficientes. La mayoría de estas técnicas han sido desarrolladas para los problemas lineales.

Entre este conjunto de técnicas, las que más se utilizan son: (a) el Test de Eficiencia propuesto por Hannan (1980) para la obtención del conjunto de soluciones eficientes en los modelos de PM lineales; (b) el Test de carácter Interactivo sugerido por Masud y Hwang (1981) para asegurar la eficiencia en los modelos de PM lineales y no lineales, consistente en añadir un nivel de prioridad adicional a la función de logro y maximizar la suma de las variables de desviación deseadas; (c) las Técnicas de Detección de Eficiencias e Ineficiencias Paretianas de Tamiz y Jones (1996) –programadas con el sistema de optimización lineal GPSYS en los modelos continuos de PM–, y los diferentes Algoritmos de Detección de la Eficiencia y de Restauración (directa, basada en preferencias e interactiva) de metas ineficientes desarrollados por Tamiz et al. (1999) en los modelos de PM enteros y binarios, los cuales han sido implementados con el sistema de optimización discreto IGPSYS; (d) la Técnica de Restauración Interactiva de Caballero et al. (1998) en problemas lineales

convexos de PML; y, finalmente, (e) la Técnica de Restauración Directa Minimax de Caballero y Hernández (2006) en modelos de PM fraccionales lineales.

En general, todas estas técnicas de Detección y Restauración de la Eficiencia se llevan a cabo en varias etapas y tienen en común la imposición de restricciones a las variables de desviación para así evitar un empeoramiento de la solución satisfactoria obtenida en la etapa anterior, aunque se diferencian unas de otras en la forma de incluir las preferencias del decisor. En particular, en la Restauración Interactiva se le muestra al decisor el conjunto de metas ineficientes para que elija cuál de ellas desea mejorar y, una vez elegida, se maximiza la variable deseada de esta meta. El procedimiento continúa de forma interactiva hasta la obtención de una solución eficiente (Tamiz et al., 1998).

4.4.5.2. *Análisis de Sensibilidad*

El análisis de sensibilidad, o análisis de post-optimización, desempeña un papel fundamental en la estructuración y evaluación de los problemas de decisión. Técnicamente, el análisis de sensibilidad ayuda al analista a planificar el análisis para evitar cálculos innecesarios sin perder la fiabilidad. Cognoscitivamente, el decisor/decisiones aprende sobre sus juicios descubriendo la importancia que tienen para él cada uno de ellos. Los grupos pueden realizar análisis de sensibilidad sobre los parámetros con los que están en desacuerdo y centrar toda su atención en los importantes, evitando el debate sobre aquéllos que no lo sean.

En el marco de la lógica satisfaciente, las soluciones obtenidas en los modelos de PM pueden enriquecerse considerablemente analizando los efectos que sobre dicha solución se producen como consecuencia, por ejemplo, de la incorporación de nuevos objetivos en forma de metas y/o de nuevas variables de decisión en el modelo (Ignizio, 1976). Pero también por las variaciones en los niveles de aspiración y/o en los pesos asignados a cada meta para un modelo con metas ponderadas, o bien, en los pesos de las metas de un mismo nivel de

prioridad y/o en la ordenación de las prioridades si nos referimos a un modelo con metas lexicográficas (Schniederjans, 1995).

Con el análisis de sensibilidad, para cada conjunto de pesos ensayados, u ordenaciones de prioridades, se obtendrá la solución óptima del modelo que mejor se adecúa a la estructura de preferencias del decisor, pudiéndose ver si estos pueden ser alterados sin afectar la solución global. Así, si pequeñas variaciones en los datos del modelo producen efectos sustanciales, el decisor debería reflexionar sobre los juicios emitidos y asegurarse de que los valores utilizados representan fielmente sus creencias y preferencias.

4.4.5.3. *Análisis Secuencial de Mejora de Metas y de Soluciones: Algoritmos PM-Interactivos y Técnicas Cuasi-Satisficientes*

Los esfuerzos por enriquecer la metodología de programación por metas incorporando interacciones entre el decisor y el analista han hecho posible la proliferación de un gran número de métodos matemáticos interactivos de programación multiobjetivo a fin de obtener soluciones que satisfagan al decisor. Los pioneros son: el método STEM de Benayoun et al. (1971), el G-D-F de Geoffrion et al. (1972) y el de Zionts y Wallenius (1976).

En el marco de la PM, los principales procedimientos interactivos que se utilizan son: (1) la Técnica de PM Interactiva desarrollada por Dyer (1972); (2) la Técnica de Programación Multi-Metas Interactiva propuesta por Nijkamp y Spronk (1978, 1980) para la obtención de los niveles de aspiración y/o de prioridad del decisor de forma interactiva; (3) el Método de PM Secuencial Interactiva de Masud y Hwang (1981), válido en problemas lineales y no lineales; y (4) el Método Visual Interactivo de PM propuesto por Korhonen y Laakso (1986b).

En cierto modo, la mayoría de estas técnicas se utilizan en forma de algoritmos interactivos que, en síntesis, comparten la idea de que la solución

obtenida en la $(k-1)$ -ésima iteración del proceso se somete a la valoración del decisor. Si este la acepta, el algoritmo se detiene; en caso contrario, se incorporan sus preferencias acerca de los pesos, niveles de aspiración, etc. en el modelo y se procede a la resolución del mismo en la k -ésima interacción (Tamiz et al., 1995).

Entre los algoritmos de tipo interactivos que se emplean en el Análisis Secuencial de Mejora de metas y soluciones, se incluyen: (i) el llamado SIGMOP²⁵ de Monarchi et al. (1976), diseñado a partir la Técnica Interactiva propuesta por Dyer (1972); (ii) el Algoritmo Secuencial Interactivo de PM de Reeves y Hedin (1993), que es una generalización del método de Masud y Hwang (1981) en el que las metas se van definiendo y modificando interactivamente hasta encontrar una solución preferida que siempre es eficiente; (iii) el Algoritmo de PM Interactiva desarrollado por Weistroffer (1983) para problemas no lineales; (iv) el Algoritmo Interactivo de Búsqueda de Direcciones de Masud y Zheng (1989), en el que se combina el enfoque de PM con el Método de las Restricciones de programación multiobjetivo vectorial y con algunos Métodos Basados en la Búsqueda de Direcciones (es decir, de vectores *trade-offs*) como, por ejemplo, el Método G-D-F; y (v) el Algoritmo de Meta-Programación por Metas Interactiva de Caballero et al. (2006).

Por otro lado, dentro de las Técnicas “Cuasi-satisfacientes”, el llamado Método del Punto de Referencia, desarrollado inicialmente por Wierzbicki (1982) para resolver problemas multiobjetivo de forma interactiva, garantiza siempre soluciones eficientes –aún en el caso discreto y con funciones no convexas– (Ogryczak, 1994, 1997, 2001). Este método se caracteriza porque utiliza niveles de referencia en lugar de niveles de aspiración, y porque también supone que el decisor prefiere las soluciones que satisfacen todos los niveles de referencia a aquéllas que no los satisfacen. Además, dependiendo de los niveles de referencias especificados por el decisor, se construye una función de logro escalar que genera, mientras que estamos minimizando, una solución eficiente

²⁵ Acrónimo de: Sequential Information Generator for Multiple Objective Problems.

del problema. Una vez obtenida la solución eficiente, esta se le presenta al decisor para que la compare con la de partida y modifique los niveles de referencia si lo estima necesario.

Por último, el llamado Modelo de Referencia de PM (RPM), fruto del trabajo de Ogryckak (1994), es una mezcla del enfoque lexicográfico de PM y del Método de Punto de Referencia, en el cual el analista incorpora en el modelo los deseos del decisor a priori, de forma lexicográfica y en términos de niveles de referencia.

Siguiendo a Ogryckak, la formulación estándar de un modelo RPM con k metas se puede expresar de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Lex Min } g_1(\bar{n}, \bar{p}) &= [g_1(\bar{n}, \bar{p}), g_2(\bar{n}, \bar{p})] \\ \text{sujeto a: } f_i(x) + n_i - p_i &= r_i \quad \forall i = 1, \dots, k \\ n_i \cdot p_i &= 0 \quad \forall i \\ x, \bar{n}, \bar{p} &\geq 0 \\ x &\in S \end{aligned} \quad (16)$$

donde, los coeficientes r_i de cada meta representan los niveles de referencia. Asimismo, las funciones de logro $g_1(\cdot)$ y $g_2(\cdot)$, que van a ser optimizadas por orden lexicográfico, se deben elegir como sigue:

$$g_1(\bar{n}, \bar{p}) = \max_{1 \leq i \leq k} \{-w_i^- n_i + w_i^+ p_i\} \quad (17)$$

$$g_2(n, p) = \sum_{i=1}^k (-w_i^- n_i + w_i^+ p_i) \quad (18)$$

siendo, $w_i^+ (\geq 0)$ y $w_i^- (\geq 0)$ los pesos asociados a las desviaciones positivas y negativas de la i -ésima meta ($\forall i = 1, \dots, k$), respectivamente.

En consecuencia, el modelo RPM definido mediante las expresiones (16)–(18) genera soluciones eficientes²⁶. Pero además, como demostró Ogryckak, la condición $n_i \cdot p_i = 0$ ($\forall i = 1, \dots, k$) puede omitirse del modelo (16) para

²⁶ Una extensión del modelo RPM (válida tanto para el caso lineal como entero) puede verse en el trabajo de Ogryckak, W. (1997).

cualesquiera niveles de referencia r_i , siempre y cuando los pesos satisfagan la siguiente relación:

$$0 < w_i^- < w_i^+ \quad \forall i = 1, \dots, k \quad (19)$$

4.5. EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO

El Proceso Analítico Jerárquico, o método AHP, fue desarrollado por Thomas L. Saaty a finales de la década de los 70 del siglo pasado con el propósito de analizar problemas decisionales complejos que implican seleccionar una o más alternativas sobre la base de criterios múltiples de distinta naturaleza y estructurados jerárquicamente. Según el propio Saaty (1977, 1980), esta metodología permite comparar explícitamente aspectos cuantitativamente tangibles y cualitativamente intangibles.

Basado en fundamentos matemáticos y psicológicos, la idea esencial del AHP reside en el uso de escalas de razón para elaborar estructuras de preferencias. A partir de juicios de valor o preferencias del decisor se comparan los criterios por parejas (comparaciones por pares) para obtener la importancia relativa de las diferentes alternativas²⁷.

El método AHP se fundamenta en cuatro axiomas básicos (Saaty 1980, 1986), que son:

- o Axioma 1 (*Reciprocidad*): El decisor debe ser capaz de realizar comparaciones y establecer la fuerza de sus preferencias. La intensidad de estas preferencias debe satisfacer la condición recíproca: "Si A es x veces más preferido que B, entonces B es $1/x$ veces más preferido que A".

²⁷ Para un estudio en detalle del fundamento teórico del AHP pueden verse los trabajos de Saaty, T.L. (1977, 1980, 1986) y Harker, P.T. y Vargas, L.G. (1987). Para el empleo de la técnica, los de Saaty, T.L. (1980, 1994) y Golden, B.L., et al. (1989).

- o Axioma 2 (*Homogeneidad*): Dada una jerarquía, las preferencias se representan por medio de una escala limitada.
- o Axioma 3 (*Independencia*): Cuando se expresan las preferencias se supone que los criterios son independientes de las propiedades de las alternativas.
- o Axioma 4 (*Expectativas*): Cuando se toma una decisión siempre se supone que la estructura de la jerarquía está completa, o lo que es lo mismo, que todas las alternativas y criterios que son relevantes para la resolución del problema están representados en la jerarquía.

Por el Axioma 1 sabemos que la matriz de comparaciones pareadas es una matriz recíproca positiva. La relajación de este axioma nos indica que la pregunta utilizada para la elección de juicios (o comparaciones pareadas) o no está clara o no está suficientemente establecida. Por otra parte, si se omite el Axioma 2 entonces los elementos que se comparan dejan de ser homogéneos y puede ocurrir que se formen clusters.

El Axioma 3 implica que los pesos de los criterios deben ser independientes de las alternativas consideradas. Para cuando se suprima este axioma, Saaty (1980) y Dyer (1990) aconsejan utilizar la generalización del AHP que se conoce como “Técnica de la Supermatriz”.

Finalmente, si el Axioma 4 no se satisface entonces el decisor no está utilizando todos los criterios, y/o todas las alternativas disponibles o necesarias para encontrar expectativas razonables y racionales, obteniéndose así una estructura jerárquica incompleta (Vargas, 1990).

4.5.1. METODOLOGÍA DEL AHP

Dado que el AHP opera sobre el principio de descomposición y estructuración del problema en forma jerárquica, el establecimiento de juicios comparativos y la

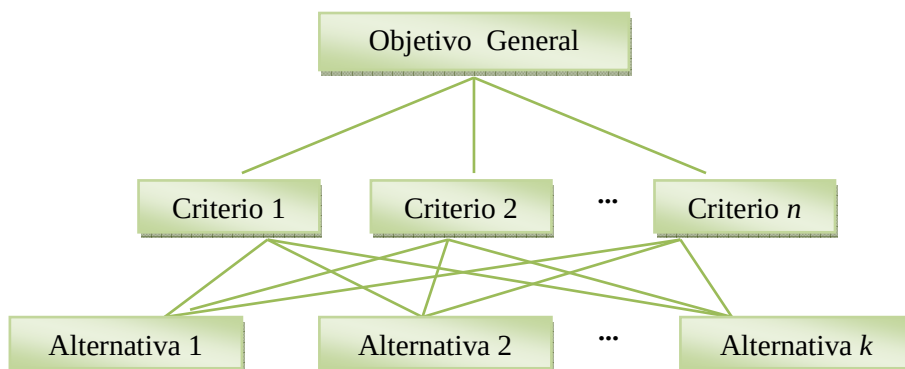
síntesis o composición de prioridades (Saaty, 1980), la metodología del AHP se desarrolla en las siguientes cuatro etapas:

- (1) Etapa de Modelización. En esta fase del proceso se construye una o varias jerarquías que intentan representar el problema de decisión.
- (2) Etapa de Valoración. El decisor incorpora sus juicios mediante comparaciones pareadas entre los elementos considerados en el problema, utilizando la escala de valores construida por Saaty (1977, 1980).
- (3) Etapa de Priorización. Se obtienen las prioridades locales de los elementos de cada nivel con el método del autovalor y a partir de la información proporcionada por el decisor en la etapa anterior.
- (4) Etapa de Síntesis. A partir de estas prioridades locales, y aplicando el principio de composición jerárquica, se obtienen las prioridades globales, esto es, la prioridad de cada alternativa respecto la meta global del problema.

En la Etapa de Modelización, que es quizás la más característica del método, se plantea la construcción de una estructura jerárquica que intenta representar el problema de decisión con todos los elementos que se consideran relevantes para su modelización (criterios, subcriterios, escenarios y actores), así como las dependencias y relaciones entre ellos. Dicha estructura consta de varios niveles bajo un nodo raíz, en el que se halla la meta u objetivo global que se pretende alcanzar. En los niveles inferiores se sitúan los criterios y subcriterios que se consideran relevantes para lograr el fin citado en la meta y, finalmente, en el último nivel se incluyen todas las alternativas de decisión, manteniendo siempre el principio de homogeneidad entre los elementos que forman un nivel dentro de la jerarquía, es decir, que los elementos considerados en cada nivel sean del mismo orden de magnitud y no superior a siete, el “número mágico” de

Miller (1956)²⁸, con un margen de error de más o menos dos. Así, por ejemplo, la estructura jerárquica más sencilla posible se correspondería con un esquema de tres niveles jerárquicos (Figura 4.5): el objetivo general (nivel 1), los criterios (nivel 2) y las alternativas (nivel 3). Ahora bien, esta estructura puede completarse añadiendo tantos niveles como exija la correcta modelización del problema.

Figura 4.5. Jerarquía con 3 niveles, n criterios y k alternativas



Fuente: Elaboración propia

En la Etapa de Valoración del proceso se procede a la recogida de datos. Para ello, el decisor emitirá juicios de valor²⁹ expresando sus preferencias relativas mediante comparaciones entre parejas de elementos de un mismo nivel respecto a un criterio del nivel inmediatamente superior, incorporando así toda su estructura de preferencias dentro de la jerarquía.

La comparación por pares de elementos homogéneos se realiza de acuerdo a la llamada “escala fundamental” diseñada por Saaty (1977, 1980), que representa las intensidades de los juicios emitidos y toma valores enteros de uno a nueve. Dicha escala refleja si dos elementos A y B pueden considerarse

²⁸ Basándose en ciertas observaciones de psicólogos, Miller (1956) postula que una persona no puede comparar simultáneamente más de 9 objetos sin caer en la confusión. Como consecuencia de esto, Saaty (1980) sugiere que el número de elementos de cada nivel sea como máximo de 9. Esta condición, sin embargo, no es necesaria para el desarrollo del método.

²⁹ En general, se requiere la emisión de $n(n-1)/2$ juicios como máximo, siendo n el número de alternativas consideradas (Saaty, 1977).

semejantes o cuál es la graduación de la importancia relativa entre ambos, siempre que los elementos sean comparados respecto a un mismo criterio (Tabla 4.5).

Tabla 4.5. Escala de medida para establecer las intensidades de los juicios entre parejas de elementos (A,B), y su explicación

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
1	Igual importancia	A y B tienen la misma importancia
3	Importancia moderada	A es ligeramente más importante que B
5	Importancia fuerte	A es más importante que B
7	Importancia muy fuerte	A es mucho más importante que B
9	Importancia extrema	A es extremadamente más importante que B
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	

Fuente: Adaptada de Saaty, T.L. (1977: 246, 1980: 54). Elaboración propia

Esta información se aporta al modelo mediante la construcción de matrices $A = (a_{ij})$ cuadradas (de orden n , el número de alternativas), positivas y recíprocas ($a_{ij} = 1/a_{ji}$) que reciben el nombre de matrices de preferencias, de comparaciones pareadas, o simplemente matrices Saaty:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}_{n \times n} \quad (20)$$

Los elementos a_{ij} de dicha matriz representan el cociente entre los pesos o porcentaje de importancia relativa (w_i) de las alternativas i y j , según la citada escala del 1 al 9. Es decir,

$$\begin{aligned} a_{ij} &= \frac{w_i}{w_j} \quad \forall i \neq j \quad (i, j = 1, \dots, n) \\ a_{ii} &= 1 \quad \forall i = j \quad (i = 1, \dots, n) \end{aligned} \quad (21)$$

La Etapa de Priorización proporciona las diferentes prioridades de los elementos que cuelgan de un mismo nodo (prioridades locales) a partir de la información proporcionada por el decisor en la etapa anterior.

Para la obtención de las prioridades locales se suele construir una serie de matrices en las que se expresan los valores obtenidos de las comparaciones de los elementos dentro de cada nivel. Así, resolviendo dicha matriz se obtienen los pesos relativos (suponiendo que son consistentes), que una vez agregados convenientemente proporcionan los pesos globales que discernirán qué alternativa es la adecuada, ya que estas se encuentran en el nivel más bajo de la agrupación jerárquica.

Como procedimiento de priorización, Saaty (1980) nos propuso el llamado método del Autovector Principal por la Derecha. Este método nos proporciona el vector de pesos o prioridades locales, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$, que debe ser consistente con los juicios emitidos a partir de la matriz recíproca de preferencias proporcionada por el decisor, A . A priori, el vector w es el autovector de A que satisface la ecuación (22) con n autovalor de A :

$$Aw = n \cdot w \quad (22)$$

Ahora bien, como a veces ocurre que los juicios o comparaciones no son del todo consistentes, la solución de la ecuación anterior se obtendría para múltiples autovalores λ_i ($i = 1, \dots, n$) y autovectores tales que su suma fuera n . Es por ello que en la práctica se reemplaza n por el autovalor principal de A (λ_{max}), y se resuelve el sistema de ecuaciones (23) con el vector de prioridades locales w ya normalizado:

$$Aw = \lambda_{max} \cdot w, \text{ con } \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (23)$$

El autovalor principal asociado a dicha matriz se calcula fácilmente como el producto de la suma de las columnas de la matriz $A = (a_{ij})$ por la componente correspondiente del vector w , de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right) \cdot w_j \quad (24)$$

Además del método del Autovector Principal por la Derecha propuesto por Saaty (1980) para la obtención de las prioridades locales, existen otras herramientas que, como el denominado método de la Media Geométrica por Filas (o Columnas), agilizan el proceso de cálculo y ofrecen una estimación relativamente precisa de las ponderaciones³⁰. Utilizando este método simplificado, los elementos w_i del vector de prioridades locales se pueden obtener como una media geométrica de los elementos de las filas (o columnas) de la matriz de prioridades, posteriormente normalizada con base en el resto de componentes y de manera que sumen la unidad:

$$w_i^* = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \quad w_i = \frac{w_i^*}{\sum_{i=1}^n w_i^*} \quad (25)$$

Finalmente, en la última etapa de la metodología del AHP (Etapa de Síntesis) se transforman las prioridades locales en prioridades globales (esto es, las prioridades de cada alternativa) aplicando el principio de composición jerárquica.

Otra alternativa del método del autovector de Saaty que habitualmente se suele utilizar en la práctica es la Media Geométrica de las Filas, si bien, esta presenta la limitación de que cuando el número de encuestas válidas es pequeño entonces el valor medio obtenido puede que no sea significativo. Una forma sencilla de solucionar este problema consiste en efectuar un análisis de tipo

³⁰ La utilización de este método puede verse en el trabajo de Aguarón, J. y Moreno-Jiménez, J.M. (2003).

cluster con un programa estadístico como el SPSS, con el fin de agrupar las variables y encontrar ciertas tendencias.

4.5.2. CONSISTENCIA DE UNA JERARQUÍA

Uno de los tópicos más extendido dentro de la literatura relacionada con el procedimiento AHP es el concepto de *consistencia*, es decir, el estudio de si el decisor a la hora de expresar sus juicios de preferencias sobre las alternativas, mediante la emisión de comparaciones pareadas, ha sido coherente en sus opiniones.

Por definición, se dirá que una matriz $A = (a_{ij})$ es consistente si verifica la propiedad dada por la expresión (26); en caso contrario, se dirá que dicha matriz es inconsistente (Saaty, 1977, 1980).

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik} \quad \forall i, j, k \quad (26)$$

Asimismo, un decisor se dirá que es “consistente” en sus juicios cuando al trasladar estos a una matriz de comparaciones pareadas se verifique la propiedad anterior, lo que de alguna forma equivale al cumplimiento de la propiedad de transitividad en sus comparaciones.

El método AHP incorpora el llamado Índice de Consistencia (IC) como una medida de la coherencia de los juicios de valor emitidos, tanto dentro de un nivel como entre niveles distintos. Así, relacionando el autovalor máximo de A (λ_{max}) y el tamaño de la matriz A (n) se puede obtener este índice para validar o no los pesos obtenidos. De esta manera, Saaty demostró que $\lambda_{max} \geq n$. Es más, $\lambda_{max} > n$ siempre que A sea inconsistente y, además, $\lambda_{max} = n$ si y solo si A es consistente.

Para una matriz de preferencias $A = (a_{ij})$ de orden n , la diferencia $\lambda_{max} - n$ reflejará las desviaciones de todos los a_{ij} con respecto a las razones w_i/w_j ($i, j = 1, \dots, n$) estimadas, y también nos proporcionará una medida para evaluar el

grado de inconsistencia global de la jerarquía IC. Dicho índice tomará siempre valores positivos, y solo cuando A sea consistente será igual a cero. La expresión que lo define es de la forma:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (27)$$

A partir de este índice de consistencia que depende de n , Saaty propone utilizar la Razón de Consistencia (RC), que es el cociente entre el índice IC y su valor esperado, un Índice de Consistencia medio generado de forma Aleatoria (ICA), es decir,

$$RC = \frac{IC}{ICA} \cdot 100 \quad (28)$$

En relación a esto, Saaty (1980) generó los valores del índice ICA para diferentes tamaños n de la matriz de comparaciones A (Tabla 4.6). Así, cuanto más parecidos sean los valores λ_{max} y n , más pequeño será RC y, por tanto, mayor será el grado de consistencia de las comparaciones.

Tabla 4.6. Índices de consistencia aleatoria de las matrices de preferencias según el orden

TAMAÑO DE LA MATRIZ (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ÍNDICE DE CONSISTENCIA ALEATORIA (ICA)	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fuente: Extraído de Saaty, T.L. (1980: 21)

Un valor de RC del 0% significará ausencia de inconsistencias en las comparaciones, ya que se verificará que $\lambda_{max} = n$. Por contra, cuando RC sea el 100% significará que las comparaciones se han hecho de forma aleatoria. Como criterio general se suele admitir que los juicios del decisor son suficientemente consistentes para valores de RC del 10% o menos (5% para $n=3$ y 8% para $n=4$). En la práctica, si se supera este umbral establecido por Saaty (1980), para mejorar la consistencia se aconseja revisar los juicios en los que se detecte falta

de consistencia, e incluso repetir si es necesario todas o parte de las comparaciones.

El Índice de Consistencia propuesto por Saaty no es el único. Aguarón y Moreno-Jiménez (2003), así como Scholl et al. (2005) utilizan el Índice de Consistencia Geométrico (ICG) como procedimiento de priorización.

Aguarón y Moreno-Jiménez han propuesto el ICG que viene definido a través de la expresión (29), y que incorpora el error (e_{ij}) cometido al comparar la alternativa i con la j . Con este índice, los autores han demostrado que los valores con un nivel de inconsistencia del 10%, o menos, obtenidos con la Razón de Consistencia de Saaty, se corresponden con valores de $ICG = 0,3147$ para $n = 3$; $0,3526$ para $n = 4$ y $0,37$ para $n > 4$.

$$ICG = \frac{2}{(n-1) \cdot (n-2)} \cdot \sum_{i < j} \log^2 e_{ij} \quad (29)$$

siendo, $e_{ij} = a_{ij} w_j / w_i$ ($i, j = 1, \dots, n$).

Scholl et al. (2005), por su parte, han propuesto una condición de consistencia válida para cada subconjunto de tres niveles de atributos $\{i, j, k\}$ mediante la expresión (30). De esta forma, cuando la consistencia sea perfecta se verificará que $g_{jik} = 1$, y para el resto de los casos se tendrá que $g_{jik} \in (0,1)$.

$$g_{jik} = \frac{\min \{v_{jk}, v_{ji}, v_{ik}\}}{\max \{v_{jk}, v_{ji}, v_{jk}\}} \quad (30)$$

A partir de la media geométrica de los valores g_{jik} , Scholl et al. han desarrollado un Índice de Consistencia Geométrico (IG), con la particularidad de que este solo viene definido para un umbral mínimo del 25%. Los resultados obtenidos mediante simulaciones de matrices con valores de $IG \geq 45\%$ son equivalentes a los obtenidos para el índice IC de Saaty con $IC \leq 10\%$.

En la práctica, para la obtención de las prioridades locales y globales existen softwares específicamente diseñados como, por ejemplo, el Expert Choice (Expert Choice, 2000), que muestran inmediatamente tanto la solución como el grado de inconsistencia.

4.5.3. VENTAJAS Y PUNTOS CRÍTICOS DEL AHP

El AHP es una de las técnicas de decisión multicriterio que más se utilizan, no solo por su facilidad de uso sino también por la posibilidad de aplicación en grupos de individuos, además de permitir combinar atributos cuantitativos y cualitativos en la obtención de las prioridades (Ramanathan y Ganesh, 1995). A su vez, el uso del software Expert Choice es un gran apoyo para la aplicación de su metodología, pues permite trabajar rápidamente y obtener de forma sencilla la estructura de preferencias de la matriz de comparaciones pareadas.

Barba-Romero y Pomerol (1997) apuntan que el índice de consistencia de Saaty se puede considerar un indicador preciso y fiable para cuantificar la inconsistencia de los juicios emitidos, y también que la descomposición jerárquica de los criterios es beneficiosa y aporta calidad en el proceso de decisión.

Pese a su indudable atractivo, no está exento de críticas. Belton y Gear (1983) y Dyer (1990) han señalado la pérdida de solidez de esta técnica al no satisfacer el Principio de Alternativas Irrelevantes, en el sentido de que la inclusión de nuevas alternativas en el proceso de decisión puede modificar la ordenación final de las alternativas en los juicios que proporciona. Dichas críticas fueron adecuadamente respondidas por Saaty (1990) y Harker y Vargas (1990).

El AHP permite en general establecer una clasificación estable de las alternativas salvo en el caso de las “estructuras retroalimentadas” (Saaty, 1980, 1986; Harker y Vargas, 1987), en las que las alternativas y los criterios están

relacionados. Este problema puede ser solventado con la Técnica de la Supermatriz (Saaty, 1980; Dyer, 1990).

Otra debilidad se presenta en los problemas de gran tamaño, es decir, en problemas con un número elevado de niveles de jerarquías y/o alternativas. En estos casos, el número de comparaciones por pares se dispara y se hace tedioso aplicar esta metodología. Arrow y Raynaud (1986) sostienen que en estos casos se puede originar una pérdida de atención en los individuos que les impide valorar correctamente las alternativas. Para paliar esta dificultad, se recomienda utilizar el AHP con un número máximo de 9 alternativas.

Con unas 20 alternativas se puede aplicar el método descrito por Kangas et al. (1993), que consiste en, primeramente, agrupar las alternativas en grupos de tamaño reducido y, luego, llevar a una escala única las prioridades obtenidas en cada uno de los grupos. Escobar y Moreno-Jiménez (1997), por su parte, han desarrollado un procedimiento que les permite obtener las prioridades en matrices de juicios incompletas.

4.6. MÉTODOS PARA AGREGAR LAS PREFERENCIAS DE GRUPOS DE INDIVIDUOS

Los individuos de un grupo suelen tener diferentes creencias, opiniones, juicios y percepciones sobre un mismo problema, de modo que ahora nos vamos a ocupar del problema de agregar esas preferencias, con el fin de obtener una única preferencia que refleje globalmente las opiniones e intereses de todos los miembros del grupo. Para ello, hemos de partir de la base de que las preferencias de cada individuo han sido previamente obtenidas.

Los métodos que vamos a ver, sin entrar en detalles en la teoría sobre la que se fundamentan, están basados tanto en el AHP como en el enfoque de PM. No obstante, otras metodologías concebibles en la literatura para agregar las preferencias de grupos de decisores en los problemas TDM discretos son: la

Teoría de la Utilidad Multiatributo y los métodos de Sobreclasificación (como ELECTRE, PROMETHEE, etc.).

4.6.1. BASADOS EN EL AHP

Si bien en las secciones precedentes hemos desarrollado la metodología del AHP para los procesos de toma de decisión con un único individuo, lo cierto es que esta metodología es a su vez compatible con situaciones en las que participan grupos de individuos que poseen información relevante sobre el problema en cuestión, y que deben tenerse en cuenta conjuntamente en la decisión final.

En el contexto del AHP, una forma sencilla de obtener las prioridades del grupo se consigue mediante el consenso entre todos los miembros (Saaty y Vargas, 1980). Ahora bien, cuando esto no sea posible, bien porque el grupo sea relativamente grande o bien porque no sea posible la comunicación entre ellos, algunos autores, entre los que destacamos a Aczél y Saaty (1983), Golden et al. (1989) y Leung et al. (1998), recomiendan el uso del Método de la Media Geométrica, mientras que otros, como Ramanathan y Ganesh (1995), sugieren el uso de la Media Aritmética. Sin duda, estos dos métodos son los más utilizados en la práctica para combinar y sintetizar las preferencias individuales obtenidas con el método AHP.

En grupos heterogéneos se puede utilizar el método desarrollado por Zahir (1999a,b) para la agregación de las preferencias. Es algo más sofisticado que los anteriores, al estar basado en la obtención de un conjunto finito de clusters que agrupa a todos los individuos que tienen una estructura de preferencias similar en un mismo cluster.

I) Método de la Media Geométrica

El método de la Media Geométrica se suele utilizar cuando los individuos que componen el grupo bajo estudio es homogéneo (Saaty, 1990). Para un grupo heterogéneo resulta más útil la media geométrica ponderada.

Si suponemos que el grupo se compone de N individuos y que la preferencia del individuo i ($i = 1, 2, \dots, N$) hacia la alternativa j es de la forma $P_i(A_j)$, entonces la preferencia global del grupo $P_g(A_j)$ se puede obtener previa utilización de la siguiente expresión (Forman y Peniwati, 1998):

$$P_g(A_j) = \prod_{i=1}^N P_i(A_j)^{w_i} \quad (31)$$

donde w_i es el peso asignado al individuo i -ésimo, con $\sum_{i=1}^N w_i = 1$.

Este método presenta como limitación que aún siendo el grupo homogéneo puede ocurrir que no se satisfaga el axioma de optimalidad paretiana³¹, que es uno de los axiomas de elección social que subyacen al proceso de agregación de las preferencias de un grupo. De hecho, en algunas ocasiones las preferencias del grupo pueden ser completamente contrarias a las preferencias de los individuos del grupo, como así lo demuestra el trabajo publicado por Ramanathan y Ganesh (1994).

II) Método de la Media Aritmética Ponderada

El método de la Media Aritmética Ponderada constituye una buena alternativa al método anterior, ya que satisface el axioma de optimalidad paretiana. Sin embargo, no satisface el axioma de elección social de independencia de preferencias individuales. Esto a efectos prácticos no se considera relevante ya que ni siquiera el método AHP lo cumple (Dyer, 1990).

³¹ El Principio de Pareto se enuncia como sigue: «Dadas dos alternativas A y B , si cada miembro de un grupo de individuos prefiere A a B , entonces el grupo debe preferir A a B » (Forman y Peniwati, 1998, p. 167).

Una vez evaluadas las alternativas por cada individuo, se requiere estimar los pesos w_i de los individuos que componen el grupo. Siguiendo a Forman y Peniwati (1998), la prioridad de una alternativa A_j para un grupo de N individuos se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$P_g(A_j) = \sum_{i=1}^N w_i P_i(A_j) \quad (32)$$

siendo,

$P_g(A_j)$: las prioridades del grupo de la alternativa A_j ;

$P_i(A_j)$: las prioridades A_j dadas por el individuo i ;

w_i : el vector de pesos asignado al individuo i .

4.6.2. BASADOS EN LA PROGRAMACIÓN POR METAS

Desde el punto de vista de la PM han aparecido en la literatura algunos trabajos, como el de Bryson y Joseph (1999) y el de Linares y Romero (2002), que se apoyan en este enfoque para agregar las preferencias de grupos de individuos con objetivos múltiples y en conflicto.

Bryson y Joseph hacen uso de este enfoque con logaritmos. Linares y Romero, por su parte, han subrayado la potenciabilidad del enfoque de PM en la agregación de preferencias de grupos homogéneos al utilizar las variantes ponderadas y Chebyshev conjuntamente en un contexto económico-ambiental de grupos heterogéneos.

En el modelo de PM Ampliada que propusieron Linares y Romero para los problemas continuos, la obtención de las soluciones se lleva a cabo en dos fases. Considerando q objetivos y m grupos de individuos, la primera fase consiste en la obtención de los pesos o preferencias de los objetivos de cada grupo. Para ello, se resuelve un problema de PMP de la forma:

$$\begin{aligned} & \text{Min } \sum_{i=1}^q \sum_{k=1}^{N_j} (n_{ik} + p_{ik})^p \\ & \text{sujeto a :} \\ & W_i^j + n_{ik} - p_{ik} = a_i^{kj} \quad \forall i \in \{1, \dots, q\}, k \in \{1, \dots, N_j\} \end{aligned} \quad (33)$$

siendo,

- $p \in \mathbb{R}$: parámetro que representa la métrica, $p \in [1, \infty]$;
- N_j : número de individuos del grupo j -ésimo ($j = 1, 2, \dots, m$);
- a_i^{kj} : peso del objetivo i -ésimo para el individuo k -ésimo del grupo j -ésimo;
- W_i^j : peso del objetivo i -ésimo para el grupo j -ésimo;
- n_{ik} y p_{ik} : variables de desviaciones negativas y positivas del objetivo i -ésimo para el individuo k -ésimo de un grupo, respectivamente.

Teniendo en cuenta los resultados de la fase anterior, en la segunda fase se busca la obtención de las preferencias globales resolviendo un modelo PM Extendido (arquimediana-minimax) que viene formulado a través de la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} & \text{Min } (1-\lambda)D + \lambda \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^m (\alpha_{ij} \tilde{n}_{ij} + \tilde{p}_{ij}) \\ & \text{sujeto a :} \\ & \sum_{i=1}^q (\tilde{n}_{ij} + \tilde{p}_{ij}) - D \leq 0 \quad \forall j \in \{1, \dots, m\} \\ & W_i^S + \tilde{n}_{ij} - \tilde{p}_{ij} = W_i^j \quad \forall i \in \{1, \dots, q\}, j \in \{1, \dots, m\} \\ & \sum_{i=1}^q (\tilde{n}_{ij} + \tilde{p}_{ij}) - D_j = 0 \quad \forall j \in \{1, \dots, m\} \\ & \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^m (\tilde{n}_{ij} + \tilde{p}_{ij}) - Z = 0 \end{aligned} \quad (34)$$

siendo

- λ : parámetro que toma valores en $[0, 1]$;

- D_k : indicador de desacuerdo de cada grupo para la solución de consenso obtenida;
- D : indicador de discordancia máxima, o sea, $D = \max\{D_1, \dots, D_m\}$;
- Z : indicador de consenso;
- W_i^s : peso del objetivo i -ésimo después de agregar los grupos;
- $\tilde{n}_{ik}$ y $\tilde{p}_{ik}$: variables de desviaciones negativas y positivas del objetivo i -ésimo para el grupo k -ésimo, respectivamente.

Los indicadores que cuantifican el desacuerdo D_k toman valores entre 0 y 1, y se utilizan para medir el grado de desacuerdo de los grupos con la solución de consenso obtenida.

Las soluciones del modelo anterior son generadas para distintos valores del parámetro λ . Así, para un valor de $\lambda = 0$ se minimizará la máxima desviación obteniéndose la solución Chebyshev, la cual favorecerá los intereses de la minoría; para $\lambda = 1$ se dará más importancia a los intereses de la mayoría y la solución coincidirá con la del problema de metas ponderada; finalmente, para valores de λ en $(0,1)$, las soluciones obtenidas serán intermedias.

4.7. APLICACIONES DE LAS TÉCNICAS DE DECISIÓN MULTICRITERIO EN PESQUERÍAS

Hasta ahora existe una escasa literatura acerca de trabajos en los que los objetivos múltiples hayan sido formalmente incorporados dentro de una estrategia de ordenación pesquera en proporción a otras áreas relacionadas con el uso del agua, control de calidad, planificación de recursos agrarios, forestales, académicos y financieros, entre otros.

Los objetivos más usuales que se vienen empleando en los modelos de pesquería son de naturaleza económica (la maximización de beneficios y/o ingresos), sociales (el mantenimiento de los puestos de trabajo), biológicos (la

maximización de las capturas y/o desembarcos de especies que son objeto de pesca) y de conservación biológica del recurso. Existen diferentes forma de incorporar en el modelo la conservación del recurso. Por ejemplo, con restricciones que minimicen las capturas incidentales, los descartes, o especificando el total de capturas disponibles.

Otros modelos incluyen objetivos más complejos a la hora de cuantificarlos como, por ejemplo, el grado de satisfacción de los pescadores (Weithman y Ebert, 1981), o la asignación de programas de educación en los pescadores (Muthukude et al., 1991).

En pesquerías donde faenan diferentes tipos de flotas o artes se puede incluir el grado de conflicto entre flotas con la proporción de esfuerzo ejercido entre las flotas artesanales y las de gran tamaño o comerciales de la pesquería (Padilla y Copes, 1994).

Los modelos multiobjetivo en pesquerías han sido utilizados principalmente para el diseño de políticas de gestión (Kjærsgaard y Andersen, 2003), la determinación de la estructura de la flota (Amble, 1981; Weerasooriya et al., 1992; Pascoe y Mardle, 2001), la planificación del stock del recurso (Drynan y Sandiford, 1985; Sandiford, 1986; Pascoe et al., 1997), la asignación de cuotas individuales o a segmentos de flota y la cuantificación de niveles óptimos de capturas (Stewart, 1988).

En la práctica, la mayor parte de los problemas manifiestan algún grado de no linealidad (Díaz de León y Seijo, 1992; Seijo, Defeo y De Álava, 1994; Mardle et al., 2000; Pascoe y Mardle, 2001). Los modelos bioeconómicos de pesquerías multiespecíficas son un claro ejemplo de ello, pues las relaciones capturas-esfuerzo de las especies, los mecanismos de formación de precios en primera venta, los costes operativos y las ecuaciones de dinámica de los recursos son no lineales por naturaleza. Estas “no linealidades” son generalmente intrínsecas pero, sin embargo, debido a las limitaciones computacionales para

solucionar modelos no lineales a gran escala se hace necesario el uso de aproximaciones lineales.

En la toma de decisiones discreta, las aplicaciones pesqueras analizan cuestiones de gestión más generales que implican elegir una alternativa de entre un conjunto finito de opciones evaluadas en base a una serie de criterios o atributos asociados. El Proceso de las Jerarquías Analíticas (AHP) se viene utilizando en la determinación de la estructura óptima de la flota, la gestión de una pesquería monoespecífica y multiespecífica (DiNardo et al., 1989; Leung et al., 1998), el rendimiento óptimo de la flota, la evaluación de opciones de veda, la conducta de los pescadores y la gestión de la pesca recreativa (Merrit y Criddle, 1993; Kangas, 1995). La aplicación de esta técnica mejora los procesos de decisión y facilita el consenso ya que organiza las alternativas y los atributos de forma estructurada en forma de matriz de decisión.

A continuación nos vamos a centrar en revisar los principales trabajos publicados que incorporan la programación por metas y el AHP.

4.7.1. MODELOS BASADOS EN LA PM LINEAL

El modelo desarrollado por Everitt et al. (1978) analiza los efectos económicos y los impactos ambientales derivados de la aplicación de un gran programa de desarrollo hidroeléctrico llamado Kemano II en la cuenca del río Skeena y en la pesquería de salmón del noroeste de Canadá. Para evaluar los intercambios entre los salmones capturados y la producción de energía eléctrica, los autores desarrollan un modelo de PM que considera exclusivamente metas ponderadas –inicialmente no lineal– con un horizonte de planificación de 15 años. Para transformar el modelo a lineal los autores emplean aproximaciones lineales y la programación separable de Dantzig (1963). En este caso, las variables de decisión del modelo representan el número de salmones de tipo plateado (*Oncorhynchus kiasutch*), real (*Oncorhynchus tshawytscha*) y rojo (*Oncorhynchus nerka*) capturados en un cierto año. Algunos aspectos que añaden

realismo al modelo son: la obtención de la dinámica del stock, mediante el modelo de stock-reclutamiento de Ricker (1954), para la obtención de las capturas, y el empleo de las técnicas de programación paramétrica para analizar la sensibilidad del modelo al reducir la producción de energía en un cierto año.

En una pesquería europea, Amble (1981) nos propuso un modelo de PM lexicográfica para analizar la estructura óptima de la flota pesquera industrial de una determinada región del Norte de Noruega. El modelo incluye treinta metas agrupadas en ocho niveles de prioridad diferentes: el total de capturas anuales por especies, las entregas mensuales de pescado, el empleo anual, el número de pescadores mensuales, el ingreso anual de los pescadores, los impuestos derivados de la pesca, el coste de capital de la flota y el consumo de combustible de la flota, además de seis variables de decisión que representan el número de embarcaciones pesqueras que componen la flota –todas ellas clasificadas según el tamaño (desde 30 hasta 150 pies) –, las modalidades de pesca instaladas en las embarcaciones (línea de mano, palangre, arrastre), los caladeros y la temporada del año en los que habitualmente trabaja la flota.

El modelo de Amble fue implementado en código FORTRAN y resuelto varias veces alternando el orden de las metas. En todos los casos, se obtuvo una composición óptima de la flota. No obstante, el autor concluyó que las soluciones obtenidas fueron muy sensibles a cambios en el orden de las metas.

Weithman y Ebert (1981), por su parte, propusieron un modelo de optimización con tan solo tres metas lexicográficas y tres niveles de prioridad, con el fin de establecer un plan de gestión óptimo en la pesquería recreativa de la trucha del lago Taneycomo, al suroeste de Missouri en EE. UU., donde conviven tres tipos de salmónidos: la trucha arco iris (*Salmo gairdneri*), la trucha marina (*Salmo trutta*) y el salmón rojo (*Oncorhynchus nerka*). Más concretamente, utilizan como metas: (a) la minimización del coste total de producción de las tres especies; (b) el mantenimiento de la población existente de truchas arco iris; y, (c) la mejora del grado de satisfacción de los pescadores incrementando la

calidad de la pesca. El trabajo se completó con dos análisis de sensibilidad consistentes en intercambiar los niveles de prioridades de las metas.

En un intento de apoyo a la decisión interactiva, Stewart (1988) construyó un modelo con metas lineales para la determinación de cuotas de captura en una pesquería pelágica multiespecífica de la costa suroeste de África. Considerando cinco objetivos de gestión pesquera (no agotar el recurso, no destruir el ecosistema, satisfacer a los pescadores, a la industria y a los consumidores), el autor establece las siguientes metas: maximizar los ingresos de los pescadores, minimizar los días de trabajo al año, maximizar el beneficio generado en la pesquería, minimizar los costes totales de importación, mantener la biomasa anual de especies pelágicas y las capturas de otras especies. No obstante, el autor se centra en este trabajo en exponer la técnica de optimización empleada –la Programación Multi-Metas Interactiva (PMMI) y la PM Secuencial Interactiva (PMSI)–, más que en desarrollar las metas del modelo. El mismo modelo pero sin metas fue resuelto con el método STEM. A la vista de los resultados, el autor se decantó por la solución obtenida con el método PMMI, por ser la que mejor representaba las opiniones de diferentes grupos del sector.

Los modelos de Muthukude et al. (1991) y Weerasooriya et al. (1992) estiman el tamaño óptimo de la flota multiespecífica de Sri Lanka, India, que se dedica a la captura de especies pelágicas y demersales, aunque de formas diferentes. Los primeros desarrollan diversos planes de gestión para un periodo de tiempo de cuatro años en las pesquerías costeras de Sri Lanka. Para ello, diseñan un modelo estático con cuatro tipos de variables de decisión referentes a diferentes tipos de embarcaciones –entre mecanizadas y no mecanizadas– y siete metas ponderadas entre las que se incluye el número de embarcaciones autorizadas, el costo de los programas de educación, los presupuestos asignados a los subsidios, las capturas, los ingresos netos de los pescadores y el empleo.

Los segundos, Weerasooriya et al., construyen un modelo con tres metas lexicográficas (la maximización de las capturas, de los ingresos económicos y del

empleo total) para una flota pesquera compuesta por embarcaciones de pequeñas dimensiones de arrastre, redes de enmalle y con ambas modalidades de pesca. El modelo incluye únicamente las características técnicas de las embarcaciones y las operaciones relacionadas con la pesca.

Los modelos de Amble (1981), Weithman y Ebert (1981), Stewart (1988), Muthukude et al. (1991) y Weerasooriya et al. (1992) tienen como característica en común el ser relativamente sencillos. Generalmente presentan restricciones muy simples, y no incluyen hipótesis realistas para analizar el modelo biológico. En todos ellos, sus autores parecen estar más centrados en aplicar la técnica en sí que en desarrollar las ecuaciones del modelo. Afortunadamente, los modelos de Drynan y Sandiford (1985), Sandiford (1986), Pascoe et al. (1997) y Kjærsgaard y Andersen (2003) están explícitamente mucho más elaborados que los anteriores. Es por ello que vamos a verlos de forma más extendida.

4.7.1.1. *Modelo de Drynan y Sandiford (1985) y Sandiford (1986)*

A mediados de los años 80, Drynan y Sandiford (1985) y Sandiford (1986) diseñaron un modelo de PM lineal para la reconversión de la flota pesquera de bajura escocesa. Agregadas todas las especies que captura la flota, los autores incorporan diversos objetivos biológicos, económicos y sociales en forma de metas ponderadas en un modelo que desagrega la flota en cuarenta segmentos diferentes –atendiendo a diez tamaños de embarcaciones y a cuatro áreas geográficas en las que opera una embarcación. En esta pesquería, la longitud de los barcos oscila entre los 30 y los 80 pies, mientras que las principales regiones geográficas de pesca son el Sureste, los Montes Grampianos, el Norte y el Oeste de Escocia.

Con relación a las metas del modelo, los autores proponen evaluar una meta de naturaleza biológica, que busca maximizar las capturas anuales de toda la flota aunque sin llegar nunca a sobrepasar el total admisible de capturas (o TAC) del Reino Unido; cuatro metas sociales, que persiguen mantener el empleo directo en

cada una de las cuatro zonas geográficas objeto de estudio; y, por último, una meta de naturaleza económica, consistente en minimizar el coste total de las capturas, como primera opción, y en maximizar la renta económica, como segunda.

La cuantificación de dichas metas se obtiene con las siguientes expresiones:

(A) Maximizar las capturas de toda la flota (H)

$$H = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^4 h_{ij} = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^4 CAPh_{ij} \cdot NUMB_{ij} \quad (35)$$

(B) Mantener el empleo total por región (EMP_j)

$$EMP_j = \sum_{i=1}^{10} TRIP_{ij} \cdot NUMB_{ij} \quad \forall j \quad (36)$$

(C) Minimizar el coste total de las capturas ($COST$)

$$COST = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^4 CostOp_{ij} \cdot NUMB_{ij} \quad (37)$$

(D) Maximizar la renta económica de la pesquería (BEN)

$$BEN = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^4 (ING_{ij} - COST_{ij}) \quad (38)$$

$$ING_{ij} = p \cdot h_{ij} \quad (39)$$

siendo,

$COST_{ij}$: variable que representa el coste de las capturas para el segmento de flota ij en libras esterlinas;

h_{ij} : variable que representa las capturas en toneladas de un barco del segmento ij ;

ING_{ij} : variable que representa los ingresos del segmento de flota ij ;

$NUMB_{ij}$: variable que representa el número de embarcaciones del segmento de flota ij ;

$CAPh_{ij}$: valor en toneladas de la capacidad media de captura de una embarcación perteneciente al segmento de flota ij , estimado mediante un modelo de regresión múltiple;

$CostOp_{ij}$: valor que representa el coste de oportunidad medio en libras esterlinas de un barco del segmento de flota ij , estimado mediante un modelo de regresión múltiple;

p : valor que representa el precio medio del pescado en 1980;

$TRIP_{ij}$: valor que representa el número medio de tripulantes de un barco del segmento de flota ij .

La variable $CostOp_{ij}$ incluye los costes diarios de manutención, combustible, mantenimiento y reparaciones del arte o de los equipos de navegación además de los costes fijos de depreciación de la embarcación. Esta variable junto con la que representa la capacidad media $CAPh_{ij}$ se estiman con la técnica de la regresión múltiple.

Pero además de las metas *ex ante*, el modelo incluye una restricción fija con la finalidad de no superar el total de capturas legalmente asignado a las pesquerías escocesas, y otra que admite la posibilidad de eliminar barcos de la flota pero no contempla su expansión.

$$H \leq TAC_{Esc} \quad (40)$$

$$0 \leq NUMB_{ij} \leq BA_{ij} \quad \forall i, j \quad (41)$$

siendo,

TAC_{Esc} : valor que representa la TAC media asignada a la flota escocesa durante el periodo 1978-1980;

BA_{ij} : valor que representa el número actual de embarcaciones de cada segmento de flota ij .

En este modelo se proponen como niveles de logro para cada una de las metas los siguientes: el máximo de las capturas que representa el record histórico obtenido en un cierto año; el valor que representa el número actual de tripulantes

del segmento de flota; el mínimo coste de las capturas y el máximo beneficio, ambos obtenidos con la programación lineal.

- $HMax$: valor máximo de las capturas en toneladas que representa el record histórico obtenido en un cierto año;
- EA_j : valor que representa el número actual de tripulantes del segmento de flota ij ;
- $CMin$: valor mínimo del coste de las capturas obtenido mediante un modelo de programación lineal de la forma:

$$\begin{aligned} & \text{Min } COST \\ & \text{sujeto a: } H = Maxh \\ & 0 \leq NUMB_{ij} \leq NUMBA_{ij} \quad \forall i, j \end{aligned} \quad (42)$$

- $BMax$: valor máximo del beneficio obtenido mediante un modelo de programación lineal.

Definidas las metas y las restricciones fijas *ex ante*, los primeros resultados del trabajo de Drynan y Sandiford se obtienen con el enfoque basado en metas ponderadas con desviaciones normalizadas y pesos iguales, resultando ser claramente sensibles a variaciones en los pesos (Sandiford, 1986). En el trabajo de Drynan y Sandiford también se utiliza como técnica de solución la variante Chebychev de PM.

$$\text{Min } Z = w_1 \frac{n_1}{HMax} + \sum_{k=2}^5 w_k \frac{n_k}{EA_j} + w_6 \frac{p_6}{CMin} \quad (43)$$

sujeto a: expresiones (35)-(37), (40)-(42)

$$H + n_1 - p_1 = HMax \quad (44)$$

$$EMP_j + n_k - p_k = EA_j \quad \forall j = 1, \dots, 4 \quad \forall k = 2, \dots, 5 \quad (45)$$

$$COST + n_6 - p_6 = CMin \quad (46)$$

A partir de este modelo, los autores presentan otro con la particularidad de que la meta de los costes (46) se reemplaza por la meta de la renta (48), formulándose tal como sigue:

$$\text{Min } Z = w_1 \frac{n_1}{HMax} + \sum_{k=2}^5 w_k \frac{n_k}{EA_j} + w_6 \frac{n_6}{BMax} \quad (47)$$

sujeto a: expresiones (35), (36), (38)-(41), (44), (45)

$$BEN + n_6 - p_6 = BMax \quad (48)$$

siendo,

w_q : conjunto de pesos asociados a la meta q -ésima ($q = 1, \dots, 6$);

n_q y p_q : variables de desviación negativa y positiva asociadas a la meta q -ésima, respectivamante.

Un punto crítico en este modelo, referente a la meta que define el rendimiento o cantidad de capturas de cada segmento de flota, es que se ha utilizado una ecuación poco realista al no incluir en ella la biomasa del stock. Esta hipótesis equivale a suponer implícitamente que el recurso es infinito y que las productividades son constantes e iguales para cada tipo de embarcación. Suposición que, por otro lado, está en contradicción con las ecuaciones del modelo Schaefer (1954b), ya que según veíamos en el Capítulo 2 de este trabajo la relación entre esfuerzo pesquero y capturas es de tipo cuadrática.

4.7.1.2. *Modelo de Pascoe et al. (1997)*

Otro modelo de asignación del recurso y composición de la flota óptima basado en la técnica de programación con metas ponderadas se debe al trabajo realizado por Pascoe et al. (1997) en la pesquería del Canal de la Mancha (sub-regiones VIIId y VIIe del ICES).

El modelo incluye veinte mil variables y unas mil setecientas restricciones para una flota heterogénea multiespecífica que se divide en los siguientes

segmentos: regiones de pesca, tipos de especies descartadas y tamaño de la embarcación. Además, teniendo en cuenta objetivos básicamente de conservación biológica, económicos y sociales, el modelo incluye una meta para la maximización del beneficio económico de la pesquería, cinco para la maximización del nivel de empleo regional, y seis para la reducción de los descartes.

Desde el punto de vista económico, los ingresos y los costes determinan el nivel de beneficios de la pesquería. En este caso, la estimación de los ingresos se hace en base al precio y a los desembarcos. Los costes variables diarios se determinan como una función del ingreso y del nivel de esfuerzo. Y los costes fijos y de capital se determinan con el tamaño y estructura de la flota. Por otra parte, el empleo en cada región se estima a partir del número de empleados, como viene siendo habitual, y los descartes como diferencia entre el pescado capturado y el desembarcado.

Para evitar el problema de inconmensurabilidad causado por el uso de la técnica con objetivos expresados en diferentes unidades de medida, los autores han optado por utilizar la técnica de normalización por porcentajes en la función objetivo.

$$\text{Min } Z = w_1 \frac{n_1}{BMax} + \sum_{i=1}^5 w_{2,i} \frac{n_{2,i}}{EMP_i} + \sum_{j=1}^6 w_{3,j} \frac{p_{3,j}}{TAC_j}$$

sujeto a:

$$BEN + n_1 - p_1 = BMax \quad (49)$$

$$\sum_{k=1}^6 NUMB_{i,k} \cdot TRIP_k + n_{2,i} - p_{2,i} = EMP_i \quad \forall i$$

$$H_j + n_{3,j} - p_{3,j} = TAC_j \quad \forall j$$

siendo,

BEN : variable que representa el nivel de beneficio económico total de la pesquería;

- H_j : variable que representa las capturas de la especie j ;
- $NUMB_{i,k}$: variable que representa el número de embarcaciones del segmento de flota ik ;
- $BMax$: valor que representa el nivel de beneficio máximo generado en la pesquería;
- EMP_i : valor que representa el nivel de empleo en cada región i de la pesquería;
- TAC_j : valor que representa el total admisible de capturas de la especie j ;
- $TRIP_k$: valor que representa el número medio de tripulantes de una embarcación del segmento de flota k ;
- $n=(n_1, n_{2,i}, n_{3,j})$: vector de variables de desviaciones negativas;
- $p=(p_1, p_{2,i}, p_{3,j})$: vector de variables de desviaciones positivas;
- $w=(w_1, w_{2,i}, w_{3,j})$: vector de pesos asignado a los tres tipos de metas.

Como novedad con respecto a otros modelos analizados es la utilización de la técnica de Programación Separable para estimar una curva captura-esfuerzo no lineal.

En cuanto a la técnica, para dar mayor transparencia al modelo, los autores optaron por desarrollar diferentes esquemas para los pesos y comparar las soluciones obtenidas, además de realizar un análisis completo *trade-off* entre los niveles de beneficio económico y empleo, mediante una representación gráfica.

Por último comentar que, a tenor de las ecuaciones utilizadas en el modelo biológico, la aplicación práctica de este modelo solo sería posible en un corto espacio de tiempo, ya que no se incluye explícitamente la dinámica de los stocks. La razón de considerar stocks inagotables se debe, según los propios autores, a que la información necesaria no estaba disponible para todas las especies.

4.7.1.3. *Modelo de Kjærsgaard y Andersen (2003)*

El modelo de PM presentado por Kjærsgaard y Andersen (2003) para la modelización, a corto y largo plazo, de la pesquería industrial del Mar del Norte es de grandes dimensiones y cuenta con la ventaja de incorporar en su función objetivo, y en forma de pesos, las preferencias de los grupos sociales implicados en la pesquería.

La flota de esta pesquería es heterogénea, multiespecífica y está compuesta por arrastreros de longitudes entre los 18 m y los 40 m, con base en diferentes puertos, y cuya zona de pesca y duración de la actividad pesquera varía también de unas embarcaciones a otras. Razones por las cuales los autores deciden clasificar dicha flota en cinco categorías según: el tamaño de la embarcación, el puerto base, las zonas pesqueras objeto de explotación, los meses de trabajo al año, y las especies capturadas para el consumo o para su transformación.

El modelo incorpora un total de siete metas entre biológicas (minimizar las capturas de las especies objetivos, incidentales y de una zona localizada en una reserva de pájaros depredadores de algunas especies de peces), económicas (maximizar beneficio, empleo, seguridad y condiciones laborales) y políticas (mantener la industria pesquera en los niveles de inputs actuales), todas ellas seleccionadas previamente por los grupos de interés representativos de la pesquería.

A pesar de incluirse metas de diversa naturaleza, cabe destacar la no incorporación de la biomasa de la población en ninguna de las metas.

En este trabajo, la cuantificación de las capturas se obtiene con las capturas por unidad de esfuerzo (los días de pesca) o CPUE.

$$CPUE_{l,a,m,e,c} = \frac{SUMCAP_{l,a,m,e,c}}{SUMDIASPES_{l,a,m,c}^{99}} \quad (50)$$

En particular, la cuantificación de las capturas de las especies objetivos por segmento de flota ($CAP_{l,a,m,e,c}$) se obtiene multiplicando las capturas por unidad de esfuerzo por el número medio de días de trabajo de todas las embarcaciones del segmento.

$$CAP_{l,a,m,e,c} = CPUE_{l,a,m,e,c} \cdot NUM_{l,c} \cdot DIASPES_{l,a,m,c} \quad (51)$$

siendo,

$DIASPES_{l,a,m,c}$: variable que representa el número medio de días trabajado en el mes m para el segmento de flota lac ;

$NUM_{l,c}$: variable que representa el número de barcos en el segmento de flota lc ;

$SUMCAP_{l,a,m,e,c}$: variable que representa la suma total de las capturas de pescado en el segmento de flota $lamec$;

$SUMDIASPES_{l,a,m,c}^{99}$: valor que representa la suma total de los días de trabajo en el segmento de flota $lamc$.

En cuanto al beneficio total de la flota, el modelo a corto plazo incluye solamente los costes variables diarios de combustible (hielo, ventas de las capturas, pago de la tripulación). En el modelo a largo plazo se incluyen también los costes fijos anuales de mantenimiento, renta y tasas de propiedad, seguro y los derivados por otros servicios como la administración y el teléfono. Por otro lado, la cuantificación del empleo se obtiene dividiendo el salario total anual entre el salario medio de un trabajador, y no con el número físico de trabajadores.

Asegurar la seguridad y las condiciones laborales de los trabajadores de las embarcaciones puede ser también un factor relevante para mantener el empleo del sector pesquero. Una de las posibles vías para expresar en términos numéricos este objetivo es considerar el número de empleados, el tamaño y/o condiciones de las embarcaciones. Sin embargo, en este trabajo la opción elegida

ha sido la maximización del coste total de mantenimiento de las embarcaciones, máquinas y equipamiento electrónico.

Por último, el mantenimiento de los niveles de la pesquería se evalúa con el mantenimiento tanto de la actividad (potencia media) como de la capacidad (tonelaje de los buques).

4.7.2. MODELOS BASADOS EN LA PM NO LINEAL

Los modelos no lineales de programación por metas utilizados en gestión de pesquerías tratan la planificación de la flota y la determinación de estrategias óptimas de captura y de asignación del recurso.

4.7.2.1. *Modelo de Díaz de León y Seijo (1992)*

Díaz de León y Seijo (1992) analizan la pesquería de pulpo (*Octopus maya*) que opera en la Península de Yucatán en México con un modelo híbrido de simulación-optimización de tipo bioeconómico, dinámico, estocástico y no lineal que incorpora, por un lado, factores biológicos, como el nivel de biomasa del stock, las capturas de embarcaciones artesanales e industriales de mediana altura y la contribución a la disponibilidad de alimento marino en las zonas costeras y, por otro, factores económicos, como el rendimiento de la pesquería, los beneficios netos de la flota artesanal e industrial y el empleo directo generado.

Como variables de control, el modelo incluye: el tamaño de la flota tanto artesanal como industrial y el mes de comienzo de la temporada de pesca del pulpo.

Asimismo, con el objetivo de analizar los posibles efectos del huracán Gilbert de finales de 1988 en el modelo construido, Díaz de León y Seijo eligen tres escenarios diferentes: antes, durante y después del huracán Gilbert.

En este trabajo se analiza primeramente la estructura de la dinámica de la población de pulpo mediante simulaciones aplicadas en un modelo de

supervivencia de cohortes de la población (Beverton y Holt, 1957; Gulland, 1983), consistente en contabilizar de forma dinámica el número de entradas y salidas de individuos a cada cohorte de la población en un cierto tiempo t . Se cuantifica con la expresión (Seijo et al., 1987):

$$N_k(t + \Delta t) = N_k(t) + \int_t^{t+\Delta t} [S_{k-1}(\tau) \cdot N_{k-1}(\tau) - N_k(\tau) (S_k(\tau) + M_k(\tau))] d\tau \quad (52)$$

siendo,

$N_k(t)$ [$N_{k-1}(t)$] : número de individuos con edad k [$k-1$] al final del periodo de tiempo t ;

$S_k(t)$: tasa de supervivencia de individuos con edad k en el tiempo t ;

$M_k(t)$: tasa de supervivencia de individuos con edad k en el tiempo t [$S_k(t) + M_k(t) = 1$ (Gulland, 1983)];

Δt : incremento del tiempo.

Las capturas en un cierto tiempo ($CAPT_i(t)$) fueron estimadas tanto para la flota artesanal como para la industrial mediante funciones de producción de tipo Cobb-Douglas multiplicadas por la disponibilidad relativa del recurso ($DRR(t)$), según la expresión (54). La función de producción incorpora también la incertidumbre inherente a las capturas generando variables aleatorias exponencialmente autocorrelacionadas $R_i(t)$.

$$CAPT_i(t) = [(\alpha_i \cdot h_i)^{\beta_i} + R_i(t)] \cdot DRR(t) \quad \forall i = 1, 2 \quad (53)$$

$$DRR(t) = \frac{BIOM(t + \Delta t)}{BIOM(t)} \quad (54)$$

siendo,

$BIOM_i(t)$: variable que representa la biomasa total de la población de pulpo al final del periodo de tiempo t ;

h_i : número de capturas de la embarcación de tipo i ;

α_i, β_i : parámetros de las funciones de captura por tipo de embarcación.

Los empleos directos generados por la pesquería se obtienen con el número medio de tripulantes por embarcación y tipo de embarcación. Y los beneficios netos para cada tipo de embarcación i (BEN_i), a lo largo de la temporada, como diferencia entre los ingresos netos (función de los precios y las capturas) y los costos totales -que incluyen costos fijos, variables y de oportunidad de mano de obra y capital.

$$BEN_i(t + \Delta t) = BEN_i(t) + \int_t^{t+\Delta t} [ING_i(\tau) - COST_i(\tau)] d\tau \quad \forall i = 1, 2 \quad (55)$$

Por último, como método de optimización se emplea la PM minimax, consistente en minimizar la máxima desviación de entre todas las desviaciones posibles entre objetivos de gestión y valores output del modelo según la expresión siguiente:

$$Z_{jk} = \text{Min} [\text{Max}_i (Z_{ijk})]$$

$$Z_{ijk} = \frac{(g_{ik} - f_{ij})}{|b_i| \cdot \text{sgn}(g_{ik} - b_i)} \quad (56)$$

siendo,

Z_{ijk} : variable que representa la desviación normalizada del valor del criterio i -ésimo con respecto al escenario j -ésimo y al conjunto de k objetivos;

g_{ik} : variable que representa el objetivo para el criterio i -ésimo del conjunto de k objetivos;

f_{ij} : valor del criterio i -ésimo bajo el escenario j -ésimo;

b_i : valor inicial asignado al criterio i -ésimo.

La función $\text{sgn}(\cdot)$ cambia el signo de Z_{ijk} para aquellos objetivos menores que los valores iniciales.

Para resolver el modelo (56) los autores se apoyan en el Algoritmo de Búsqueda Secuencial No Lineal desarrollado por Box (1965) para problemas de

optimización no lineales altamente complejos. El procedimiento iterativo de Box tiende a encontrar un rango de soluciones óptimas en el sentido de Pareto.

4.7.2.2. *Modelo de Seijo et al. (1994)*

Manteniendo una estructura similar al modelo bioeconómico multiobjetivo de Díaz de León y Seijo (1992), el propuesto por Seijo et al. (1994) se diseña para representar el comportamiento del recurso y los usuarios. Se trata de un modelo dinámico, estocástico, no lineal y con ecuaciones básicas para representar la dinámica espacial de la flota a corto plazo.

Seijo et al. desarrollan un modelo biológico de simulación-optimización en una pesquería multiespecífica de poblaciones sedentarias con interdependencias ecológicas y tecnológicas: la pesquería de la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) de la costa de Uruguay en la que las capturas incidentales de una especie de coquina no comercial (*Donax hanleyanus*) son muy abundantes. Los objetivos del modelo son tres: i) obtener capturas sostenibles e ingresos netos en la pesquería; ii) proporcionar oportunidades de empleo para los pescadores artesanales de dos localidades diferentes; y iii) evitar la destrucción del recurso capturado incidentalmente en la extracción de la almeja amarilla.

Siguiendo a Díaz de León y Seijo (1992), una vez fijados los objetivos de gestión, para la construcción de la función objetivo del modelo de optimización, los autores hacen uso de la variante Chebyshev o minimax de PM, y aplican el procedimiento iterativo de Box (1965). El modelo propuesto incluye también restricciones que establecen niveles mínimos y máximos para tres parámetros del control: el número de pescadores autorizados de cada localidad, la cuota de captura y el tamaño mínimo de las capturas.

Finalmente, los autores analizaron las soluciones bajo dos estrategias o esquemas de gestión diferentes, ambos definidos a partir de intercambios o *trade-*

offs entre los tres objetivos de gestión. Con la primera estrategia, se analiza la posibilidad de reducir un poco la biomasa de la especie objetivo e incrementar las capturas a fin de mejorar la biomasa de la especie incidental y la renta percibida por los pescadores de diferentes localidades. Con la segunda, la posibilidad de incrementar la biomasa de ambas especies (objetivo e incidental) a la vez que la renta percibida por los pescadores.

4.7.2.3. Modelo de Mardle et al. (2000)

Para demostrar el potencial de la programación por metas en problemas con un gran número de parámetros, Mardle et al. (2000) desarrollan un modelo no lineal de PMP, multiespecífico y polivalente con objetivos exclusivamente biológicos, sociales y económicos. Con este modelo, los autores intentan estimar la asignación óptima de captura entre ocho países europeos ribereños que bañan el Mar del Norte (divisiones IIa y IV del ICES) con una flota que concentra exclusivamente su actividad en las siete especies demersales de consumo humano (algunas de ellas en peligro de extinción) y, que utilizan para sus capturas cuatro modalidades de pesca diferentes.

El modelo bioeconómico admite las relaciones de dependencia existente entre algunas de las especies objeto del estudio, e incluye interacciones de tipo depredador-presa, tanto en las ecuaciones de crecimiento del stock como en las que cuantifican la biomasa en equilibrio.

De esta forma, el nivel de crecimiento del stock se supone que es una función de su propia biomasa y de la biomasa de especies depredador-presa, estimándose mediante modelos de crecimientos logísticos de tipo multiespecies definidos según la expresión siguiente:

$$C_i = r_i \cdot X_i \cdot \left(1 - \frac{X_i}{\sum_{ep_i \leq 7} \beta_{ep_i} X_{ep_i} + K_i} \right) - \sum_{ed_i \leq 7} \alpha_{ed_i} X_{ed_i} \quad \forall i = 1, \dots, 7 \quad (57)$$

Para cada especie i , la biomasa en equilibrio se estima mediante una ecuación de la forma (58) que supone lineal el crecimiento del stock con la función de capturas.

$$X_i = \left(\sum_{ep_i \leq 7} \beta_{ep_i} X_{ep_i} + K_i \right) \cdot \left(1 - \frac{M_i}{r_i} \right) \quad \forall i \quad (58)$$

con

$$M_i = \sum_j \sum_k (Select_{ik} \cdot Eff_{ij}) \cdot DIAS_{jk} \quad \forall i \quad (59)$$

siendo,

- C_i : variable que representa el crecimiento de la especie i ;
- X_i : variable que representa la biomasa de la especie i ;
- M_i : variable que representa la mortalidad de pesca de la especie i ;
- $DIAS_{jk}$: variable que representa el número de días en el mar del barco de tipo k en el país j ;
- $Select_{ik}$: coeficiente de selectividad del arte de un barco de tipo k que captura la especie i ;
- Eff_{ij} : índice de eficiencia relativa de la especie i en el país j ;
- r_i : tasa de crecimiento de i ;
- K_i : capacidad sustentable con el medio de la especie i , sin incluir los efectos de las especies predadoras;
- α_{ed_i} y β_{ep_i} : efectos de las especies depredadoras y presas, respectivamente.

Ambos se suponen proporcionales a la biomasa de las especies depredadoras y presas.

El modelo de PM incluye setenta y dos metas, todas ellas generadas a partir de cuatro tipos de objetivos diferentes:

- (A) Minimizar los descartes (capturas menos desembarcos) de cada una de las especies demersales objeto de estudio.

$$\sum_{j=1}^8 \sum_{k=1}^4 (h_{ijk} - desem_{ijk}) \quad \forall i = 1, \dots, 7 \quad (60)$$

$$\text{con } desem_{ijk} \leq h_{ijk} \quad \forall i, j, k \quad (61)$$

La función de captura h_{ijk} se supone lineal respecto al esfuerzo (definido en términos de días de pesca estandarizados utilizando un factor escalar), de la selectividad del arte de pesca y de la biomasa, o sea:

$$h_{ijk} = (Select_{ik} \cdot Eff_{ij}) \cdot DIAS_{jk} \cdot X_i \quad \forall i, j, k \quad (62)$$

siendo,

$desem_{ijk}$: variable que representa las toneladas de pescado desembarcado de una embarcación del segmento ijk ;

h_{ijk} : variable que representa las capturas en toneladas del barco del segmento ijk ;

NUM_{jk} : valor que representa el número medio de tripulantes de un barco del segmento de flota jk .

(B) Minimizar las desviaciones entre las asignaciones actuales de la TAC de los ocho países.

$$\sum_{k=1}^4 desem_{ijk} \quad \forall i, j \quad (63)$$

con desembarcos acotados de la forma:

$$\sum_{i=1}^7 desem_{ijk} \leq 0,4 \cdot NUMB_{jk} \quad \forall j, k \quad (64)$$

(C) Mantener el nivel de empleo actual por países.

$$\sum_{k=1}^4 EMP_{jk} \cdot NUMB_{jk} \quad \forall j = 1, \dots, 8 \quad (65)$$

con EMP_{jk} la variable que representa el empleo total en el segmento de flota jk .

(D) Maximizar el beneficio económico del total de la flota.

$$\sum_{j=1}^8 \sum_{k=1}^4 BEN_{jk} = \sum_{j=1}^8 \sum_{k=1}^4 ING_{jk} - COST_{jk} \quad (66)$$

En este trabajo, la función de ingresos (ING) incluye precios variables, a diferencia de los modelos que anteriormente hemos visto.

$$ING_{jk} = \sum_{i=1}^7 p_{ij} \cdot desem_{ijk} \quad \forall j, k \quad (67)$$

Por otro lado, la función de costes (COST) incluye costes fijos (COSF), costes variables (COSV) y salarios (COSS) como porcentajes de los ingresos.

$$COST_{jk} = COSF_{jk} \cdot NUMB_{jk} + COSV_{jk} \cdot DIAS_{jk} + COSS_{jk} \cdot ING_{jk} \quad \forall j, k \quad (68)$$

Una vez obtenidas las soluciones del modelo con el paquete GPSYS desarrollado por Tamiz et al. (1999), los autores analizan los *trade-offs* entre los objetivos empleo-beneficios y también realizan un análisis de sensibilidad con el fin de obtener las soluciones para variaciones de los pesos de la función objetivo en tres escenarios diferentes.

4.7.2.4. **Modelo de Pascoe y Mardle (2001)**

Otro trabajo en el que se aplica la técnica de PMP no lineal para estimar el tamaño óptimo y la configuración de la flota es el de Pascoe y Mardle (2001). Siguiendo en la misma línea que en el anterior trabajo, los autores desarrollan un modelo de optimización bioeconómico, polivalente y multi-específico en el Canal de la Mancha, teniendo en cuenta los beneficios económicos, el mantenimiento del empleo, y el principio de estabilidad relativa entre Francia y Reino Unido como objetivos de gestión.

El modelo incluye igualmente *trade-offs* entre empleo y beneficio, así como un análisis estocástico consistente en analizar el efecto que variaciones aleatorias en los precios y en el reclutamiento pueden tener en las soluciones óptimas.

Tanto en este trabajo como en el anterior, a la vista de los resultados obtenidos, los autores concluyen afirmando que la configuración óptima de la flota depende de los pesos relativos asignados a los objetivos beneficio y empleo.

4.7.3. MODELOS BASADOS EN EL AHP

DiNardo et al. (1989) demostraron la gran aplicabilidad del AHP para proteger las dos poblaciones de arenque de río en Maryland (EE. UU.) sometidas a sobreexplotación. Las tres políticas de gestión (las alternativas del modelo) que plantean son: el cierre de la pesquería, el acceso restringido y el libre acceso. Para elegir una de las tres, se construye un árbol jerárquico con seis niveles y cincuenta y siete criterios (entre objetivos y subobjetivos) de tipo biológicos, políticos, económicos y sociales, todos ellos en conflicto entre sí. Tras la obtención de los pesos de importancia con el método del autovalor, los autores llevan a cabo un análisis de sensibilidad para cada uno de los criterios con el software Expert Choice, resultando ser el objetivo biológico el más importante de todos.

Este estudio no se puede considerar del todo realista, sino que ha de verse más bien como un ejemplo ilustrativo de la técnica, ya que no se diseña ningún cuestionario, ni tampoco se tienen en cuenta los agentes del sector para derivar las prioridades de los objetivos y las alternativas. De hecho, fueron los propios autores del trabajo quienes realizaron todas las comparaciones entre parejas de criterios para obtener los pesos de importancia.

Más realista es sin duda la aplicación de Merrit y Criddle (1993), en la que se trata de gestionar la pesca recreativa de salmón real (*Oncorhynchus tshawytscha*) en el río Kiver de Alaska –con siete criterios distribuidos jerárquicamente en cuatro niveles–. La estructura jerárquica del modelo se obtiene mediante un proceso interactivo de entrevistas entre quince usuarios representantes de diez grupos con diferentes intereses en la pesquería (pescadores comerciales y deportivos, agencias locales, estatales y federales, conservacionistas, indios nativos, organizaciones privadas, etc.). Cada juicio individual se obtiene con la evaluación de ciento ochenta y dos comparaciones por pares. Y, por último, tras eliminar del estudio los cuestionarios incompletos,

los autores llevan a cabo la agregación de los juicios individuales con el método de la media geométrica y el criterio maximax-maximin.

El modelo de elección de Kangas (1995) evalúa seis posibles zonas de pesca deportiva y recreativa del Este de Finlandia con criterios cuantitativos y cualitativos (probabilidad de capturar seis especies de peces, equipos empleados en las capturas, accesibilidad, abundancia de facilidades de servicio, medidas de medio ambiente), medidos en diferentes escalas. Las preferencias de un pescador se estiman con el Método del Autovalor de Saaty.

El modelo AHP de Kangas parece más bien una aplicación empírica de la técnica y, en la práctica, solo puede considerarse válido para el pescador que participó en el estudio. Generalizando un poco más, lo podemos suponer igualmente válido para todos los pescadores que conozcan las cuatro áreas de pesca que aquí se incluyen, pero no para aquellos pescadores que nunca con anterioridad hayan visitado la región. El análisis de sensibilidad y los diferentes tipos de usuarios son algunas de las carencias de este modelo.

Por último, la publicación de Leung et al. (1998) trata el caso de pesquerías multiespecíficas comerciales. En ella, los autores evalúan cuatro posibles opciones de gestión para limitar de alguna forma la entrada de barcos palangreros de la pesquería pelágica de Hawaii. El árbol jerárquico se estructura en diferentes niveles de objetivos, subobjetivos y alternativas a partir de encuestas realizadas con algunos representantes del sector. Para cada uno de los objetivos (biológicos, económicos, sociales, políticos) del árbol se tienen en cuenta un conjunto de al menos cuatro subobjetivos. Una vez construido el árbol jerárquico, los autores envían por correo un nuevo cuestionario para la obtención de los pesos de importancia de los objetivos y las alternativas. En este segundo proceso de encuestación participaron un total de sesenta y seis expertos clasificados en cuatro tipos, en base a la institución a la cual pertenecían, si bien solo un total de treinta y cuatro cuestionarios resultaron ser consistentes. En este estudio, las preferencias individuales se agregan con el método de la media

geométrica y, al igual que en la aplicación de Dinardo et al. (1989), el objetivo más valorado resultó ser el de tipo biológico. El análisis se completa con un análisis de sensibilidad, donde los autores comprueban que los resultados obtenidos son robustos y consistentes con las decisiones de los grupos.

Con respecto al segundo método de encuestación de Leung et al., aclarar que los autores eligieron enviar las encuestas por correo dada la gran dispersión geográfica de los encuestados. Este método es totalmente aceptable, si bien los autores pensaron que parte de los cuestionarios se invalidaron precisamente por no mantener una interacción directa con el encuestado. Por ello, aconsejan realizar la entrevista personal siempre que el coste que conlleve no sea excesivamente grande. En cualquier caso, el modelo AHP de Leung et al. (1998) puede utilizarse en otras pesquerías, puesto que introduce elementos muy realistas: objetivos elegidos por el sector, encuestas, diferentes grupos de interés y análisis de sensibilidad.

CAPÍTULO 5

Descripción de la pesquería de chirla (*Chamelea gallina*) de la Región Suratlántica española

5.1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los capítulos precedentes que forman parte de este trabajo hemos analizado todos los aspectos teóricos que subyacen a la gestión u ordenación de pesquerías en su conjunto, y hemos hecho un repaso de los diferentes enfoques multicriterio que se pueden utilizar en la gestión de pesquerías cuando se implican múltiples agentes en el proceso de toma de decisiones.

En el presente capítulo se va a proceder a analizar los aspectos más destacables que caracterizan a una pesquería de carácter artesanal de interés comercial muy concreta, la llamada pesquería de chirla (científicamente *Chamelea gallina* Linnaeus, 1758) que se desarrolla en la Región Suratlántica española, compuesta por las provincias marítimas de Huelva, Sevilla y Cádiz¹,

¹ R. D. 1497/1977, de 3 de mayo (BOE núm. 155, de 30 de junio de 1977).

dentro de la zona IXa) de la clasificación estadística internacional establecida por el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM).

Los bancos naturales de chirla en aguas del litoral atlántico andaluz se encuentran repartidos a lo largo de toda la costa, desde la desembocadura del río Guadiana hasta el estrecho de Gibraltar, dentro de la zona de producción de moluscos bivalvos declarada por la Orden de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de 18 de noviembre de 2008.

Respecto a la características biológicas del recurso, la chirla es un molusco lamelibranquio bivalvo perteneciente a la familia de los venéridos (código FAO: SVE, código FROM: 2.3.06.07). En el litoral onubense es también conocida con el nombre de mechillón (en Ayamonte, Isla Cristina, El Terrón, El Rompido y Mazagón) y almejón (en El Terrón, El Rompido, Huelva y Mazagón) (Especies pesqueras, 2001). Habita en fondos costeros arenoso-fangosos enterrada en profundidades inferiores a los 20 m., y se alimenta filtrando el agua a través de sus branquias y reteniendo fitoplancton y distintas especies de dinoflagelados que contienen toxinas. Esta especie comparte su hábitat con otros bivalvos tales como la almeja chocha (*Venerupis rhomboides*), la coquina (*Donax trunculus*) o la clicla (*Spisula solida*), según la zona de pesca.

En cuanto a su aspecto morfológico, la chirla es de forma subtriangular y posee una concha ovalada constituida por dos valvas calcificadas, iguales y asimétricas, ambas de color blanco-amarillento por dentro y grisáceo por fuera. Su concha es gruesa, y sobre ella se forma exteriormente un pequeño número de bandas radiales o estrías, llamadas anillos de crecimiento, que son concéntricas de tamaño desiguales y están más juntas según se aproximan a la zona ventral (Figura 5.1). Su longitud habitual suele ser de 25 mm, pudiendo incluso llegar a alcanzar tallas máximas de hasta 35 mm (Tirado Narváez et al., 2002).



Figura 5.1. Chirla (*Chamelea gallina* L., 1758)

El ciclo de producción de la chirla está caracterizado por dos puestas al año: una tiene lugar en los meses de mayo-junio; la otra, en agosto-septiembre, aunque es de menor magnitud. Además, el crecimiento de este bivalvo no es continuo, siendo durante los meses de agosto y noviembre cuando se registran los mayores índices de crecimiento de esta especie. A partir de estos deja de crecer progresivamente hasta diciembre-enero, meses en los que se produce la parada invernal. En marzo se inicia de nuevo el crecimiento hasta mayo-junio, meses en los que se suele producir por término medio la mayor producción coincidiendo con la puesta de primavera.

Las embarcaciones que se dedican a la extracción de este bivalvo en el caladero del Golfo de Cádiz (denominadas por la Administración, *artes menores*) suelen ser empresas de fuerte carácter familiar con un número limitado de tripulantes y con una dotación rudimentaria desde el punto de vista tecnológico. Realizan su actividad de día en aguas muy cercanas a la playa, y utilizan para sus capturas los rastros remolcados o la draga hidráulica, dos modalidades de pesca que se basan en el principio de rastrear, remover o peinar los fondos marinos para desenterrar el recurso.

Esta pesquería de bivalvo que nos ocupa ha sido estudiada en profundidad por Royo (1995), García Ordaz (1997, 1999), García Ordaz y García del Hoyo (1998), García del Hoyo et al. (2003) e IEO (2011).

5.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA PESQUERÍA

Hasta finales del siglo pasado, la chirla en el Golfo de Cádiz se extraía casi con exclusividad con rastros, cuyo número por embarcación era variable, dependiendo básicamente de las características de la misma.

Al principio de la década de los años 40 del pasado siglo, la pesca de chirla se realizaba en pequeñas embarcaciones a remo, denominadas lanchas, que llevaban entre 6 o 7 tripulantes de media y en bateles de vela que llevaban instalados entre siete u ocho rastros y 3 o 4 tripulantes de media. Con la aparición en los años 50 de los primeros barcos con propulsión a motor de hasta unos 3 TRB, las embarcaciones de remo empiezan a ser desguazadas mientras que las de vela van siendo poco a poco transformadas en barcos con motores de hasta 20 CV (Caballo de Vapor). Esto trajo como consecuencia que los rastros fueran construyéndose con mayores dimensiones al mismo tiempo que se iban reduciendo en número. Hoy en día, las embarcaciones equipadas con este sistema de marisqueo suelen llevar uno o dos rastros.

La pesca de la chirla comenzó a ser rentable con la desaparición en los años 40 de la sardina de las aguas atlánticas. Durante toda esta década fueron muy elevados tanto el volumen de la pesca desembarcada como el empleo directo que generó esta pesquería, llegándose a registrar capturas medias diarias de hasta 500 kilos con las lanchas a remo y de 400 kilos con los bateles de vela.

Como queda recogido en los trabajos de García Ordaz (1997, 1999), los desembarcos de chirla fueron incrementándose de forma exponencial a partir de 1956, siendo la explotación del recurso muy intensa durante toda la década de los sesenta, hasta el punto de que en 1967 se superaron las 11.000 Tm de chirla desembarcada con 135 embarcaciones, y en 1968 se alcanzó el máximo histórico de capturas cifradas en aproximadamente 30.000 Tm.

Entre los años 1968 y 1974 se reducen de forma drástica las capturas como consecuencia de la intensa presión pesquera ejercida. A esto se suman las

importaciones de chirla italiana acontecidas desde 1971 y el desarrollo del polo químico onubense. Todo esto provocaría la ruina y la casi desaparición de la pesquería de chirla.

Con el cierre de la pesquería durante dos años seguidos, 1975-1976, algunas embarcaciones tuvieron que ser desguazadas o vendidas, mientras que otras se tuvieron que dedicar temporalmente a la captura de la clicla o la chirla en Portugal. Durante este tiempo, la práctica inactividad de la flota chirlera ayuda a la recuperación, al menos parcial, del recurso.

En 1977 se vuelve a abrir la pesquería, pero esta vez con medidas mucho más restrictivas que autorizan solo de forma estacional y muy controlada las capturas de chirla. Momento que aprovecharán muchas de las embarcaciones dedicadas con exclusividad al marisqueo para pasar a ser polivalentes, compaginando así el marisqueo con otras modalidades de pesca artesanales, principalmente trasmallo y cerco y, en menor medida, palangre.

Las abundantes capturas que se suceden a partir de 1977, unido a la reducida rentabilidad de esta pesquería durante el período 1977-1992, provocarían de nuevo la reducción de los stocks de chirla.

Junto a este hecho se une el rápido cambio tecnológico que experimentó la flota chirlera desde que en el año 1985 tuviese lugar, en la localidad de Punta Umbría, la primera campaña experimental dirigida a la extracción de chirla con una nueva modalidad de pesca llamada draga hidráulica, también conocida como rischio, parrilla, chupona, e incluso rastro italiano por su procedencia de Italia (BOJA núm. 48, de 23 de mayo de 1986). Tras cinco años de prueba, a comienzos de 1991 se autorizan definitivamente en el Golfo de Cádiz las capturas de chirla mediante este arte de pesca, para así poder competir en igualdad de condiciones con las crecientes importaciones de chirla italiana.

La introducción de la draga hidráulica en el caladero suatlántico andaluz propició la progresiva reconversión y modernización de las embarcaciones

dedicadas a la extracción de chirla, logrando desplazar en poco más de diez años al tradicional rastro remolcado, que pasaron de ser 127 rastros en 1994 (BOJA núm. 178, de 9 de noviembre de 1994) a 45 en el 2001 (BOJA núm. 87, de 31 de julio de 2001).

Este desplazamiento del rastro por la draga también se manifiesta en el número días de pesca medio ejercido por de cada modalidad: 204 días para la draga y 103 días para el rastro, en 2001. A esto se suma el alto poder de pesca de las dragas (unas 3 veces más que las embarcaciones de rastro). Todo esto ha provocado que desde 1991 el esfuerzo pesquero haya continuado creciendo y que la biomasa haya sufrido una reducción paulatina (García Ordaz y García del Hoyo, 1998), pasando así de una situación de leve explotación del recurso a una clara sobreexplotación de los caladeros.

Los resultados de los análisis realizados a finales del año 2010, por el Instituto Español de Oceanografía en la población de chirla del Golfo de Cádiz, demostraron que el tamaño de la especie estaba muy por debajo de la talla mínima de captura legalmente establecida (25 mm). Como consecuencia, la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía ordenó el cierre temporal de la pesquería durante siete meses para la recuperación del recurso.

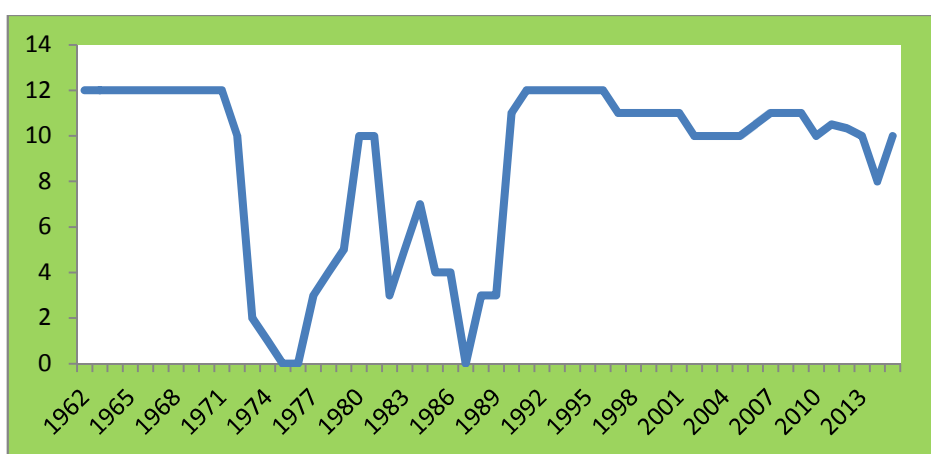
Durante el 2011, la producción de chirla en el Golfo de Cádiz descendió considerablemente, situándose en unas 1.100 Tm, como consecuencia de la menor actividad de la flota tras la parada biológica, lo que supuso un descenso de las facturaciones en origen de unos 5 millones de euros respecto al año 2010.

En la actualidad, la producción pesquera de chirla subastada en las lonjas andaluzas queda lejos del máximo histórico de casi 30.000 Tm registrado en 1968, disfrutando de una fuerte demanda en el mercado español con una cotización elevada. A lo largo de 2014 alcanzó las 4.803 Tm, con un valor comercializado de unos 12 millones de euros. En comparación con el año

anterior, estos datos suponen un incremento de unas 543 Tm y de unos 1,68 millones de euros en las ventas.

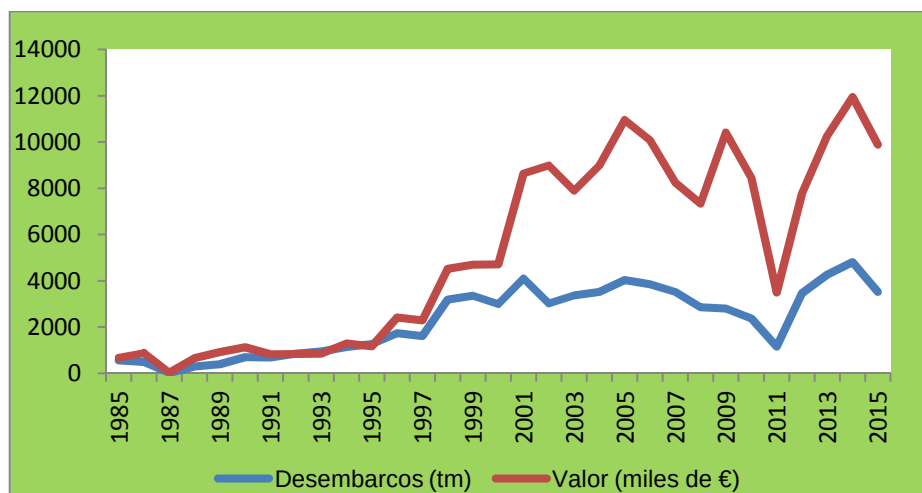
En el Gráfico 5.1 se recoge la evolución anual de la duración de la temporada de pesca (en meses/año) entre 1962 y 2015; y, en el Gráfico 5.2, la evolución anual de los desembarcos (en Tm) de chirla y valores (en miles de €) de la primera venta durante el período 1985-2015.

Gráfico 5.1. Evolución anual de la duración de la temporada de pesca (en meses/año).
Años: 1962-2015



Fuente: Dirección General de Pesca y Acuicultura de la J.A. Elaboración propia

Gráfico 5.2. Evolución anual de los desembarcos y precios de la chirla. Años: 1985-2015



Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Elaboración propia

5.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ARTES DE PESCA AUTORIZADAS

Tal y como establece el artículo 4 de la Orden de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de 23 de enero de 2007 (BOJA núm. 22, de 30 de enero de 2007), el rastro remolcado junto con la draga hidráulica son las dos artes de pesca legalmente autorizadas en el Golfo de Cádiz para la captura de chirla desde embarcación, por ser las menos dañinas para el recurso. Ambas modalidades presentan variaciones en cuanto al diseño, materiales, dimensiones y forma de faenar.

Los rastros remolcados empleados para la captura de chirla tienen como principal misión la de rastrear, arañar o remover los fondos marinos superiores a 6 m. El rastro tradicional es una estructura metálica constituida básicamente por un armazón rígido de hierro, llamado arco, en forma semicircular, en cuya base se inserta una pletina con un peine plano de púas o dientes, de diferente longitud según la especie objetivo y cuya misión es la de levantar y capturar el bivalvo. Unido al armazón va un copo de red o una estructura de varillas paralelas donde se retiene lo capturado. Para la captura de chirla, la separación de los dientes es de al menos 13 cm, y la abertura de luz de malla es de al menos 22 mm para permitir la salida de los individuos inmaduros que han quedado atrapados (Figura 5.2).

Figura 5.2. Rastro remolcado tradicional de púas con red de malla



Fuente: Elaboración propia

El diseño del rastro remolcado que hoy día se está utilizando es de procedencia portuguesa y se le conoce como rastro portugués o “turbo”, porque captura a más velocidad que los otros. Esta variante del rastro tradicional lleva insertado un peine con unas 14 púas de unos 6 cm de longitud y un copo metálico con aspecto semicilíndrico, que se encuentra recubierto por alambres cilíndricos y está cerrado por su parte superior, también con alambres, para evacuar mayor cantidad de arena y agua. La parte superior del arco y la inferior del copo van soldadas a una canastilla metálica de forma rectangular (Figura 5.3).

En cuanto a la técnica de pesca de los rastros remolcados, una vez que el barco se encuentra en el caladero, la acción mecánica de rastrear los fondos se consigue lanzando el ancla por la proa y largando el o los rastros por la popa de la embarcación, a la vez que se regula su altura con la misma marcha del barco que avanza hacia delante en dirección del ancla rastreando los fondos. La maniobra de rastreo suele durar media hora como máximo. Las embarcaciones equipadas con este sistema de marisqueo suelen remolcar por la popa uno o dos rastros dependiendo de las características del buque.

Figura 5.3. Rastro portugués en la embarcación



Fuente: Elaboración propia

El otro sistema de marisqueo, la draga hidráulica (rastros italiano, rischio, parrilla o chupona), constituye una modalidad de marisqueo desde embarcación más moderna que los rastros remolcados. Consiste en una caja metálica de forma paralelepípedica constituida por varillas paralelas y está instalada en la proa de la embarcación. Cuando no se está pescando se mantiene izada descansando a ambos lados en dos patines que la inmovilizan (Figura 5.4).

Figura 5.4. Embarcación con draga hidráulica izada



Fuente: Elaboración propia

La draga arrastra los fondos con unas cuchillas e incorpora unas boquillas en la parte inferior por donde salen chorros de agua a presión para facilitar la penetración de la cuchilla en el terreno.

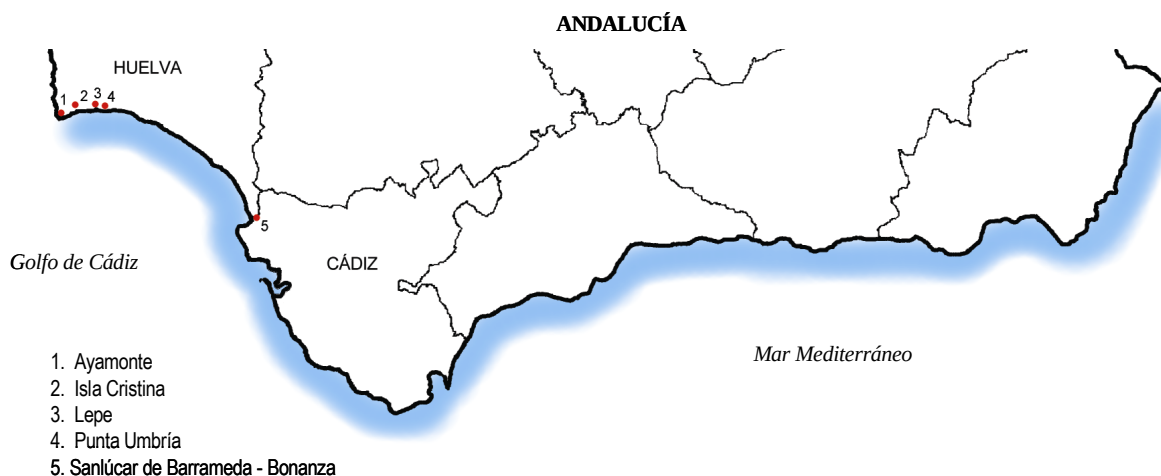
En las labores de rastreo se extrae un gran porcentaje de moluscos, almejas rotas, cerradas o con arena en su interior. El sistema de selección del que va provisto la draga hace que este arte sea más selectivo y menos dañino que el rastro para el fondo marino y que produzca un menor porcentaje de moluscos rotos en las labores de rastreo (Royo, 1995).

La instalación de la draga imposibilita prácticamente la alternancia con otros tipos de arte, de forma que las embarcaciones que utilizan esta modalidad se dedican con exclusividad a la extracción de chirla durante todo el año, a diferencia de las embarcaciones con rastros remolcados que cuando no están en la chirla se dedican de forma temporal a la captura de otros moluscos bivalvos (almeja, coquina, navaja, etc.) o de gasterópodos como el pulpo.

5.4. ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA FLOTA

La flota marisquera que explota el caladero de chirla en el Golfo de Cádiz se concentra casi en su totalidad en los puertos onubenses de Ayamonte, Isla Cristina, Lepe y Punta Umbría, y en el gaditano de Bonanza (Sanlúcar de Barrameda) (Figura 5.5).

Figura 5.5. Localización de la pesquería de chirla y de los puertos bases implicados



Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural (2004: 95). Elaboración propia

Las embarcaciones que componen la flota de chirla entran y salen diariamente del puerto base y su radio de acción está únicamente limitado a las

aguas interiores del litoral atlántico andaluz, en zonas situadas a más de 0,25 millas náuticas (463 m) de la línea mayor de bajamar definida en las cartas náuticas oficiales, y en fondos con profundidades superiores a los 5 metros.

El número de embarcaciones autorizadas a la captura de chirla en el Golfo de Cádiz son las registradas en la Sección Segunda del “Censo de Embarcaciones Marisqueras con arte de Rastro y Draga Hidráulica” regulado en la Orden de 23 de septiembre de 2008 (BOJA núm. 196, de 1 de octubre de 2008).

Según el último Censo oficial elaborado por la Consejería, el 13 de febrero de 2015, la flota pesquera está compuesta por un total de 126 embarcaciones, de las cuales 31 van equipadas con rastro remolcado y 95 con draga hidráulica².

El mayor número de estas embarcaciones se concentra en el puerto de Isla Cristina (con 48), seguido del puerto de Punta Umbría (con 36) y el de Sanlúcar de Barrameda (con 23), donde se encuentran ubicadas las tres únicas lonjas autorizadas para la venta de chirla (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Número de embarcaciones dedicadas a la captura de chirla en el Golfo de Cádiz por puerto base y modalidad de pesca, y total de la flota. Año 2015

PUERTO BASE	FLOTA DE DRAGA H. (Nº)	FLOTA DE RASTRO (Nº)	TOTAL EMB. DE LA FLOTA (Nº)
AYAMONTE	2	6	8
CHIPIONA	1	0	1
HUELVA	1	1	2
ISLA CRISTINA	34	14	48
LEPE	7	1	8
PUNTA UMBRÍA	34	2	36
SANLÚCAR DE BARRAMEDA	16	7	23
TOTAL	95	31	126

Fuente: Censo de Embarcaciones Marisqueras con Rastro y Draga Hidráulica de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Dirección General de Pesca y Acuicultura. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la J.A. (13/02/15).
Elaboración propia

² [En línea] Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/areas-tematicas/pesca-y-acuicultura/recursos-pesqueros/censo-de-flota-pesquera/index.html> (Consulta: 31/10/15).

Las características de la flota de chirla se encuentran incluidas en el Censo de la Flota Pesquera Operativa del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) correspondiente a la modalidad de “Artes Menores en el Golfo de Cádiz”, en virtud del Real Decreto 1549/2009 sobre ordenación del sector pesquero (BOE núm. 45, de 10 de octubre de 2009). Por embarcación, las características que se incluyen son las siguientes: código de pesca, nombre del buque, matrícula, folio, lista, estado actual (alta definitiva, baja provisional, desguace, hundimiento sustitutorio o fines ornamentales), fecha de estado y de entrada en servicio, puerto base, censo por modalidad, material del casco (acero, madera o poliéster), así como los datos del arqueo GT y TRB (tonelaje bruto), potencia en CV (caballos de vapor), y tamaño de la eslora entre perpendiculares y total (en metros)³.

Tabla 5.2. Antigüedad de las embarcaciones (en años y porcentajes) por intervalos de edad y modalidad de pesca. Año 2015

AÑOS	EDAD	FLOTA DE DRAGA		FLOTA DE RASTRO	
		Número	%	Número	%
2011-2015	De 0 a 5 años	0	0	1	3,23
2006-2010	De 6 a 10 años	16	16,84	2	6,45
2001-2005	De 11 a 15 años	44	46,32	18	58,06
1996-2000	De 16 a 20 años	22	23,16	2	6,45
1991-1995	De 21 a 25 años	6	6,32	0	0
1986-1990	De 26 a 30 años	2	2,11	1	3,23
1981-1985	De 31 a 35 años	1	1,05	0	0
1980 o menos	De más de 35 años	4	4,21	7	22,58

Fuente: Censo de la Flota Pesquera Operativa del MAGRAMA. Elaboración propia

Atendiendo a la fecha de entrada en servicio de la embarcación (columna Edad de la Tabla 5.2) observamos que, de los 31 barcos que componen la flota de rastro remolcado tan solo uno ha sido construido en los últimos cinco años,

³ [En línea] Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/pesca/temas/la-pesca-en-espana/censo-de-la-flota-pesquera/censo.asp> (Consulta: 31/10/15).

alrededor de un 58% de las embarcaciones fueron construidas entre 2001 y 2005, por lo que tienen entre 11 y 15 años de antigüedad, y aproximadamente un 32% tiene fecha de construcción anterior a 2001, por lo que tienen más de 15 años. Por otro lado, de las 95 embarcaciones activas que componen la flota de draga hidráulica, casi el 17% de estas tienen menos de 11 años, alrededor del 46% tienen entre 11 y 15 años, y casi el 37% restante tienen más de 15 años.

Las embarcaciones del litoral suratlántico andaluz equipadas con estos dos sistemas de marisqueo, rastro remolcado y draga hidráulica, pueden considerarse artesanales porque son de reducido tamaño: de tonelaje inferior a 20 TRB y eslora inferior a 15 m –o de marea máxima no superior a 24 horas⁴–. El número medio de tripulantes es limitado dependiendo del arqueo y eslora de la embarcación: 2 o 3 por embarcación de rastro, y 3 o 4 (patrón, mecánico y marinero/s) por embarcación de rischio.

El arqueo, eslora y potencia de las embarcaciones difieren según el tipo de modalidad que lleven instalada a bordo, siendo por lo general superiores en la flota de draga. Estas embarcaciones suelen ser en realidad más eficaces y pescan más cantidad en menos tiempo.

Según el último Censo de la Flota Pesquera Operativa publicado en 2015, las dimensiones, por término medio, de la flota de draga hidráulica son: 12,48 TRB de arqueo, el equivalente a unas 4 veces más que en la flota de rastro; 13,5 m de eslora; y 111,97 CV de potencia, o sea, unas 3,4 veces más que en los rastros remolcados. Las características técnicas de las embarcaciones por puerto base se muestran en la Tabla 5.3.

⁴ Definición dada por el Ministro de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Miguel Arias Cañete, el 17/07/12. [En línea] Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/prensa/noticias/arias-ca%C3%B1ete-defiende-una-definici%C3%B3n-de-pesca-artesanal-que-beneficie-a-la-mayor%C3%ADa-de-barcos-de-peque%C3%B1a-escala/tcm7-215831-16> (Consulta: 08/11/15).

Tabla 5.3. Características técnicas de la flota de chirla por modalidad de pesca y puerto base. Año 2015

PUERTO BASE	FLOTA DE DRAGA			FLOTA DE RASTRO		
	<i>Arqueo medio (TRB)</i>	<i>Eslora media (M)</i>	<i>Potencia media (CV)</i>	<i>Arqueo medio (TRB)</i>	<i>Eslora media (M)</i>	<i>Potencia media (CV)</i>
AYAMONTE	9,92	13,04	69,50	3,03	8,12	33,83
CHIPIONA	7,47	11,00	80,00	-	-	-
HUELVA	13,41	13,57	121,00	3,35	7,49	24,00
ISLA CRISTINA	12,14	13,30	103,65	2,93	8,27	28,69
LEPE	14,32	14,72	161,29	2,79	7,49	30,00
PUNTA UMBRÍA	13,22	13,76	118,21	4,09	8,29	29,50
SANLÚCAR DE BARRAMEDA	11,42	13,12	112,19	3,02	7,03	41,71
PROMEDIO	12,48	13,51	111,97	3,05	7,91	32,57

Fuente: Censo de la Flota Pesquera Operativa del MAGRAMA. Elaboración propia

5.5. INDICADORES ECONÓMICOS DE LA PESQUERÍA

En lo que sigue vamos a analizar todos los indicadores económicos de la pesquería de bivalvos objeto de estudio.

5.5.1. PRECIO DE VENTA DE LAS CAPTURAS

El precio de la chirla, desde la primera venta en las lonjas pesqueras hasta que llega finalmente al consumidor, se incrementa. En su precio en lonja influyen las fluctuaciones de la oferta (las capturas). Si bien, la modalidad de pesca también puede influir, ya que la que se captura con draga hidráulica suele ser de mejor calidad, con menos arena y menos porcentaje de larvas rotas que las de rastro remolcado, lo que hace que alcance precios más elevado en las lonjas: unos 4 €/Kg en las dragas frente a los 3 €/Kg de la chirla capturada con rastros remolcados.

Por otro lado, el precio final al por mayor en destino se mantiene por encima de los 9 €/Kg, aunque no es constante, ya que en este influyen las

interacciones en el mercado de otras pesquerías españolas, también las importaciones de chirla procedente de otros países, especialmente Italia (“más barata y de peor calidad”), e incluso, la modalidad de pesca utilizada en su extracción (rastros remolcados o dragas). Un estudio sobre la transmisión de los precios en los canales de distribución de la chirla del caladero andaluz es el de Jiménez Toribio y García del Hoyo (2005).

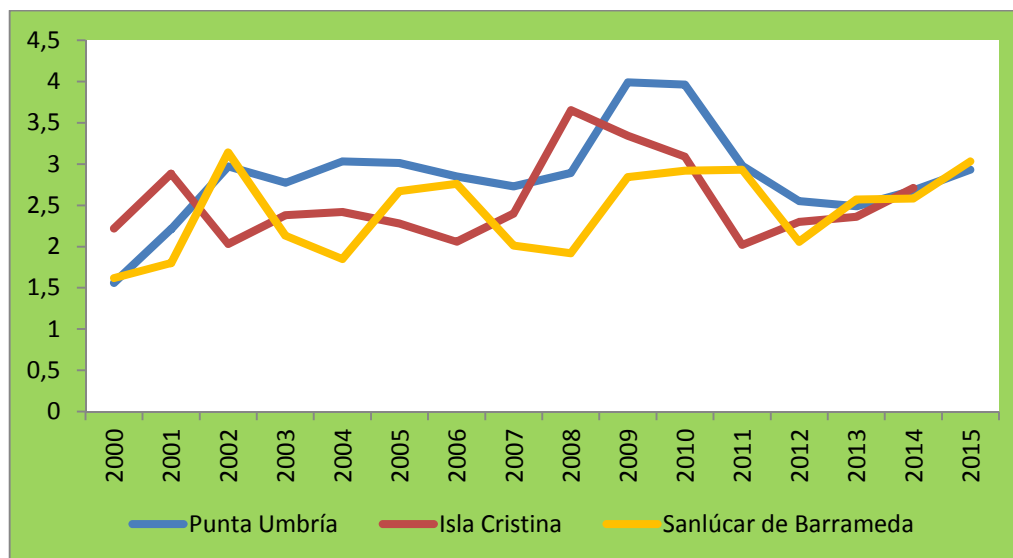
Evidentemente, la tendencia general de los precios de chirla es: aumentar en los meses de primavera (mayo y junio) y principios de verano, coincidiendo con la época de veda, y también en diciembre, debido a las fiestas navideñas; y disminuir en los meses de enero a abril en los que la producción es abundante.

Los datos de la primera venta de pesca fresca en lonja, según las estadísticas facilitadas por el Sistema de Información Andaluz sobre datos de Comercialización y Producción Pesquera (Idapes)⁵ de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía, el precio en origen de la chirla correspondiente al período 2000-2015, observado por término medio en las tres lonjas pesqueras andaluzas del Golfo de Cádiz autorizadas para su primera venta, o sea, en Punta Umbría, Isla Cristina y Sanlúcar de Barrameda o Bonanza, es de unos 2,63 €/Kg, si bien presenta una gran variabilidad, que va desde los 1,58 €/Kg alcanzados en el año 2000 hasta los 3,72 €/Kg del año 2009.

Los precios máximos de este bivalvo alcanzados en las tres lonjas durante 2009 responden al aumento en la demanda nacional y a la menor presencia de chirla de importación en los mercados (MARM, 2011). A partir de este año, se observa que el precio ha ido disminuyendo paulatinamente, llegando incluso a situarse por debajo de los 2,5 € el kilo, como ocurrió en el año 2012. A partir del año 2013 se registra de nuevo una tendencia al alza de los precios (Gráfico 5.3).

⁵ [En línea]. Disponible en:
<http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/idapes/servlet/FrontController> (Consulta: 08/11/15).

Gráfico 5.3. Evolución anual de los precios de la chirla (en €/Kg) en las lonjas pesqueras de Punta Umbría, Isla Cristina y Sanlúcar de Barrameda. Años: 2000-2015



Fuente: IDAPES. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
Elaboración propia

5.5.2. SALARIOS: EL SISTEMA A LA PARTE

La asignación de los salarios entre los trabajadores de la pesquería de bivalvos objeto de estudio se realiza respecto “a la parte”, un sistema de remuneración de profunda tradición histórica en la pesca española y que aún permanece vigente en la flota artesanal pesquera de chirla del Golfo de Cádiz. Según Florido del Corral (2004) se puede definir como:

una formula de organización empresarial que forma parte de los “usos” y “costumbres” tradicionales de la actividad pesquera y que ha sido mantenido y aún impulsado en el contexto contemporáneo, en una nueva expresión de la dinámica “glocal” que anima a la pesca artesanal (p. 226).

Este sistema de liquidación salarial es de especial relevancia por sus implicaciones económicas, y permite el control de la distribución de beneficios por parte de los trabajadores asignando una mayor participación, aunque no de control de los pescadores, en el resultado de la actividad.

Los parámetros que fijan las remuneraciones son únicamente: la pesca capturada y el valor de la misma en lonja. De este modo, variables tales como la duración de la jornada laboral y las condiciones en que se desarrolla la misma, prácticamente no se tienen en cuenta en el caso de los trabajadores de la flota artesanal (García Bartolomé, 1988).

El Monte Mayor y el Monte Menor son términos que conforman el entramado del sistema de remuneración a la parte. Este sistema de liquidación salarial es un sistema de remuneración “a la parte” de profunda tradición histórica en la pesca española, que aún permanece vigente en la flota artesanal pesquera de chirla que estamos analizando.

El Monte Mayor es de especial relevancia por sus implicaciones económicas, y permite el control de la distribución de beneficios por parte de los trabajadores asignando una mayor participación, aunque no de control, de los pescadores en el resultado de la actividad. El artículo 144.a de la Orden de 26 de julio de 1963 del Ministerio de Trabajo lo define como el importe total bruto de la pesca capturada por la embarcación. Los artículos 163 y 164 de esta citada Orden establecen la deducción del Monte Mayor de determinados gastos o costos de producción, tales como la comisión de venta, la cuota de la Cofradía de Pescadores, el importe del combustible, la manutención a bordo, la compra de hielo y sal, los seguros sociales y el transporte de la pesca desde la embarcación a la lonja pesquera, entre otros.

El Monte Menor es la parte que le corresponde a la dotación del barco y a la tripulación, una vez descontando del Monte Mayor los gastos que con cargo al mismo se abonen (artículo 144.b de la Orden de 26 de julio).

Para la obtención de los salarios que le corresponden a la tripulación de cada embarcación en la pesquería de chirla que nos ocupa se descuentan de los ingresos totales obtenidos por las ventas en lonja los gastos de la actividad pesquera imputables al día de pesca (Monte Mayor). Estos son: las tasas por los servicios comerciales o portuarios, los gastos derivados del consumo de

combustible, las cuotas de la Seguridad Social de los trabajadores y otros gastos diarios. Entre estos gastos no se incluyen: los costes fijos, la cuota de la seguridad social que debe abonar el armador y los gastos de amortización, lo cual, según algunos autores, puede inducir en una gestión inadecuada de la actividad empresarial y a una descapitalización que posteriormente repercuta en los gastos de financiación.

Lo que queda una vez deducido los gastos (Monte Menor) se reparte entre la tripulación y el armador. La proporción en la que el armador y los tripulantes se reparten las ventas va a depender de los usos y costumbres del puerto, aunque generalmente suele ser del 50%.

5.5.3. COSTES DE LA ACTIVIDAD

Los gastos totales que se derivan del nivel de actividad desplegado por embarcación de rastro y draga incluyen costes variables correspondientes a la actividad pesquera y costes fijos que no son imputables a la jornada de pesca. Entre los costes variables se incluyen los siguientes:

- Los gastos derivados del consumo de combustible;
- Las cuotas de la seguridad social que debe abonar el empresario;
- Las cuotas de la seguridad social que deben abonar los trabajadores;
- Los costes comerciales y de los servicios portuarios; y
- Otros gastos diarios (pequeñas reparaciones, lubricantes, etc.).

El precio medio pagado por cada litro de combustible es diferente según la zona de pesca, siendo por lo general más barato en la zona de poniente que el resto. Esta diferencia de precios estriba en el acuerdo que existe con el principal proveedor de la Cofradía de Pescadores y de la Asociación de Armadores de Isla Cristina.

Las cuotas de la seguridad social que deben abonar el empresario y los trabajadores se encuentran legalmente establecidas, dependiendo tanto del tamaño de la embarcación como de la categoría laboral del tripulante.

Los costes comerciales y de los servicios portuarios se caracterizan porque incluyen diferentes tasas en porcentajes sobre las ventas, que son iguales para cada puerto pero diferentes entre ellos. En el caso de los costes comerciales se incluye la tasa que la lonja pesquera cobra por sus servicios⁶, el recargo con el que los intermediarios comerciales o vendedurías gravan sus servicios, la tarifa G-4 por servicios portuarios de carga y descarga y, por último, la cuota de la Cofradía de Pescadores, ya que también esta se cobra como porcentaje sobre las ventas⁷.

En “otros gastos diarios” se incluyen los costes imputables a la jornada de pesca que no corren totalmente por cuenta del armador como, por ejemplo, la manutención de los tripulantes, pequeñas reparaciones de los equipos y las artes, limpieza, envases, víveres, hielo, etc.

En cuanto a los costes fijos que se derivan de la actividad pesquera, y que son invariantes con el tiempo de pesca ejercido, estos se pueden clasificar en tres categorías diferentes:

- La cuantía de la dotación anual para la amortización del inmovilizado;
- La cuantía anual de la prima de los seguros de accidente de la embarcación; y
- Los gastos anuales de mantenimiento de la embarcación.

La cuantía anual de dotación para la amortización del inmovilizado se obtiene fácilmente teniendo en cuenta que el tiempo de vida útil fiscal de una

⁶ En la tasa o comisión de la Lonja se encuentran incluidos los gastos derivados de la descarga, custodia de mercancía y transporte interior en la lonja, además de las gestiones derivadas de la subasta en primera venta.

⁷ En la cuota de la Cofradía se incluyen las gestiones derivadas de la gestión de la cofradía a sus afiliados, como por ejemplo la tramitación de licencias de pesca, y un conjunto de gestiones tendentes a servir de enlace entre la administración pesquera y los armadores y tripulaciones.

embarcación se establece legalmente en 20 años, por lo que después de este tiempo la embarcación se considera plenamente amortizada.

Por último, en los costes anuales de mantenimiento de la embarcación se incluyen las grandes reparaciones que la embarcación realiza a lo largo de año como pintura, gastos de varadero, mantenimiento de artes y equipos, etc., además de costes financieros, tributos de carácter local o contribuciones deducibles y de otras partidas de difícil tipificación genérica.

5.6. MECANISMOS DE REGULACIÓN

En Andalucía, el gobierno regional junto con el Gobierno nacional son los dos órganos encargados de establecer planes de pesca concretos para pesquerías locales en base a objetivos meramente biológicos.

La ordenación de la pesquería de chirila en el litoral suratlántico andaluz es desde 1982 competencia exclusiva de la Comunidad Autónoma Andaluza, a través de su Dirección General de Pesca y Acuicultura, según lo establecido mediante el Real Decreto 3490/1981, de 29 de diciembre (BOE núm. 35, de 10 de febrero de 1982).

El actual Plan de Pesca que regula la pesca y comercialización de este molusco se desarrolla mediante la Orden de 23 de enero de 2007 de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural (BOJA núm. 22, de 30 de enero de 2007) y su modificación de 18 de noviembre de 2008 (BOJA núm. 242, de 5 de diciembre de 2008).

5.6.1. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN

Las medidas técnicas de conservación y protección del recurso pesquero que en la práctica se vienen aplicando en la pesquería que estamos analizando son de

varios tipos: medidas sobre la estructura de las artes de pesca autorizadas, talla mínima de captura, épocas de vedas y zonas protegidas.

En la práctica, las medidas técnicas no garantizan por sí solas una gestión sostenible de los recursos pesqueros y requieren utilizarse conjuntamente con medidas de incentivos, tales como el establecimiento de TACs y el reparto por cuotas.

A) Estructura de las artes de pesca

Las características técnicas autorizadas para las dragas hidráulicas vienen reguladas en la Orden de 24 de junio de 2011 (BOJA núm. 128, de 1 de julio de 2011) y en su modificación de 26 de julio de ese año (BOJA núm. 149, de 1 de agosto de 2011), y para los rastros remolcados en la Orden de 28 de septiembre de 2011 (BOJA núm. 196, de 5 de octubre de 2011).

El artículo 10.2 de la referida Orden de 24 de junio fija la anchura máxima de la boca de la draga en 3 metros, la separación mínima de las varillas en la parte inferior en 13 mm, la presión máxima de las bombas en 3 Kg/cm³, y el peso máximo en 600 Kg.

Respecto a las características técnicas autorizadas de los rastros remolcados, el artículo 6 de la Orden de 28 de septiembre establece que la dimensión de la abertura mínima de las mallas de los copos de red sea de 22 mm, y la separación mínima de las varillas en los copos metálicos de 13 mm. Evidentemente, estas medidas son solo aplicables en los rastros remolcados que capturan chirla, pues aquéllos que se dedican a la extracción de otros moluscos bivalvos tienen otras medidas diferentes.

B) Talla mínima de captura

Para evitar la pesca de chirla en crecimiento, se establece una talla mínima de captura. Esta medida afecta a las dos modalidades de pesca, por lo que las

embarcaciones no podrán conservar a bordo ni desembarcar ejemplares con talla menor a la legalmente establecida.

El uso de esta medida se remonta a la Edad Media, sin embargo, no garantiza que los individuos que no alcancen la talla mínima dejen de ser pescados y destruidos.

Desde mediados de los años 70, la talla mínima de captura para la flota de rastro se ha mantenido siempre entre 24 y 26 mm. Con anterioridad a esta fecha había sido de 30 mm. Durante el período 1976 y 1983 se fijó en 25mm y desde 1984, a raíz de la entrada en vigor de la Orden de 12 de noviembre, y hasta 1999 se estableció en 24 mm (BOJA núm. 109, de 28 de noviembre de 1984).

Con la primera regulación provisional de la draga hidráulica, a mediados de 1996, se fija la talla mínima en 26 mm para estas embarcaciones, según lo establecido en la Orden de 24 de junio de 1996 (BOJA núm. 78, de 9 de julio de 1996). Y esto fue así hasta que a principios del año 2000 se unificaron las tallas mínimas de las dos modalidades de pesca. Desde la aprobación de la Orden de 28 de enero de 2000 la talla mínima legalmente establecida es de 25 mm para el sector pesquero de la chirla (BOJA núm. 23, de 24 de febrero de 2000).

C) Épocas de vedas

Las épocas de vedas son periodos en los que las actividades pesqueras se prohíben o restringen. Esta medida busca favorecer la recuperación biológica del recurso, y afecta a las dos modalidades de pesca de la pesquería (dragas hidráulicas, rastros remolcados). Se viene utilizando desde 1997, ya que con anterioridad no existía regulación alguna de esta medida y la duración de la temporada de pesca se extendía al año entero.

La Junta de Andalucía establece anualmente un período de veda, o parada biológica obligatoria, en el que se prohíben las capturas y comercialización de chirla en el caladero del Golfo de Cádiz. Suele realizarse generalmente durante

los meses de mayo y junio, coincidiendo con el período de mayor actividad reproductiva de la especie.

El actual Plan de Pesca de este molusco contempla una parada biológica de dos meses completos al año (entre el 1 de mayo y el 30 de junio) haciéndose de forma simultánea con la parada de Portugal, establecida entre el 1 de mayo y el 15 de junio, ambos inclusive (BOJA núm. 22, de 30 de enero de 2007). Sin embargo, esto no siempre ha sido así, ya que con anterioridad al año 2003, la parada biológica anual solía tener una duración máxima de un mes a contar desde el 16 de mayo hasta el 15 de junio. Mientras que otras veces se prolongaba incluso hasta los 45 días, como ocurrió en el año 2006.

Además de la parada biológica forzosa, como medida de reducción del esfuerzo pesquero a corto plazo, la Junta de Andalucía ocasionalmente pone en marcha paradas temporales, tales como las de 2008 y 2009, con el fin de garantizar la sostenibilidad de la especie.

Evidentemente, la Junta de Andalucía en multitud de ocasiones ha tenido que adoptar medidas mucho más restrictivas, como es el cierre temporal del caladero por la contaminación, toxinas, o simplemente para la recuperación del recurso.

En este sentido hay que destacar que los resultados de los análisis realizados por el Instituto Español de Oceanografía en la población de chirla del Golfo de Cádiz, a finales del año 2010, mostraron que el tamaño de la especie estaba muy por debajo de la talla mínima de captura legalmente establecida (25 mm). Como medida de recuperación del stock, la Consejería ordenó el cierre temporal del caladero, desde el 18 de diciembre de 2010 hasta el 15 de junio de 2011, ambos inclusive (BOJA núm. 245, de 17 de diciembre de 2010). También la presencia de toxinas en las chirlos durante el verano de 2014 llevó a la Consejería a adoptar esta medida por motivos sanitarios.

Tabla 5.4. Vedas anuales y temporales de la pesquería de chirla.
Años: 1997-2015

Año	Período de veda anual	Cierre del caladero y Paradas temporales
1997	16/5-15/6	
1998	16/5-15/6	
1999	16/5-15/6	
2000	16/5-15/6	
2001	16/5-15/6	
2002	16/5-15/6	
2003	1/5-30/6	
2004	1/5-30/6	
2005	1/5-30/6	
2006	1/5-15/6	
2007	1/4-31/5	
2008	1/5-31/5	Parada: 25/1-24/3
2009	1/5-31/5	Parada: 12/1-11/3
2010	1/5-15/6	Cierre: 18/12-15/6
2011		Cierre: 18/12-15/6
2012	1/5-19/6; 1/10-10/10	
2013	1/5-30/6	
2014	1/5-30/6	Cierre: 17/7-25/9
2015	1/5-30/6	

Fuente: Dirección General de Pesca y Acuicultura de la J.A.
Elaboración propia

D) Zonas de veda

En las zonas de desove y cría protegidas, tanto los rastros remolcados como las dragas hidráulicas tienen prohibido la pesca de chirla.

Además, el artículo 8.6 de la Legislación de 2007, por la que se regula la pesca de la chirla en el Golfo de Cádiz, prohíbe la pesca de este bivalvo en los ríos, rías y en aquellos caladeros con profundidades inferiores a los 5 metros (BOJA núm. 22, de 30 de enero de 2007).

Desde el año 2011, los rastros remolcados tienen prohibido ejercer su actividad en las zonas que se encuentren a menos de 50 metros (0,03 millas

náuticas) de donde se ejerce el marisqueo a pie, y en aquellas situadas a menos de 25 metros de la línea de mayor bajamar (BOJA núm. 196, de 5 de octubre de 2011). En el caso de las dragas hidráulicas, la prohibición se extiende a las zonas situadas a menos de 463 metros (0,25 millas náuticas) de la línea de mayor bajamar definida en las cartas náuticas oficiales del Instituto Hidrográfico de la Marina (BOJA núm. 128, de 1 de julio de 2011).

5.6.2. CONTROLES DE LAS CAPTURAS

En la pesquería de chirla que estamos analizando, la medida de control del output que se viene utilizando hace referencia a la limitación del volumen máximo de captura diaria.

A) Limitación del volumen máximo de captura diaria

Uno de los instrumentos de control de la actividad pesquera que tradicionalmente ha venido utilizando la Administración es el establecimiento de una tara, o límite máximo de capturas, por embarcación y día de pesca.

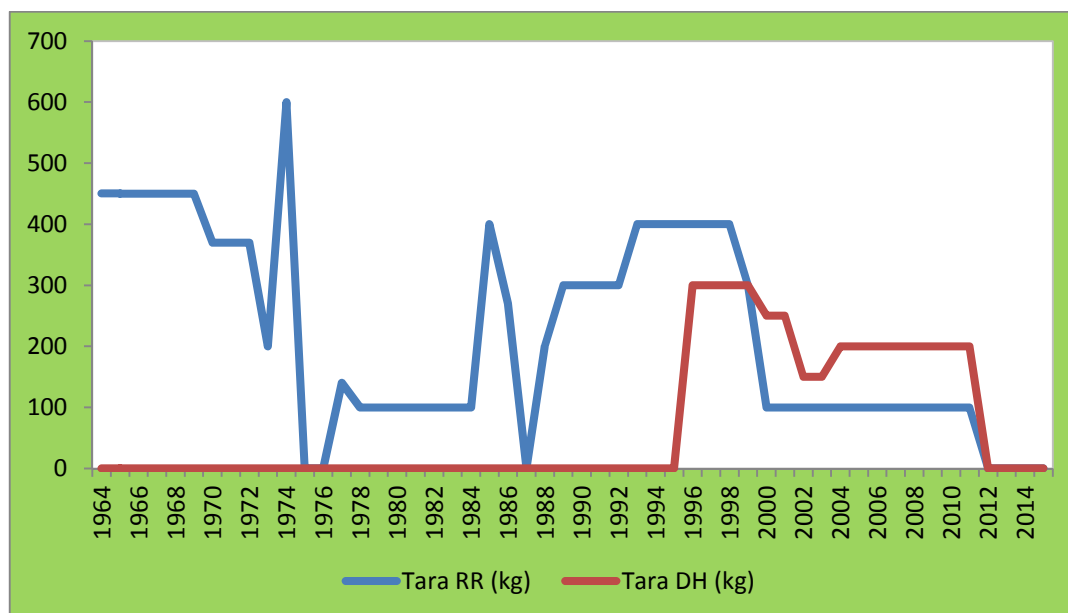
La fijación de taras es, quizás, la medida más antigua que regula la pesca de chirla en el caladero suratlántico andaluz y la que ha experimentando más cambios, coincidiendo estos con las épocas de crisis y recuperación de la pesquería, para así adecuarse en todo momento a la situación del stock. La tara máxima de captura en la chirla es idéntica para todos los buques que faenan en la misma modalidad, sin distinción alguna de tonelaje, potencia del motor principal, etc.

A partir de 1964, la Dirección General de Pesca y Acuicultura comenzó a regular la extracción de chirla con la imposición de taras. Durante toda esta década, la tara máxima para la flota de rastro estuvo fijada en 450 kilos por embarcación y día de pesca, alcanzando el máximo histórico en el año 1974 con 600 kilos diarios. Entre 1989 y 1992 se mantuvo en 300 kilos, y entre 1993 y

1998, en 400 kilos. Después de esa fecha la tendencia ha sido siempre de descenso. En efecto, en 1999, la administración la reduce a 300 kilos diarios (BOJA núm. 45, de 17 de abril de 1999) y con la modificación de mediados de 2000 se establece en 100 Kg/día (BOJA núm. 84, de 22 de julio de 2000). Entre la segunda mitad del 2005 y 2011, la Junta autorizó una tara algo superior (200 Kg/día) para los rastros remolcados con dedicación exclusiva a la chirila (BOJA núm. 203, de 18 de octubre de 2005).

Para la modalidad de draga hidráulica, la tara máxima de captura por embarcación se mantuvo en 300 kilos diarios entre 1996 y 2000 (BOJA núm. 78, de 9 de julio de 1996). Desde la modificación de mediados de 2000 y hasta el 2002 se redujo a 250 kilos (BOJA núm. 84, de 22 de julio de 2000), y como medida de carácter temporal se reduce a 150 Kg/día durante los dos años siguientes (BOJA núm. 30, de 12 de marzo de 2002). Desde 2004 y hasta 2011, la tara máxima estuvo en 200 Kg/día (BOJA núm. 155, de 9 de agosto de 2004).

Gráfico 5.4. Evolución anual de la tara (en Kg/embarcación y día) por modalidad de pesca. Años: 1964-2015



Fuente: Dirección General de Pesca y Acuicultura de la J.A. Elaboración propia

Durante el 2011, y tras el cierre provisional de la pesquería de chirla de finales de 2010 que duró más de seis meses, en los Planes de Pesca para la gestión de esta pesquería se propone como medida la eliminación de la tara. Por lo que desde ese año la tara no permanece vigente, ni para las embarcaciones de draga (BOJA núm. 128, de 1 de julio de 2011) ni para las de rastro (BOJA núm. 196, de 5 de octubre de 2011).

B) Limitación del rendimiento

Aunque nunca ha habido una TAC establecida explícitamente, al combinar el censo de flota autorizada, el esfuerzo permitido por embarcación y la tara diaria establecida, podía cuantificarse una TAC implícita. Pero a partir de 2011 se ha eliminado la tara por embarcación y día, por lo que es difícil cuantificar esa TAC implícita. De cualquier forma sí puede mencionarse que las capturas en 2014 han supuesto el 19,6% del máximo histórico, a pesar de ser las mayores que se han obtenidos desde el año 2001 cuando se capturaron 4.878 Tm, cifra muy parecida a la actual.

5.6.3. CONTROLES DEL ESFUERZO PESQUERO

Como medidas del control del esfuerzo pesquero en la pesquería que estamos analizando se limita el número de embarcaciones de la flota de chirla y se establecen jornadas y horarios para el ejercicio de la actividad.

A) Limitación del crecimiento de la flota

El censo de la flota de chirla es en realidad un censo cerrado a fin de poder controlar el esfuerzo pesquero, y solo cuando hay bajas (por desguace, hundimiento, siniestro, etc.) se autorizan nuevas embarcaciones.

Esta medida va encaminada a reducir el esfuerzo pesquero a largo plazo. No obstante, la existencia de un sistema de licencias no ha impedido el aumento

del número de embarcaciones autorizadas para capturar los stocks de chirila, dado que sucesivamente se ha procedido a la ampliación del censo.

El número máximo de embarcaciones con draga hidráulica autorizadas ha sufrido algunas ampliaciones: de 50 en 1996 (BOJA núm. 78, de 9 de julio de 1996), a 80 en 2000 (BOJA núm. 23, de 24 de enero de 2000), 94 en 2007 (BOJA núm. 73, de 13 de abril de 2007) y 95 desde 2014.

También el censo de la flota de rastros remolcados ha sufrido algunas modificaciones. En 1986, la Consejería de Agricultura y Pesca autorizó, mediante la Orden de 23 de abril de 1986, la creación del primer censo oficial de embarcaciones marisqueras con arte de rastro dedicadas a ejercer su actividad en la Comunidad Autónoma Andaluza (BOJA núm. 51, de 28 de mayo de 1986), el cual se hizo público dos años más tarde, en cumplimiento de la Orden de 16 de febrero de 1988 (BOJA núm. 24, de 16 de febrero de 1988), con 41 embarcaciones de rastro remolcado autorizadas a capturar chirila en el Golfo de Cádiz.

El número de embarcaciones de rastros remolcados alcanzó un máximo histórico en 2002 con un total de 47 (BOJA núm. 37, de 30 de marzo de 2002). Desde ese año, el tamaño de la flota de rastros ha ido reduciéndose de forma paulatina a medida que se iban reconvirtiendo a dragas, pasando así de 34 en 2007 (BOJA núm. 73, de 13 de abril de 2007) a 31 en 2014.

Desde 2014, el censo de la flota de chirila que publica la Junta de Andalucía permanece estable, manteniéndose las 95 embarcaciones autorizadas al uso de draga hidráulica y las 31 embarcaciones marisqueras con rastro remolcado, si bien la realidad es distinta, ya que desde principios de 2015 solo permanecen activos 30 rastros remolcados.

B) Limitación del número de horas de pesca al día

El horario que rige el inicio y fin de la actividad de pesca diaria de la flota de chirla ha sufrido algunas modificaciones ante la necesidad de no incrementar el esfuerzo pesquero.

Hasta el año 2011, el tiempo máximo invertido en la pesca efectiva (entendido este como tiempo de permanencia en las zonas autorizadas cuando naveguen a una velocidad inferior a 3,5 nudos) ha sido de 7 horas por embarcación y día, sin contar los tiempos de desplazamiento para llegar a los caladeros desde el puerto base.

Entre 1996 y 2002 la actividad de pesca se efectuaba en una franja horaria comprendida entre las 7 y 18 horas, momento en el cual todas las embarcaciones tenían que estar en el puerto de desembarco (BOJA núm. 78, de 9 de julio de 1996). Desde principios de 2003, el horario de salida y entrada en el puerto para ambas modalidades de pesca era de 5 a 16 horas, comenzando la actividad a las 7 h y finalizando a las 14h (BOJA núm. 2, de 3 de enero de 2003).

Actualmente se sigue manteniendo la franja horaria de 2003 en la flota de rastros, pero no en las dragas, que desde 2011 efectúa la salida y entrada a puerto entre las 6 y 15 horas, sin exceder en cualquier caso las 5 horas diarias de pesca efectiva por embarcación (BOJA núm. 128, de 1 de julio de 2011).

C) Limitación del número de días de pesca semanal

La duración de la jornada de trabajo semanal también está regulada. Según la legislación vigente, la flota de chirla realiza su jornada de pesca exclusivamente de lunes a viernes, con descanso obligado de los sábados, domingos y días festivos de ámbito nacional, autonómicos y locales. Esta medida no ha sufrido modificaciones.

D) Regulación de las dimensiones de las embarcaciones

El tamaño de las embarcaciones, medido en términos de toneladas de registro bruto (TRB), no supera las 20, siendo por lo general de mayor arqueado las embarcaciones de draga (más de 12 m. de eslora) que las de rastro (menos de 12 m. de eslora).

5.6.4. MEDIDAS COMPLEMENTARIAS

El Plan de Pesca vigente para la modalidad de draga hidráulica contempla una serie de medidas como estas:

- o La velocidad no podrá superar los 2,5 nudos (4,63 Km/hora) durante el tiempo que dure el remolcado de la draga en las zonas autorizadas.
- o Las embarcaciones equipadas con este arte de pesca deben dedicarse con exclusividad a la captura de chirila, teniendo prohibido la captura, tenencia a bordo, transbordo y transporte de otras especies diferentes (BOJA núm. 128, de 1 de julio de 2011).

En la flota de rastro, la Orden de 28 de septiembre de 2011 prohíbe llevar instalado a bordo y utilizar los rastros remolcados cuando las embarcaciones alternen su actividad con otras modalidades propias de artes menores (BOJA núm. 196, de 5 de octubre de 2011).

A fin de garantizar el cumplimiento de las normas, la Junta de Andalucía también supervisa la actividad pesquera mediante un sistema de localización y seguimiento denominado “Caja Verde”, y cuenta con inspectores propios que realizan controles aleatorios. En las dos regulaciones citadas anteriormente se hace mención expresa a la obligación que tienen todas las embarcaciones de llevar instalado a bordo la Caja Verde, y a la de mantener la velocidad mínima de 6 nudos (11,11 Km/hora) cuando transiten por las zonas no autorizadas.

Otras actuaciones que regulan la pesca de chirla objeto de estudio afectan a los controles de los desembarcos y de las ventas, a las cribadoras de selección en las dragas y a su comercialización.

A) Control de los desembarcos y de las ventas de chirla

Para poder mejorar los controles, desde la entrada en vigor de la Orden de la Consejería de 24 de junio de 1996 (BOJA núm. 78, de 9 de julio de 1996), los puertos pesqueros autorizados a la descarga de chirla son los de Isla Cristina y Punta Umbría, en la provincia de Huelva, y el de Sanlúcar de Barrameda, en la provincia de Cádiz. La comercialización en primera venta de la chirla capturada está limitada legalmente a estos tres puertos.

B) Cribadoras de selección en las dragas

Con el fin de proteger al recurso, la Dirección General de Pesca y Acuicultura autoriza la instalación de cribadoras de selección en las embarcaciones con draga hidráulica, donde se miden las capturas de chirla. Una vez seleccionadas, las que no cumplen el tamaño mínimo reglamentario son devueltas al mar.

Las medidas de las cribadoras de selección vienen legalmente establecidas en la Orden de 24 de junio de 2011 (BOJA núm. 128, de 1 de julio de 2011) y en su modificación de 26 de julio de 2011 (BOJA núm. 149, de 1 de agosto de 2011). Estas son: 13 mm de separación de mínima de alambres paralelos y 22 mm de diámetro mínimo de los orificios en chapas perforadas.

C) Medidas de autocontrol y mejora de la comercialización

La comercialización en origen de los moluscos bivalvos desembarcados en los puertos de la Comunidad Autónoma Andaluza está regulado conforme a lo

establecido en el Decreto 129/2009, de 5 de mayo, de la Junta de Andalucía (BOJA núm. 95, de 20 de mayo de 2009).

Desde el año 2012, a raíz de la supresión del organismo autónomo Fondo de Regulación y Organización del Mercado de los Productos de la Pesca y Cultivos Marinos (FROM), el organismo autónomo Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA) y la Secretaria General de Agricultura y Alimentación del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) son los dos órganos encargados de resolver los problemas de comercialización de los productos pesqueros, según la disposición 2397 del Real Decreto 401/2012, de 17 de febrero (BOE núm. 42, de 18 de febrero).

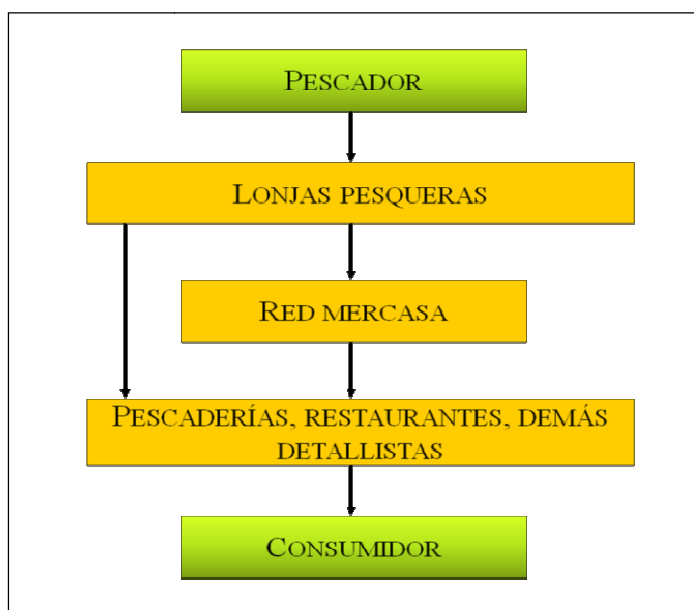
La chirila se comercializa en vivo, como el resto de los bivalvos. El proceso de comercialización o distribución de este molusco se trata en realidad de una cadena comercial que congrega a intermediarios muy diversos. Los niveles varían, pero en cualquier caso comienza con los pescadores con el fin último de llegar a los consumidores, a través de distribuidores mayoristas en origen, detallistas y restaurantes que actúan como agentes intermediarios minoristas (Figura 5.6).

En esta cadena de comercialización, las lonjas pesqueras (mayoristas en origen) desarrollan un papel de vital importancia para el sector extractivo, por ser las únicas instalaciones o centros autorizados que actúan como mercados de origen o de primera venta de todos los productos pesqueros, de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 418/2015, de 29 de mayo (BOE núm. 149, de 23 de junio). En las lonjas se desembarcan las capturas de chirila y se realizan los primeros controles administrativos de índole sanitaria y comercial.

Después intervienen los comerciales mayoristas en origen, también conocidos como exportadores, que son quienes adquieren directamente el producto en primera venta, al por mayor, etiquetado y mediante el procedimiento de subasta electrónica a la holandesa (a la baja). Estos proveedores comercializan la mercancía adquirida a través de sus propios canales de distribución a los

mayoristas en destino, principalmente a establecimientos integrados en la Red MERCASA que cubren toda la geografía española (Mercasevilla, Mercacórdoba, Mercamálaga, Mercagranada, Merecamadrid, etc.) quienes, a su vez, distribuyen el producto a los comerciales minoristas y detallistas (configuración especializada).

Figura 5.6. Canal de comercialización de la chirla



Fuente: Elaboración propia

De forma paralela, también existen otros mayoristas en origen que atienden las demandas de comerciales minoristas encargados de distribuir finalmente el producto a los consumidores (configuración organizada). Los grupos que actúan como agentes minoristas (detallistas) son muy variados, pudiéndose distinguir entre pescaderías y puestos de abastos hasta cadenas de supermercados e hipermercados y grandes superficies comerciales.

Según datos facilitados por el Observatorio de Precios de los Alimentos MARM, el beneficio neto del armador en la chirla en la campaña de 2009 fue de media el 35,5%; en el mayorista en origen fue un 3,4% sobre el precio de salida

del producto; en el mayorista en destino un 6,3% y, por último, en el detallista un 12,9% (MARM, 2011).

El control de los desembarcos y la comercialización en origen de la chirila capturada por la flota artesanal del litoral atlántico andaluz está regulada en la Orden de 23 de enero de 2007 (BOJA núm. 22, de 30 de enero de 2007), quedando restringida exclusivamente a las lonjas de los puertos autorizados a la primera venta desde 1996: Bonanza o Sanlúcar de Barrameda, Isla Cristina y Punta Umbría, a pesar de que la flota ejerce su actividad a lo largo del litoral de la costa de Huelva y Cádiz.

La lonja isleña funciona desde el año 1999 como una sociedad limitada (Lonja de Isla, SL.), que abastece principalmente a todo el Algarbe portugués, a Andalucía y a la Comunidad madrileña. En la actualidad es gestionada conjuntamente y a partes iguales por la Cofradía de Pescadores y la Asociación de Armadores de dicha localidad.

Figura 5.7. Vista parcial del interior de la lonja pesquera de Punta Umbría durante una subasta de chirila



Fuente: Elaboración propia

En Punta Umbría y Sanlúcar de Barrameda, el organismo encargado de la gestión de sus lonjas es únicamente la Cofradía de Pescadores de ambas localidades. La lonja ayamontina, sin embargo, la regenta una empresa privada (la Asociación de Armadores de Punta del Moral SCA).

En apoyo con el sector pesquero, el protagonismo de la chirla en la lonja de Isla Cristina y Punta Umbría ha hecho que se vengán organizando año tras año muestras gastronómicas en ambas localidades: desde 1995, la denominada Feria Nacional de la Gamba, la Chirla y el Boquerón de Punta Umbría y, desde 2012, la Feria del Marisco de Isla Cristina.

5.7. LOS AGENTES DEL SECTOR PESQUERO DE LA CHIRLA

Una gestión satisfactoria de la pesquería de chirla requiere tener en cuenta la opinión los stakeholders, que son todas las instituciones y organismos implicados en el proceso de ordenación de la pesquería (cofradías de pescadores, asociaciones de armadores, organizaciones de productores, organizaciones sindicales, organismos de investigación, administración del estado), ya sea por su participación directa en el órgano que actualmente establece las directrices generales del plan de pesca, o ya sea por la importancia social que tienen en el área en cuestión, su poder de convocatoria o capacidad de organizar actividades que condicionen el desarrollo de las políticas de ordenación de la pesquería. Las funciones y representatividad de cada una de estas instituciones son diferentes.

Con el objeto de asegurar el cumplimiento de la ordenación de la pesca y la mejora de la comercialización de la chirla en el Golfo de Cádiz, la Junta de Andalucía creó en 1996 el llamado “Consorcio de la Draga Hidráulica” con representantes del sector (BOJA núm. 78, de 9 de julio de 1996). Los estatutos de su funcionamiento fueron aprobados dos años después, mediante la Resolución del Director General de Pesca de 3 de septiembre de 1998 (BOJA núm. 111, de 1 de octubre de 1998).

Hasta su disolución en la segunda mitad del año 2003 (BOJA núm. 143, de 28 de julio de 2003), en el Consorcio participaban representantes de la draga hidráulica y de las cofradías de pescadores de las localidades de Ayamonte, Isla Cristina, Lepe, Punta Umbría y Sanlúcar de Barrameda, así como representantes de las asociaciones de armadores de Isla Cristina, Lepe, Punta Umbría y Sanlúcar de Barrameda. Su misión no era otra que la de actuar como mero intermediario entre el sector y la Administración en aspectos relacionados con los horarios de venta, capturas diarias o precios. Contaba con autonomía propia para proponer medidas de autocontrol que garantizaran el cumplimiento de las normas de protección de los caladeros, en particular de la tara y talla de captura⁸, y medidas de comercialización dirigidas a mejorar las condiciones de venta de la producción.

Con la disolución del Consorcio se modifica parcialmente la normativa que hasta ese momento regulaba la pesquería y, mediante la Orden de 30 de junio de 2003, la Junta y el sector pesquero aprueban constituir un nuevo órgano de seguimiento llamado “Comisión de Seguimiento”, para así asegurar el autocontrol de la pesca de la chirla en el Golfo de Cádiz (BOJA núm. 143, de 28 de julio de 2003). Además del autocontrol para preservar los recursos pesqueros, la Comisión tiene otras funciones, como las de proponer y fomentar medidas adecuadas a las posibilidades pesqueras y potenciar actuaciones que mejoren la presentación de los productos y contribuyan a su identificación por parte de los consumidores.

La Comisión de Seguimiento está constituida por al menos veinte representantes del sector: tres de la Dirección General de Pesca y Acuicultura; dos de las Delegaciones Provinciales de las Consejerías de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de Huelva y Cádiz; seis de la Federación Andaluza de Cofradías de Pescadores (FACOP); seis de la Federación Andaluza de Asociaciones

⁸ A estos efectos, el Consorcio enviaba a las Delegaciones Provinciales de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, los días 15 de cada mes, la relación de documentos de registro correspondientes a las capturas vendidas en su provincia en el mes anterior con sus anotaciones.

Pesqueras; dos de la Confederación de Empresarios de Andalucía (CEA); y uno de cada organización sindical. Entre sus misiones está la de velar porque se aplique la normativa que regula la pesca de la chirla.

5.7.1. COFRADÍAS DE PESCADORES

Las cofradías de pescadores se configuran desde 1978 como corporaciones de Derecho Público, sin ánimo de lucro, dotadas de personalidad jurídica y capacidad de obrar para el cumplimiento de los fines y funciones que le están encomendados, de acuerdo con lo establecido en el artículo 41.1 de la Ley 1/2002, de 4 de abril, de ordenación, fomento y control de la Pesca Marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina (BOJA núm. 45, 18 de abril de 2002), que modifica al artículo 1º.1 del R.D. 670/1978, de 11 de marzo (BOE núm. 87, de 12 de abril de 1978).

Las Comunidades Autónomas ejercen sus competencias sobre las cofradías desde 1992, como consecuencia de la aprobación de la Ley Orgánica 9/1992, de 23 de diciembre, de Transferencia de Competencias a Comunidades Autónomas (BOE núm. 308, de 24 de diciembre de 1992).

La normativa andaluza vigente que regula la configuración de las cofradías de pescadores y sus federaciones es el Decreto 86/2004, de 2 de marzo (BOJA núm. 52, de 16 de marzo de 2004), y la Orden de 28 de diciembre de 2004 de la Junta (BOJA núm. 6, de 11 de enero de 2004).

La principal característica de estas entidades es que integra tanto a trabajadores de la pesca como a empresarios del sector. Las cofradías tienen sus propios estatutos y se organizan de acuerdo a dos principios generales: el principio democrático; y el de paridad en la representación de trabajadores y empresarios del sector.

Entre sus funciones está la de actuar como órgano de consulta y colaboración de las administraciones competentes en temas de interés general

pesquero y referente a la actividad extractiva pesquera y su comercialización, especialmente en la pesca artesanal (el artículo 41.2 de la Ley 1/2002, de 4 de abril, recoge este carácter). Son competencias de las Cofradías los asuntos relativos con el presupuesto anual, la concertación de préstamos, la fijación de las cuotas y la gestión de las lonjas de pescado, entre otros.

La organización de las cofradías de pescadores se articula en torno a la figura del presidente, vicepresidente y secretario. El presidente es el patrón mayor de la cofradía, quien es elegido por y entre los miembros de la Asamblea mediante sufragio libre y secreto. El período de mandato es de cuatro años de duración. Al patrón mayor le corresponde las decisiones sobre la dirección y gestión de todos los servicios de la cofradía y la representación legal de la misma. Además, ha de presidir las reuniones de los órganos rectores, visar las actas que se levanten de las mismas, y convocar al cabildo y a la Junta General.

Por su parte, el vicepresidente, o vicepatrón mayor, es quien sustituye al Presidente en casos de ausencia, vacante o enfermedad. El patrón mayor y el vicepatrón mayor pueden ser indistintamente trabajadores o armadores, sin embargo, se mantiene el principio de la paridad según el cual se establece una alternancia en el puesto de ambos. Por último, el secretario de la cofradía, o tesorero, es la persona encargada de la contabilidad, del manejo y custodia de los fondos. También asume funciones internas de intervención de los pagos y cobros, control y fiscalización de la gestión económica.

Las Cofradías de Pescadores que actúan como órganos de consulta en el sector de la chirila del Golfo de Cádiz son cuatro: “De la Virgen de las Angustias” de Ayamonte; “Virgen del Carmen” de Isla Cristina; “Santo Cristo del Mar” de Punta Umbría; y, la de Sanlúcar de Barrameda. Todas ellas se encuentran integradas, a su vez, en federaciones de ámbitos regionales y nacionales: la Federación Andaluza de Cofradías de Pescadores (FACOPE) y la Nacional (FNCP). El grado de representatividad de las cofradías es variable en la pesquería, dada la existencia de asociaciones de armadores específicas.

5.7.2. ASOCIACIONES DE ARMADORES

Las asociaciones de armadores son asociaciones empresariales jurídicamente reconocidas, que están integradas únicamente por empresarios del sector extractivo de la chirla, sean o no propietarios de sus embarcaciones.

En el sector de la chirla del Golfo de Cádiz operan las asociaciones de armadores de Ayamonte, Isla Cristina, Lepe, Punta Umbría, Huelva, Sanlúcar de Barrameda y El Puerto de Santamaría.

En Andalucía, los armadores de las embarcaciones de draga hidráulica están integrados en cofradías y asociaciones patronales, que a su vez se integran en sus respectivas federaciones regionales y nacionales. De ámbito regional es la Federación Andaluza de Asociaciones Pesqueras (FAAPE), incorporada a la Confederación de Empresarios de Andalucía (CEA) y, de ámbito nacional, la Federación Nacional de Cofradías de Pescadores (FNCP) y la Confederación Española de Pesca (CEPESCA), ambas con sede en Madrid.

5.7.3. ORGANIZACIONES DE PRODUCTORES

Las Organizaciones de Productores Pesqueros (OPP) son entidades de Derecho Privado legalizadas y reconocidas oficialmente por la Unión Europea, que representan los intereses de los armadores, por lo que están constituidas exclusivamente por empresarios. Participan en los foros de pesca, reciben subvenciones y juegan un papel importante en el desarrollo de la actividad comercializadora. Su principal objetivo es organizar a los productores para hacer frente a las fluctuaciones del mercado.

Las OPP en el sector extractivo de la pesca reúnen los requisitos y condiciones establecidas por la normativa comunitaria y estatal: el artículo 6 del Reglamento (UE) núm. 1379/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2013, por el que se establece la organización común de

mercados en el sector de los productos de la pesca y de la acuicultura (DOUE L 354, de 28 de diciembre); y el artículo 1 del Real Decreto 724/2003, de 13 de junio, por el que se regulan las organizaciones de productores de la pesca y de la acuicultura y sus asociaciones (BOE núm. 153, de 27 de junio).

Según el último directorio de OPP y asociaciones de OPP publicado por el MAGRAMA en marzo de 2015, de las 42 Organizaciones de Productores que existen en España, 7 se encuentran repartidas por toda Andalucía: 5 en el litoral occidental y 2 en el litoral oriental, pero solo una pertenece al sector pesquero de la chirla del Golfo de Cádiz, la “Organización de Productores Pesqueros Chirlas de Andalucía”⁹.

Esta entidad se constituye a mediados del año 2013, en virtud de la Resolución de 28 de junio de 2013, con el fin de mejorar las condiciones del sector y participar activamente en la cadena de comercialización de la chirla (BOJA núm. 137, de 16 de julio de 2013). Actualmente tiene su sede en Lepe y está integrada por armadores de draga hidráulica de los puertos pesqueros onubenses de Ayamonte, Isla Cristina, Lepe, Punta Umbría y del gaditano de Sanlúcar de Barrameda que operan en el Golfo de Cádiz¹⁰.

Con anterioridad, en febrero de 2004, se creó la OPP de Punta Umbría con 18 armadores, si bien dejó de funcionar un mes después de su creación coincidiendo con el cambio del Gobierno central. Esta organización sí está reconocida a nivel nacional por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, pero no por la Junta de Andalucía.

⁹ [En línea] Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/pesca/temas/mercados-economia-pesquera/Listado_OPP_WEB_abril_2015_tcm7-367314.pdf (Consulta: 07/11/15).

¹⁰ Noticia de Europa Press, publicada el 14/06/12. *El sector de la chirla del Golfo de Cádiz constituye una organización regional para mejorar la gestión del caladero*. [En línea] Disponible en: <http://www.europapress.es/andalucia/huelva-00354/noticia-sector-chirila-golfo-cadiz-constituye-organizacion-regional-mejorar-gestion-caladero-20120614192125.html> (Consulta: 07/11/15).

5.7.4. OTRAS ENTIDADES REPRESENTATIVAS

I) Organizaciones Sindicales

Las organizaciones sindicales dentro del sector pesquero se crean tras la Constitución de 1978. El nivel de afiliación sindical en la pesca es muy reducido y, dado el peso de la flota artesanal, su vertebración es muy compleja.

En Andalucía, para dar cabida a los sindicatos en las Cofradías se ha establecido un cauce para su representación en los consejos rectores de la Cofradías, en los que existe, por tanto, una cuota sindical. Los sindicatos más representativos a efectos de sus colaboraciones en la toma de aquellas decisiones que puede afectar a los intereses que representan son: la Unión General de Trabajadores (UGT) y Comisiones Obreras (CC. OO.), dentro de los cuales se integran las Federaciones, en las que a su vez se integran los trabajadores del mar que, dado su bajo nivel de afiliación, suelen compartir sindicato con los sectores del Transporte y de las Comunicaciones.

II) Organismos de Investigación

La labor de investigación de los científicos en materia de biología pesquera es llevada a cabo principalmente por el Instituto Español de Oceanografía (IEO) a través de diferentes sedes y subsedes. Esta institución de carácter público cuenta con el Laboratorio Oceanográfico de Fuengirola, que tiene una subdelegación en Cádiz, y en el que se han realizado estudios de evaluación y análisis de las pesquerías demersales del Golfo de Cádiz.

En Andalucía, el Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) es un organismo autónomo que tiene patrimonio propio. Se creó en el 2003 y está adscrito a la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía. Dispone de dos centros: el IFAPA Centro "Agua del Pino", que se encuentra

enclavado en Cartaya, Huelva; y el IFAPA Centro “El Toruño”, en El Puerto de Santa María, Cádiz. También existen organismos dependientes del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), como el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN) con sede en Puerto Real, Cádiz.

III) Organizaciones Gubernamentales

En España, las competencias en materia de ordenación pesquera están repartidas entre el Gobierno central y los diferentes gobiernos regionales, en función de la zona en la que se desarrolla la actividad pesquera.

A nivel nacional, la Secretaría General de Pesca del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente es el organismo de la Administración Central responsable de las estadísticas pesqueras. A nivel de nuestra Comunidad (la Comunidad Autónoma Andaluza), es la Dirección General de Pesca y Acuicultura de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía la principal institución encargada de elaborar las estadísticas de la pesca fresca y subastada en los puertos del litoral andaluz, y de aplicar herramientas de control para una acertada gestión de la pesquería.

5.8. LOS OBJETIVOS DE LA GESTIÓN PESQUERA

El proceso de una buena ordenación y gestión de la pesquería de chirila conlleva diseñar y poner en marcha una serie de medidas para garantizar la consecución de objetivos biológicos, sociales, económicos e incluso políticos. El problema de estos objetivos es que suelen ser frecuentemente contradictorios o incompatibles entre sí, al menos a medio y a largo plazo, por lo que su consecución simultánea resulta prácticamente imposible.

Desde un punto de vista biológico, según el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO (1995), el uso sostenible a largo plazo es el objetivo primordial de la conservación y gestión. Por ello se desarrollarán planes de gestión en esta pesquería que garanticen a largo plazo el mantenimiento del stock del recurso en un nivel de equilibrio tal que genere la mayor captura posible, es decir, en el nivel del Rendimiento Máximo Sostenible (RMS).

Además, se ha de tener en cuenta que el carácter monoespecífico de la pesquería de chirla hace que apenas se produzcan capturas de otros bivalvos en las zonas en las que operan las embarcaciones. En esta pesquería, la mayor parte de las capturas de chirla se obtienen con draga hidráulica, que son mucho más potentes que los rastros tradicionales, arrastrando a su paso a otras especies que habitan en los fondos en los que estas actúan y que son de un gran valor económico como el langostino y la acedía. Estas capturas incidentales quedarán prácticamente destrozadas para su venta en las lonjas pesqueras.

Como objetivos económicos los gestores de pesca se van a fijar en mejorar la eficiencia económica. De hecho, el objetivo para cualquier pescador será maximizar sus ganancias o al menos no incrementar sus costes. La carrera competitiva del pescador por hacerse con el recurso tratando de maximizar sus beneficios provocará la sobrepesca debido a una sobreexplotación de los recursos del stock (Gordon, 1953) y, en último instante, la disipación de la renta que la pesquería podría generar. Es por eso que la inclusión de este objetivo va ser crucial en cualquier política de gestión.

Por otro lado, también hemos de tener en cuenta que la actividad pesquera que se desarrolla en el litoral suratlántico andaluz desempeña un papel muy importante en el conjunto de la actividad económica, ya que genera un porcentaje elevado de empleos en municipios de la costa onubense de Ayamonte, Isla Cristina, Lepe y Punta Umbría y en la gaditana de Sanlúcar de Barrameda. Prueba de ello son los resultados obtenidos de las estimaciones realizadas por la

UE en 2000 que sitúan para estos municipios en un 16% los empleos que dependen directa o indirectamente de la pesca.

Además existen objetivos políticos, dado que las modalidades que subsisten en la pesquería de la chirila (draga hidráulica, rastro remolcado) son de diferente eficiencia y capacidad. La gran potenciabilidad de las dragas implica que sus capturas sean también de mayor calidad y que se vendan más caras en los mercados que las extraídas de forma tradicional, por lo que no es de extrañar que se produzcan enfrentamientos entre los pescadores de rastro y los de draga, sobre todo, durante el tiempo en el que los rastros no se dedican a las capturas de otras especies.

Un segundo tipo de enfrentamiento también habitual en esta pesquería surge entre el sector extractivo y los comerciantes mayoristas o exportadores, debido al reparto desigual del margen comercial, ya que estos son los que adquieren casi la totalidad de las capturas que se subastan en las lonjas pesqueras y que es de un 60% para estos y oscila entre un 25% y un 30% para los primeros.

Finalmente, un tercer tipo de conflictos surge entre los pescadores asociados al Consorcio de la Chirila y el resto, imposibilitando en gran medida la adopción de acuerdos y la viabilidad de este sistema de gestión. Los enfrentamientos de carácter localista e institucional suelen ser mayores y más frecuentes en la medida en que la administración limita los márgenes de los pescadores. De hecho, en enero de 2003 una parte significativa de la flota, la de Punta Umbría, abandonó el Consorcio, como medida de presión para exigir una modificación de las limitaciones de capturas.

CAPÍTULO 6

Un modelo bioeconómico multiobjetivo para la gestión de la pesquería de chirla en la Región Suratlántica

6.1. INTRODUCCIÓN

Tras analizar los aspectos más destacables que caracterizan a la pesquería de chirla que se desarrolla en la Región Suratlántica española, en este capítulo nos centramos en diseñar un modelo bioeconómico para la gestión óptima de la pesquería, desde la perspectiva multicriterio y teniendo en cuenta los intereses de todos los grupos de agentes implicados en el proceso de toma de decisión de la pesquería.

Como técnica multicriterio de optimización del modelo elegimos diferentes variantes de la Programación por Metas (PM) determinista a fin de comparar resultados. El modelo incluye metas no lineales, objetivos de diferente naturaleza (biológico, socioeconómico, político) que generalmente no pueden

alcanzarse simultáneamente, y restricciones fijas relacionadas con la duración de la jornada de pesca, el tamaño de la flota, etc.

Para garantizar que los objetivos perseguidos por la administración pesquera, asociaciones de armadores, cofradías de pescadores, organizaciones sindicales y organismos de investigación (científicos, ecologistas, etc.) se van a tener en cuenta cuando se elaboren los planes de gestión en la pesquería de chirla, se aplica la metodología del AHP.

Una vez que se han obtenido las preferencias individuales, para la obtención de las preferencias de los diferentes grupos se procede a agregarlas utilizando medias aritméticas dentro de cada grupo.

De esta forma, gracias a la inclusión de las preferencias de los grupos en los modelos PM, nos aseguramos que los objetivos de todos los grupos se ven representados. A continuación, buscamos aquellas soluciones ideales del modelo que garantizan la explotación sostenible de los caladeros de chirla con diferentes variantes de la programación por metas.

La Programación por Metas Extendida de Linares y Romero (2002) se aplica, primero, en la obtención de los pesos de los objetivos combinando PMP y Minimax (6.8.2), después en resolución del modelo bioeconómico multiobjetivo PM Extendida, combinando las variantes Lexicográficas y Minimax (6.10).

Por último, se comparan las soluciones obtenidas tras cambiar algunos parámetros del modelo y realizar diferentes análisis de sensibilidad.

6.2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Desde la perspectiva de la toma de decisiones con objetivos y agentes múltiples, nuestro interés ahora se va a centrar en el diseño de un modelo bioeconómico que represente la situación de los stocks de chirla, las capturas y los esfuerzos totales de la pesquería a largo plazo tomando como año de referencia el 2001. Para la resolución de este se va a utilizar la metodología de la Programación por Metas

(PM) ponderadas, lexicográficas, minimax o Chebyshev y extendida. A continuación se analizan los elementos que caracterizan al modelo. Estos son: las variables de decisión, los objetivos de gestión, las restricciones y las metas que se han establecido.

6.2.1. LAS VARIABLES DE DECISIÓN

Para la clasificación de la flota se tienen en cuenta tres criterios: el tipo de arte que utiliza la embarcación para sus capturas (i), las dimensiones de la flota (j), y también un criterio geográfico que relaciona las tres zonas de producción de moluscos y de otros invertebrados marinos¹ con la localización de los puertos en el que normalmente se desembarcan las capturas de chirla (k).

Como variables de decisión se consideran 18 variables exógenas, que son: el tamaño de la flota y el tiempo medio de actividad pesquera, para nueve segmentos de flota diferentes. Estas variables las denotaremos por NUM_{ijk} y TP_{ijk} , ($i, j=1,2; k=1, 2, 3$), respectivamente.

Se utilizan los subíndices i con valor 1 para las dragas hidráulicas y 2 para los rastros remolcados; j con valor 1 cuando las dragas superan los 12 m de eslora y con valor 2 en caso contrario. El hecho de que las embarcaciones de rastro no lleguen a superar los 12 m de eslora hace que este criterio solo afecte a la flota de draga. Por último, se considera el subíndice k con valores 1 para la zona de poniente, 2 para la zona central y 3 para la zona de levante.

6.2.2. LOS OBJETIVOS JERÁRQUICOS DE GESTIÓN

Los objetivos de gestión de la pesquería que se está analizando son de distinta naturaleza, biológicos, socioeconómicos y políticos. La consecución de todos

¹ Las zonas de producción de moluscos y de otros invertebrados marinos del litoral español están legalmente establecidas según el Real Decreto 345/1993 (BOE núm. 74, de 27 de marzo de 1993).

ellos no puede ser simultánea, es por ello que pueden considerarse como objetivos en conflicto.

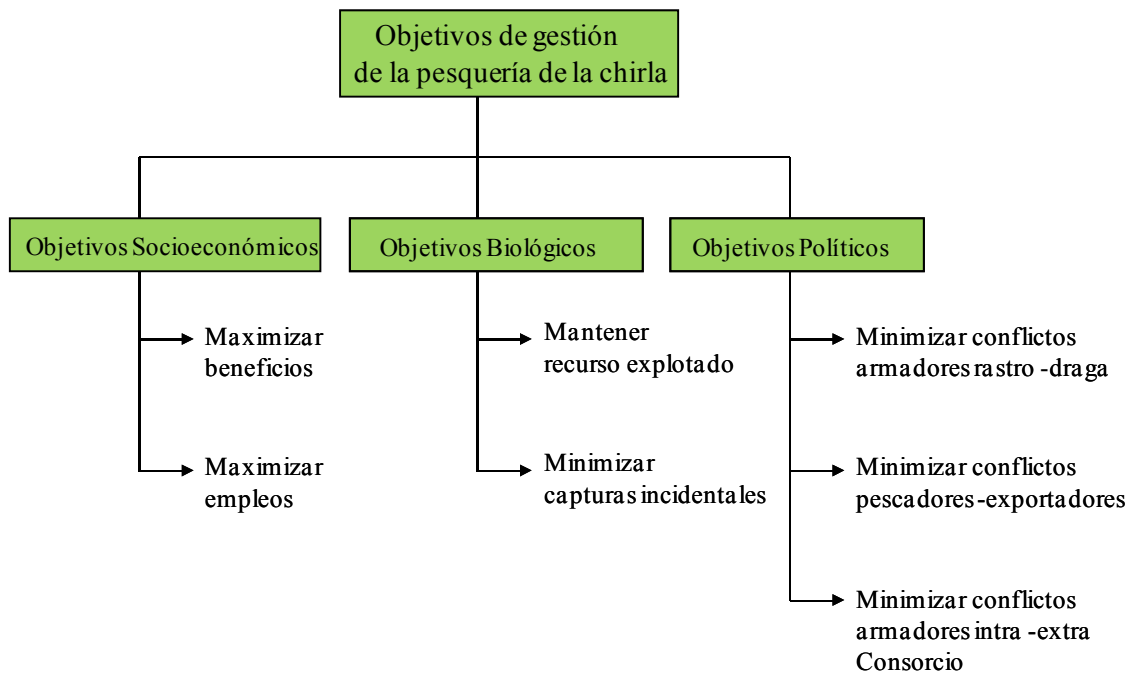
De naturaleza socioeconómica se considera la maximización del beneficio y del empleo total de la flota. De naturaleza biológica, la conservación del recurso explotado y la minimización de las capturas incidentales. Y como objetivos de naturaleza política, la minimización de tres tipos de enfrentamientos que se producen en la pesquería de chirla: los conflictos que surgen entre los pescadores de draga hidráulica y los de rastro remolcado; los conflictos entre los armadores integrados y no integrados en el Consorcio de la Chirla; y, finalmente, los enfrentamientos entre mayoristas e intermediarios comerciales vs. pescadores.

No obstante, la cuantificación de los enfrentamientos entre mayoristas y e intermediarios comerciales vs. pescadores conlleva incorporar en el modelo el precio final al por mayor en destino como variable exógena, ya que este no es constante sino que depende de la interacción en el mercado de otras pesquerías españolas y de las importaciones de chirla italiana. En consecuencia, este objetivo no se incluye en el modelo PM, únicamente se tiene en cuenta en el apartado correspondiente a la aplicación de la metodología AHP.

Los objetivos de gestión se estructuran jerárquicamente en forma de árbol. Basándonos en el trabajo de y Leung et al. (1998), se diseña una estructura jerárquica descendente con tres niveles completos, tal y como se muestra en la Figura 6.1, con la particularidad de que las alternativas que normalmente se utilizan en el Nivel 3 han sido sustituidas por subobjetivos.

Conseguiremos minimizar los enfrentamientos entre pescadores de rastro y de draga manteniendo en el futuro el reparto de cuotas de capturas existente entre ambas modalidades, o lo que es lo mismo, manteniendo la proporción entre los días de trabajo totales de ambas modalidades. Cualquier otra alternativa iría en beneficio de una modalidad y en perjuicio de la otra.

Figura 6.1. Objetivos jerárquicos de gestión



Fuente. Elaboración propia

Para minimizar los conflictos entre pescadores que se encuentran fuera o dentro del Consorcio de la Chirla se minimizan los enfrentamientos que se producen entre los pescadores de los puertos de Ayamonte e Isla Cristina con los de Punta Umbría, a consecuencia de la caída tanto de los precios como de las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de enero de 2003. Estos se cuantifican minimizando la discrepancia en la distribución relativa a las cuotas por puertos y segmentos de flota frente a las capturas en 2001 para reducir estos enfrentamientos.

En relación con la minimización de las capturas incidentales que no pueden ser devueltas al mar, se lleva a cabo la minimización de la superficie rastreada por las dragas, dada la relación inversa que existe entre las capturas de estas y las realizadas con trasmallo, que es el arte de pesca tradicional de la zona bajo estudio. De hecho, se observa a medida que se incrementa el número de

dragas y el esfuerzo pesquero desarrollado por estas embarcaciones se obtiene un descenso en las capturas realizadas con trasmallo.

La obtención de los beneficios en esta pesquería de bivalvos que nos ocupa se realiza a través del Monte Mayor. Este sistema de liquidación salarial es un sistema de remuneración “a la parte” de profunda tradición histórica en la pesca española, y que aún permanece vigente en la flota artesanal pesquera de chirla que estamos analizando. El Monte Mayor es de especial relevancia por sus implicaciones económicas y permite el control de la distribución de beneficios por parte de los trabajadores asignando una mayor participación, aunque no de control, de los pescadores en el resultado de la actividad.

Los objetivos se pueden formular conforme a las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } X \\
 & \text{Min } \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 SUPRAST_{ijk} \cdot NUM_{ijk} \cdot TP_{ijk} \\
 & \text{Max } \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 BEN_{ijk} \\
 & \text{Max } \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 EMP_{ij1} \\
 & \text{Max } \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 EMP_{ij2} \\
 & \text{Max } \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 EMP_{ij3} \\
 & \text{Man } RATDIAS \\
 & \text{Min } RECMP
 \end{aligned} \tag{1}$$

donde,

X : Biomasa de la población de chirla;

$SUPRAST_{ijk}$: Superficie rastreada por día de pesca del segmento i, j, k ;

BEN_{ijk} : Beneficios totales del segmento de flota i, j, k ;

EMP_{ij1} : Empleos totales en la zona de poniente;

EMP_{ij2} : Empleos totales en la zona central;

EMP_{ij3} : Empleos totales en la zona de levante;

$RATDIAS$: Indicador de conflictos draga-rastro; y

$RECOMP$: Indicador de conflictos entre puertos.

6.2.3. LAS RESTRICCIONES DEL MODELO

A continuación vamos a describir todas las restricciones impuestas sobre las variables del modelo, que son de cuatro tipos: (1) blandas, flexibles o metas; (2) rígidas; (3) de acotación de las variables; y, por último, (4) de no negatividad.

6.2.3.1. Metas

Definidas las variables y los objetivos del modelo PM, el siguiente paso consistirá en fijar las restricciones flexibles tipo metas y los niveles de aspiración para las mismas.

Las metas que vamos a utilizar hacen referencia a: (1) la maximización de los beneficios a largo plazo generados por la pesquería; (2) la maximización de los empleos totales de cada una de las tres zonas bajo estudio; (3) la minimización de la superficie rastreada por las dragas; (4) el mantenimiento del indicador de conflictos entre artes; y (5) la minimización del indicador de discrepancias entre puertos. Las expresiones matemáticas que definen a estas siete metas son:

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 BEN_{ijk} \geq t_1$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 EMP_{ij1} \geq t_2 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 EMPTOT_{ij2} \geq t_3$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 EMPTOT_{ij3} \geq t_4$$

$$\sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 SUPRAST_{1,jk} \leq t_5$$

$$RATDIAS = t_6$$

$$RECOMP \leq t_7$$

Al modelo PM que incluye estas siete metas lo llamaremos en lo sucesivo Modelo II. Además de estas metas, se va a considerar una más: la meta biológica que garantiza que la explotación de la chirla se hará de manera sostenible siempre que la biomasa del stock sea al menos igual a la del Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) del año 2001 bajo estudio. Al modelo que incluye la meta de la biomasa del recurso lo llamaremos Modelo I. La meta se formula así:

$$X \geq t_8 \quad (3)$$

De esta forma, el objetivo relativo a que la explotación de la chirla se realice de manera sostenible no se ha considerado explícitamente como meta del problema PM, sino que se ha introducido como restricción al mismo, es decir, exigiremos que la relación entre esfuerzo pesquero total desarrollado por la flota y tamaño del recurso verifique la condición de sostenibilidad. Ello se ha realizado por haber comprobado que la introducción como meta (por ejemplo, que la biomasa fuese mayor o igual a la del RMS) era redundante respecto a otros objetivos considerados.

A continuación se procede a la obtención de los niveles de aspiración, t_i ($i = 1, \dots, 8$), de cada una de las metas del Modelo I. Para la obtención de t_1 se considera el resultado de aplicar la tasa media de rentabilidad sobre las ventas de las empresas pesqueras en Andalucía en el año 2000 a los ingresos totales

obtenidos en primera venta en la pesquería. La tasa media de rentabilidad se estima a partir de las cuentas anuales de las empresas depositadas en los Registros Mercantiles de cada provincia, obteniéndose un valor de un 13,14%. En consecuencia, t_1 va a tomar un valor de 2.742.036 €.

En relación a los niveles de aspiración de los empleos t_s , ($s = 2,3,4$), se consideran los valores medios del empleo total equivalente generado por la pesquería de chirila en el período 1999-2001 para cada zona bajo estudio. Estos valores son: 65 empleos para la zona de poniente, 170 para la zona central y 238 para la zona occidental.

Para t_5 se considera la superficie rastreada por las embarcaciones de draga hidráulica durante el año 2001 que ha sido estimado en 1.393,76 km². En la obtención de t_6 se tiene en cuenta la proporción de días de pesca de ambas modalidades en 2001, que es 2. Desde 1998 este ratio ha estado oscilando entre 2,3 y 2,6.

Para el nivel de aspiración t_7 se considera el valor de 1,8, que es el valor ideal que proporciona la matriz de pagos del modelo PM cuando minimizamos el objetivo correspondiente a esta meta. Finalmente, como nivel aspiración t_8 para la meta de la biomasa se considera un valor de 15.108 Tm, que es el nivel de biomasa del RMS en 2001.

Según lo expuesto, las restricciones tipo metas, que incluyen tanto los niveles de aspiración como las variables de desviación de las metas, son de la forma:

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 BEN_{ijk} + n_1 - p_1 &= 2742,036 \\
 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 EMP_{ij1} + n_2 - p_2 &= 65 \\
 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 EMP_{ij2} + n_3 - p_3 &= 170
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 EMP_{ij3} + n_4 - p_4 = 238$$

$$\sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 SUPRAST_{1jk} + n_5 - p_5 = 1393,76$$

$$RATDIAS + n_6 - p_6 = 2,4$$

$$RECOMP + n_7 - p_7 = 1,8$$

Y, para el Modelo I se incluye además:

$$BIO + n_8 - p_8 = 15.108 \quad (5)$$

6.2.3.2. Restricciones Rígidas

En este grupo se incluyen tres restricciones diferentes: una, la correspondiente a los salarios mínimos obtenidos por día de pesca, otra, la del esfuerzo-arqueo máximo y, la última, la del esfuerzo-potencia máximo de la flota. El valor elegido para la primera es el salario mínimo interprofesional y para las otras dos los obtenidos en 2001. Sus expresiones son:

$$SALARDIA > 14,74$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 TP_{ijk} \cdot NUM_{ijk} \cdot GT_{ijk} < 248232 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 TP_{ijk} \cdot NUM_{ijk} \cdot KW_{ijk} < 2178281$$

6.2.3.3. Restricciones que Acotan las Variables de Decisión

Se acota el número de embarcaciones con 6 restricciones que corresponden a: no permitir trasladar la flota ni de una zona k a otra ni la reconversión o sustitución de las embarcaciones del segmento i, j .

Asimismo, se incluyen 18 restricciones con los días mínimos y máximos trabajados al año de cada segmento i, j, k . La cotas elegidas son las obtenidas en el año de referencia 2001. El tiempo máximo elegido se establece legalmente en 226 días, por lo que se ha supuesto constante en toda la flota.

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 NUM_{ij1} &\leq 40 & \sum_{k=1}^3 NUM_{11k} &\leq 54 \\
 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 NUM_{ij2} &\leq 60 & \sum_{k=1}^3 NUM_{12k} &\leq 26 \\
 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 NUM_{ij3} &\leq 35 & \sum_{k=1}^3 NUM_{22k} &\leq 45 \\
 TP_{ijk} &\geq TP_{ijk}^{min} \quad \forall i, j, k & TP_{ijk} &\leq 226 \quad \forall i, j, k
 \end{aligned} \tag{7}$$

6.2.3.4. Restricciones de No Negatividad

Finalmente se incluyen las restricciones de no negatividad para las variables de decisión. Estas son en realidad unas restricciones triviales que indican la naturaleza de las variables de decisión. Tal y como han sido definidas estas variables, parece lógico considerar enteras y positivas a las nueve variables NUM_{ijk} , y reales y positivas a las nueve variables TP_{ijk} .

$$NUM_{ijk} \in \mathbb{Z}^+ \quad \forall i, j, k \tag{8}$$

$$TP_{ijk} \geq 0 \quad \forall i, j, k$$

6.3. CUANTIFICACIÓN DE LOS INDICADORES Y OBJETIVOS BIOLÓGICOS

6.3.1. PODER DE PESCA Y ESFUERZO PESQUERO

Para la determinación del esfuerzo estandarizado total desplegado por la flota, debemos realizar previamente algunas precisiones acerca de la medición del

poder de pesca o capacidad de pesca individual, y de la cuantificación del esfuerzo de pesca de las embarcaciones.

Los biólogos mantienen que uno de los problemas más difíciles de solucionar, al tratar de estudiar una pesquería, es la evaluación de la variable esfuerzo. Los dos factores que deben tenerse en cuenta, el poder de pesca y el tiempo dedicado a la actividad, no pueden ser ni definidos ni medidos con un patrón universal, y precisan incluir variaciones que dependan tanto de la especie a considerar como de las técnicas utilizadas.

El esfuerzo pesquero se suele definir como el producto del tiempo de pesca operativo, o tiempo efectivo de faena (mes, año, etc.), y del poder de pesca individual. El poder de pesca a su vez se define como la capacidad de pesca de la embarcación, o “poder de captura de un barco individual” (Beverton y Holt, 1957). Con esta definición, parece lógico pensar que las embarcaciones que componen la flota tendrán un poder de pesca individual más o menos parecido. Además, cuando el poder de pesca de las embarcaciones permanece constante, las capturas podrán ser superiores o inferiores en función de la duración de la faena de pesca de cada embarcación.

La cuantificación del poder de pesca y, por tanto, del esfuerzo pesquero se encuentra íntimamente ligada a la naturaleza de las pesquerías, dependiendo este del arte de pesca empleado y de las características del barco (TRB, potencia, etc). Así, por ejemplo, para la flota de cerco, en las que las capturas son muy abundantes, parece apropiado utilizar el arqueo total de la embarcación como input relacionado con el poder de pesca individual. Sin embargo, para una embarcación palangrera puede resultar más conveniente incorporar información sobre la longitud o número de sus anzuelos, y para la flota de arrastre, que generalmente trata de obtener capturas de especies que habitan a gran profundidad, la potencia de los motores puede ser un indicador apropiado del poder de pesca de la embarcación.

Las mejores unidades de esfuerzo son aquéllas que evitan que existan tendencias en la capturabilidad cuando se analizan series de varios años. En cualquier caso, una correcta cuantificación del esfuerzo requiere tener en cuenta: el número de embarcaciones según tipo de arte, el número de días en los que la flota opera, la duración de la temporada de pesca, y la equivalencia de poder de pesca entre unidades pesqueras que puedan ser consideradas heterogéneas. Por ejemplo, para la flota de cerco, una posible medida de esfuerzo vendrá expresada en TRB y día de pesca, y para la flota de arrastre de fondo, en caballos de vapor por unidad de tiempo. Ahora bien, cuando el poder de pesca de las embarcaciones que componen la flota se pueda considerar homogéneo, se pueden utilizar como medidas aquéllas que estandaricen el esfuerzo pesquero desarrollado por la flota como el tiempo de pesca total de la flota.

Una manera sencilla de evaluar el poder de pesca consiste en comparar las capturas por unidad de esfuerzo de la embarcación i -ésima ($CPUE_i$) con referencia a la $CPUE^2$ de la embarcación que se considere como estándar en la misma área y en el mismo tiempo ($CPUE_1$):

$$PP_i = \frac{CPUE_i}{CPUE_1} \quad (9)$$

En el caso de la pesquería de chirla que se está analizando se puede establecer una relación entre el poder de pesca de una draga hidráulica y un rastro remolcado. De hecho, puede afirmarse que las embarcaciones provistas de draga hidráulica poseen un poder de pesca, por término medio, tres veces superior al de los barcos provistos con el rastro tradicional. En consecuencia, el poder de pesca de cada grupo de embarcaciones se ha estandarizado expresándolo en términos relativos respecto al poder de pesca medio de una draga hidráulica, mediante la expresión:

² La captura por unidad de esfuerzo o CPUE es por definición la captura en peso total de una flota que faena en una pesquería dividida por el esfuerzo total. La CPUE depende de la abundancia de peces y su capturabilidad y las unidades en que puede expresarse son muy diversas dependiendo de las unidades en que se midan las capturas y el esfuerzo de pesca.

$$PP_{ijk} = \frac{SUPRAST_{ijk}}{SUPDRAGA} \quad (10)$$

siendo,

PP_{ijk} : Poder de pesca del segmento de flota i, j, k ;

$SUPDRAGA$: Superficie media rastreada por día de pesca de una draga hidráulica (es constante y toma un valor de 82452,3 m²/día); y

$SUPRAST_{ijk}$: Superficie rastreada por día de pesca del segmento de flota i, j, k .

Nosotros estamos interesados en la obtención de esfuerzos estandarizados definidos como el número de barcos por la temporada de pesca (días/año).

En relación con la asignación del poder de pesca se tiene en cuenta que este se encuentra muy relacionado con la superficie rastreada a lo largo de la jornada (Royo, 1995). Esta a su vez depende de la dimensión del arte utilizado, la velocidad de rastreo y la duración (en horas) de la jornada de pesca. Así pues, considerando las horas de pesca efectiva diarias, la superficie rastreada por día de pesca según segmento de flota obtiene con la expresión:

$$SUPRAST_{ijk} = HPES_{ijk} \cdot DimVel_{ijk} \quad (11)$$

siendo,

$DimVel_{ijk}$: Dimensión del arte utilizado y de la velocidad de rastreo del segmento de flota i, j, k ; y

$HPES_{ijk}$: Número medio de horas de pesca efectiva por día y segmento de flota i, j, k .

Para la determinación del esfuerzo de pesca estandarizado total desarrollado por toda la flota a lo largo de un año se tiene en cuenta que existe una enorme homogeneidad interna para embarcaciones de una misma categoría.

Por esta razón, se ha optado por la estimación de nueve esfuerzos de pesca diferentes, uno para cada categoría de la flota, conforme a la siguiente expresión:

$$E_{ijk} = PP_{ijk} \cdot TP_{ijk} \quad (12)$$

siendo E_{ijk} el esfuerzo de pesca estandarizado anual para cada segmento de flota i, j, k .

El esfuerzo total estandarizado desplegado por toda la flota ($ETOT$) es la suma de los esfuerzos individuales de cada segmento, es decir,

$$ETOT = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 E_{ijk} \quad (13)$$

6.3.2. SUPERFICIE RASTREADA POR LAS DRAGAS

La cuantificación de la superficie rastreada por las dragas, solo para la flota de draga hidráulica, se obtiene sumando los productos de los días de pesca por la superficie rastreada por día de pesca en el segmento, es decir,

$$SUPDR = \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 SUPRAST_{1jk} \cdot NUM_{1jk} \cdot TP_{1jk} \quad (14)$$

6.3.3. EVALUACIÓN DEL STOCK Y DETERMINACIÓN DE LAS CAPTURAS

Desde un punto de vista eminentemente biológico, se pretende situar a la pesquería en el punto en que los niveles de esfuerzo y capturas sean compatibles con el rendimiento máximo sostenible (RMS). Asimismo, debido a la inexistencia de evaluaciones biológicas del recurso, hemos optado por evaluar la dinámica de los stocks de chirla utilizando el Modelo General de Producción de Schaefer (1954a), que supone que la biomasa de la población de peces viene dada por la expresión:

$$X = K \left(1 - \left(\frac{q}{r} \right) ETOT \right) \quad (15)$$

donde,

$ETOT$: Esfuerzo total desplegado por la flota;

X : Biomasa de la población de chirla (Kgrs.);

r : Tasa de crecimiento intrínseco (1/Kg.);

K : Biomasa máxima asintótica o capacidad de carga (Kg.); y

q : Coeficiente de capturabilidad (días estandarizados⁻¹).

El nivel de capturas compatible con el RMS se puede calcular para cada segmento de flota (h_{ijk}) mediante la ecuación propuesta por Schaefer (1954):

$$h_{ijk} = q \cdot X \cdot E_{ijk} \quad (16)$$

Finalmente, las capturas totales ($HTOT$) o rendimiento de la pesquería resultan de la suma de todas las capturas de los segmentos, es decir,

$$HTOT = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 h_{ijk} \quad (17)$$

6.4. CUANTIFICACIÓN DE LOS INDICADORES Y OBJETIVOS SOCIOECONÓMICOS

6.4.1. INGRESOS

Cuantificadas los objetivos biológicos, nuestro siguiente paso es la obtención de los beneficios totales de la pesquería. Empezamos determinando los ingresos diarios por las ventas como producto de las capturas diarias de chirla y de su precio medio observado en cada lonja para cada segmento de flota en 2001, es decir, como:

$$I_{ijk} = Pchir_{ijk} \cdot h_{ijk} \quad (18)$$

donde,

I_{ijk} : Ingresos totales por ventas del segmento de flota i, j, k ;

h_{ijk} : Capturas diarias obtenidas del segmento de flota i, j, k ; y

$Pchir_{ijk}$: Precio medio de la chirila en lonja en el año 2001 bajo estudio para el segmento de flota i, j, k .

El precio de la chirila que se subasta en lonja presenta una gran viabilidad, situándose entre los 3,2 €/kg. para las embarcaciones de rastro y los 4,2 €/kg. para las dragas hidráulicas.

6.4.2. COSTES VARIABLES

Para la obtención de la función de beneficios a largo plazo se incluyen los costes variables que se derivan del nivel de actividad desplegado por la embarcación y que son los siguientes:

- Los gastos derivados del consumo de combustible;
- Las cuotas a la seguridad social que debe abonar el empresario;
- Las cuotas a la seguridad social que deben abonar los trabajadores;
- Los costes comerciales y de los servicios portuarios; y
- Otros gastos diarios (pequeñas reparaciones, lubricantes, etc.).

Los gastos totales derivados del consumo de gasoil por día de pesca, derivados tanto de la navegación del puerto al caladero y del caladero al puerto como de las faenas de pesca, se obtienen multiplicando el consumo total de combustible por día de pesca por el precio medio pagado por cada litro de combustible, o sea,

$$CGAS_{ijk} = PGAS_{ijk} (HPES_{ijk} \cdot CONSPES_{ijk} + HNAV_{ijk} \cdot CONSNAV_{ijk}) \quad (19)$$

donde,

$CGAS_{ijk}$: Costes derivados del consumo de gasoil diario del segmento de flota i, j, k ;

$PGAS_{ijk}$: Precio medio del gasoil por litro del segmento de flota i, j, k ;

$CONSPES_{ijk}$: Consumo medio de gasoil en litros por hora de pesca del segmento de flota i, j, k ;

$CONSNV_{ijk}$: Consumo medio de gasoil en litros por hora de navegación del segmento de flota i, j, k ;

$HPES_{ijk}$: Número medio de horas de pesca efectiva por día y segmento de flota i, j, k ; y

$HNAV_{ijk}$: Número medio de horas de navegación (puerto-caladero-puerto) por día y segmento de flota i, j, k .

El número medio de horas de pesca efectiva diarias se estima como la diferencia entre el número máximo de horas diarias fuera del puerto y las horas de navegación diarias necesarias para salir y entrar del puerto y navegar al caladero, es decir:

$$HPES_{ijk} = HPERMIT - HNAV_{ijk} \quad (20)$$

siendo $HPERMIT$ el número máximo de horas de pesca diarias legalmente permitido. Esta variable se considera exógena ya que se encuentra regulada en 13 horas diarias, aunque como veremos más adelante podría y, de hecho, ha sido también considerada como variable endógena.

Las cuotas a la Seguridad Social que deben abonar el empresario y los trabajadores se encuentran legalmente establecidas, y dependen tanto del tamaño de la embarcación como de la categoría laboral del tripulante.

Por otra parte, los costes comerciales y de los servicios portuarios incluyen diferentes tasas en porcentajes sobre las ventas, que son iguales para cada puerto pero diferentes entre ellos. Se determinan con los ingresos obtenidos por la venta en base a la siguiente fórmula:

$$CVEN_{ijk} = I_{ijk} \cdot TASA_{ijk} \quad (21)$$

donde,

$CVEN_{ijk}$: Costes comerciales y de los servicios comerciales del segmento de flota i, j, k ; y

$TASA_{ijk}$: Tasas por los servicios comerciales o portuarios aplicadas por segmento de flota.

En el caso de los costes comerciales se incluye la tasa que la lonja pesquera cobra por sus servicios³, el recargo con el que los intermediarios comerciales o vendedurías gravan sus servicios, la tarifa G-4 por servicios portuarios de carga y descarga y por último, la cuota de la Cofradía de Pescadores ya que también esta se cobra como porcentaje sobre las ventas⁴.

Finalmente, como costes variables también se tienen en cuenta “Otros Gastos Diarios” imputables a la jornada de pesca que no corren totalmente por cuenta del armador, tales como la manutención de los tripulantes, pequeñas reparaciones de los equipos y las artes, limpieza, envases, hielo, suministros y lubricantes, entre otros.

6.4.3. COSTES FIJOS

Además de costes variables, la función de beneficios a largo plazo incluye costes fijos que se derivan de la actividad pesquera, y que no son directamente imputables a la jornada de pesca, por lo que son invariantes con el tiempo de pesca ejercido de tres tipos:

- La cuantía de la dotación anual para la amortización del inmovilizado;
- La cuantía anual de la prima de los seguros de accidente de la embarcación; y
- Los gastos anuales de mantenimiento de la embarcación.

³ En la tasa o comisión de la Lonja se encuentran incluidos los gastos derivados de la descarga, custodia de mercancía y transporte interior en la lonja, además de las gestiones derivadas de la subasta en primera venta.

⁴ En la cuota de la Cofradía se incluyen las gestiones derivadas de la gestión de la cofradía a sus afiliados, como por ejemplo la tramitación de licencias de pesca, y un conjunto de gestiones tendentes a servir de enlace entre la administración pesquera y los armadores y tripulaciones.

Para la obtención de la cuantía anual de dotación para la amortización del inmovilizado hay que tener en cuenta que el tiempo de vida fiscal de una embarcación se establece legalmente en 20 años y que, por tanto, después de este tiempo la embarcación se considera plenamente amortizada.

En los costes anuales de mantenimiento de la embarcación se incluyen las grandes reparaciones que esta realiza a lo largo de año como, por ejemplo, pintura, gastos de varadero, mantenimiento de artes y equipos. Además se incluyen costes financieros, tributos de carácter local o contribuciones deducibles y de otras partidas de difícil tipificación genérica.

6.4.4. MONTE MAYOR

El Monte Mayor se obtiene con los ingresos totales procedentes de la venta de la pesca en la lonja una vez deducidos los gastos variables imputables al día de pesca: tasas por servicios comerciales o portuarios, comisiones de lonja y de la Cofradía de Pescadores, gastos derivados del consumo de combustible, la cuota de la Seguridad Social de los trabajadores, lubricantes, etc. En estas partidas de gastos no se incluyen ni los costes fijos ni la cuota de la Seguridad Social que debe abonar el armador, debido a que no se reparte entre los tripulantes y los armadores de las embarcaciones, ni tampoco los gastos de amortización, lo cual, según algunos autores, puede inducir en una gestión inadecuada de la actividad empresarial y a una descapitalización que posteriormente repercuta en los gastos de financiación.

Matemáticamente, el Monte Mayor se cuantifica mediante la expresión:

$$MM_{ijk} = I_{ijk} - CVEN_{ijk} - NUM_{ijk} \cdot TP_{ijk} (CGAS_{ijk} + SSCT_{ijk} + OGD_{ijk}) \quad (22)$$

donde,

MM_{ijk} : Monte Mayor del segmento de flota i, j, k ;

SST_{ijk} : Costes de la Seguridad Social de los trabajadores del segmento de flota i, j, k ;

OGD_{ijk} : Otros gastos diarios del segmento de flota i, j, k ;

NUM_{ijk} : Número de embarcaciones según del segmento de flota i, j, k ; y

TP_{ijk} : Número medio de días de pesca al año del segmento de flota i, j, k .

6.4.5. SALARIOS

Los ingresos que le corresponden a la tripulación se obtienen como un porcentaje fijo del Monte Mayor. La proporción en la que el armador y los tripulantes se reparten estos gastos va a depender de los usos y costumbres del puerto, aunque generalmente suele ser del 50%. Se obtienen como:

$$SAL_{ijk} = \alpha_{ijk} \cdot MM_{ijk} \quad (23)$$

donde,

SAL_{ijk} : Salarios del segmento de flota i, j, k ; y

α_{ijk} : Porcentaje fijo del Monte Mayor del segmento de flota i, j, k .

6.4.6. BENEFICIOS A LARGO PLAZO

Los beneficios a largo plazo para la pesquería en su conjunto incluyen tanto costes fijos como costes variables. Se obtienen como la proporción que este retiene del Monte Mayor menos los gastos del armador generados de la Seguridad Social y menos los costes fijos, es decir, como el beneficio a corto plazo para el armador o propietario de la embarcación descontando los costes fijos.

Además, como las embarcaciones de rastro pueden compartir esta modalidad con otras de artes menores, como alcatruces, coquina, y trasmallo, no

tienen por qué imputar todos los costes fijos y, por esta razón, se incluye una constante que tiene en cuenta esta posibilidad. Para cada segmento de flota, el beneficio se cuantifica utilizando la siguiente expresión:

$$BEN_{ijk} = (1 - \alpha_{ijk}) MM_{ijk} - SSCE_{ijk} - NUM_{ijk} (AMORT_{ijk} + SEG_{ijk} + MANT_{ijk}) \gamma_i \quad (24)$$

donde,

BEN_{ijk} : Beneficios a largo plazo del segmento de flota i, j, k ;

$SSCE_{ijk}$: Costes de la Seguridad Social a cargo de la empresa del segmento de flota i, j, k ;

$AMORT_{ijk}$: Costes anuales de amortización del inmovilizado del segmento de flota i, j, k ;

SEG_{ijk} : Costes anuales de los seguros de accidentes del segmento de flota i, j, k ;

$MANT_{ijk}$: Costes anuales de mantenimiento de la embarcación del segmento de flota i, j, k ; y

γ_i : Constante con valor $i = 1$, en la flota de draga, e $i = 1/226$, en la de rastro.

Finalmente, los beneficios a largo plazo totales (BEN) generados por la pesquería se determinan sumando los obtenidos en todos los segmentos, es decir,

$$BEN = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 BEN_{ijk} \quad (25)$$

6.4.7. EMPLEO TOTAL GENERADO POR LA PESQUERÍA

El empleo total generado por la pesquería es en realidad una suma de esfuerzos directos e indirectos. El empleo directo equivalente se obtiene reduciendo las horas totales trabajadas por la flota a empleos a tiempo completo. El empleo

directo generado por la pesquería son los empleos equivalentes que se obtienen reduciendo las horas totales trabajadas por la flota a empleos a tiempo completo.

Para cada segmento de flota se ha obtenido el empleo directo equivalente computando el número total de horas trabajadas por los tripulantes, mediante la suma de los productos del número de tripulantes y las horas de faena de cada embarcación de la flota normalizando con un factor de conversión de horas totales a empleo a tiempo completo a la siguiente expresión:

$$EMP_{ijk} = NUM_{ijk} \cdot HPERMIT \cdot TP_{ijk} \cdot TRIP_{ijk} / FCEMP \quad (26)$$

donde,

EMP_{ijk} : Empleos directos en el segmento de flota i, j, k ;

$TRIP_{ijk}$: Tripulación media de una embarcación en el segmento i, j, k ; y

$FCEMP$: Factor de conversión horas-empleos a tiempos completos.

Una vez obtenido el empleo directo, para la obtención del empleo total se puede aplicar un multiplicador de empleo del Modelo de Demanda de Leontief⁵. Para la obtención del empleo total generado se aplica un multiplicador de empleo deducido de las Tablas Input-Output para Andalucía de 1995 (IEA, 2000). En este caso, solo se considera el empleo indirecto derivado del Modelo de Demanda de Leontief, dado que los empleos generados por el lado de la oferta son difíciles de asignar geográficamente.

Para cada segmento de flota, el empleo total se obtiene según la expresión:

$$EMPTOT_{ijk} = MULEMP \cdot EMP_{ijk} \quad (27)$$

donde,

$EMPTOT_{ijk}$: Empleos totales en el segmento de flota i, j, k ; y

$MULEMP$: Multiplicador de empleo del Modelo de Demanda de Leontief.

⁵ La metodología utilizada para la obtención de los multiplicadores se encuentra detallada en términos generales en Isard (1960) o Richardson (1972). Una aplicación al impacto regional de la actividad pesquera se encuentra en Gibbs (1990).

La cuantificación de los empleos indirectos ($EMPIN_{ijk}$) se obtiene por diferencias entre los totales y los directos de cada segmento, es decir, como:

$$EMPIN_{ijk} = EMPTOT_{ijk} - EMP_{ijk} \quad (28)$$

Finalmente, el empleo total desplegado por la flota en su conjunto ($EMPTOT$) se obtiene con la suma de los esfuerzos de los segmentos, es decir,

$$EMPTOT = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 EMPT_{ijk} \quad (29)$$

6.5. CUANTIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS POLÍTICOS

6.5.1. CONFLICTOS ENTRE LAS MODALIDADES DE DRAGA Y RASTRO

El indicador que va a cuantificar los conflictos que se producen entre los pescadores de la modalidad de draga y los de rastro ($RATDIAS$) se obtiene dividiendo los días de actividad de la flota de draga entre los días de actividad de la flota de rastro, es decir,

$$RATDIAS = \frac{\sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 NUM_{1,jk} TP_{1,jk}}{\sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 NUM_{2,jk} TP_{2,jk}} \quad (30)$$

6.5.2. CONFLICTOS ENTRE PUERTOS

El indicador de conflictos entre puertos ($RECOMP$) se obtiene con el cociente entre la distancia euclídea que mide las discrepancias de cuotas de capturas entre las capturas totales de 2001 y las obtenidas mediante la optimización de nuestros modelos, es decir,

$$RECOMP = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 (C_{ijk} - h_{ijk})^2}}{\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 C_{ijk}} \quad (31)$$

donde,

C_{ijk} : Capturas totales en el segmento de flota i, j, k durante el año 2001; y

h_{ijk} : Capturas totales en el segmento de flota i, j, k .

6.6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AHP

6.6.1. ELABORACIÓN DE CUESTIONARIOS

El primer paso que hay que dar para aplicar la metodología AHP consiste en seleccionar una muestra representativa de expertos de cada grupo implicado en la gestión de la pesquería de chirla bajo estudio. Con este objetivo se han elegido 43 representantes de cada grupo (11 de las cofradías, 10 de las asociaciones de armadores, 8 de las organizaciones sindicales, 5 de las organizaciones comerciales, 5 de los científicos, 4 de la administración) entre: patrones mayores, vicepatrones, secretarios, presidentes, vicepresidentes, conservacionistas, biólogos, investigadores, y técnicos de la administración con conocimientos y experiencia suficiente en estos temas.

Una vez establecido el grupo de expertos, en base a los objetivos/subobjetivos del árbol jerárquico se han diseñado dos cuestionarios, que se presentan en el Anexo II, para la obtención de las prioridades individuales de los objetivos y para la agregación de las preferencias de los grupos. El primero se estructura en dos partes: una primera más general acerca de consideraciones sobre los tres objetivos del nivel 2 del árbol jerárquico, y otra más específica que contiene preguntas clasificadas en varios grupos, para la obtención de los pesos de los siete subobjetivos del nivel 3. El segundo cuestionario incluye preguntas

para la obtención de las preferencias de cada grupo sobre los demás implicados. Estos dos cuestionarios se han incluido en el Anexo IV de este trabajo, pero en el segundo de ellos solo aparecen las preguntas correspondientes a los Pescadores de la muestra, ya que para el resto de entidades serían similares.

Previo a la recogida de datos se llevó a cabo la validación de un primer diseño eligiendo a varios expertos de cada grupo, con el fin de cerciorarnos si las preguntas se entendían bien y si se ajustaban a la realidad pesquera del momento. Las sugerencias recogidas sirvieron para modificar un poco las preguntas de tal modo que fueran más fáciles de entender y responder por los encuestados.

En lo concerniente al proceso de recogida de información, se optó por llevarlo a cabo principalmente con la entrevista personal dada la cercanía de los encuestados y, ocasionalmente, haciendo uso del teléfono, fax y mail. No obstante, surgieron algunos problemas que vamos a exponer:

- o Algunos encuestados de las cofradías ocupaban otro puesto diferente en las asociaciones de armadores. Para darle una solución se optó por considerarlos solo una vez;
- o La falta de tiempo o interés en algunos encuestados, y la dificultad en la localización de otros, principalmente en los pescadores que se encontraban en la mar trabajando. Esto alargó el proceso de encuestación;
- o Los juicios emitidos inconsistentes (índice de consistencia superior a 0,1); y
- o Los cuestionarios incompletos.

El tamaño final de la muestra, después de la eliminación de todos los cuestionarios no válidos, resultó ser 39, el equivalente a un 90% del total de la muestra seleccionada.

Con respecto a la inconsistencia se ha de decir que el criterio que se ha optado seguir ha sido el de aceptar solo aquellas respuestas con un *índice de consistencia* igual o inferior al 10% (Saaty, 1980). En consecuencia, para aquellos cuestionarios en los que no se cumplía esta condición se adoptó como

primera medida repetir el cuestionario y como segunda eliminarlos del análisis si tras ser analizadas por segunda vez seguían presentando inconsistencias elevadas, medida esta última que nos evitaba la obtención de resultados insesgados.

6.6.2. LAS PREFERENCIAS INDIVIDUALES Y DE LOS GRUPOS

Los juicios de valores de cada agente implicado se obtienen entre pares de objetivos del mismo nivel, con ayuda de la escala numérica del 1 al 9 propuesta por Satty (1980). De esta forma se construyen 39 matrices de comparaciones binarias (una para cada experto) que recogen los juicios de los expertos (Saaty, 1994).

Las preferencias individuales y las inconsistencias de los juicios de valor se estiman mediante el software *Expert Choice 2000*, el cual ha sido específicamente diseñado para este método. A modo de ejemplo, vamos a seleccionar aleatoriamente de la muestra a un experto perteneciente al grupo de las cofradías. La estructura de esta matriz (Nivel 2) para este experto puede verse en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Preferencias de los objetivos del nivel 2 para un experto de una cofradía de pescadores

	Objetivos Económicos	Objetivos Biológicos	Objetivos Políticos	Pesos Objetivos
Objetivos Económicos	1	1	5	0,481
Objetivos Biológicos	1	1	3	0,405
Objetivos Políticos	1/5	1/3	1	0,114
Ratio de Inconsistencia: 0,03				

Fuente: Elaboración propia

A juicio de este experto, la incorporación de medidas dirigidas a la mejora de la eficiencia económica tiene la misma importancia que las encaminadas a la conservación del recurso pero son, sin embargo, más importantes que las

dirigidas a la reducción de conflictos. Además, las medidas biológicas encaminadas a la conservación del recurso pesquero son moderadamente más importantes que las medidas de conflictos.

Una vez obtenidas las prioridades individuales, el siguiente paso consiste en calcular los pesos agregados de cada grupo con el Método de la Media Aritmética. Este método es el mejor cuando se tratan de forma homogénea a todos los individuos de un mismo grupo. Los pesos preferenciales agregados de los objetivos para cada uno de los grupos de interés quedan expuestos en los Gráficos 6.1-6.6.

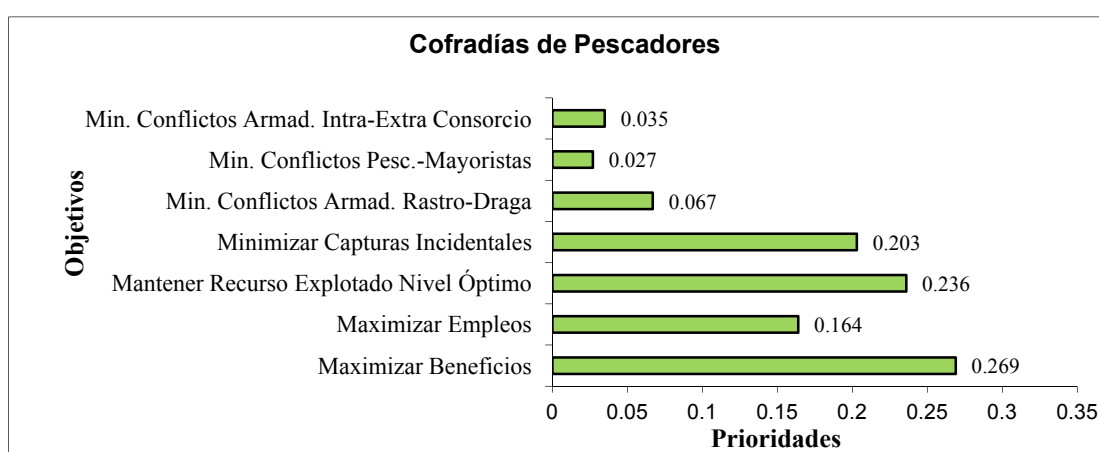


Gráfico 6.1. Prioridades de los objetivos para las cofradías de pescadores

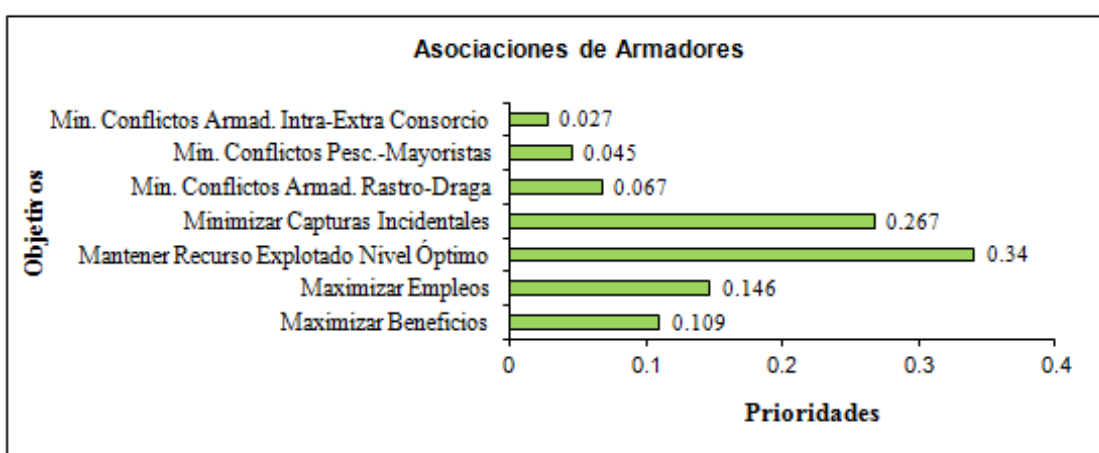


Gráfico 6.2. Prioridades de los objetivos para las asociaciones de armadores

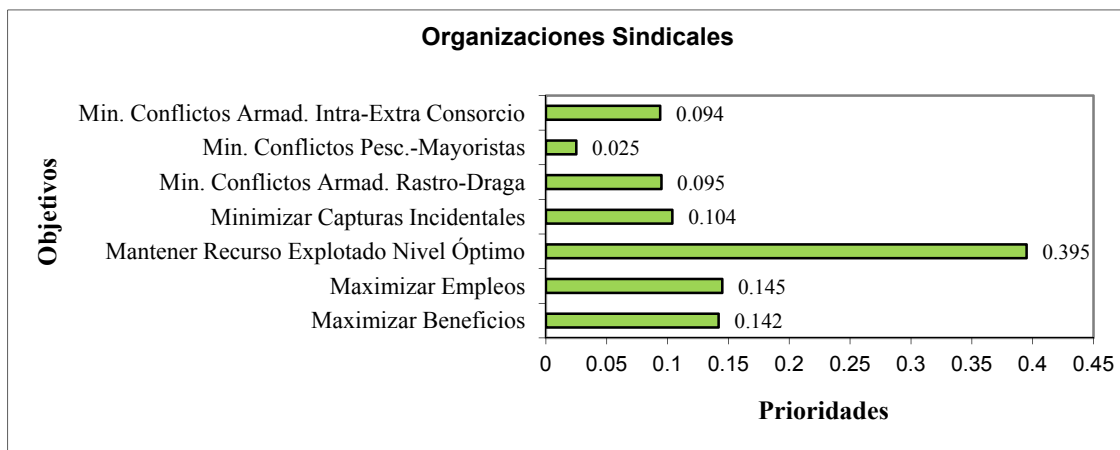


Gráfico 6.3. Prioridades de los objetivos para las organizaciones sindicales

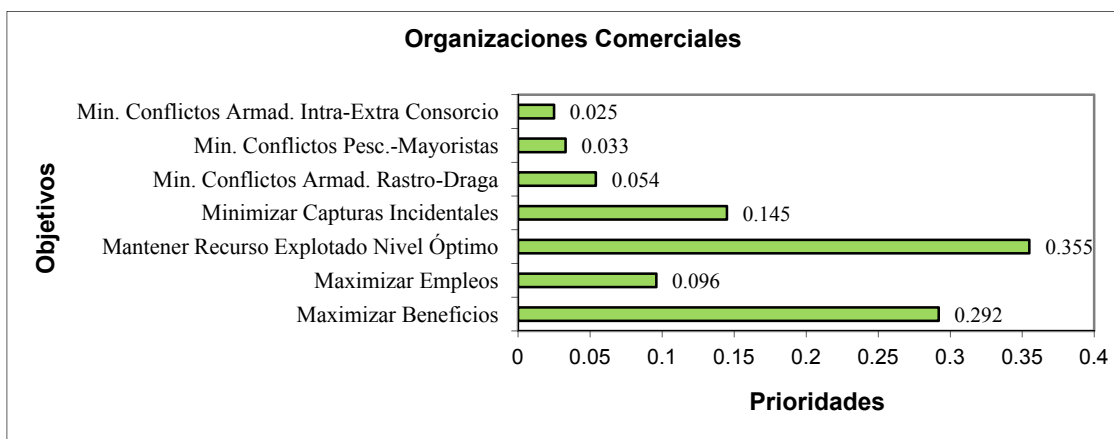


Gráfico 6.4. Prioridades de los objetivos para las organizaciones comerciales

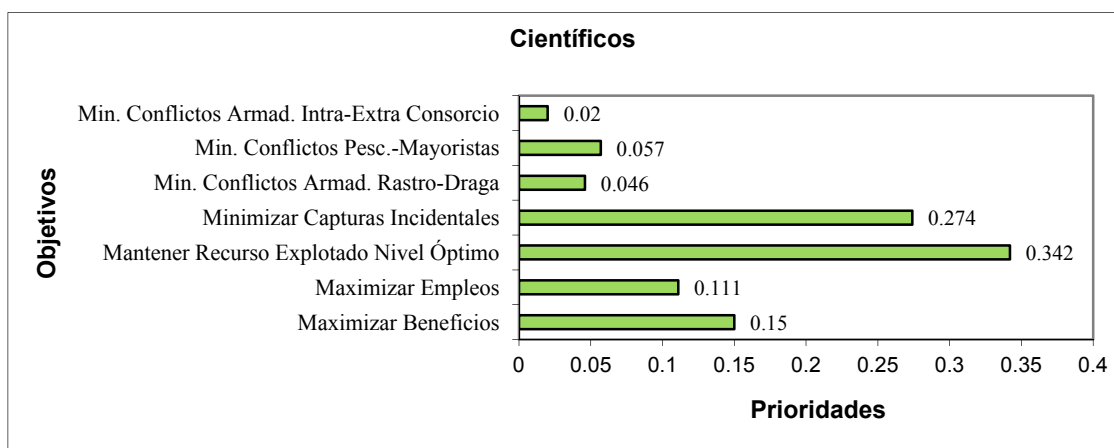


Gráfico 6.5. Prioridades de los objetivos para los científicos

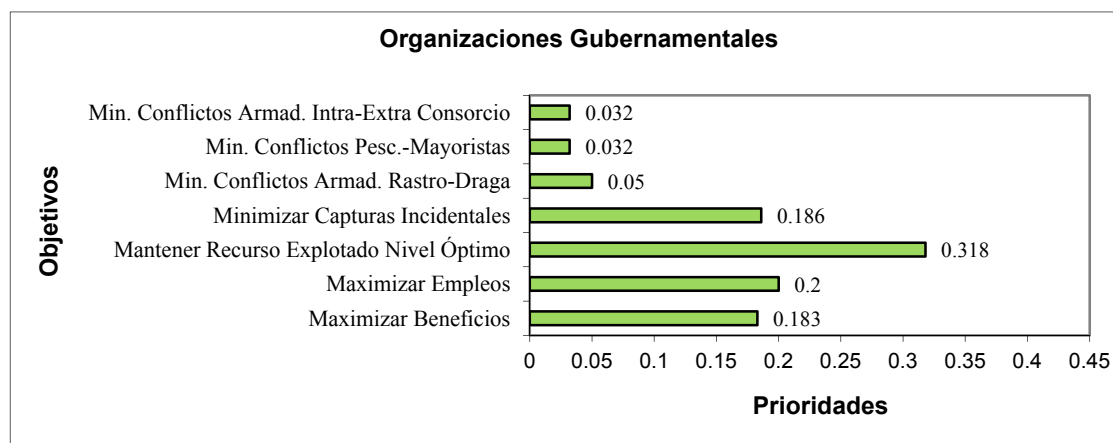


Gráfico 6.6. Prioridades de los objetivos para las organizaciones gubernamentales

Los resultados obtenidos se pueden considerar razonables, dado que la pesquería que estamos analizando experimentó hace cuarenta años una sobre-explotación del recurso pesquero. Así pues, no es de extrañar que todos los grupos sociales, a excepción de las Cofradías, opten por medidas que mantengan la población del recurso explotado en un nivel óptimo.

Desde el punto de vista de la Teoría Económica, también es lógico que los pescadores primen más al objetivo económico de maximizar sus beneficios que a los biológicos. Por lo tanto, los resultados dan un cierto grado de validez al método utilizado para estimar las preferencias de los grupos.

6.6.3. AGREGACIÓN DE LAS PREFERENCIAS DE LOS GRUPOS

Una vez obtenidas las preferencias de los seis grupos implicados, el siguiente paso de nuestro análisis consiste en su agregación, para así poder obtener los pesos de los objetivos que hay que incluir en los modelos PM.

Se considera que la opinión de los diferentes grupos implicados no tiene por qué estar igualmente valorada en la sociedad, por lo que se procede en, primer lugar, a determinar el peso de importancia de cada uno de los grupos utilizando la metodología AHP recomendada por Ramanathan y Ganesh (1994), según la cual los autores diseñan un árbol jerárquico con la particularidad de que

cada agente entrevistado se sitúa en un nivel superior a todos los grupos (incluyendo el suyo) a fin de comparar sus preferencias con las de su grupo y con los demás grupos. De esta forma se obtienen todos los juicios de valor, y con ello las matrices de comparaciones por pares.

A continuación, se muestra el árbol jerárquico correspondiente al Pescador 1 de nuestra muestra (Figura 6.2).

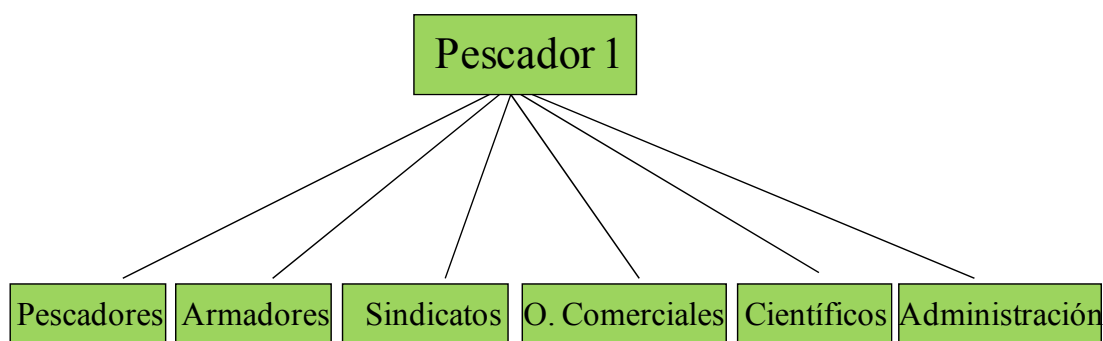


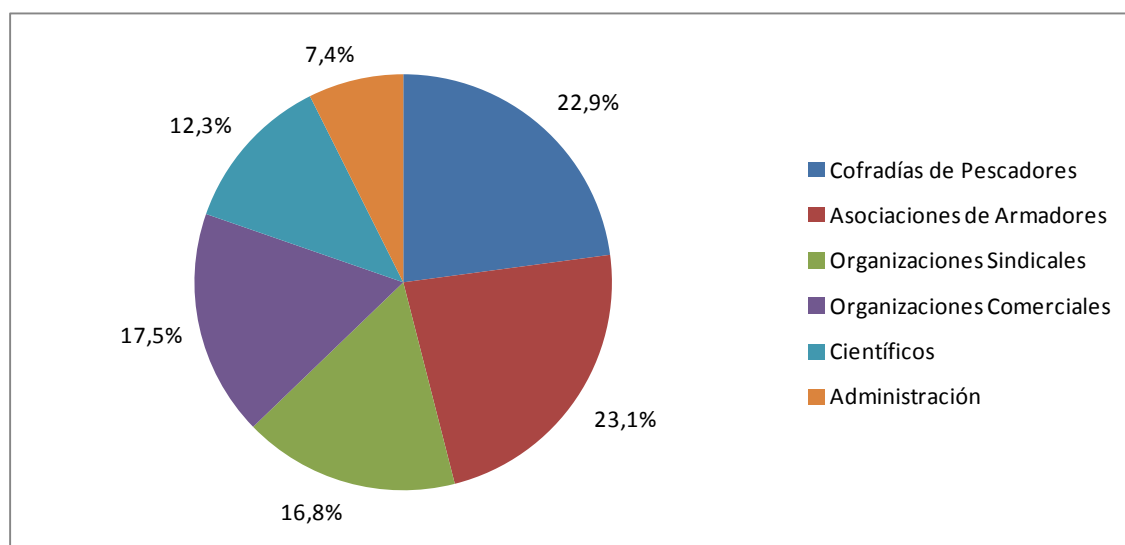
Figura 6.2. Árbol jerárquico para obtener la importancia de los grupos según el Pescador 1

Las preferencias expresadas por cada uno de los individuos correspondientes a las preguntas de la segunda parte del cuestionario se recogen en forma de matriz (Saaty, 1980).

Para la obtención de los pesos de los grupos se utiliza el software *Expert Choice* v.9, al igual que en el caso anterior, y para los pesos de importancia de cada grupo se utiliza el Método de la Media Aritmética (Gráfico 6.7).

En efecto, como puede observarse las soluciones no difieren mucho. Tal y como era de esperar las cofradías de pescadores y las asociaciones de armadores constituyen los grupos más representativos del sector con un peso de un 23% de importancia, seguidos de las organizaciones comerciales con un 17%, los científicos con un 12%, y con mayores diferencias la administración con tan solo un 7,4% de importancia.

Gráfico 6.7. Pesos asignados a cada grupo



Fuente: Elaboración propia

6.7. OBTENCIÓN DE LOS PESOS DE LOS OBJETIVOS

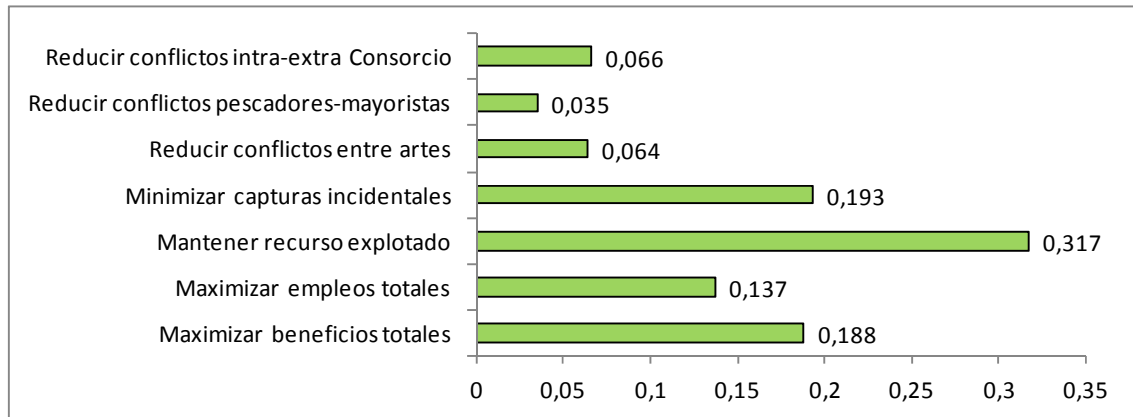
Una vez que los pesos de los grupos han sido estimados, para la agregación de las preferencias de los grupos se utilizan dos metodologías diferentes: el Método de la Media Aritmética Ponderada, primero, y la PM Extendida (Ponderadas-Minimax), después.

El Método de la Media Geométrica hemos optado por no utilizarlo en el análisis ya que, como se explicó anteriormente en el Capítulo 4, este no resulta ser el más apropiado cuando los grupos son heterogéneos y cada uno tiene un peso diferente.

6.7.1. ANÁLISIS CON LA MEDIA ARITMÉTICA PONDERADA

A continuación se muestran los pesos ya normalizados obtenidos con el Método de la Media Aritmética Ponderada.

Gráfico 6.8. Pesos de los objetivos/subobjetivos con el Método de la Media Aritmética Ponderada



Fuente: Elaboración propia

6.7.2. ANÁLISIS CON LA PM EXTENDIDA

A continuación vamos a diseñar un modelo que combina dos variantes de la Programación por Metas. Al modelo así obtenido lo llamaremos Modelo PM Extendido o Ampliado. Para este trabajo hemos elegido las variantes Ponderadas y Minimax, basándonos en el trabajo que Linares y Romero (2002) desarrollaron para grupos homogéneos.

Esta adaptación para grupos heterogéneos nos lleva a resolver un modelo que incluye los pesos AHP de los seis grupos, A_i ($i = 1, 2, \dots, 6$) y consta de un total de 48 metas, 7 restricciones y 99 variables: 84 variables de desviación no deseadas n_{ij} y p_{ij} ($i = 1, 2, \dots, 6; j = 1, 2, \dots, 7$), 7 pesos de los objetivos W_j^s , 7 indicadores de máximo desacuerdo total D y por grupo D_i , y 1 indicador de consenso Z .

La formulación matemática del Modelo PM Extendida se corresponde a:

$$\text{Min } (1 - \lambda)D + \lambda \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^7 A_i(n_{ij} + p_{ij}) \quad (32)$$

sujeto a:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{j=1}^7 A_i(n_{ij} + p_{ij}) - D \leq 0 \quad \forall j \in \{1, \dots, 7\} \\
 & W_j^S + n_{ij} - p_{ij} = W_j^i \quad \forall i \in \{1, \dots, 6\}, j \in \{1, \dots, 7\} \\
 & \sum_{j=1}^7 A_i(n_{ij} + p_{ij}) - D_i = 0 \quad \forall i \in \{1, \dots, 6\} \\
 & \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^7 A_i(n_{ij} + p_{ij}) - Z = 0
 \end{aligned} \tag{33}$$

Para la resolución de este problema la función objetivo se obtiene conforme a las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 & 0,231 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{1j} + p_{1j}) - D \leq 0 \\
 & 0,168 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{2j} + p_{2j}) - D \leq 0 \\
 & 0,175 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{3j} + p_{3j}) - D \leq 0 \\
 & 0,229 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{4j} + p_{4j}) - D \leq 0 \\
 & 0,123 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{5j} + p_{5j}) - D \leq 0 \\
 & 0,074 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{6j} + p_{6j}) - D \leq 0
 \end{aligned} \tag{34}$$

$W_1^S + n_{11} - p_{11} = 0,269$	$W_2^S + n_{12} - p_{12} = 0,164$	$W_3^S + n_{13} - p_{13} = 0,236$
$W_1^S + n_{21} - p_{21} = 0,109$	$W_2^S + n_{22} - p_{22} = 0,146$	$W_3^S + n_{23} - p_{23} = 0,340$
$W_1^S + n_{31} - p_{31} = 0,142$	$W_2^S + n_{32} - p_{32} = 0,450$	$W_3^S + n_{33} - p_{33} = 0,395$
$W_1^S + n_{41} - p_{41} = 0,292$	$W_2^S + n_{42} - p_{42} = 0,096$	$W_3^S + n_{43} - p_{43} = 0,355$
$W_1^S + n_{51} - p_{51} = 0,150$	$W_2^S + n_{52} - p_{52} = 0,111$	$W_3^S + n_{53} - p_{53} = 0,342$
$W_1^S + n_{61} - p_{61} = 0,183$	$W_2^S + n_{62} - p_{62} = 0,200$	$W_3^S + n_{63} - p_{63} = 0,318$
$W_4^S + n_{14} - p_{14} = 0,203$	$W_5^S + n_{15} - p_{15} = 0,067$	$W_6^S + n_{16} - p_{16} = 0,027$
$W_4^S + n_{24} - p_{24} = 0,267$	$W_5^S + n_{25} - p_{25} = 0,067$	$W_6^S + n_{26} - p_{26} = 0,045$
$W_4^S + n_{34} - p_{34} = 0,104$	$W_5^S + n_{35} - p_{35} = 0,095$	$W_6^S + n_{36} - p_{36} = 0,025$
$W_4^S + n_{44} - p_{44} = 0,145$	$W_5^S + n_{45} - p_{45} = 0,054$	$W_6^S + n_{46} - p_{46} = 0,033$
$W_4^S + n_{54} - p_{54} = 0,274$	$W_5^S + n_{55} - p_{55} = 0,046$	$W_6^S + n_{56} - p_{56} = 0,057$
$W_4^S + n_{64} - p_{64} = 0,186$	$W_5^S + n_{65} - p_{65} = 0,050$	$W_6^S + n_{66} - p_{66} = 0,032$

$$\begin{aligned}
 W_7^S + n_{17} - p_{17} &= 0,035 \\
 W_7^S + n_{27} - p_{27} &= 0,027 \\
 W_7^S + n_{37} - p_{37} &= 0,094 \\
 W_7^S + n_{47} - p_{47} &= 0,025 \\
 W_7^S + n_{57} - p_{57} &= 0,020 \\
 W_7^S + n_{67} - p_{67} &= 0,032
 \end{aligned}$$

Finalmente, las 7 restricciones de igualdad que se incluyen son de la forma:

$$\begin{aligned}
 0,231 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{1j} + p_{1j}) - D_1 &= 0 \\
 0,168 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{2j} + p_{2j}) - D_2 &= 0 \\
 0,175 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{3j} + p_{3j}) - D_3 &= 0 \\
 0,229 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{4j} + p_{4j}) - D_4 &= 0 \\
 0,123 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{5j} + p_{5j}) - D_5 &= 0 \\
 0,074 \cdot \sum_{j=1}^7 (n_{6j} + p_{6j}) - D_6 &= 0 \\
 \sum_{i=1}^6 D_i - Z &= 0
 \end{aligned} \tag{35}$$

La resolución de este modelo se ha llevado a cabo ensayando con diferentes valores del parámetro λ que toma valores entre 0 y 1. Las soluciones se han obtenido con el software *Lingo v.7*, especialmente diseñado para problemas de este tipo. Estas se muestran en la Tabla 6.2.

A la vista de los indicadores de máximo desacuerdo parecería lógico apostar por la solución correspondiente a $\lambda=0$ que es la solución minimax, ya que presenta un índice de desacuerdo de 0,048 unidades, el equivalente a un 16,66% del total de los desacuerdos. Esta solución representa el máximo equilibrio para todos los grupos y debería ser la elegida en un contexto de decisiones en grupos.

Además, en términos de beneficios, es la que da los beneficios más altos, favoreciendo así al grupo de las cofradías de pescadores.

Tabla 6.2. Preferencias asignadas a los objetivos para diferentes valores de λ

	λ		
	0	(0, 0,84)	[0,84, 1]
<i>Objetivos</i>			
<i>Económicos</i>			
Beneficios	0,203	0,182	0,155
Empleos	0,144	0,146	0,151
<i>Biológicos</i>			
Recurso explotado	0,341	0,340	0,352
Capturas incidentales	0,185	0,203	0,210
<i>Políticos</i>			
Armad. rastro y draga	0,067	0,067	0,069
Pescadores y mayoristas	0,025	0,027	0,034
Armad. intra-extra			
Consorcio	0,035	0,035	0,028
<i>Indicadores de máximo desacuerdo por grupo</i>			
D ₁	0,048	0,048	0,058
D ₂	0,048	0,038	0,027
D ₃	0,048	0,048	0,045
D ₄	0,048	0,046	0,049
D ₅	0,048	0,025	0,020
D ₆	0,048	0,009	0,011
<i>Indicador de máximo Desacuerdo</i>			
D	0,048	0,048	0,058
<i>Indicador del desacuerdo total agregado</i>			
Z	0,287	0,213	0,210

Fuente: Elaboración propia

La solución con metas ponderadas para el valor de $\lambda=1$ coincide realmente con la opinión de la mayoría de los grupos y mejora, con respecto a la minimax, los indicadores de aquellos grupos que daban una mayor importancia a los objetivos biológicos (grupos mayoritarios) empeorando, por otro lado, el de las

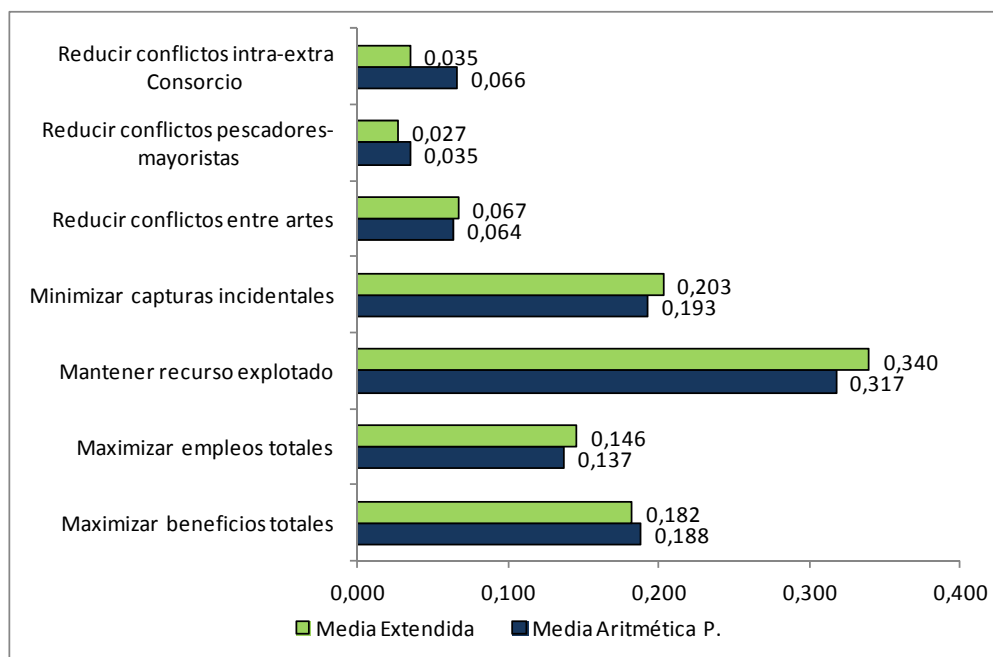
cofradías de pescadores (grupo minoritario). Para valores del parámetro $\lambda \geq 0,84$ se obtienen las mismas soluciones.

Por último, si en lugar de $\lambda = 0$ consideramos valores del parámetro en el intervalo $(0, 0,84)$, entonces estos indicadores van a mejorar en cuatro de los grupos: asociaciones de armadores, organizaciones comerciales, científicos y organizaciones gubernamentales, no empeorando ni en las cofradías ni en las organizaciones sindicales. Por esta razón, se ha optado por utilizar como preferencias de los grupos las soluciones intermedias obtenidas con $\lambda \in (0, 0,84)$ que son las más equilibradas.

6.7.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez agregadas las preferencias de los grupos de dos formas diferentes: primero con la Media Aritmética Ponderadas, y segundo con la PM Extendida, observamos que los resultados obtenidos son bastante similares.

Gráfico 6.9. Pesos preferenciales agregados de los objetivos/subobjetivos



Fuente: Elaboración propia

En general, la conservación de los stocks de chirla parece ser el objetivo más preferido de forma conjunta, seguido de los objetivos económicos relacionado con tomar medidas que maximicen la eficiencia y, por último, de los objetivos políticos dirigidos a introducir medidas para reducir los conflictos que puedan surgir entre los seis grupos implicados. No existiendo discrepancias entre ellos, hemos optado por utilizar estos dos resultados en los Modelos PM que desarrollaremos a continuación.

6.8. LAS FUNCIONES OBJETIVOS DE LOS MODELOS DE PROGRAMACIÓN POR METAS

El conocimiento con exactitud de las preferencias de los seis grupos implicados y el establecimiento de los niveles de aspiración nos va a permitir utilizar diferentes variantes de programación por metas:

1. PM Ponderadas (soluciones de máxima eficiencia agregadas);
2. PM Lexicográficas (tratarán de satisfacer el mayor número de metas posibles);
3. PM Minimax (soluciones más equitativas); y
4. PM Extendida. La combinación Lexicográficas-Minimax constituye una buena alternativa a los lexicográficos y minimax, tratando de obtener soluciones equilibradas, pero basándose prioritariamente de forma lexicográfica en el cumplimiento de las metas con prioridades más altas con respecto a las más desplazadas.

Todas estas variantes se van a utilizar en dos modelos diferentes: los Modelos I, que incluyen la meta de la biomasa (con 8 en total); y los Modelos II, que no la incluyen (con 7 en total).

Con las metas ponderadas, cada función objetivo incluye los pesos AHP, W_i , y las variables de desviación no deseadas de cada meta n_i o p_i , dependiendo

de si el objetivo es de maximizar o minimizar, respectivamente. En el caso de la meta política que representa el objetivo de “mantenimiento del indicador de conflictos entre artes” se van a utilizar las dos variables no deseadas de la meta. Además, para evitar la obtención de soluciones sesgadas hacia alguna de las metas, se va a aplicar el criterio de normalización que consiste en dividir cada variable de desviación no deseada entre su correspondiente nivel de aspiración.

Por consiguiente, la estructura que presentan las funciones objetivos ponderadas y normalizadas (todas ellas de minimizar) en los Modelos II y II1 es como se indica a continuación:

o Función Objetivo del Modelo II (modelo PMP con 8 metas)

$$f(n, p) = W_1 \frac{n_1}{2742036} + W_2 \frac{n_2}{65} + W_3 \frac{n_3}{170} + W_4 \frac{n_4}{238} + W_5 \frac{p_5}{1393764} + W_6 \frac{n_6 + p_6}{2,4} + W_7 \frac{p_7}{1,8} + W_8 \frac{n_8}{1510818} \quad (36)$$

Las variables no deseadas de este modelo son: n_i ($\forall i = 1, 2, 3, 4, 6, 8$) y p_j ($\forall j = 5, 7$)

o Función Objetivo del Modelo II1 (modelo PMP con 7 metas)

$$f(n, p) = W_1 \frac{n_1}{2742,036} + W_2 \frac{n_2}{65} + W_3 \frac{n_3}{170} + W_4 \frac{n_4}{238} + W_5 \frac{p_5}{1393,764} + W_6 \frac{n_6 + p_6}{2,4} + W_7 \frac{p_7}{1,8} \quad (37)$$

Las variables no deseadas de este modelo son: n_i ($\forall i = 1, 2, 3, 4, 6$) y p_j ($\forall j = 5, 7$)

Como conjunto de pesos W_i se van a utilizar los pesos AHP de los seis grupos implicados en la gestión de la pesquería de chirila agregados y normalizados, tanto con la Media Aritmética Ponderada (Modelos II1C1, II1C2) como con la PM Extendida (Modelos II1C1, II1C2).

Además, estos pesos son ajustados convenientemente a nuestro modelo, dado que el objetivo de reducción de conflictos entre pescadores y mayoristas, como ya dijimos, no ha podido ser cuantificado.

Los valores de estos pesos ya normalizados son los que aparecen en las columnas “ponderaciones” de las Tablas 6.3 y 6.4.

Tabla 6.3. Metas, niveles de aspiración y pesos. Modelos PMP: I1C1 y I1C2

Metas	Niveles de Aspiración	Ponderaciones (W_i)	
		Media Aritm. Ponderadas	PM Extendida
Maximizar Beneficios Totales (10^3 €)	2742,04	0,195	0,187
Maximizar Empleos Totales	473	0,142	0,15
Empleos Zona de Poniente	65	0,142/3	0,15/3
Empleos Zona Central	170	0,142/3	0,15/3
Empleos Zona de Levante	238	0,142/3	0,15/3
Maximizar Biomasa del Stock (TM)	15108,18	0,328	0,349
Minimizar Superficie Dragada Total (Km^2)	1393,76	0,200	0,209
Mantener Indicador Conflictos Artes	2,4	0,066	0,069
Minimizar Indicador Conflictos Puertos	1,8	0,068	0,036

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.4. Metas, niveles de aspiración y pesos. Modelos PMP: II1C1 y II1C2

Metas	Niveles de Aspiración	Ponderaciones (W_i)	
		Media Aritm. Ponderadas	PM Extendida
Maximizar Beneficios a largo plazo (10^3 €)	2742,04	0,29	0,288
Maximizar Empleos	473	0,211	0,231
Zona de Poniente	65	0,211/3	0,231/3
Zona Central	170	0,211/3	0,231/3
Zona de Levante	238	0,211/3	0,231/3
Minimizar la superficie dragada (Km^2)	1393,76	0,298	0,321
Mantener ratio días de actividad draga-rastro	2,40	0,099	0,106
Minimizar discrepancias de capturas	0,83	0,102	0,055

Fuente: Elaboración propia

Las preferencias de los grupos según los modelos I sitúan a las metas biológicas de biomasa y superficie dragada en el primer y segundo de los niveles, respectivamente; a las metas económicas de beneficios y empleos totales, en el tercer y cuarto nivel, respectivamente; y, por último, a las metas políticas de conflictos entre dragas y rastros y entre puertos, en quinto y sexto nivel, respectivamente. Hemos de precisar no obstante, que el orden de estas dos últimas metas se invierte para el modelo agregado PM Extendida.

La obtención de la función de logro en los modelos PM Lexicográficas (PML) requiere establecer órdenes de prioridades entre las metas. Con este propósito se han transformado los pesos W_i en niveles de prioridad excluyentes.

Por tanto, la estructura que presentan las funciones de logro de los Modelos I2 es de la forma:

- o Función de logro del Modelo I2C1 (PML con 6 niveles de prioridad)

$$Lex\ min\ v(n, p) = [n_8, p_5, n_1, n_2 + n_3 + n_4, p_7, n_6 + p_6] \quad (38)$$

- o Función de logro del Modelo I2C2 (PML con 6 niveles de prioridad)

$$Lex\ min\ v(n, p) = [n_8, p_5, n_1, n_2 + n_3 + n_4, n_6 + p_6, p_7] \quad (39)$$

En las funciones de logro de los Modelos tipo II la variable de desviación negativa n_8 no se incluye, pero el orden de las metas se sigue manteniendo. Por consiguiente, las funciones de logro de estos modelos mantienen el mismo orden entre las metas que en el caso anterior y vienen definidas por las expresiones (39) y (40) para los Modelos II2C1 y II2C2, respectivamente.

- o Función de logro del Modelo II2C1 (PML con 5 niveles de prioridad)

$$Lex\ min\ v(n, p) = [p_5, n_1, n_2 + n_3 + n_4, p_7, n_6 + p_6] \quad (40)$$

- o Función de logro del Modelo II2C2 (PML con 5 niveles de prioridad)

$$Lex\ min\ v(n, p) = [p_5, n_1, n_2 + n_3 + n_4, n_6 + p_6, p_7] \quad (41)$$

Con la variante Minimax nuestro objetivo será minimizar la máxima desviación D ($D \geq 0$), es decir,

$$\text{Min } D \quad (42)$$

Por último, vamos a ver cómo son las funciones objetivos del Modelo PM Extendida que combina las variantes Lexicográficas y Minimax. Para ello, primeramente se procede a optimizar de forma lexicográficas las metas que tienen un mayor peso para los grupos. Seguidamente, se minimizan las desviaciones de las metas de menor peso para los grupos basándonos en PM Minimax. En este caso, las funciones objetivos para los Modelos I y II son de la forma (43) y (44), respectivamente.

- o Función de logro del Modelo I con PM Extendida y 6 niveles de prioridad

$$\text{Lex Min } v(n, p) = [n_8, p_5, n_1, n_2 + n_3 + n_4, D] \quad (43)$$

- o Función de logro del Modelo II con PM Extendida y 5 niveles de prioridad

$$\text{Lex Min } v(n, p) = [p_5, n_1, n_2 + n_3 + n_4, D] \quad (44)$$

6.9. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MODELOS PM

Establecidos todos los elementos necesarios para la optimización multicriterio mediante la técnica de programación por metas, nuestra siguiente intención es obtener al menos una combinación factible que verifique todas las metas y, en el caso de que no exista, encontrar al menos una solución satisfactoria minimizando variables de desviación no deseadas.

En la implementación informática se ha optado por utilizar el software *Lingo v.7.0*, por permitirnos trabajar en un entorno de no linealidad con objetivos múltiples y con variables enteras, así como por su sencillez de utilización.

No obstante, antes de proceder a presentar los resultados obtenidos se ha de comentar que en los Modelos PM Minimax y PM Extendida, además de las

metas y restricciones rígidas ya definidas, hay que incluir algunas restricciones más.

En los Modelos PM Minimax se incluyen restricciones que contienen a las variables de desviación de las metas y que incorporan los pesos preferenciales W_i . Por consiguiente, vamos a tener 8 y 7 restricciones nuevas según sea Modelo I o Modelo II, respectivamente. Estas restricciones vienen definidas mediante las expresiones (44) para el Modelo II y (45) para el Modelo I.

$$\begin{aligned}
 \frac{W_1}{t_1} n_1 - D &\leq 0 \\
 \frac{W_s}{t_s} n_s - D &\leq 0 \quad \forall s = 2, 3, 4 \\
 \frac{W_5}{t_5} p_5 - D &\leq 0 \\
 \frac{W_6}{t_6} (n_6 + p_6) - D &\leq 0 \\
 \frac{W_7}{t_7} p_7 - D &\leq 0
 \end{aligned} \tag{45}$$

En el Modelo I hay que añadirle una restricción más, la correspondiente a la meta de la biomasa, que viene dada por la expresión:

$$W_8 n_8 - t_8 D \leq 0 \tag{46}$$

En los modelos PM Extendida (Lexicográficas-Minimax) solo hay que añadir dos nuevas restricciones de la forma:

$$\begin{aligned}
 W_6 (n_6 + p_6) - t_6 D &\leq 0 \\
 W_7 p_7 - t_7 D &\leq 0
 \end{aligned} \tag{47}$$

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el total de la flota, primero con el Modelo I y segundo con el Modelo II.

Para cada uno de estos modelos, las soluciones obtenidas con las cuatro variantes de PM se presentan de la forma siguiente:

- o Soluciones de la PM con los grupos agregados para las cuatro variantes (Modelo I, sección 6.10.1; Modelo II, sección 6.10.4);
- o Soluciones de la PMP con cada uno de los seis grupos (Modelo I, sección 6.10.2; Modelo II, sección 6.10.5); y
- o Soluciones de los tres análisis de sensibilidad efectuados en los modelos PMP con grupos agregados (Modelo I, sección 6.10.3; Modelo II, sección 6.10.6).

6.9.1. SOLUCIONES DE LA PM CON GRUPOS AGREGADOS Y MODELO I

Si gestionamos la pesquería de la chirla a largo plazo manteniendo las siete metas y todas las restricciones anteriores pero sin hacer distinción de grupos, las soluciones obtenidas con cada uno de los modelos PM son las que se presentan en las Tablas 6.5-6.8.

Tabla 6.5. Resultados de la PMP. Modelos: I1C1 y I1C2

Criterios optimizados	MEDIA ARIT. PONDERADAS (I1C1)	PM EXTENDIDA (I1C2)
Número de barcos	102	95
Nº medio de días de pesca por barco	189	198
Días de pesca totales	19288	18837
Esfuerzo total (Días-stand.)	16139	16139
Capturas totales (TM)	2975	2975
Biomasa (TM)	15108	15108
Ingresos totales (10 ³ €)	12209	12780
Salarios totales (10 ³ €)	5000	5222
Beneficios totales (10 ³ €)	3595	3875
Rentabilidad sobre las ventas (%)	29	30
Empleo directo	572	536
Empleo indirecto	105	99
Empleo total	677	635

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.6. Resultados de la PML. Modelos: I2C1 y I2C2

Criterios optimizados	MEDIA ARIT. PONDERADAS (I2C1)	PM EXTENDIDA (I2C2)
Número de barcos	104	90
Nº medio de días de pesca por barco	188	215
Días de pesca totales	19530	19384
Esfuerzo total (Días-stand.)	16139	16139
Capturas totales (TM)	2975	2975
Biomasa (TM)	15108	15108
Ingresos totales (10 ³ €)	12499	12404
Salarios totales (10 ³ €)	5138	5066
Beneficios totales (10 ³ €)	3773	3654
Costes totales (10 ³ €)	8726	8750
Rentabilidad sobre las ventas (%)	30	29
Empleo directo	539	572
Empleo indirecto	99	105
Empleo total	638	677

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.7. Resultados de la PM Minimax. Modelos: I3C1 y I3C2

Criterios optimizados	MEDIA ARIT. PONDERADAS (I3C1)	PM EXTENDIDA (I3C2)
Número de barcos	109	92
Nº medio de días de pesca por barco	181	162
Días de pesca totales	19768	14918
Esfuerzo total (Días-stand.)	16139	12037
Capturas totales (TM)	2975	2783
Biomasa (TM)	15108	15108
Ingresos totales (10 ³ €)	12476	11535
Salarios totales (10 ³ €)	5059	4843
Beneficios totales (10 ³ €)	3619	3785
Rentabilidad sobre las ventas (%)	29	33
Empleo directo	584	412
Empleo indirecto	108	76
Empleo total	691	488

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8. Resultados de la PM Extendida. Modelos: I4C1 y I4C2

Criterios optimizados	MEDIA ARIT. PONDERADAS (I4C1)	PM EXTENDIDA (I4C2)
Número de barcos	98	105
Nº medio de días de pesca por barco	201	188
Días de pesca totales	19727	19688
Esfuerzo total (Días-stand.)	16139	16139
Capturas totales (TM)	2975	2975
Biomasa (TM)	15108	15108
Ingresos totales (10^3 €)	12299	12185
Salarios totales (10^3 €)	4973	4944
Beneficios totales (10^3 €)	3470	3486
Rentabilidad sobre las ventas (%)	28	29
Empleo directo	596	593
Empleo indirecto	110	109
Empleo total	706	702

Fuente: Elaboración propia

Los resultados alcanzados para las distintas variantes de PM mantienen, por lo general, los niveles de biomasa y de esfuerzo en el RMS con niveles de beneficios muy bajos y mucho más inferiores a los obtenidos en la situación del 2001 (9.491.000 €). Aparentemente no se observan soluciones muy dispares.

Los Modelos PM Extendida (I4C1, I4C2) son los que nos proporcionan niveles de beneficios más bajos con empleos más altos. La solución PM Minimax es en principio la más equilibrada de todas, y la obtenida con PMP la más eficiente agregada.

6.9.2. SOLUCIONES DE LA PMP POR GRUPO Y CON EL MODELO I

A continuación calculamos las soluciones para cada uno de los grupos con la variante PMP y con el Modelo I. Para ello, utilizamos como pesos W_i de la función objetivo los ya obtenidos mediante el procedimiento AHP, que se

muestran ya normalizados en la Tabla 6.9. Los resultados obtenidos con los Modelos I1G1-I1G6 para el total de la flota se presentan en la Tabla 6.10.

Tabla 6.9. Pesos asignados a cada grupo con la PMP. Modelos: I1G1-I1G6

Objetivos/Subobjetivos	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Minimizar Beneficios Totales (10^3 €)	0,276	0,114	0,146	0,302	0,159	0,189
Maximizar Empleos Totales	0,168	0,153	0,149	0,100	0,118	0,206
Empleos Zona Poniente	0,056	0,051	0,050	0,033	0,039	0,069
Empleos Zona Central	0,056	0,051	0,050	0,033	0,039	0,069
Empleos Zona Levante	0,056	0,051	0,050	0,033	0,039	0,069
Minimizar Biomasa del stock (T)	0,243	0,356	0,405	0,367	0,363	0,329
Minimizar Superficie dragada total (Km^2)	0,208	0,279	0,106	0,150	0,290	0,192
Mantener Indicador de Conflictos artes	0,069	0,070	0,097	0,056	0,049	0,052
Mantener Indicador Conflictos Puertos	0,036	0,029	0,097	0,026	0,021	0,033

G1: Cofradías de pescadores; G2: Asociaciones de armadores; G3: Org. sindicales;
G4: Org. comerciales; G5: Científicos; G6: Org. gubernamentales.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.10. Resultados de la PMP por grupo. Modelos: I1G1-I1G6

Criterios optimizados	G1 (I1G1)	G2 (I1G2)	G3 (I1G3)	G4 (I1G4)	G5 (I1G5)	G6 (I1G6)
Número de barcos	93	105	110	82	113	118
Nº medio de días de pesca por barco	215	146	179	225	174	166
Días de pesca totales	19978	15361	19714	18468	19672	19539
Esfuerzo total (Días-stand.)	16139	12416	16139	16139	16139	16139
Capturas totales (TM)	2975	2816	2975	2975	2975	2975
Biomasa (TM)	15108	18594	15108	15108	15108	15108
Ingresos totales (10^3 €)	12402	11440	12567	13073	12536	12641
Salarios totales (10^3 €)	5002	4761	5078	5317	5062	5118
Beneficios totales (10^3 €)	3539	3582	3577	3939	3590	3620
Costes totales (10^3 €)	8862	7858	8990	9135	8946	9020
Rentabilidad sobre las ventas (%)	29	31	28	30	29	29
Empleo directo	589	461	588	551	589	580
Empleo indirecto	109	85	108	102	108	107
Empleo total	698	546	697	653	697	687

Fuente: Elaboración propia

Para ayudarnos a entender mejor cómo estas soluciones sitúan a la pesquería con respecto a la situación del 2001, se representan gráficamente los niveles de biomasa, esfuerzos totales, beneficios totales y empleos totales de cada uno de los grupos la flota junto con los del año de referencia (Gráficos 6.10 y 6.11). Los niveles de beneficios en la situación del 2001 siguen siendo muy superiores a los obtenidos para cada grupo, manteniéndose prácticamente para todos los grupos los niveles de esfuerzo y de biomasa en el RMS.

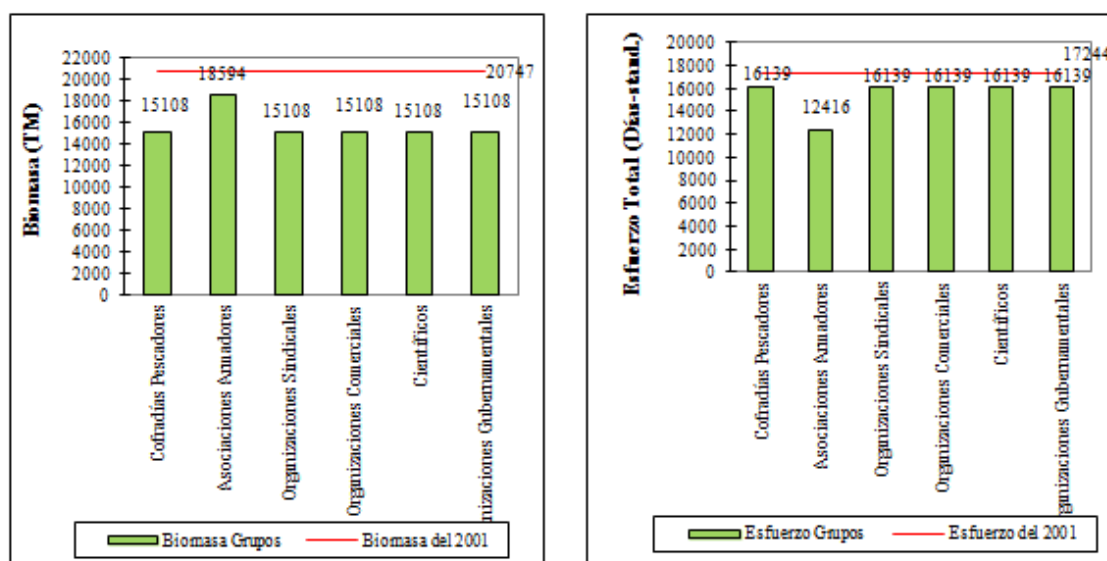


Gráfico 6.10. Niveles de biomasa y esfuerzos totales. Modelos: I1G1-I1G6

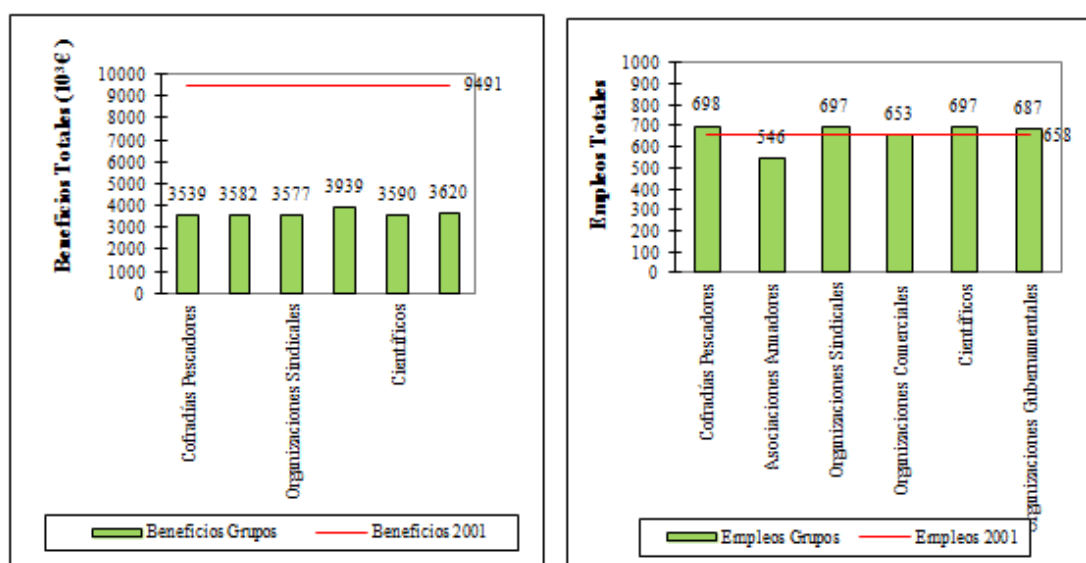


Gráfico 6.11. Niveles de beneficios y empleos totales. Modelos: I1G1-I1G6

La inclusión en el modelo de la meta de la biomasa reduce drásticamente los beneficios totales de la pesquería a niveles muy por debajo del 2001, y también reduce la biomasa hasta alcanzar la situación del RMS. Los beneficios más altos los proporciona el grupo de las organizaciones comerciales, mientras que en el resto de los grupos se mantienen prácticamente similares. Las asociaciones de armadores incrementan un poco la biomasa hasta 18.594 Tm (solución más conservacionista) a la vez que reducen los niveles de empleos, esfuerzos, capturas y días de pesca totales.

6.9.3. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN LA PMP CON GRUPOS AGREGADOS Y MODELOS I

Una vez obtenidas todas las soluciones, se analizan las posibles influencias que tienen algunos parámetros del modelo sobre estas, efectuando tres análisis de sensibilidad diferentes en los Modelos PMP con grupos agregados (Modelos I1C1 y I1C2).

En el primer análisis se modifica el número máximo de horas legalmente establecidas de trabajo diarios en ± 2 horas (Modelos H-I1C1 y H-I1C2).

En el segundo se hace variar un $\pm 10\%$ y un $\pm 20\%$ el precio obtenido de las capturas de chirla en primera venta. Este se encuentra fijado en unos 4 € aunque, no obstante, varía por segmento de flota (Modelos P-I1C1 y P-I1C2).

Finalmente, en el tercer análisis se modifican en $\pm 10\%$ y $\pm 20\%$ los costes derivados del consumo de gasoil de 0,192 €, para las embarcaciones que faenan en la zona de poniente, y de 0,228 €, para las que faenan en las zonas del centro y de levante de la Región Suratlántica (Modelos C-I1C1 y C-I1C2).

A continuación se presentan unos gráficos que comparan los niveles del esfuerzo pesquero (días de pesca estandarizado), biomasa (Tm), beneficios totales (10^3 €) y empleos totales obtenidos en los análisis con los Modelos PMP

IIC con grupos agregados, tanto con la media aritmética ponderada como con la PM Extendida.

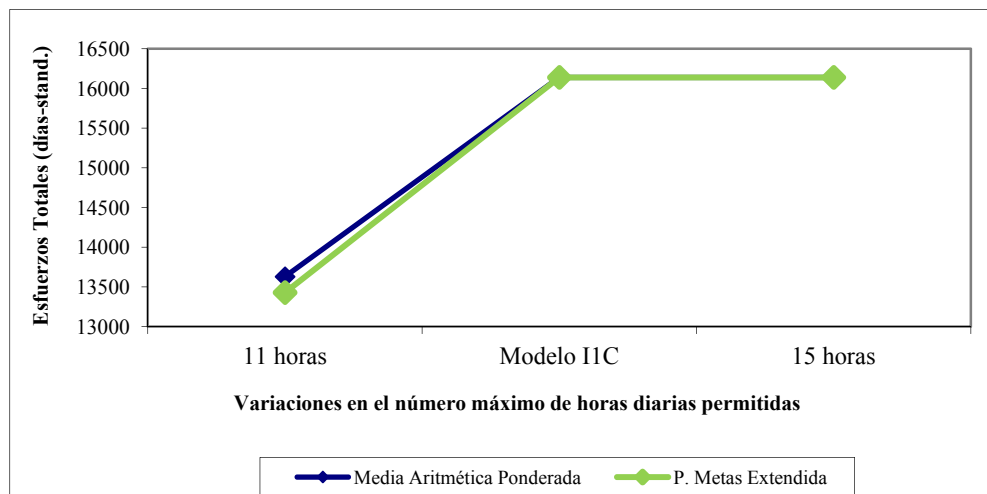


Gráfico 6.12. Niveles de esfuerzos del análisis de sensibilidad.
Modelos: H-IIC1 y H-IIC2

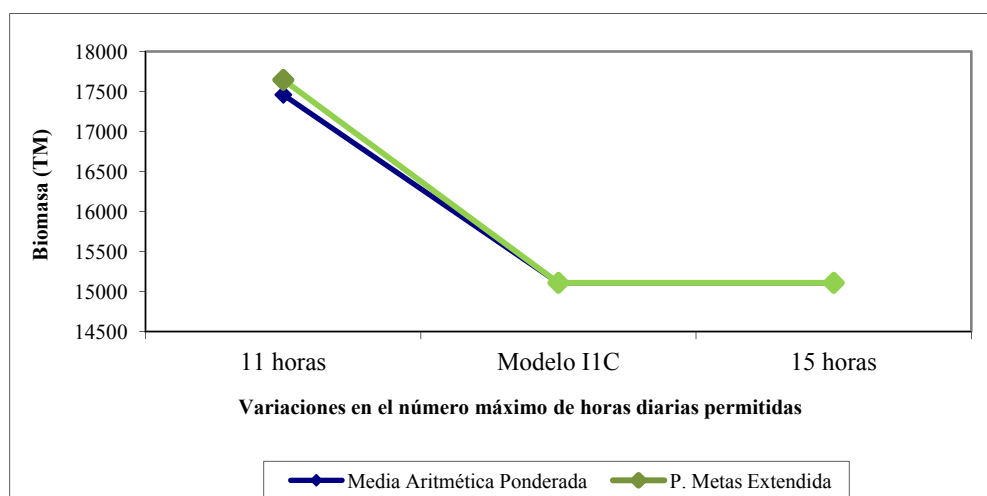


Gráfico 6.13. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad.
Modelos: H-IIC1 y H-IIC2

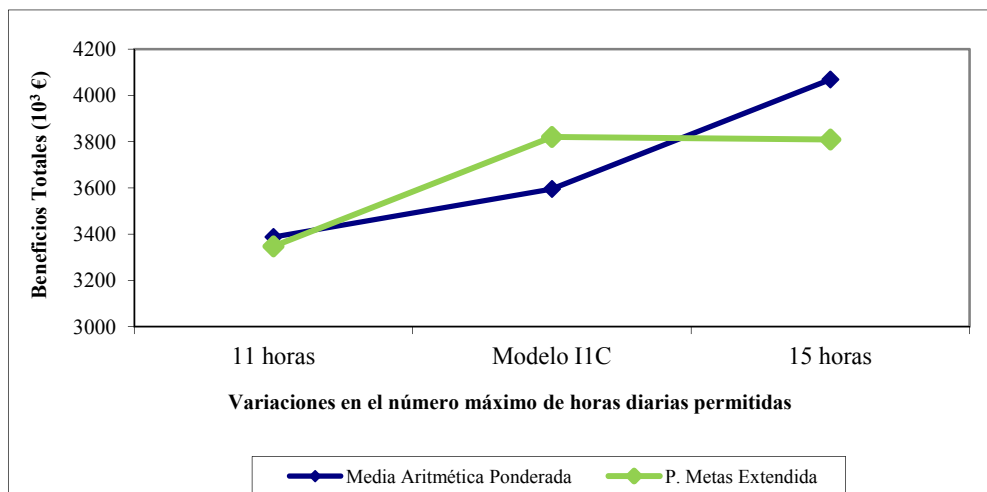


Gráfico 6.14. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: H-I1C1 y H-I1C2

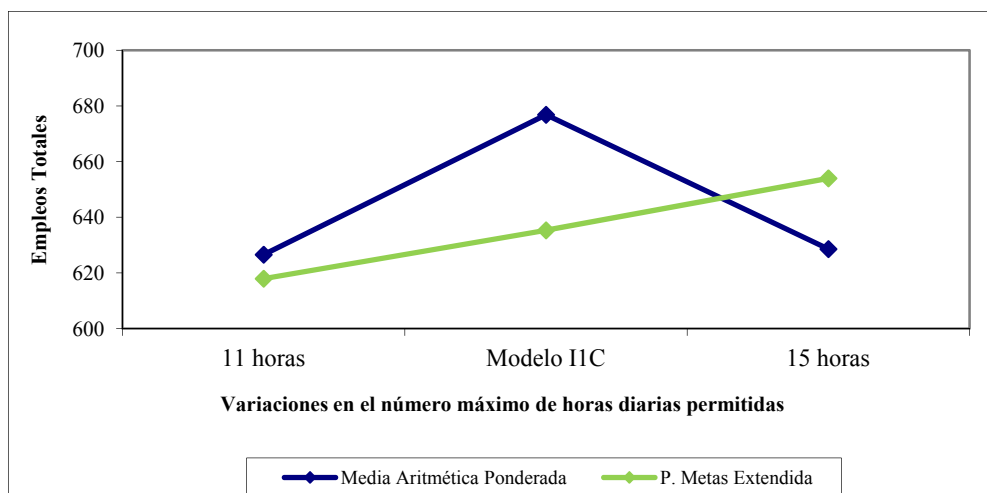


Gráfico 6.15. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: H-I1C1 y H-I1C2

En principio, y a la vista de los resultados obtenidos, se observa que variaciones en el número máximo de horas permitidas por día de pesca actúan directamente sobre la variable de esfuerzo.

En todos los modelos, una reducción de dos horas aumenta los niveles de biomasa de los stocks y reduce el poder de pesca de las embarcaciones. También se reducen los niveles de esfuerzo de pesca y, como consecuencia, las capturas diarias, lo que significa que los barcos tienen que faenar más días de pesca para obtener el mismo nivel de esfuerzo, ocasionando costes adicionales. Con

respecto a las metas económicas, se observa una reducción tanto de los beneficios como de los empleos totales en los tres modelos.

Por otro lado, un incremento de dos horas en el número máximo de horas permitidas al día situará a la biomasa siempre en el nivel del RMS (con 15.108 Tm), manteniendo los niveles de esfuerzos en 16.139 días estandarizados para los tres modelos. Los niveles de empleos totales se reducen en un 7% con el modelo H-I1C1, y se incrementan en un 2% para los otros dos. Los beneficios totales, no obstante, se mantienen altos, siendo el modelo H-I1C1 el que proporciona el nivel más alto de todos (con 4.068.000 €).

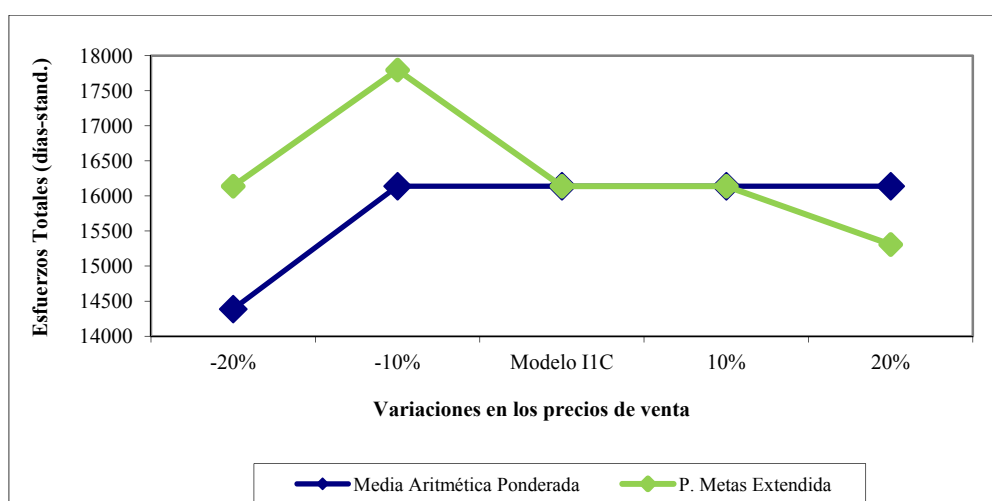


Gráfico 6.16. Niveles de esfuerzos totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: P-I1C1 y P-I1C2

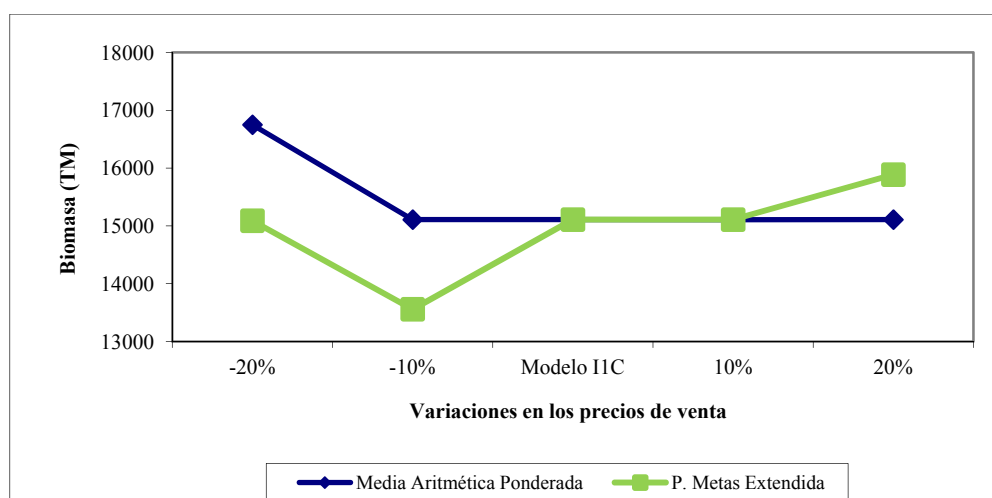


Gráfico 6.17. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad.
Modelos: P-I1C1 y P-I1C2

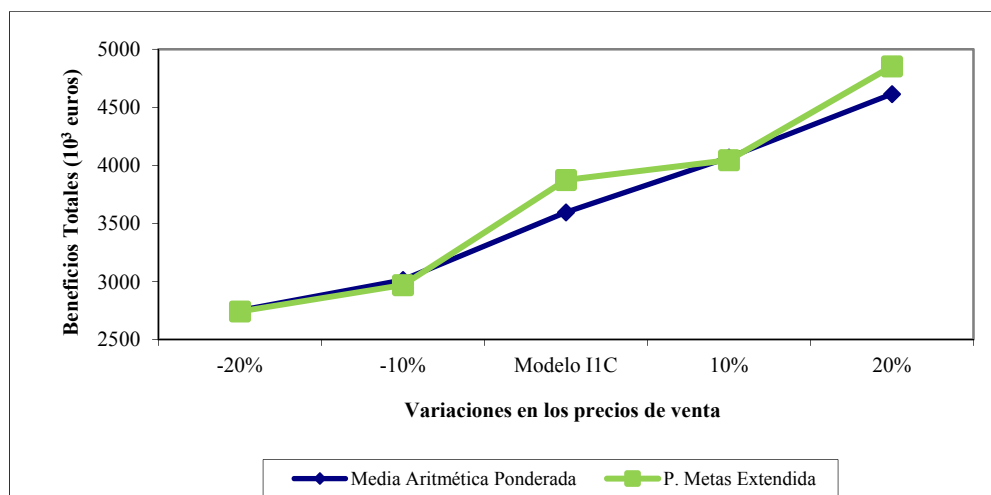


Gráfico 6.18. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: P-I1C y P-I1C2

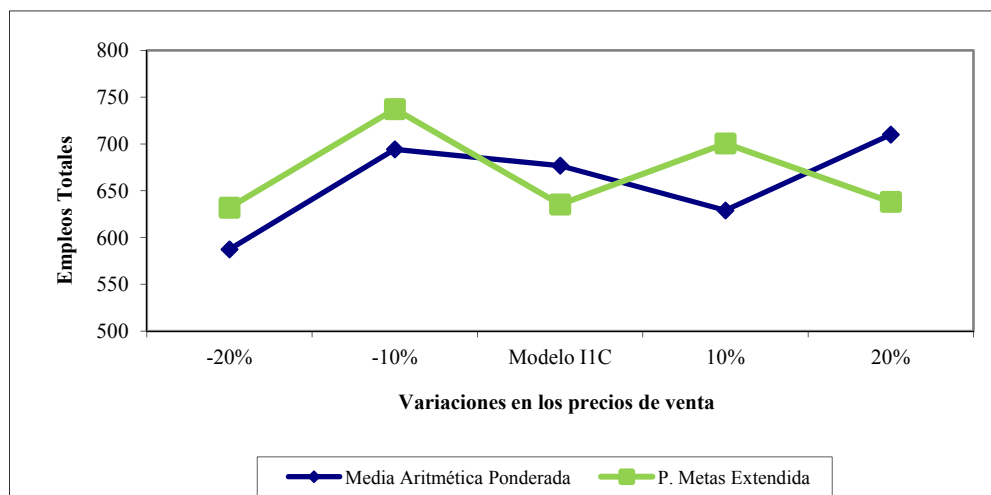


Gráfico 6.19. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: P-I1C1 y P-I1C2

Variaciones derivadas de los precios obtenidos en primera venta por las capturas proporcionan soluciones coherentes con la teoría económica convencional. Un decremento del 10% y del 20% sobre el precio de venta provoca siempre una reducción de la rentabilidad mientras que un incremento lo aumenta.

Se observa además que una reducción de un 10% sobre el precio de venta ocasiona por un lado niveles de esfuerzos y de empleos totales muy altos y por otro lado un mantenimiento de la biomasa en el RMS para el modelo P-I1C1 y

una reducción de esta por debajo del RMS para P-IC3, lo que llevaría a la pesquería a una situación de sobreexplotación. Considerando en cambio una reducción de un 20% sobre el precio de venta se obtienen niveles de biomasa igual al RMS para el modelo P-IC2 y superiores para los otros a la vez que niveles de empleos y de esfuerzos más bajos.

Un incremento en el precio de venta de un 10% mantiene los niveles de biomasa en el RMS mientras que un incremento del 20% los aumenta ligeramente y por tanto proporciona niveles de esfuerzo por término medio iguales en los modelos P-I1C1 y P-I1C2 aunque inferiores a los del RMS.

En ambos análisis se obtiene un aumento del beneficio para los tres modelos y un aumento de los niveles de empleos en general, a excepción del modelo P-I1C1 que los reduce en un 7%.

Desde un punto de vista económico estas soluciones no son más eficientes ni mejores que las del modelo I1C de referencia, aunque sí lo son desde el punto de vista del impacto social ya que muestra los efectos beneficios de actuar sobre el mercado en primera venta logrando así que los pescadores perciban una mayor proporción del precio final.

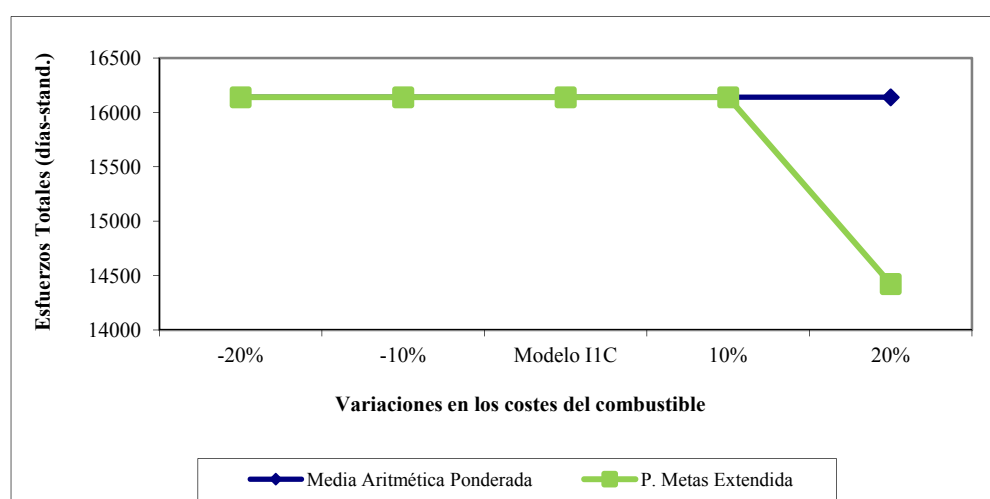


Gráfico 6.20. Niveles de esfuerzos totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: C-I1C1 y C-I1C2

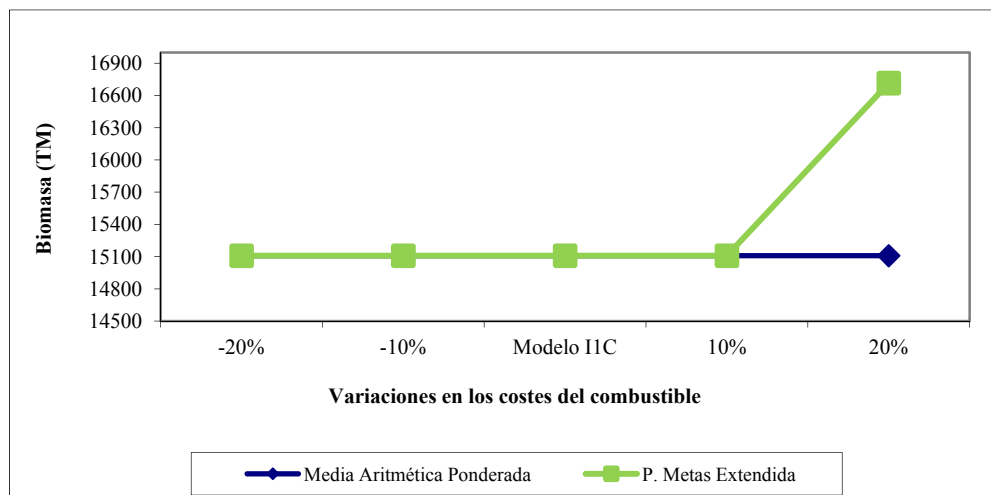


Gráfico 6.21. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad.
Modelos: C-IIC1 y C-IIC2

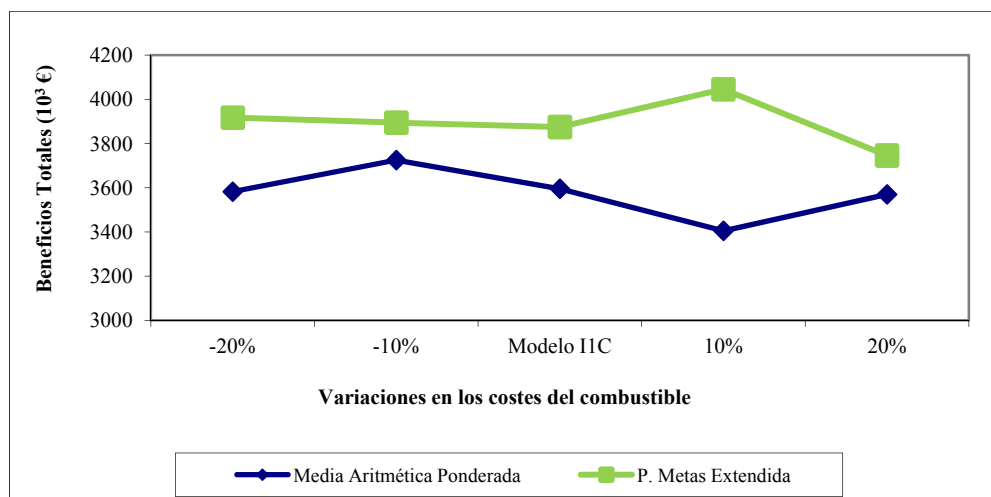


Gráfico 6.22. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: C-IIC1 y C-IIC2

Las variaciones de los costes derivados del consumo de combustible de un 10% y 20% sobre su precio actual muestran soluciones muy dispares. Una reducción de los costes en un 20% reduce el beneficio en el Modelo C-IIC1, lo que contrasta con las demás soluciones, ya que por lo general al reducirse los costes los beneficios tienden a aumentar con niveles de esfuerzo y de biomasa en el RMS.

Por el contrario, al incrementarse en un 10% el coste del combustible, el beneficio aumenta hasta 4 millones de euros en C-IIC2 (4.045.000 €) y

disminuye hasta 3.405.000 € en C-I1C1 y C-I1C2, obteniéndose con estas soluciones los niveles más bajos de todos.

En general, la biomasa es igual o superior a la del RMS y los tres modelos proporcionan con un incremento del 10% más capturas y niveles de empleos más altos que los del modelo de referencia.

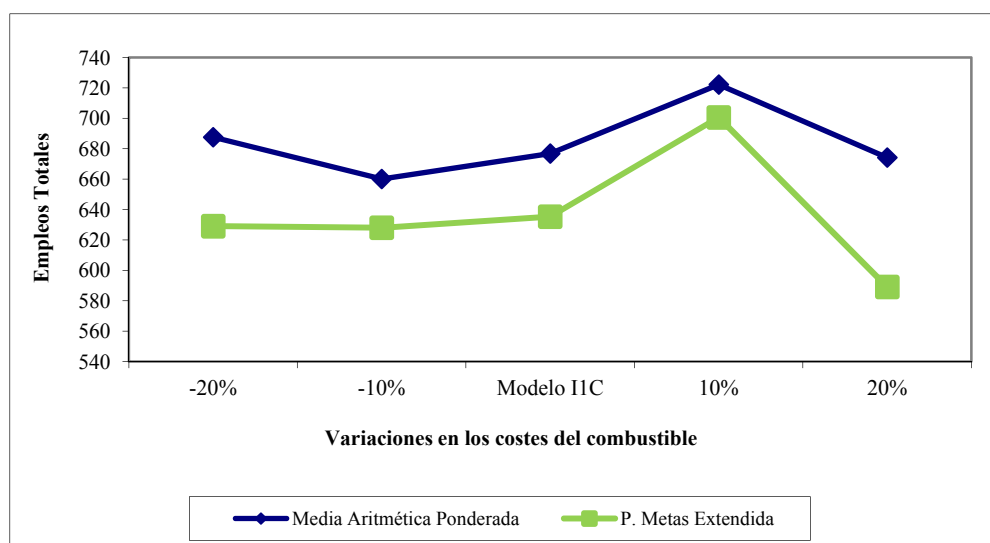


Gráfico 6.23. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: C-I1C1 y C-I1C2

6.9.4. SOLUCIONES DE LA PM CON GRUPOS AGREGADOS Y MODELO II

A continuación vamos a proceder a mostrar los resultados obtenidos al resolver los Modelos PM de tipo II con las variantes: ponderadas, lexicográficas, minimax y extendida (lexicográficas-minimax).

Tabla 6.11. Resultados de la PMP. Modelos: II1C1 y II1C2

Criterios optimizados	MEDIA ARIT. PONDERADAS	PM EXTENDIDA
Número de barcos	103	104
Nº medio de días de pesca por barco	187	195
Días de pesca totales	19210	20295
Superficie rastreada (Km ²)	1260	1521
Esfuerzo total (Días-stand.)	15281	18450
Capturas totales (TM)	2966	3214
Biomasa (TM)	15912	14277
Ingresos totales (10 ³ €)	12285	13315
Salarios totales (10 ³ €)	4994	5317
Beneficios totales (10 ³ €)	3616	3489
Costes totales (10 ³ €)	8669	9826
Rentabilidad sobre las ventas (%)	29	26
Empleo directo	563	726
Empleo indirecto	104	134
Empleo total	667	859

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.12. Resultados de la PML. Modelos: II2C1 y II2C2

Criterios optimizados	MEDIA ARIT. PONDERADAS	PM EXTENDIDA
Número de barcos	112	107
Nº medio de días de pesca por barco	173	169
Días de pesca totales	19333	18127
Esfuerzo total (Días-stand.)	16014	14723
Capturas totales (TM)	2975	2952
Biomasa (TM)	15225	16434
Ingresos totales (10 ³ €)	12289	12262
Salarios totales (10 ³ €)	5006	5068
Beneficios totales (10 ³ €)	3527	3767
Rentabilidad sobre las ventas (%)	29	31
Empleo directo	572	505
Empleo indirecto	105	93
Empleo total	678	598

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.13. Resultados de la PM Minimax. Modelos: II3C1 y II3C2

Criterios optimizados	MEDIA ARIT. PONDERADAS	PM EXTENDIDA
Número de barcos	59	66
Nº medio de días de pesca por barco	158	219
Días de pesca totales	9325	14432
Esfuerzo total (Días-stand.)	7589	14649
Capturas totales (TM)	2140	2541
Biomasa (TM)	23113	14215
Ingresos totales (10 ³ €)	8837	11123
Salarios totales (10 ³ €)	3747	4513
Beneficios totales (10 ³ €)	2987	3260
Rentabilidad sobre las ventas (%)	34	29
Empleo directo	285	498
Empleo indirecto	52	92
Empleo total	337	590

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.14. Resultados de la PM Extendida. Modelos: II4C1 y II4C2

Criterios optimizados	MEDIA ARIT. PONDERADAS	PM EXTENDIDA
Número de barcos	117	106
Nº medio de días de pesca por barco	179	208
Días de pesca totales	20972	22090
Esfuerzo total (Días-stand.)	17769	18772
Capturas totales (TM)	2944	2896
Biomasa (TM)	13582	12643
Ingresos totales (10 ³ €)	12161	12023
Salarios totales (10 ³ €)	4920	4811
Beneficios totales (10 ³ €)	3367	3173
Rentabilidad sobre las ventas (%)	28	26
Empleo directo	621	654
Empleo indirecto	114	120
Empleo total	736	774

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se satisfacen todas las metas. Además, como en estos modelos no se incluye la condición de sostenibilidad como meta desde este punto de vista los resultados son más dispersas ya que sitúan a la biomasa en niveles superiores e inferiores a los del RMS.

Los Modelos PM Extendida son los que proporcionan los niveles de empleos y de esfuerzos totales más altos de todos, por encima incluso de los obtenidos en la situación del 2001, aunque sin embargo la biomasa es inferior a la del RMS, lo que va a situar a la pesquería en un nivel de sobreexplotación.

Las cuatro variantes arrojan niveles de beneficios totales muy inferiores a los del 2001 pero que oscilan entre 3,3 y 3,7 millones de euros, lo que conlleva prácticamente a la misma proporción de rentabilidad sobre las ventas (entre un 29% y un 30%). Sin embargo, desde el punto de vista del empleo, las soluciones son más dispersas ya que oscilan entre los 337 empleos equivalentes al año que proporciona la Minimax, y los 774 que proporciona la Lexicográficas-Minimax.

6.9.5. SOLUCIONES DE LA PMP POR GRUPO Y CON EL MODELO II

Tabla 6.15. Pesos asignados a cada grupo con la PMP. Modelos: IIIG1-IIIG6

Objetivos/Subobjetivos	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Minimizar Beneficios Totales (10^3 €)	0,365	0,177	0,245	0,477	0,249	0,281
Maximizar Empleos Totales	0,222	0,238	0,251	0,157	0,186	0,307
Empleos Zona Poniente	0,074	0,079	0,084	0,052	0,062	0,102
Empleos Zona Central	0,074	0,079	0,084	0,052	0,062	0,102
Empleos Zona Levante	0,074	0,079	0,084	0,052	0,062	0,102
Minimizar Superficie dragada total (Km^2)	0,275	0,433	0,179	0,237	0,456	0,286
Mantener Indicador de Conflictos artes	0,091	0,108	0,163	0,088	0,076	0,077
Mantener Indicador Conflictos Puertos	0,047	0,044	0,163	0,041	0,033	0,049

G1: Cofradías de Pescadores; G2: Asociaciones de armadores; G3: Org. sindicales;
G4: Org. comerciales; G5: Científicos; G6: Org. gubernamentales.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.16. Resultados de la PMP por grupo. Modelos: II2G1-II2G6

Criterios optimizados	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Número de barcos	101	88	104	72	86	101
Nº medio de días de pesca por barco	188	170	186	218	156	206
Días de pesca totales	19013	14989	19378	15688	13382	20811
Esfuerzo total (Días-stand.)	15454	11905	16092	13418	10595	17483
Capturas totales (TM)	2969	2770	2975	2890	2624	2954
Biomasa (TM)	15749	19072	15153	17656	20299	13851
Ingresos totales (10 ³ €)	12372	11216	12555	12286	10701	12196
Salarios totales (10 ³ €)	5053	4662	5111	5104	4478	4947
Beneficios totales (10 ³ €)	3638	3515	3636	3959	3495	3441
Rentabilidad sobre las ventas (%)	29	31	29	32	33	28
Empleo directo	546	452	571	462	402	612
Empleo indirecto	101	83	105	85	74	113
Empleo total	647	535	676	547	476	725

Fuente: Elaboración propia

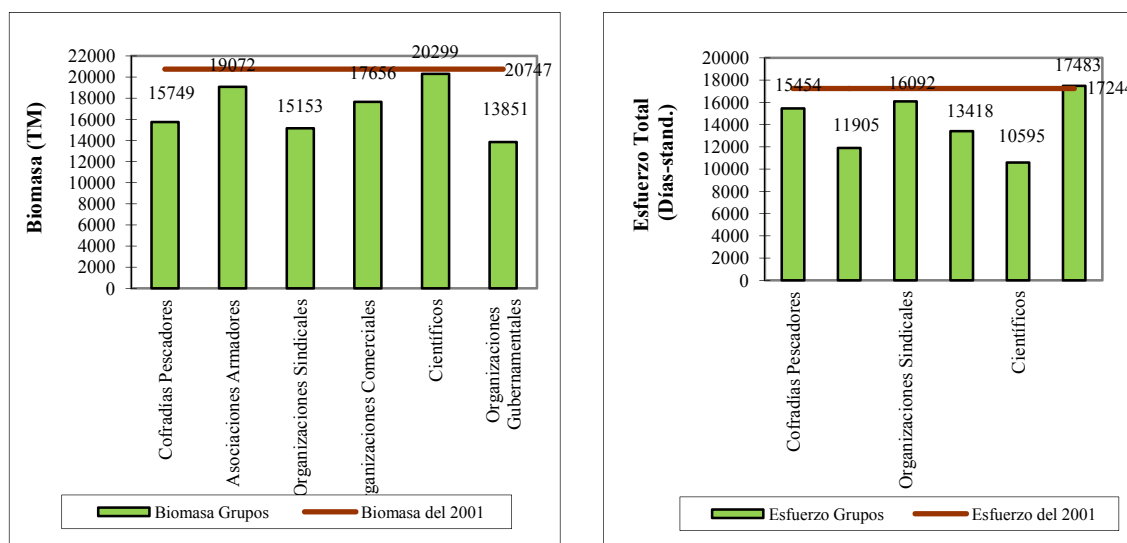


Gráfico 6.24. Niveles de biomasa y esfuerzos totales por grupo. Modelos: II1G1-II1G6

Los resultados obtenidos para cada grupo son en términos generales muy parecidos a los obtenidos de forma agregada con cada una de las cuatro variantes. Los beneficios totales anuales se caracterizan por ser todos ellos parecidos aunque siguen siendo muy inferiores a la situación del 2001, lo que desde el

punto de vista del reparto de la renta generada se puede decir que prácticamente todos los grupos sitúan el montante de los salarios en la misma proporción.

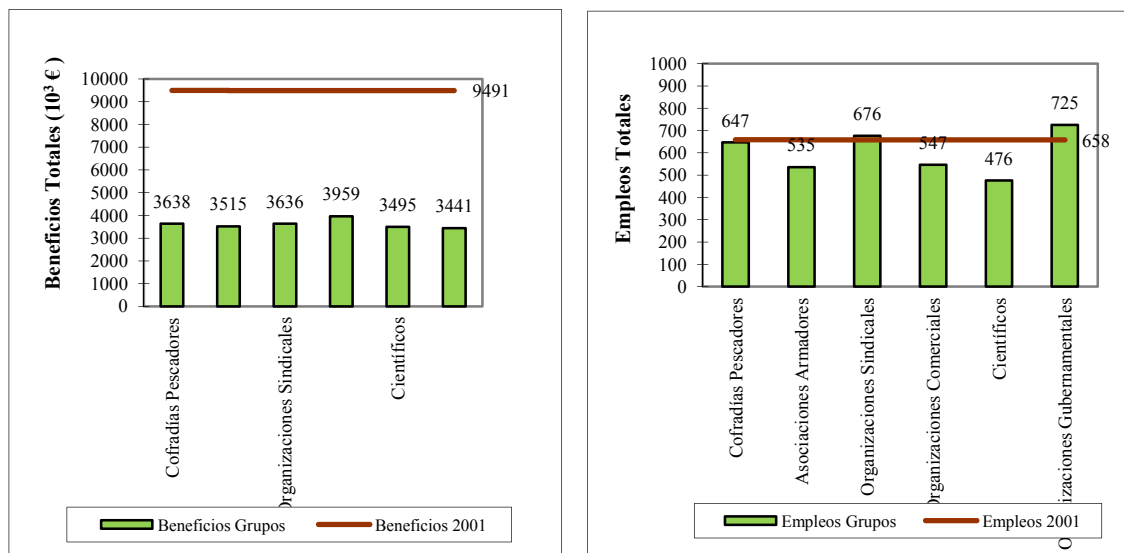


Gráfico 6.25. Niveles de beneficios y empleos totales por grupo. Modelos: II1G1-II1G6

Desde el punto de vista del empleo el grupo que más apostaba por maximizar los empleos totales anuales es la Administración con un peso de un 30,69% de total (Tabla 6.15), lo que no parece contradecirse con los resultados obtenidos. Además, se puede observar que desde el punto de vista del beneficio el grupo de las Organizaciones Comerciales es el que a priori más apuesta por una maximización de este a largo plazo, y parece que tampoco contradice los resultados obtenidos.

6.9.6. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA PMP CON GRUPOS AGREGADOS Y MODELO II

A continuación se muestran los resultados de los análisis de sensibilidad realizados en los Modelos PM de tipo II con metas ponderadas y grupos agregados.

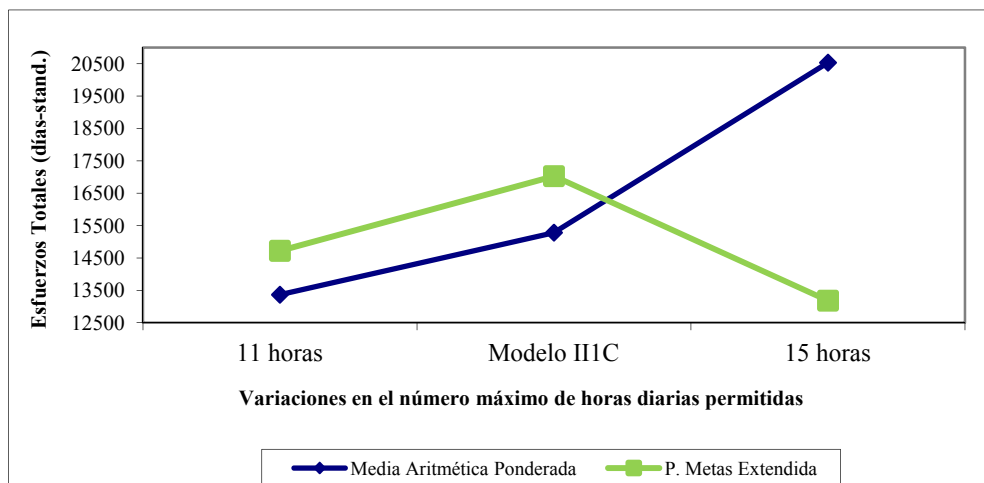


Gráfico 6.26. Niveles de esfuerzo totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: H-II1C1 y H-II1C2

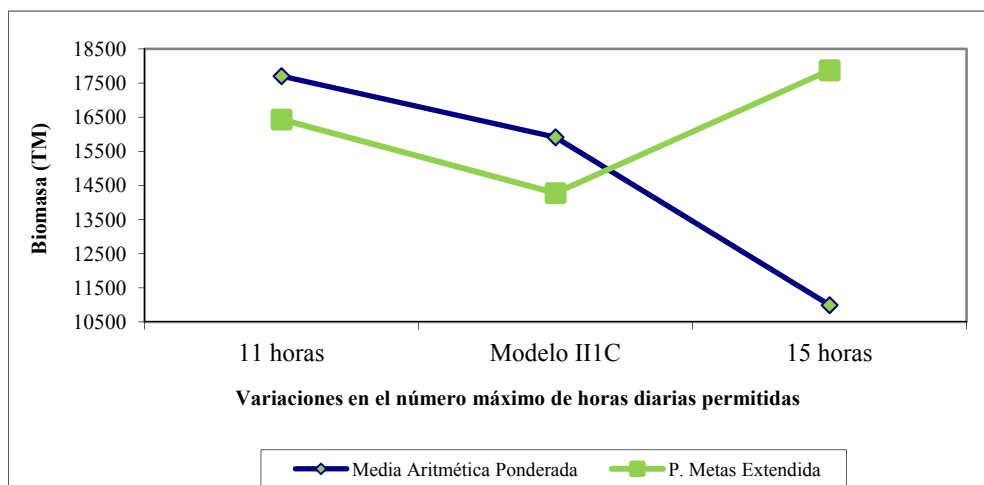


Gráfico 6.27. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad.
Modelos: H-II1C1 y H-II1C2

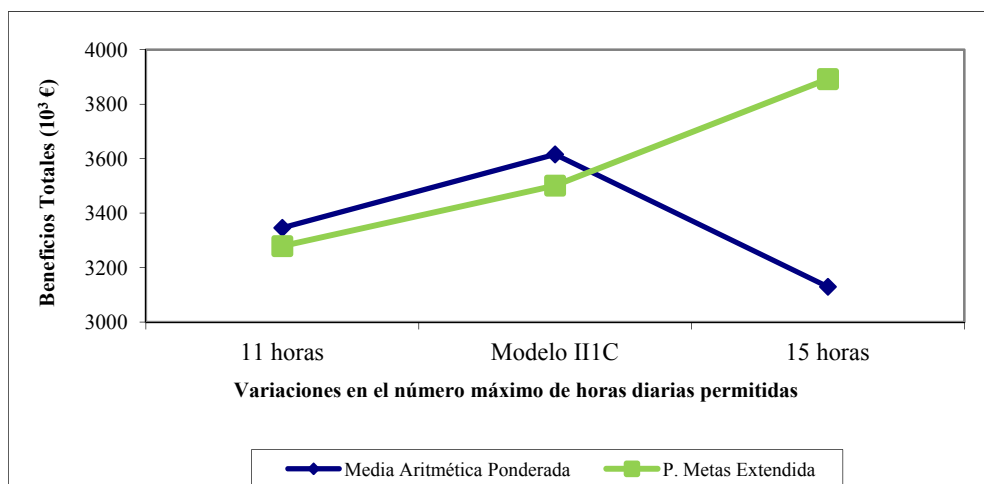


Gráfico 6.28. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: H-II1C1 y H-II1C2

A la vista de los resultados obtenidos con variaciones en el número máximo de horas permitidas se observa que un incremento de dos horas en el número máximo de horas permitidas arroja soluciones muy dispares para ambos modelos.

Con la PM Extendida (Modelo H-II1C2) la pesquería se va a situar en una situación de clara sobreexplotación, ya que se obtienen niveles de biomasa inferior a los que proporciona el RMS, se reduce el beneficio, y a la vez que se generan niveles de empleo muy altos. La situación es justamente la contraria para el Modelo H-II1C1.

Por otro lado, una reducción de dos horas diarias al día de pesca genera resultados parecidos en ambos modelos reduciéndose los niveles de beneficios, empleos y esfuerzos totales mientras que la biomasa se va a situar en un nivel superior a la del RMS. Implica además, reducir el poder de pesca de las embarcaciones y sus capturas diarias, lo cual lleva a que los barcos tengan que operar un mayor número de días de pesca para obtener el mismo nivel de esfuerzo, ocasionado costes adicionales y reduciéndose, para un mismo nivel de esfuerzo y capturas.

En relación a las soluciones obtenidas con variaciones en los precios, se observa que una reducción del precio de venta de chirla en primera venta reduce los niveles totales de esfuerzo pesquero, biomasa y beneficios mientras que aumenta los niveles de biomasa por encima incluso de la del RMS. La situación se invierte cuando se incrementa el precio de venta obteniéndose además para ambos modelos resultados muy similares.

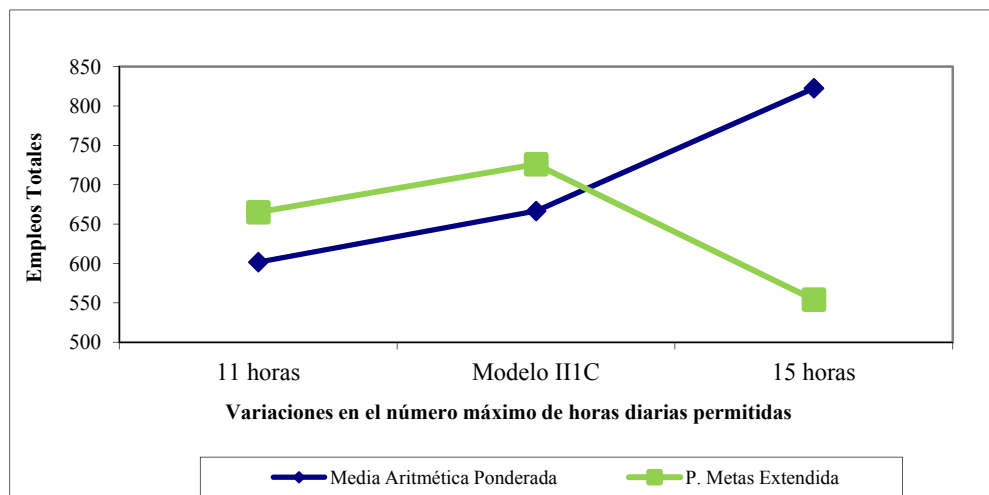


Gráfico 6.29. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: H-II1C1 y H-II1C2

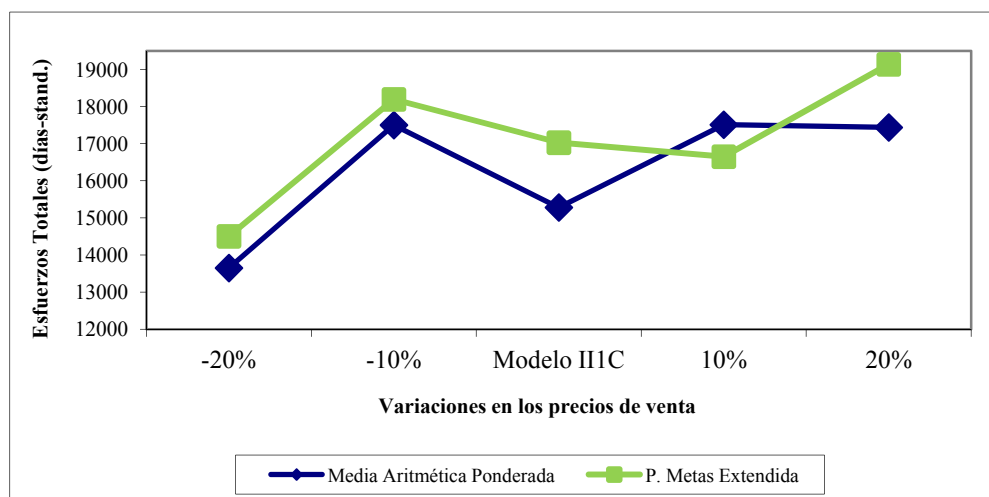


Gráfico 6.30. Niveles de esfuerzos totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: P-II1C1 y P-II1C2

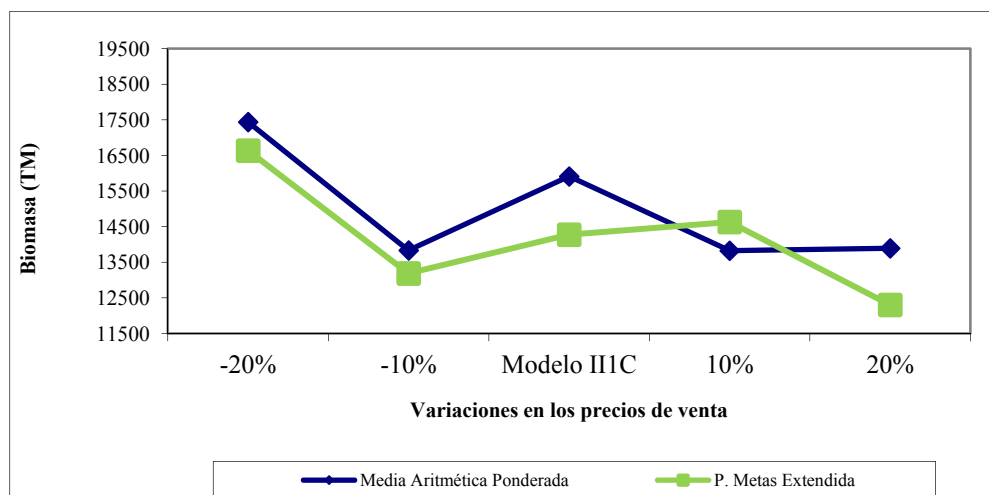


Gráfico 6.31. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad.
Modelos: P-II1C1 y P-II1C2

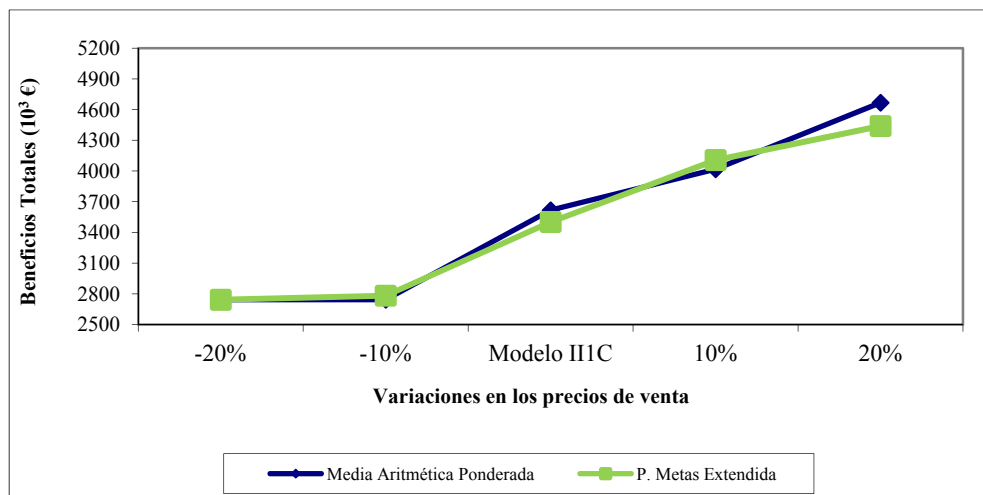


Gráfico 6.32. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: P-II1C1 y P-II1C2

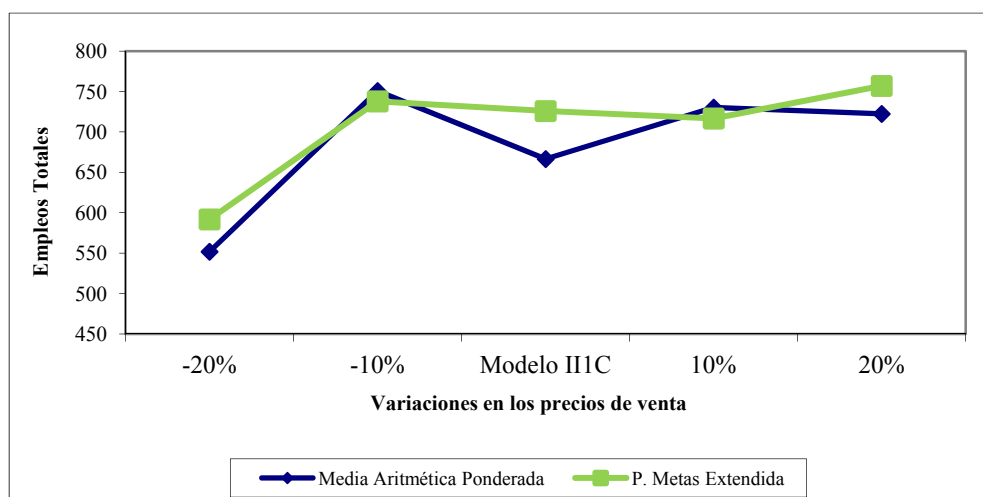


Gráfico 6.33. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: P-II1C1 y P-II1C2

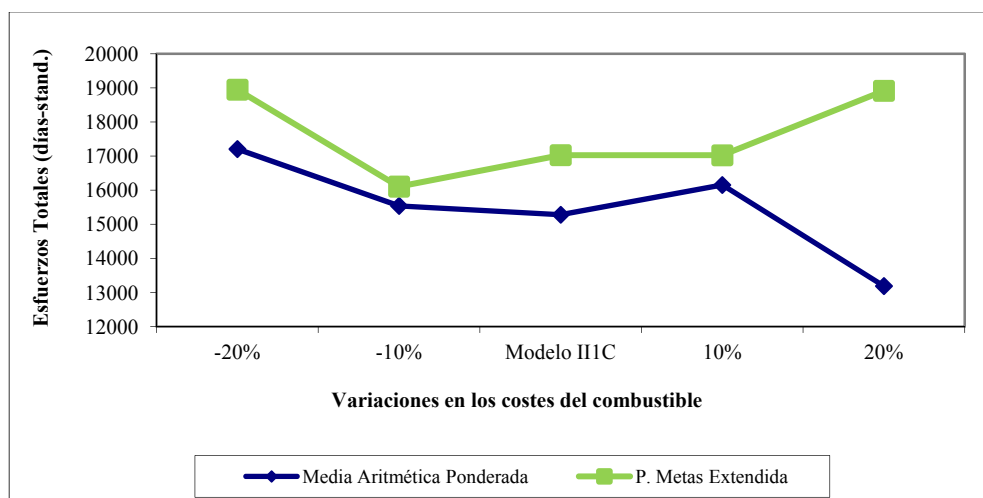


Gráfico 6.34. Niveles de esfuerzos totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: C-II1C1 y C-II1C2

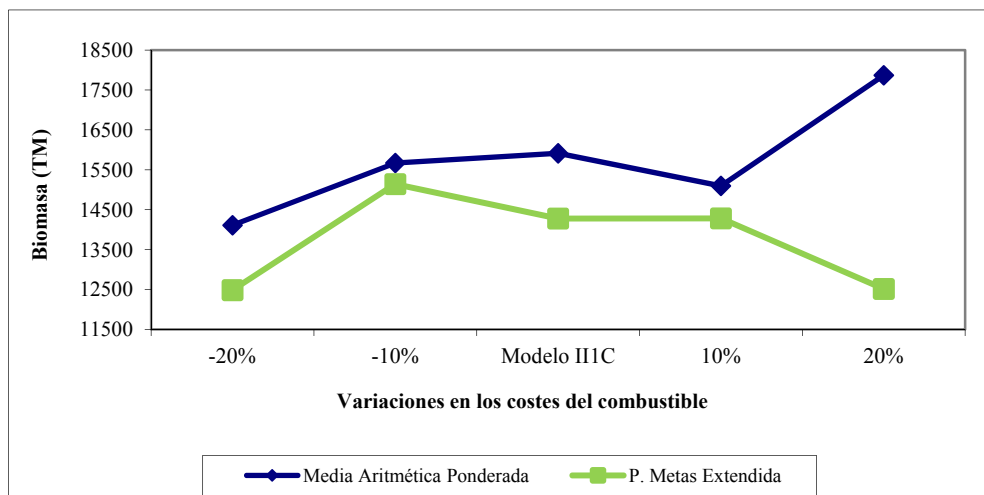


Gráfico 6.35. Niveles de biomasa del análisis de sensibilidad.
Modelos: C-IIIC1 y C-IIIC2

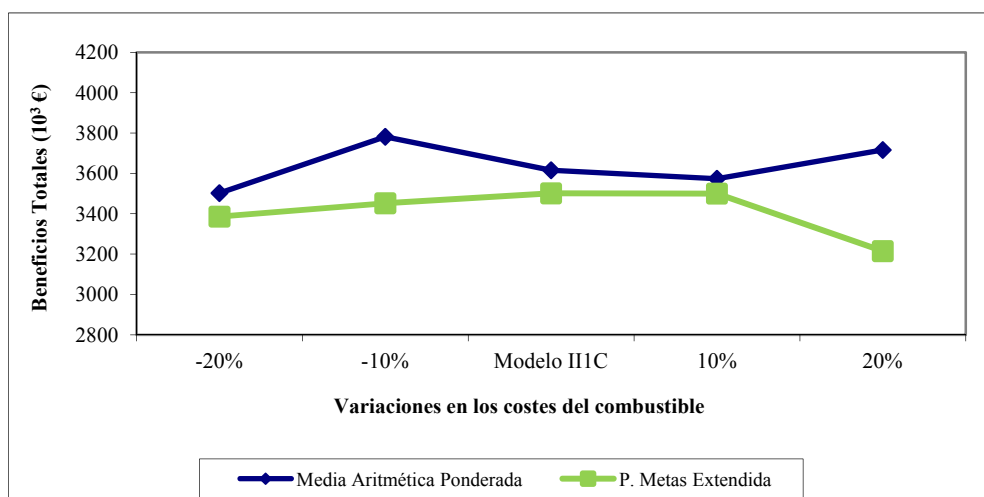


Gráfico 6.36. Niveles de beneficios totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: C-IIIC1 y C-IIIC2

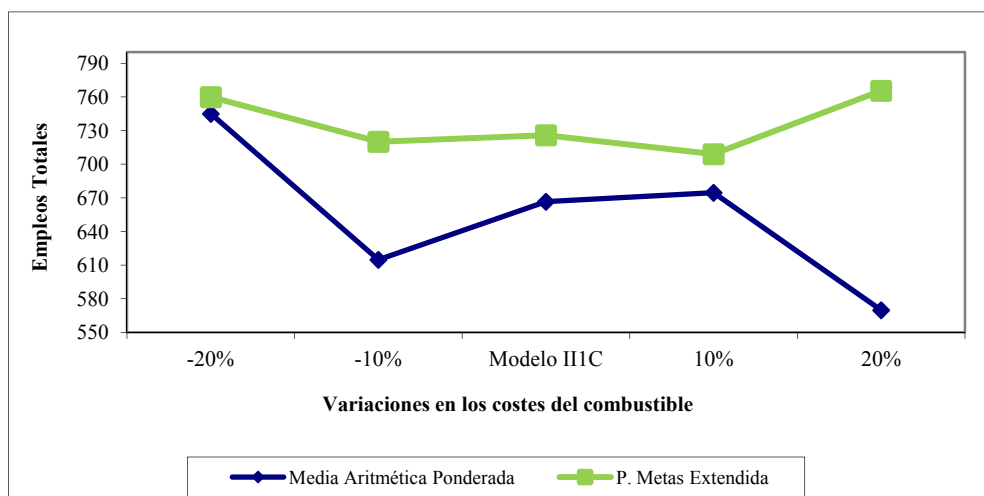


Gráfico 6.37. Niveles de empleos totales del análisis de sensibilidad.
Modelos: C-IIIC1 y C-IIIC2

Finalmente, con relación a las variaciones de los costes derivados del consumo de combustible sobre su precio actual, se ha de comentar que una reducción de los mismos proporciona soluciones similares en ambos modelos mientras que cuando se incrementa el coste de gasoil, las soluciones que se obtienen son muy dispersas ya que media aritmética ponderadas tiende a proporcionar niveles muy bajos de esfuerzos, biomasa, empleos y beneficios mientras que con PM son más altos.

6.9.7. MATRIZ DE PAGOS Y CURVA *TRADE-OFFS*

Para la obtención de la matriz de pagos se optimizan los seis objetivos de uno en uno, teniendo en cuenta únicamente las restricciones técnicas del modelo PM. Las columnas de las Tablas 6.17 y 6.18 representan la solución obtenida al optimizar el objetivo que figura inmediatamente en su parte superior de la misma con los Modelos I y II, respectivamente.

Tabla 6.17. Matriz de pagos del Modelo II

Criterios optimizados	MAX BENEFICIOS TOTALES	MAX EMPLEOS TOTALES	MIN SUPERFICIE DRAGADA	MANT INDICADOR CONFLICTOS ARTES	MIN INDICADOR CONFLICTOS PUERTOS	MAX BIOMASA
Beneficios totales (10 ³ €)	4594,7	2857,1	0	2769,7	3999,8	0
Empleos totales	471,7	819,3	0	31,4	632,0	0
Superficie dragada (Km ²)	1119,5	1210,3	0	0	1121,7	0
Indicador conflictos artes	1620948	1,4	0	0	2,6	0
Indicador conflictos puertos	1,2	0,9	1,3	1,2	0,4	1,3
Biomasa (TM)	17505,7	12681,9	30216,4	29595,0	15347,8	30216,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.18. Matriz de pagos del Modelo II1

Criterios optimizados	MAX BENEFICIOS TOTALES	MAX EMPLEOS TOTALES	MIN SUPERFICIE DRAGADA	MANT INDICADOR CONFLICTOS ARTES	MIN INDICADOR CONFLICTOS PUERTOS
Beneficios totales (10 ³ €)	4594,7	2857,1	0	2769,7	3999,8
Empleos totales	471,7	819,3	0	31,4	632,0
Superficie dragada (Km ²)	1119,5	1210,3	0	0	1121,7
Indicador conflictos artes	1620948	1,4	0	0	2,6
Indicador conflictos puertos	1,2	0,9	1,3	1,2	0,4

Fuente: Elaboración propia

Los elementos de la diagonal principal de cada matriz de pagos representan el óptimo de cada objetivo, o sea, el punto ideal, que en las tablas 6.17 y 6.18 se corresponden con el mejor valor de cada fila. Así por ejemplo, el valor ideal del beneficio, es decir, el máximo beneficio económico se sitúa en 4.594.700 € para los dos modelos (I y II) y se alcanza con empleos totales de 471,7 días estandarizados. Por otro lado, las peores soluciones, o punto anti-ideal, se obtienen eligiendo el peor valor de cada fila (Tablas 6.19 y 6.20). No es posible conseguir una mejora simultánea en dos objetivos sin que se produzca un empeoramiento en alguno de ellos.

Tabla 6.19. Punto ideal y anti-ideal del Modelo II

Criterios optimizados	PUNTO IDEAL	PUNTO ANTI- IDEAL
Beneficios totales (10 ³ €)	4594,7	0
Empleos totales	819,3	0
Superficie dragada (Km ²)	0	1210,3
Indicador conflictos artes	0	1620948,0
Indicador conflictos puertos	0,4	1,3
Biomasa (TM)	30216,4	12681,9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.20. Punto ideal y anti-ideal del Modelo III

Criterios optimizados	PUNTO IDEAL	PUNTO ANTI-IDEAL
Beneficios totales (10 ³ €)	4594,7	0
Empleos totales	819,3	0
Superficie dragada (Km ²)	0	1210,3
Indicador conflictos artes	0	1620948,0
Indicador conflictos puertos	0,4	1,3

Fuente: Elaboración propia

El principal interés que tiene la matriz de pagos es el estudio del grado de conflicto entre objetivos con la curva de intercambios (*trade-offs*) entre dos objetivos en conflicto, que resulta de optimizar uno de los objetivos, por ejemplo, el beneficio económico, manteniendo constante el otro, por ejemplo, el empleo, de forma que se sigan satisfaciendo todas las demás restricciones fijas del modelo.

Para un determinado nivel de empleo obtenemos el beneficio ideal, optimizando los beneficios de la siguiente forma:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 BEN_{ijk} \quad (48)$$

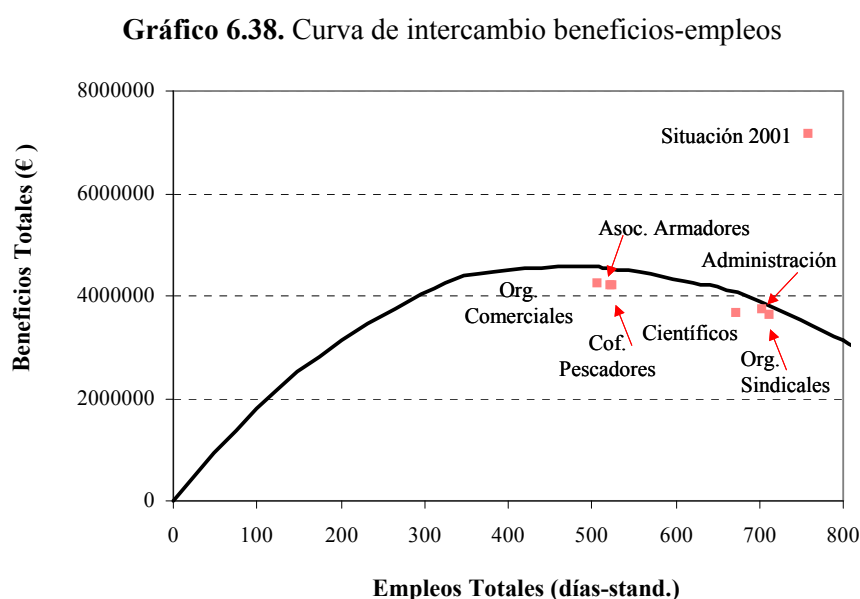
sujeto a:

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 EMP_{ijk} = cte \quad (49)$$

restricciones rígidas (8)-(29)

En el Gráfico 6.38 representamos gráficamente los resultados obtenidos. A la poligonal que une los puntos Beneficio-Empleo se le llama curva de trade-offs. En esta curva puede verificarse lo que ocurre con el beneficio cuando

aumentamos o disminuimos el nivel de empleo, y si una mejora del nivel de empleo lleva aparejada un empeoramiento del beneficio, o viceversa. Además hemos añadido los resultados obtenidos con PMP para cada uno de los seis grupos y la situación de partida. Según el gráfico, la situación óptima del modelo planteado sin considerar las metas se sitúa en torno a unos 400 empleos anuales generando un beneficio aproximado de 4 millones de euros.



Fuente: Elaboración propia

Como puede verificarse existen diferencias significativas y, a pesar de la diversidad de las ponderaciones utilizadas, pueden distinguirse dos grupos de soluciones claramente determinados en la gráfica: un primer grupo en el que se encuentran los grupos que otorgan un mayor peso a los beneficios (cofradías de pescadores, asociaciones de armadores, asociaciones de empresas comercializadoras) frente a aquellas que priorizan la maximización del empleo (científicos, administración, sindicatos) cuyas soluciones óptimas se caracterizan por un nivel de esfuerzo bastante más elevado, una biomasa inferior a la que corresponde al RMS y, por consiguiente, una situación de sobreexplotación de la pesquería más acusada que en los primeros.

CAPÍTULO 7

Conclusiones y recomendaciones

7.1. CONCLUSIONES

Todos los modelos aquí expuestos para gestionar de forma sostenible la pesquería de chirla (*Chamelea gallina*) que se desarrolla en la Región Suratlántica española son metodológicamente correctos y han de ser tratados como un indicativo de una realidad, en lugar de una representación exacta de efectos reales.

En primer lugar, desde el punto de vista de la toma de decisiones, se ha desarrollado un modelo bioeconómico de optimización con objetivos múltiples de diferente naturaleza (biológicos, socioeconómicos, políticos), que incluye variables reales/enteras, metas lineales/no lineales y restricciones fijas. Para la obtención de las soluciones a largo plazo se ha utilizado la programación por

metas en sus diferentes versiones, y para la obtención de las preferencias de los grupos de interés se ha utilizado el Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

En base a los resultados obtenidos con los modelos utilizados para la toma de decisiones multiobjetivo, las conclusiones más relevantes a las que hemos llegado son las que, a continuación, se exponen:

1.- La consideración de la dinámica del stock con el modelo general de producción de Schaefer (1954a) en su versión estática y la incorporación de aspectos económicos de la flota, tales como precios, salarios, ingresos, costes fijos y variables, etc., hacen más aceptables los resultados.

2.- La necesidad de garantizar una ordenación de la pesquería de chirla del litoral suratlántico andaluz que sea lo más eficiente, efectiva y equitativa posible, nos ha llevado a incluir en los modelos los instrumentos de ordenación vigentes en la pesquería. Estos son: *i)* las medidas técnicas de conservación que imponen restricciones en las dimensiones de las artes de pesca (draga hidráulica, rastro remolcado), la talla mínima de captura, las épocas de vedas y las zonas protegidas; *ii)* las medidas dirigidas a la regulación de los outputs (capturas) que limitan el volumen de los desembarcos (taras); y, por último, *iii)* las medidas de control del input (esfuerzo pesquero) que limitan el número de embarcaciones autorizadas de la flota de chirla (licencias), las jornadas y los horarios para el ejercicio de la actividad.

3.- La implicación de todos los grupos de interés o *stakeholders* del sector pesquero de la chirla (cofradías de pescadores, asociaciones de armadores, organizaciones de productores, organizaciones sindicales, científicos e investigadores, organizaciones gubernamentales), en el proceso de toma de decisiones, favorece la aceptabilidad de las normas, contribuye efectivamente a mejorar la administración del recurso y reduce notablemente los conflictos, pues las decisiones se toman conjuntamente entre todos los grupos por consenso. Con la gestión conjunta, compartida o cogestión del recurso se crean aptitudes de

cooperación para diseñar, adaptar y utilizar esquemas de gestión más eficientes y sostenibles que beneficien a todas las partes.

4.- La incorporación en el modelo de programación por metas ponderadas del peso o importancia que tiene cada grupo de interés en la pesquería mejora el realismo de los modelos. El conocimiento del peso o ponderación que los grupos otorgan a cada uno de los objetivos que se formulan en el modelo ponderado, lexicográfico, minimax y extendido, no solo es imprescindible sino que también influirá decisivamente en la solución final de los mismos.

5.- El análisis completo *trade-off* entre el beneficio económico y el empleo, mediante la representación gráfica de la curva de intercambio beneficios-empleo, dan mayor transparencia al modelo.

6.- Las simulaciones llevadas a cabo en los modelos de programación por metas ponderadas utilizando diferentes análisis de sensibilidad, para comparar las soluciones obtenidas mediante variaciones en algunos parámetros (número máximo de horas legalmente establecidas de trabajo diarios, precio medio de las capturas en primera venta, costes derivados del consumo de gasoil), no solamente enriquece el análisis sino que también nos ayuda a planificar mejor la pesquería. Con el análisis de sensibilidad, para cada conjunto de pesos ensayados, hemos podido ver si los resultados iniciales se han visto alterados y si se han producido efectos sustanciales.

En definitiva, todos los resultados obtenidos muestran la utilidad de estos métodos en el diseño de políticas de gestión de la pesquería de chirla y evidencian las diversas jerarquías de objetivos mantenidas por los diferentes grupos implicados en el proceso de toma de decisiones.

Respecto a la técnica empleada para la toma de decisiones multiobjetivo, hay que comentar que la utilización conjunta de la programación por metas y del AHP, ha resultado ser efectiva en la determinación de una estrategia óptima que

garantice el buen funcionamiento de la pesquería de chirla a largo plazo. La programación por metas complementa pero no reemplaza el juicio de buenos gestores y administradores. Asimismo, mejora la consistencia en la toma de decisión, y ayuda al decisor a comprender mejor el problema.

Las técnicas multicriterio con procedimientos interactivos son las que hoy día despiertan más interés, pues son más flexibles y proporcionan un camino más directo para la obtención de una solución eficiente o solución “mejor compromiso”. Con la iteración del proceso, el resultado es una mayor efectividad y un mayor avance hacia el logro de los objetivos y metas. Igualmente, estas técnicas se adaptan mejor a las necesidades del sector y fomentan el intercambio de conocimientos. Sin embargo, conseguir que proporcione gestiones eficientes en la pesquería de chirla que hemos analizado es difícil dada la gran diversidad de grupos representativos del sector pesquero, lo que imposibilita el diálogo, la comunicación y la interacción directa en todo momento entre el decisor y los agentes de cada grupo.

En lo que a recomendaciones se refiere, pensamos que podría ser interesante la incorporación de la incertidumbre en los modelos y la aplicación de enfoques basados en la programación matemática borrosa o *fuzzy*, para optimizar modelos no lineales de programación por metas con objetivos y niveles de aspiración borrosos. No obstante, somos conscientes de que estos enfoques se vienen empleando hasta ahora en modelos de optimización con información a priori/progresiva sobre preferencias del decisor que únicamente incluyen objetivos lineales. Por lo que queda aún un largo camino por recorrer hasta conseguir incorporar las no linealidades en estos enfoques, y obtener resultados completamente satisfactorios que hagan sostenible la pesquería de chirla (*Chamelea gallina*) en la Región Suratlántica española y aseguren el futuro de la misma.

De cualquier forma, como hemos visto, la pesquería de chirla estuvo actuando hasta 2007 con niveles de capturas muy superiores a los que

recomendamos en este trabajo, de forma que a partir de 2009 y hasta 2011 las capturas declaradas fueron muy inferiores a las reales, como señalaba el informe del Instituto Español de Oceanografía, lo que provocó el colapso de la pesquería y una reducción muy significativa de las capturas por unidad de esfuerzo. De hecho, y a iniciativas del sector, desde finales de 2010 y hasta mediados de 2011 estuvo cerrada la pesquería, estableciéndose posteriormente sistemas basados en la descentralización de las decisiones que han permitido la recuperación del recurso a través de la autorregulación por parte de las organizaciones pesqueras.

De haberse seguido las recomendaciones entre 2000 y 2007 es muy probable que no se hubiera producido el colapso de la pesquería que se produjo entre 2009 y 2011. La situación actual que mantiene los niveles de captura en cierta situación de estabilidad entre 4.000 y 4.500 Tm al año se ha visto favorecida por la mejora del precio, debido al hundimiento de las exportaciones italianas. En otro contexto difícilmente hubiera podido mantenerse esta situación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A) Bibliografía General

- Abadie, J. y Carpentier, J. (1969). Generalization of the Wolfe reduced gradient method to the case of nonlinear constraints. En: R. Fletcher (ed.), *Optimization*, 37-47. Nueva York: Academic Press.
- Aczél, J. y Saaty, T.L. (1983). Procedures for synthesizing ratio judgements. *Journal of Mathematical Psychology*, 27 (1), 93-102.
- Aguarón, J. y Moreno Jiménez, J.M. (2003). The geometric consistency index: approximated thresholds. *European Journal of Operational Research*, 147 (1), 137-145.
- Aguilera Klink, F. (1987). Los recursos naturales de propiedad común: una introducción. *Hacienda Pública Española*, 107, 121-127.
- Aköz, O. y Petrovic, D. (2007). A fuzzy goal programming method with imprecise goal hierarchy. *European Journal of Operational Research*, 181 (3), 1427-1433.
- Alchian, A.A. y Demsetz, H. (1973). The property rights paradigm. *Journal of Economic History*, 33 (1), 16-27.
- Amador, F. y Romero, C. (1989). Redundancy in lexicographic goal programming: an empirical approach. *European Journal of Operational Research*, 41 (3), 347-354.
- Amble, A. (1981). Multiobjective optimization of a local fishing fleet – A goal programming approach. En: K.B. Haley (ed.), *Applied operations research in fishing*, 309-319. Nueva York: Plenum Press.
- Anderson, J.L. (2002). Aquaculture and the future: why fisheries economists should care. *Marine Resource Economics*, 17 (2), 133-151.

- Anderson, J.M. (1974). A model for “the tragedy of the commons”. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-4 (1), 103-105.
- Anderson, L.G. (1973). Optimum economic yield of a fishery given a variable price of output. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 30 (4), 509-518.
- Anderson, L.G. (1977). *The economics of fisheries management*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Anderson, L.G. (1991). Efficient policies to maintain total allowable catches in ITQ fisheries with at-sea processing. *Land Economics*, 67 (2), 141-157.
- Anderson, L.G. (2000). Selection of a property rights management system. En: R. Shotton (ed.), *Use of property rights in fisheries management. Proceedings of the FishRights99 Conference. Fremantle, Western Australia, 11-19 November 1999*. Mini-Course Lectures and Core Conference Presentations. Fisheries Technical Paper 404/1, 26-38. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO).
- Aouni, B. y Kettani, O. (2001). Goal programming model: a glorious history and a promising future. *European Journal of Operational Research*, 133 (2), 225-231.
- Aouni, B., Martel, J.M. y Hassaine, A. (2009). Fuzzy goal programming model: an overview of the current state-of-the-art. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 16 (5-6), 149-161.
- Apollonio, S. (1982). Fisheries management. *Oceanus*, 25 (4), 29-38.
- Arenas Parra, M., Bilbao Terol, A., Pérez Gladish, B. y Rodríguez Uría, M.V. (2010). A new approach of Romero’s extended lexicographic goal programming: fuzzy extended lexicographic goal programming. *Soft Computing – A Fusion of Foundations, Methodologie and Applications*, 14 (11), 1217-1226.

- Armitage, D., Berkes, F. y Doubleday, N. (eds.) (2007). *Adaptive co-management: collaboration, learning, and multi-level governance*. Vancouver, BC: University of British Columbia (UBC) Press.
- Arnason, R. (2000). Property rights as a means of economics organization. En: R. Shotton (ed.), *Use of property rights in fisheries management. Proceedings of the FishRights99 Conference. Fremantle, Western Australia, 11-19 November 1999*. Mini-Course Lectures and Core Conference Presentations. Fisheries Technical Paper núm. 404/1, 14-25. Roma: FAO.
- Arnason, R. (2009). Fisheries management and operations research. *European Journal of Operational Research*, 193 (3), 741-75.
- Arrow, K.J. (1968). Applications of control theory to economic growth. En: G.B. Dantzig y A.F. Veinott, Jr. (eds.), *Mathematics of the decision sciences, part 2*, 85-119. Providence, Rhode Island: American Mathematical Society.
- Arrow, K.J. y Raynaud, H. (1986). *Social choice and multicriterion decision-making*. Cambridge, MA: MIT Press. [Se ha utilizado la ed. española de Manuel Pascual Morales de 1989. *Opciones sociales y toma de decisiones mediante criterios múltiples*. Madrid: Alianza Editorial]
- Arthur, J.L. y Ravindran, A. (1978). An efficient goal programming algorithm using constraint partitioning and variable elimination. *Management Science*, 24 (8), 867-868.
- Arthur, J.L. y Ravindran, A. (1980a). PAGP, a partitioning algorithm for (linear) goal programming problems. *ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS)*, 6 (3), 378-386.
- Arthur, J.L. y Ravindran, A. (1980b). A branch and bound algorithm with constraint partitioning for integer goal programming problems. *European Journal Operational Research*, 4 (6), 421-425.
- Ayles, B.G., Bell, R. y Hoyt, A. (2007). Adaptive fisheries co-management in the western Canadian arctic. En: D. Armitage, F. Berkes y N. Doubleday (eds.),

- Adaptive co-management: collaboration, learning, and multi-level governance*, 125-150. Vancouver, BC: University of British Columbia (UBC) Press.
- Azqueta Oyarzun, D. (1994). Economía, medio ambiente y economía ambiental. *Revista Española de Economía*, 11 (1), 9-38.
- Balas, E. (1965). An additive algorithm for solving linear programs with zero-one variables. *Operations Research*, 13 (4), 517-549.
- Ballestero, E. (2001). Stochastic goal programming: a mean-variance approach. *European Journal of Operational Research*, 131 (3), 476-481.
- Ballestero, E. y Romero, C. (1998). *Multiple criteria decision making and its applications to economic problems*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Baranov, T.I. (1918). On the question of the biological basis of fisheries. *Nauchnye Issledovaniya Ikhtologicheskii Instituta Izvestiya*, 1 (1), 81-128.
- Barba-Romero, S. y Pérez Navarro, J. (1994). La decisión multicriterio en el análisis y la gestión de los recursos naturales. En: D. Azqueta y A. Ferreira (eds.), *Análisis económico y gestión de recursos naturales*, 137-162. Madrid: Alianza Editorial.
- Barba-Romero, S. y Pomerol, J.C. (1997). *Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos y utilización práctica*. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá, Servicio de Publicaciones.
- Barber, W.J. (1967). *A history of economic thought*. Middlesex, Inglaterra: Penguin Books. [Se ha utilizado la trad. de C. Solchaga y G. Barba Bernabeu de 1998. *Historia del pensamiento económico*. Madrid: Alianza Universidad]
- Barbier, E.B. (1989). *Economics, natural-resource scarcity and development: conventional and alternative views*. Londres: Earthscan.
- Bellman, R.E. (1957). *Dynamic programming*. Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press.

- Bellman, R.E. y Zadeh, L.A. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17 (4), 141-164.
- Belton, V. y Gear, T. (1983). On a short-coming of Saaty's method of analytical hierarchies. *Omega--The International Journal of Management Science*, 11 (3), 228-230.
- Belton, V. y Vickers, S. (1990). Use of simple multi-attribute value function incorporating visual interactive sensitivity analysis for multiple criteria decision making. En: C. Bana e Costa (ed.), *Readings in multiple criteria decision aid*, 319-334. Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Benayoun, R., De Montgolfier, J., Tergny, J. y Larichev, O. (1971). Linear programming and multiple objective functions: step method (STEM). *Mathematical Programming*, 1 (3), 366-375.
- Bennett, E., Neiland, A., Anang, E., Bannerman, P., Rahman, A.A., Huq, S., Bhuiya, S., Day, M., Fulford-Gardiner, M. y Clerveaux, W. (2001). Towards a better understanding of conflict management in tropical fisheries: evidence from Ghana, Bangladesh and Caribbean. *Marine Policy*, 25 (5), 365-376.
- Berkes, F. (1986). Local-level management and the commons problem: a comparative study of Turkish coastal fisheries. *Marine Policy*, 10 (3), 215-229.
- Berkes, F. (1994). Co-management: bridging the two solitudes. *Northern Perspectives*, 22 (2-3), 18-20.
- Berkes, F. (1996). Social systems, ecological systems and property rights. En: S. Hanna, C. Folke y K.G. Mäler (eds.), *Rights to nature: ecological, economic, cultural, and political principles of institutions for the environment*, 87-107. Washington, DC: Island Press.
- Berkes, F. (2007). Adaptive co-management and complexity: exploring the many faces of co-management. En: D. Armitage, F. Berkes y N. Doubleday (eds), *Adaptive co-management: collaboration, learning, and multi-level*

- governance*, 19-37. Vancouver, BC: University of British Columbia (UBC) Press.
- Berkes, F. (2009). Evolution of co-management: role of knowledge generation, bridging organizations and social learning. *Journal of Environmental Management*, 90 (5), 1692-1702.
- Berkes, F. y Farvar, M.T. (1989). Introduction and overview. En: F. Berkes (ed.), *Common property resources: ecology and community-based sustainable development*, 1-17. Londres: Belhaven Press.
- Berkes, F., Feeny, D., McCay, B.J. y Acheson, J.M. (1989). The benefits of the commons. *Nature*, 340 (6229), 91-93.
- Berkes, F., Mahon, R., McConney, P., Pollnac, R.C. y Pomeroy, R.S. (2001). *Managing small-scale fisheries: alternative directions and methods*. Ottawa, ON: International Development Research Centre (IDRC) Books.
- Berni y Catalá, J. (1759). *Apuntamientos sobre las leyes de partida al tenor de leyes recopiladas, autos acordados, autores españoles y práctica moderna*. Valencia: Los Herederos de Gerónimo Conejos. Recuperado el 01/11/15, de: http://books.google.es/books?id=a0wFpmVOYQAC&pg=PA223&lpg=PA223&dq=tercera+partida+bestias+salvajes+aves+pescados+mar&source=bl&ots=_N8BtwoupA&sig=V1hwG8dsnFxzafsm86qLEjSPv0A&hl=es&ei=De5sTPuMC8uTjAeokuz6CA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10&ved=0CDYQ6AEwCQ#v=onepage&q&f=false
- Bertalanffy, L.V. (1969). Das modell des offenen systems. *Nova Acta Leopoldina*, 33, 73-87.
- Beverton, R.J.H. y Holt, S.J. (1957). *On the dynamics of exploited fish populations*. Fishery Investigations (series II, vol. XIX). Londres: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.

- Bianchi, G. (2008). The concept of ecosystem approach to fisheries in FAO. En: G. Bianchi y H.R. Skjoldal (eds.), *The ecosystem approach to fisheries*, 20-38. Cambridge, MA: FAO y CABI Publishing.
- Bianchi, G. y Skjoldal, H.R. (eds.) (2008). *The ecosystem approach to fisheries*. Cambridge, MA: FAO y CABI Publishing.
- Borrini-Feyerabend, G., Farvar, M.T., Nguingiri, J.C. y Ndangang, V.A. (2000). *Co-management of natural resources: organising, negotiating and learning-by-doing*. Heidelberg: GTZ e IUCN, Kasperek Verlag. [Se ha utilizado la ed. española de G. Borrini-Feyerabend, M.T. Farvar, V. Solis y H. Govan de 2001. *Manejo conjunto de los recursos naturales: organizarse, negociar y aprender en la acción*. Heidelberg, Alemania: GTZ y UICN, Kasperek Verlag. Recuperado el 15/10/15, de: http://www.conservation-development.net/rsFiles/Datei/CoManagement_Spanish.pdf
- Botero, G. (1589). *Della ragion di stato: libri dieci*. Venecia: Giolito. [Se ha utilizado la trad. al español de A. de Herrera y Tordesillas de 1603. *Diez libros de la razón de estado, con tres libros de la grandeza de las ciudades* (2ª reed.). Burgos: Sebastián de Cañas]
- Box, M.J. (1965). A new method of constrained optimization and a comparison with other methods. *The Computer Journal*, 8 (1), 42-52. Recuperado el 15/10/15, de: <http://comjnl.oxfordjournals.org/content/8/1/42.full.pdf>
- Brans, J.P., Mareschal, B. y Vincke, Ph. (1984). Promethee: a new family of outranking methods in multicriteria analysis. En: J.P. Brans (ed.), *Operational Research, IFORS 84*, 477-490. Amsterdam: North-Holland.
- Bromley, D.W (1991). *Environment and economy: property rights and public policy*. Oxford-Cambridge: Basil Blackwell.
- Bromley, D.W. (1989). Property relations and economic development: the other land reform. *World Development*, 17 (6), 867-877.

- Bromley, D.W. (1992). The commons, common property, and environmental policy. *Environmental and Resource Economics*, 2 (1), 1-17.
- Bromley, D.W., Feeny, D., McKean, M.A., Peters, P., Gilles, J.L., Oakerson, R.J., Runge, C.F. y Thomson, J.T. (eds.) (1992). *Making the commons work: theory, practice, and policy*. San Francisco, EE. UU.: Institute for Contemporary Studies (ICS) Press.
- Brown, K., Adger, W.N., Tompkins, E., Bacon, P., Shim, D. y Young, K. (2001). Trade-off analysis for marine protected area management. *Ecological Economics*, 37 (3), 417-434.
- Bryson, N. y Joseph, A. (1999). Generating consensus priority point vectors: a logarithmic goal programming approach. *Computers and Operations Research*, 26 (6), 637-643.
- Caballero, R. y Hernández, M. (2006). Restoration of efficiency in a goal programming problem with linear fractional criteria. *European Journal of Operational Research*, 172 (1), 31-39.
- Caballero, R., Hernández, M. y Gómez, T. (2009). Algoritmos para la determinación de soluciones en problemas de programación por metas fraccionales. *Rect@, Actas_17, 1 record: 703*.
- Caballero, R., Luque, M., Molina, J. y Ruiz, F. (2002). Programación multiobjetivo interactiva. En: R. Caballero y G.M. Fernández (eds.), *Toma de decisiones con criterios múltiples*. Rect@, Monografías, vol. 1, 123-148. Valencia: Tirant Lo Blanch.
- Caballero, R., Rey, L. y Ruiz, F. (1998). Lexicographic improvement of the target values in convex goal programming. *European Journal of Operational Research*, 107 (3), 644-655.
- Caballero, R., Ruiz de la Rúa, F., Rodríguez Uría, M.V. y Romero, C. (2006). Interactive meta-goal programming. *European Journal of Operational Research*, 175 (1), 135-154.

- Caddy, J.F. (1980). Surplus production models. En: *Selected lectures from the CIDA/FAO/CECAF seminar on fishery resource evaluation*. Casablanca, Morocco, 6-24 March 1978, 29-55. Roma: FAO Canada Funds-in-Trust, FAO/TF/INT.
- Camiñas, J.A., Baro, J. y Abad, R. (2004). *La pesca en el Mediterráneo andaluz*. Málaga: Servicio de Publicaciones de la Fundación Unicaja.
- Carroll, J.D. (1972). Individual differences and multidimensional scaling. En: R.N. Shepard, A.K. Romney y S.B. Nerlove (eds.), *Multidimensional Scaling* (vol. 1), 105-155. Nueva York: Seminar Press.
- Castro, A.P. y Nielsen, E. (2001). Indigenous people and co-management: implications for conflict management. *Environmental Science & Policy*, 4 (4/5), 229-239.
- Chang, C.T.C. (2006). Mixed binary interval goal programming. *Journal of the Operational Research Society*, 57 (4), 469-453.
- Chankong, V., Haimes, Y.Y., Thadathil, J. y Zionts, S. (1985). Multiple criteria optimization: a state of the art review. En: Y.Y. Haimes y V. Chankong (eds.), *Decision making with multiple objectives*, 36-90. Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Charles, A. y De Young, C. (2008). Benefits and costs of implementing the ecosystem approach to fisheries. En: G. Bianchi y H.R. Skjoldal (eds.), *The ecosystem approach to fisheries*, 125-137. Cambridge, MA: FAO y CABI Publishing.
- Charles, A.T. (1989). Bio-socio-economic fishery models: labour dynamics and multi-objective management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 46 (8), 1313-1322.
- Charles, A.T. (1992). Fishery conflicts: a unified framework. *Marine Policy*, 16 (5), 379-393.

Charles, A.T. (1995). Fisheries science: the study of fishery systems. *Aquatic Living Resources*, 8 (3), 233-239.

Charles, A.T. (2005). Derechos de uso y pesca responsable: limitando el acceso y la captura a través de la ordenación basada en derechos. En: K.L. Cochrane (ed.), *Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenación y su aplicación*. Documento Técnico de Pesca núm. 424, 127-155. Roma: Oficina de Publicaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.

Charnes, A. y Collomb, B. (1972). Optimal economic stabilization policy: linear goal-interval programming models. *Socio-Economic Planning Sciences*, 6 (4), 431-435.

Charnes, A. y Cooper, W.W. (1961). *Management models and industrial applications of linear programming* (vol. I). Nueva York: John Wiley & Sons.

Charnes, A. y Cooper, W.W. (1977). Goal programming and multiple objective optimizations –Part I. *European Journal of Operational Research*, 1 (1), 39-54.

Charnes, A., Cooper, W.W. y Ferguson, R.O. (1955). Optimal estimation of executive compensation by linear programming. *Management Science*, 1 (2), 138-151.

Cheung, S.N.S. (1970). The structure of a contract and the theory of a non-exclusive resource. *Journal of Law and Economics*, 13 (1), 49-70.

Ciriacy-Wantrup, S.V. y Bishop, R.C. (1975). “Common property” as a concept in natural resources policy. *Natural Resources Journal*, 15 (4), 713-727.

Clark, C.W. (1976). *Mathematical bioeconomic: the optimal management of renewable resources*. Nueva York: John Wiley & Sons. [Se ha utilizado la 2ª ed. inglesa de 1990]

- Clark, C.W. (1980). Restricted access to common-property fishery resources: a game theoretic analysis. En: P.T. Liu (ed.), *Dynamic optimization and mathematical economics*, 117-132. Nueva York: Plenum Press.
- Clark, C.W. y Munro, G.R. (1975). The economics of fishing and modern capital theory: a simplified approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2 (2), 92-106.
- Coase, R.H. (1960). The problem of social cost. *The Journal of Law and Economics*, 3 (October), 1-44. [Se ha utilizado la trad. al español de Coase de 1982. El problema del coste social. *Hacienda Pública Española*, 68, 245-274]
- Cohon, J.L. (1978). *Multiobjective programming and planning*. Nueva York: Academic Press.
- Cohon, J.L. y Marks, D.H. (1975). A review and evaluation of multiobjective programming techniques. *Water Resources Research*, 11 (2), 208-220.
- Cohon, J.L., Church, R.L. y Sheer, D.P. (1979). Generating multiobjective trade-offs: an algorithm for bicriterion problems. *Water Resources Research*, 15 (5), 1001-1010.
- Comisión Europea (2009). *Libro Verde sobre la reforma de la Política Pesquera Común*. Documento COM (2009) 163 final de 22.4.2009. Bruselas. Oficina de Publicaciones de la Comisión Europea. Recuperado el 18/10/15, de: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0163:FIN:es:PDF>
- Comisión Europea (2011). El mar Báltico: el bacalao, el arenque y el espadín. *Pesca y Acuicultura en Europa*, 54 (diciembre), 4-6. Recuperado el 11/11/15, de: http://ec.europa.eu/dgs/maritimeaffairs_fisheries/magazine/sites/mare-magaz/files/past-issues/mag54_es.pdf
- Common, M.S. (1988). *Environmental and resource economics: an introduction*. Londres: Longman.

- Conrad, J.M. y Clark, C.W. (1987). *Natural resource economics. Notes and problems*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Contini, B. (1968). A stochastic approach to goal programming. *Operations Research*, 16 (3), 576-586.
- Copes, P. (1970). The backward-bending supply curve of the fishing industry. *Scottish Journal of Political Economy*, 17 (1), 69-77.
- Costanza, R. (1989). What is ecological economics? *Ecological Economics*, 1, 1-7.
- Crutchfield, J.A. (1973). Economic and political objectives in fishery management. *Transactions of the American Fisheries Society*, 102 (2), 481-491.
- Crutchfield, J.A. y Zeller, A. (1962). Economic aspects of the Pacific halibut fishery. *Fishery Industrial Research*, 1 (1), 1-73.
- Cunningham, S., Dunn, M.R. y Whitmarsh, D. (1985). *Fisheries economics: an introduction*. Londres: Mansell Publishing Limited.
- Cushing, D.H. (1968). *Fisheries biology: a study in population dynamics*. Madison, EE. UU.: The University of Wisconsin Press.
- Cushing, D.H. (1975). *Marine ecology and fisheries*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dales, J.H. (1968). *Pollution, property and prices: an essay in policy-making and economics*. Toronto, Canadá: University of Toronto Press. [Se ha utilizado la 2ª ed. inglesa de Dales de 2002. Massachusetts, EE. UU.: Edward Elgar Publishing]
- Daly, H.E. (ed.) (1989). Introducción a la economía en estado estacionario. En: *Economía, Ecología y Ética*, 11-43. México: Fondo de Cultura Económica.

- Daniels, S.E. y Walker, G.B. (1996). Collaborative learning: improving public deliberation in ecosystem-based management. *Environmental Impact Assessment Review*, 16 (2), 71-102.
- Dantzig, G.B. (1963). *Linear programming and extensions*. Nueva York: Princeton University Press, Princeton.
- Dauer, J.P. y Krueger, R.J. (1977). An iterative approach to goal programming. *Operational Research Quarterly*, 28 (3, part 2), 671-681.
- Davidse, W.P., McEwan, L.V. y Vestergaard, N. (1999). Property rights in fishing: from state property towards private property? A case study of three EU countries. *Marine Policy*, 23 (6), 537-547.
- Debreu, G. (1959). *Theory of value: an axiomatic analysis of economic equilibrium*. Cowles Foundation Monographs núm. 17. Nueva York: John Wiley & Sons. Recuperado el 16/10/15, de: <http://digamo.free.fr/debreu59.pdf>
- Decreto 86/2004, de 2 de marzo, sobre Cofradías de Pescadores y sus Federaciones. *Boletín Oficial del Estado*, 16 de marzo de 2004, núm. 52, 6570-6574.
- Decreto 129/2009, de 5 de mayo, por el que se regula la autorización de actividad de los centros de expedición y de depuración, así como la comercialización en origen de los moluscos bivalvos y otros invertebrados marinos vivos y se crea el Registro Oficial de Centros de Expedición y de Depuración de Andalucía. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 20 de mayo de 2009, núm. 95, 39-48.
- Demsetz, H. (1967). Toward a theory of property rights. *American Economic Review*, 57 (2), 347-359. [Se ha utilizado la trad. al español de 1980. Hacia una teoría de los derechos de propiedad. Información Comercial Española (ICE). *Revista de Economía*, 557, 59-66]

- Díaz Balteiro, L. y Romero, C. (1998). Modeling timber harvest scheduling problems with multiple criteria: an application in Spain. *Forest Science*, 44 (1), 47-57.
- Díaz de León, A.J. y Seijo, J.C. (1992). A multi-criteria non lineal optimization model for the control and management of a tropical fishery. *Marine Resource Economics*, 7 (2), 23-40.
- Dinardo, G., Levy, D. y Golden, B. (1989). Using decision analysis to manage Maryland's River herring fishery: an applications of AHP. *Journal of Environmental Management*, 29 (2), 193-213.
- Doi, T. (1951). A mathematical consideration on the analysis of annual yield of fish and its application to "Buri" (*Seriola quinqueradiata*). *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 15 (11), 661-664.
- Domínguez Torreiro, M. (2003). *La gestión de recursos pesqueros transfronterizos en el marco de la Política Común de Pesca. Análisis de la cooperación* (Tesis Doctoral). Universidad de Vigo.
- Domínguez Torreiro, M., Freijeiro, A.B. e Iglesias Malvido, C. (2002). Instituciones y costes de transacción en la gestión de pesquerías: el caso de Grand Sole. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 197, 159-178.
- Dorfman, R. (1969). An economic interpretation of optimal control theory. *American Economic Review*, 59 (5), 817-831.
- Drynan, R.G. y Sandiford, F. (1985). Incorporating economic objectives in goal programs for fishery management. *Marine Resource Economics*, 2 (2), 175-195.
- Dyer, J.S. (1972). Interactive goal programming. *Management Science*, 19 (1), 62-70.
- Dyer, J.S. (1990). Remarks on the analytic hierarchy process. *Management Science*, 36 (3), 249-258.

- Dyer, J.S., Fishburn, P.C., Steuer, R.E., Wallenius, J. y Zionts, S. (1992). Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: the next ten years. *Management Science*, 38 (5), 645-654.
- El-Gayar, O.F. y Leung, P.S. (2001). A multiple criteria decision making framework for regional aquaculture development. *European Journal of Operational Research*, 133 (3), 462-482.
- Escobar Urmeneta, M.T. y Moreno-Jiménez, J.M. (1997). Problemas de gran tamaño en el proceso analítico jerárquico. *Estudios de Economía Aplicada*, 8 (3), 25-40.
- Evelyn Hutchinson, G. (1981). *Introducción a la ecología de poblaciones*. Barcelona: Blume Ecología.
- Everitt, R.R, Sonntag, N.C., Puterman, M.L. y Whalen, P. (1978). A mathematical programming model for the management of a renewable resource system: the Kemano II development project. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 35 (2), 235-246.
- Expert Choice (2000). *Quick start guide and tutorials*. Pittsburgh, PA: Expert Choice, Inc.
- FAO (1995). *Código de conducta para la pesca responsable*. Roma: Servicio de Publicaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Recuperado el 11/11/15, de: <http://www.fao.org/docrep/005/v9878s/v9878s00.htm>
- FAO (ed.) (1999). *La ordenación pesquera*. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable núm. 4. Roma.
- FAO (ed.) (2001). *Report of the Reykjavik Conference on Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem*. Reykjavik, Iceland, 1-4 October 2001. Fisheries Report núm. 658. Roma. Recuperado el 11/11/15, de: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y2198t/y2198t00.pdf>

FAO (ed.) (2003). *La ordenación pesquera. 2: El enfoque de ecosistemas en la pesca*. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable núm. 4, supl. 2. Roma.

FAO (ed.) (2010a). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2010*. Roma. Recuperado el 11/11/15, de: <http://www.fao.org/docrep/013/i1820s/i1820s.pdf>

FAO (ed.) (2010b). *La ordenación pesquera. 2. Enfoque ecosistémico de la pesca. 2.2. Dimensiones humanas del enfoque ecosistémico de la pesca*. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable núm. 4, supl.2, add.2. Roma.

Federación Nacional de Cofradías de Pescadores (FNCP) (2007). *Los derechos individuales de pesca (ITQ)*. Circular núm. 129/2000 sobre la Política Pesquera Común después del 2002. Recuperado el 11/11/15, de: http://ec.europa.eu/dgs/maritimeaffairs_fisheries/consultations/rbm/contributions/cofradia_es.pdf

Feeny, D., Berkes, F., McCay, B.J. y Acheson, J.M. (1990). The tragedy of the commons: twenty-two years later. *Human Ecology*, 18 (1), 1-19.

Feeny, D., Hanna, S. y McEvoy, A.F. (1996). Questioning the assumption of the “tragedy of the commons” model of fisheries. *Land Economics*, 72 (2), 187-205.

Fernández, A. (ed.) (2009). Una propuesta sobre la política de gestión de los recursos pesqueros: el paraíso de los científicos y los gestores. En: *Aportación al Libro Verde sobre la reforma de la Política Pesquera Común (PPC)* (versión española), 1-14. Madrid: Ministerio de Ciencia e Innovación e Instituto Español de Oceanografía (IEO). Recuperado el 18/10/15, de: http://ec.europa.eu/fisheries/reform/docs/instituto_espanol_de_oceanografia_es.pdf

- Flavell, R.B. (1976). A new goal programming formulation. *Omega—The International Journal of Management Science*, 4 (6), 731-732.
- Fletcher, W.F. (2008). Implementing an ecosystem approach to fisheries management: lessons learned from applying a practical EAFM framework in Australia and the Pacific. En: G. Bianchi y H.R. Skjoldal (eds.), *The ecosystem approach to fisheries*, 112-124. Cambridge, MA: FAO y CABI Publishing.
- Florido del Corral, D. (2004). *La pesca en Andalucía: factores globales y locales de un proceso de crisis*. Sevilla: Fundación José Manuel Lara.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C.S., Walker, B., H., Bengetsson, J., Berkes, F., Colding, J., Danell, K., Falkenmark, M., Gordon, L., Kaspersen, R., Kautsky, N., Kinzig, A., Levin, S., Mäler, K.G., Moberg, F., Ohlsson, L., Olsson, P., Ostrom, E., Reid, W., Rockström, J., Savenije, H. y Svedin, U. (2002). *Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations*. ICSU Series on Science for Sustainable Development núm. 3. Estocolmo: International Council for Scientific Unions, Paris or The Swedish Environmental Advisory Council. Ministry of the Environment.
- Forman, E. y Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 108 (1), 165-169.
- Foued, B.A. y Sameh, M. (2001). Application of goal programming in a multi-objective reservoir operation model in Tunisia. *European Journal of Operational Research*, 133 (2), 352-361.
- Fox, W.W. Jr (1970). An exponential surplus-yield model for optimising exploited fish populations. *Transactions of the American Fisheries Society*, 99 (1), 80-88.

- Franquesa, R. (1997). Estrategias estables y política común en la pesca europea. *Papeles de Economía Española*, 71, 167-181.
- Fraser, G.A. (1979). Limited entry: experience of the British Columbia salmon fishery. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36 (7), 754-763.
- Freeman, R.E. (1984). *Strategic management: a stakeholder approach*. Boston, MA: Pitman. [Se ha utilizado la ed. de Freeman de 2010. Cambridge: Cambridge University Press]
- Frid, C., Paramor, O. y Scott, C. (2005). Ecosystem-based fisheries management: progress in the NE Atlantic. *Marine Policy*, 29 (5), 461-469.
- Fry, F.E.J. (1949). Statistics of a lake trout fishery. *Biometrics*, 5 (1), 27-67.
- García, S.M. y Cochrane, K.L. (2005). Ecosystem approach to fisheries: a review of implementation guidelines. *ICES Journal of Marine Science*, 62 (3), 311-318.
- García, S.M., Zerbi, A., Aliume, C., Do Chi, T. y Lasserre, G. (2003). *The ecosystem approach to fisheries: issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook*. Fisheries Technical Paper núm. 443. Roma: FAO.
- García Aguado, A.M. (1998). *Programación estocástica por metas. Teoría y aplicaciones económicas* (Tesis Doctoral). Universidad Complutense de Madrid.
- García Allut, A. y Vázquez Portela, E. (2012). La remip de “Os Miñarzos”: una iniciativa local en la sostenibilidad de la pesca artesanal. En: E. Verón, J. García Sanabria, J. García Onetti, J.A. Chica Ruiz (eds.), *Libro de Comunicaciones y de Pósters* (versión 1). *I Congreso Iberoamericano de Gestión Integrada de Áreas Litorales*, 25-27 de enero, 1703-1712. ISBN: 13: 978-84-695-1823-6. Cádiz: Grupo de Investigación Gestión Integrada de Áreas Litorales, Universidad de Cádiz. Recuperado el 18/10/15, de:

http://www.gestioncostera.es/congresoGIAL/descargas/libro/libro_comunicaciones.pdf

- García Bartolomé, J.M. (1988). El sistema de remuneración “a la parte” en la pesca. *Revista de Economía*, 653-654, 97-104.
- García del Hoyo, J.J., Jiménez Toribio, R., Cortés Rodríguez, C., Basulto Pardo, S. y Padilla Garrido, N. (2003). Spanish case study: the striped venus fishery. En: S. Mardle y S. Pascoe (eds.), *Multiple objectives management of EU fisheries: multi-objective modeling*. CEMARE, report núm. 65, 38-74. Portsmouth, UK: University of Portsmouth.
- García Ordaz, F. (1997). *Innovación tecnológica en la pesquería de chirla del litoral Suratlántico: conflicto entre artes y consecuencias para una gestión óptima del recurso* (Tesis doctoral). Universidad de Huelva.
- García Ordaz, F. (1999). Análisis económico de la pesquería de chirla Suratlántica. *Revista de Estudios Regionales*, 55, 15-46.
- García Ordaz, F. y García del Hoyo, J.J. (1998). Un modelo bioeconómico para la pesquería de *Chamelea gallina* de la Región Suratlántica española. *Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 184, 183-211.
- Garrod, N.W. y Moores, B. (1978). An implicit enumeration algorithm for solving zero-one goal programming problems. *Omega—The International Journal of Management Science*, 6 (4), 374-377.
- Gass, S.I., (1986). A process for determining priorities and weights for large-scale linear goal programmes. *Journal of Operational Research Society*, 37 (8), 779-785.
- Geoffrion, A.M, Dyer, J.S. y Feinberg, A. (1972). An interactive approach for multi-criterion optimisation, with an application to the operation of an academic department. *Management Science*, 19 (4), 357-368.

- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Cambridge: Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1993). La teoría energética del valor económico: un sofisma económico particular. *Revista Trimestre Económico*, abril (198), 829-860.
- Gibbs, J.J.L. (1990). *The UK multiplier values for the fishing and fish processing industry – An input-output analysis*. Edinburgh: Sea Fish Industry Authority.
- Glover, F. (1965). A multiphase dual algorithm for the zero-one integer programming problem. *Operations Research*, 13 (6), 879-919.
- Glover, F. (1989). Tabu search –Part I. *ORSA Journal on Computing*, 1 (3), 190-206.
- Glover, F. (1990). Tabu search –Part II. *ORSA Journal on Computing*, 2 (1), 4-32.
- Goicoechea, A., Hansen, D.R. y Duckstein, L. (1982). *Multiobjective decision analysis with engineering and business applications*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Golden, B.L., Wasil, E.A. y Harker, P.T. (eds.) (1989). *The analytic hierarchy process: applications and studies*. Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Gómez, T., Hernández, M., León, M.A. y Caballero, R. (2006). A forest planning problem solved via a linear fractional goal programming model. *Forest Ecology and Management*, 227 (1-2), 79-88.
- Gómez Gómez, C.M. (1998). La gestión económica de los recursos naturales y sus críticos. *Revista Asturiana de Economía (RAE)*, 13, 7-25.
- Gómez Senent, E., Chiner, M., y Chiner, M.J. (1991). PRES: Programa de Evaluación de Proyectos Sociales. En: *Actas del VII Congreso Nacional de Ingeniería de Proyectos*, 26-28 de junio, 27-35. Zaragoza.

- Gomory, R.E. (1958). Outline of an algorithm for integer solutions to linear programs. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 64 (5), 275-278.
- González Galán, M.D. (2002). *Factores determinantes de la producción de caballa (Scomber japonicus) en la Región Suratlántica. Planificación de la pesquería para una adecuada armonización del sector extractivo y la industria transformadora* (Tesis Doctoral). Universidad de Huelva.
- González Laxe, F. (2005). *Comportamientos empresariales y políticas públicas ante la nueva gestión pesquera*. Seminario Avanzado de Gestión Pesquera – Advanced Seminar on Fisheries Management, Vigo, 27 octubre – 9 Noviembre 2003. Instituto de Estudios Marítimos. Universidad da Coruña. Recuperado el 18/10/15, de: <http://www.udc.es/iuem/documentos/monografias/2005-2.pdf>
- González Laxe, F. (2006). Transferability of fishing rights: the Spanish case. *Marine Policy*, 30 (4), 379-388.
- González Pachón, J. y Romero, C. (2010). Goal programming: from constrained regression to bounded rationality theories. En: C. Zopounidis y P.M. Pardalos (eds.), *Handbook of multicriteria analysis, applied optimization* (vol. 103), 311-328. Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Gordon, H.S. (1953). An economic approach to the optimum utilization of fishery resources. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 10 (7), 442-457.
- Gordon, H.S. (1954). The economic theory of a common-property resource: the fishery. *Journal of Political Economy*, 62 (2), 124-142.
- Graham, M. (1935). Modern theory of exploiting a fishery, and application to North Sea trawling. *Journal du Conseil International pour L'Exploration de la Mer*, 10 (3), 264-274.
- Green, P.E. y Rao, V.R. (1971). Conjoint measurement for quantifying judgmental data. *Journal of Marketing Research*, 8(3), 355-363.

- Grimble, R.J. y Chan, M.K. (1995). Stakeholder analysis for natural resource management in developing countries. *Natural Resources Forum*, 19 (2), 113-124.
- Grimble, R.J. y Wellard, K. (1997). Stakeholder methodologies in natural resource management: a review of principles, contexts, experiences and opportunities. *Agricultural Systems*, 55 (2), 173-193.
- Grotius, H. (1608). *Mare liberum*. [Transcripción por Ralph Dan Deman Magoffin en 1916: *The freedom of the seas*. Nueva York: Oxford University Press] Recuperado el 18/10/15, de: <http://socserv2.socsci.mcmaster.ca/~econ/ugcm/3ll3/grotius/Seas.pdf>
- Guerras Martín, L.A. (1989). *Gestión de empresas y programación multicriterio*. Madrid: ESIC Editorial.
- Gulland, J.A. (1977). *Goals and objectives of fishery management*. Fisheries Technical Paper núm. 166, FIRS/T166. Roma: FAO. Recuperado el 11/11/15, de: <https://ia601407.us.archive.org/33/items/goalsandobjectiv034694mbp/goalsandobjectiv034694mbp.pdf>
- Gulland, J.A. (1983). *Fish stock assessment: a manual of basic methods*. FAO/Wiley series on Food and Agriculture (vol. 1). Chichester, UK: Wiley-Interscience.
- Haimes, Y.Y. y Hall, W.A. (1974). Multiobjective in water resources systems analysis: the surrogate worth trade-off method. *Water Resources Research*, 10 (4), 615-623.
- Hanna, S. (1995a). Efficiencies of user participation in natural resource management. En: S. Hanna y M. Munasinghe (eds.), *Property right and the environment: social and ecological issues*, 59-67. Washington, DC: Beijer International Institute of Ecological Economics y The World Bank.

- Hanna, S. (1995b). User participation and fishery management performance within the Pacific fishery management council. *Ocean & Coastal Management*, 28 (1-3), 23-44.
- Hanna, S. y Smith, C.L. (1993). Resolving allocation conflicts in fishery management. *Society and Natural Resources*, 6 (1), 55-69.
- Hanna, S., Folke, C. y Mäler, K.G. (1995). Property rights and environmental resources. En: S. Hanna y M. Munasinghe (eds.), *Property right and the environment: social and ecological issues*, 15-30. Washington, DC: Beijer International Institute of Ecological Economics y The World Bank.
- Hanna, S., Folke, C. y Mäler, K.G. (1996). Property rights and the natural environment. En: S. Hanna, C. Folke y K.G. Mäler (eds.), *Rights to nature: ecological, economic, cultural, and political principles of institutions for the environment*, 1-10. Washington, DC: Island Press.
- Hannan, E.L. (1980). Nondominance in goal programming. *INFOR. Canadian Journal of Operational Research and Information Processing*, 18 (4), 300-309.
- Hannan, E.L. (1981). On fuzzy goal programming. *Decision Sciences*, 12 (3), 522-531.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162 (3859), 1243-1248.
- Hardin, G. (1994). The tragedy of the unmanaged commons. *Trends in Ecology and evolution*, 9 (5), 199.
- Harker, P.T. y Vargas, L.G. (1987). The theory of ratio scale estimation: Saaty's analytic hierarchy process. *Management Science*, 33 (11), 1383-1403.
- Harker, P.T. y Vargas, L.G. (1990). Reply to "Remarks on the analytic hierarchy process" by J.S. Dyer. *Management Science*, 36 (3), 269-273.

- Harrold, J., Leotta, J. Wallace, W.A y Wendell, R.E. (1978). A note on the limitations of goal programming as observed in resource allocation for marine environmental protection. *Naval Research Logistic Quarterly*, 25 (4), 733-739.
- Henderson, J.M. y Quandt, R.E. (1958). *Microeconomic theory: a mathematical approach*. Nueva York: McGraw-Hill. [Se ha utilizado la 2ª ed. inglesa de 1971]
- Heras Martínez, A. y García Aguado, A. (1998). Stochastic goal programming with recourse. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 92 (4), 409-414.
- Hilborn, R. (2007). Defining success in fisheries and conflicts in objectives. *Marine Policy*, 31 (2), 153-158.
- Hilborn, R. y Walters, C.J. (1992). *Quantitative fish stock assessment: choice, dynamics and uncertainty*. Nueva York: Chapman & Hall.
- Holling, C.S. (1978). *Adaptive environmental assessment and management*. Londres: John Wiley & Sons.
- Hooke, R. y Jeeves, T.A. (1961). "Direct search" of numerical and statistical problems. *Journal of the Association for Computing Machinery (ACM)*, 8 (2), 212-229.
- Hotelling, H. (1931). The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*, 39 (2), 137-175.
- Hwang, C.L. y Yoon, K.P. (1981). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hwang, C.L., Masud, A.S.Md., Paidy, S.R. y Yoon, K.P. (1979). *Multiple objective decision making – Methods and applications: a state-of-the-art survey*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems (vol. 164). Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.

- Iglesias Malvido, C., Garza Gil, D. y Varela Lafuente, M. (2002). Management systems in the EU fisheries. *Marine Policy*, 26 (6), 403-413.
- Ignizio, J.P. (1976). *Goal programming and extensions*. Lexington, Mass: Lexington Books.
- Ignizio, J.P. (1983). Generalized goal programming. An overview. *Computers and Operations Research*, 10 (4), 277-289.
- Ignizio, J.P. y Cavalier, T.M. (1994). *Linear programming*. Nueva York: Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Ignizio, J.P. y Perlis, J.H. (1979). Sequential linear goal programming implementation via MPSX. *Computers and Operations Research*, 6 (3), 141-145.
- Ignizio, J.P. y Romero, C. (2003). Goal programming. En: H. Bidgoli (ed.), *Encyclopedia of information systems* (vol. 2), 489-500. San Diego, CA: Academic Press.
- Ihsen, P.E., Booke, H.E., Casselman, J.M., McGlade, J.M., Payne, N.R. y Utter, F.M. (1981). Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences*, 38 (12), 1838-1855.
- Ijiri, Y. (1965). *Management goals and accounting for control*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company. [Existe ed. en español de J.J. Rodríguez Alcaide de 1976. *Análisis de objetivos y control de gestión*. Madrid: ICE]
- Inuiguchi, M. y Kume, Y. (1991). Goal programming problems with interval coefficients and target intervals. *European Journal of Operational Research*, 52 (3), 345-360.
- Instituto de Estadística de Andalucía (ed.) (2000). *Sistema de cuentas económicas de Andalucía. Marco input-output*. Sevilla: IEA.

- Isard, W. (1960). *Methods of regional analysis: an introduction to regional science*. Cambridge, Massachusetts: The M.I.T. Press
- Jacquet-Lagrèze, E. y Siskos, J. (1982). Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method. *European Journal of Operational Research*, 10 (2), 151-164.
- Jentoft, S. (1989). Fisheries co-management. Delegating government responsibility to fishermen's organizations. *Marine Policy*, 13 (2), 137-154.
- Jentoft, S. (1989). Fisheries co-management. Delegating government responsibility to fishermen's organizations. *Marine Policy*, 13 (2), 137-154.
- Jentoft, S. (2000). The community: a missing link of fisheries management. *Marine Policy*, 24 (1), 53-59.
- Jentoft, S. (2004). Institutions in fisheries: what they are, what they do, and how they change. *Marine Policy*, 28 (2), 137-149.
- Jentoft, S. y McCay, B.J. (1995). User participation in fisheries management: lessons drawn from international experiences. *Marine Policy*, 19 (3), 227-246.
- Jentoft, S., McCay, B.J. y Wilson, D.C. (1998). Social theory and fisheries co-management. *Marine Policy*, 22 (4-5), 423-436.
- Jevons, W.S. (1865). *The coal question: an inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines*. Londres: MacMillan & Co. [Se ha utilizado la trad. al español de J.M. Lozano Irueste de 2000. *El problema del carbón: una investigación sobre el progreso de la nación y el probable agotamiento de nuestras minas de carbón* (1ª ed.). Madrid: Pirámide]
- Jevons, W.S. (1871). *The theory of political economy*. Londres: Penguin. [Se ha utilizado trad. al español de J. Pérez-Campanero de 1998. *La teoría de la economía política*. Madrid: Pirámide]

- Jevons, W.S. (1905). *The principles of economics: a fragment of a treatise on the industrial mechanism of society and other papers*. Edición de los borradores incompletos y de la obra que Jevons no llegó a concluir, prólogo de Henry Higg. [Se ha utilizado la reed. de 1965. Nueva York: Augustus M. Kelley]
- Jiménez Toribio, R. y García del Hoyo, J.J. (2005). Integración vertical y transmisión en los canales de distribución de la chirla. *Revista Española de Estudios Pesqueros*, 205, 189-218.
- Jiménez, M., Arenas, M., Bilbao, A. y Rodríguez Uría, M.V. (2004). Solving fuzzy goal programming problems. *Fuzzy Economic Review*, 9 (1), 19-33.
- Jones, D.F. y Tamiz, M. (1995). Expanding the flexibility of goal programming via preference modelling techniques. *Omega—The International Journal of Management Science*, 23 (1), 41-48.
- Jones, D.F. y Tamiz, M. (2010). *Practical goal programming*. [International series in operations research and management science, vol. 141]. Nueva York: Springer Science.
- Jones, D.F., Mirrazavi, S.K. y Tamiz, M. (2002). Multi-objective meta-heuristics: an overview of the current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research*, 137 (1), 1-9.
- Jones, D.F., Tamiz, M. y Mirrazavi, S.K. (1998). Intelligent solution and analysis of goal programmes: the GPSYS system. *Decision Support Systems*, 23 (4), 329-332.
- Jones, R. (1956). The analysis of trawl haul statistics with particular reference to the estimation of survival rates. *Conseil Permanent International pour L'Exploration de la Mer, Rapports et Procès-Verbaux des Réunions*, 140 (1), 30-39.
- Junta de Andalucía (2001), *Especies de interés pesquero en el litoral de Andalucía*. Sevilla: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural,

Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero, Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Kangas, J. (1995). Supporting the choice of the sport fishing site. *Journal of Environmental Management*, 43 (3), 219-231.

Kangas, J., Laasonen, L. y Pukkala, T. (1993). A method for estimating forest landowner's landscape preferences. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8 (3), 408-417.

Kaplan, I.M. (1998). Regulation and compliance in the New England conch fishery: a case for co-management. *Marine Policy*, 22 (4-5), 327-335.

Kapp, K.W. (1994). El carácter de sistema abierto de la economía y sus implicaciones. En: F. Aguilera Klink y V. Alcántara (comp.), *De la economía ambiental a la economía ecológica*. Colección Economía Crítica, 321-342. Barcelona: Icaria y Fuhem.

Kearney, R.E. (2001). Fisheries property rights and recreational/commercial Conflict: implications of policy developments in Australia and New Zealand. *Marine Policy*, 25 (1), 49-59.

Keeney, R.L. y Raiffa, H. (1976). *Decisions with multiple objectives: Preferences and value trade-offs*. Nueva York: John Wiley & Sons.

Khorramshagol, R. y Moustakis, V.S. (1988). Delphic hierarchy process (DHP): a methodology for priority setting derived from the Delphic method and analytical hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 37 (3), 347-354.

Kjærsgaard, J. y Andersen, J. (2003). The Danish industrial fishery of the North Sea. En: S. Mardle y S. Pascoe (eds.), *Multiple objectives management of EU fisheries: multi-objective modelling*. CEMARE, report núm. 65, 107-160. Portsmouth, UK: University of Portsmouth.

- Koopmans, T.C. (1951). Analysis of production as an efficient combination of activities. En: T.C. Koopmans (ed.), *Activity analysis of production and allocation*. Cowles Commission Monograph núm. 13, 33-97. Nueva York: John Wiley & Sons. Recuperado el 15/10/15, de: <http://cowles.yale.edu/sites/default/files/files/pub/mon/m13-all.pdf>
- Korhonen, P. y Laakso, J. (1986a). A visual interactive method for solving the multiple criteria problems. *European Journal of Operational Research*, 24 (2), 277-287.
- Korhonen, P. y Laakso, J. (1986b). Solving generalized goal programming using a visual interactive approach. *European Journal of Operational Research*, 26 (3), 355-363.
- Korhonen, P., Moskowitz, H. y Wallenius, J. (1992). Multiple criteria decision support – A review. *European Journal of Operational Research*, 63 (3), 361-375.
- Kornbluth, J.S.H. (1973). A survey of goal programming. *Omega– The International Journal of Management Science*, 1 (2), 193-205.
- Kornbluth, J.S.H. y Steuer, R.E. (1981). Goal programming with linear fractional criteria. *European Journal of Operational Research*, 8(1), 58-65.
- Kuhn, H.W. y Tucker, A.W. (1951). Nonlinear Programming. En: J. Neyman (ed.), *Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 481-492. Berkeley: University of California Press. Recuperado el 18/10/15, de: http://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.bsmmsp/1200500249
- Kurien, J. (1998). *Property rights, management and governance: crafting an institutional framework for global marine fisheries*. Thiruvanthapuram, India: Centre for Development Studies/South Indian Federation of Fishermen.

- Kurien, J. (2000). Community property rights re-establishing them for a secure future for small-scale fisheries. En: R. Shotton (ed.), *Use of Property Rights in Fisheries Management. Proceedings of the FishRights99 Conference. Fremantle, Western Australia, 11-19 November 1999*. Mini-Course Lectures and Core Conference Presentations. Fisheries Technical Paper núm. 404/1, 288-294. Roma: FAO.
- Land, A.H. y Doig, A.G. (1960). An automatic method of solving discrete programming problems. *Econometrica*, 28 (3), 497-520.
- Lane, D.E. (1989). Operational research and fisheries management. *European Journal of Operational Research*, 42 (3), 229-242.
- Lane, D.E. (2001). *Fisheries systems models for evaluating alternative management strategies: six OECD case studies*, núm. 9. Copenhagen: ICES.
- Lane, D.E. y Stephenson, R.L. (1995). Fisheries management science: the framework to link biological, economic, and social objectives in fisheries management. *Aquatic Living Resources*, 8 (3), 215-221.
- Lara, P. y Romero, C. (1992). An interactive multigoal programming model for determining livestock rations: an application to dairy cows in Andalusia, Spain. *Journal of the Operational Research Society*, 43 (10), 945-953.
- Lara, P. y Romero, C. (1994). Relaxation of nutrient requirements on livestock rations through interactive multigoal programming. *Agricultural Systems*, 45 (4), 443-453.
- Larkin, P.A. (1972). The stock concept and management of Pacific salmon. En: R.C. Simon y P.A. Larkin (eds.), *The stock concept in Pacific salmon*. H.R. MacMillan Lectures in Fisheries, 11-15. Vancouver: University of British Columbia Press.
- Larkin, P.A. (1977). An epitaph for the concept of maximum sustainable yield. *Transactions of the American Fisheries Society*, 106 (1), 1-11.

- Le Gallic, B. (2006). *Using market mechanisms to manage fisheries: smoothing the path*. París: OECD Publishing.
- Leal Millán, A., Sánchez Apellániz, M., Roldán Salgueiro, J.L. y Vázquez Sánchez, A.E. (1995). *Decisiones empresariales con criterios múltiples: ayudas prácticas para la dirección*. Madrid: Pirámide.
- Lee, K.N. (1999). Appraising adaptive management. *Conservation Ecology*, 3 (2), artículo 3. Recuperado el 09/11/15, de: <http://www.ecologyandsociety.org/vol3/iss2/art3/vol3-iss2-3.pdf>
- Lee, S.M. (1972). *Goal programming for decision analysis*. Philadelphia: Auerbach Publishers.
- Lee, S.M. y Luebbe, R.L. (1987). A zero-one goal-programming algorithm using partitioning and constraint aggregation. *Journal of the Operational Research Society*, 38 (7), 633-641.
- Lee, S.M. y Morris, R. (1977). Integer goal programming methods. En: N. Starr y M. Zeleny (eds.), *Multiple criteria decision making*. TIMS Studies in Management Science (vol. 6), 273-289. Amsterdam-Nueva York: North-Holland Publishing Company.
- Leung, P.S., Muraoka, J., Nakamoto, S.T. y Pooley, S. (1998). Evaluating fisheries management options in Hawaii using analytical hierarchy process (AHP). *Fisheries Research*, 36 (2-3), 171-183.
- Ley 1/2002, de 4 de abril, de ordenación, fomento y control de la Pesca Marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 18 de abril de 2002, núm. 45, 6117-6137.
- Ley Orgánica 9/1992, de 23 de diciembre, de transferencia de competencias a Comunidades Autónomas que accedieron a la autonomía por la vía del artículo 143 de la Constitución. *Boletín Oficial del Estado*, 24 de diciembre de 1992, núm. 308, 43863-43867.

- Li, G. (2012). Fuzzy goal programming –A parametric approach. *Information Sciences*, 195 (1), 287-295.
- Linares, P. y Romero, C. (2002). Aggregation of preferences in an environmental economics context: a goal-programming approach. *Omega–The International Journal of Management Science*, 30 (2), 89-95.
- LINGO (2000). *Optimization modeling with LINGO* (4.^a ed.). Chicago: Lindo Systems Inc.
- Long, N. (1992). From paradigm lost to paradigm regained? En: N. Long y A. Long (eds.), *Battlefields of knowledge: the interlocking of theory and practice in social research and development*, 16-43. Londres: Routledge.
- López Cachero, M. (1983). *Teoría de la decisión*. Madrid: ICE.
- Luce, R.D. y Tukey, J.W. (1964). Simultaneous conjoint measurement: a new type of fundamental measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, 1 (1), 1-27.
- Malthus, T.R. (1798). *An essay on the principle of population*. Londres: MacMillan & Co. [Se ha utilizado la trad. al español de P. de Azcárate Diz de 2000. *Primer ensayo sobre la población* (1^a ed.). Madrid: Alianza Editorial]
- Malthus, T.R. (1820). *Principles of political economy*. Londres: W. Pickering. [Se ha utilizado la trad. al español de 1998. *Principios de economía política* (2^a reimp.). México: Fondo de Cultura Económica]
- March, J.G. y Simon, H.A. (1958). *Organizations*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Mardle, S.J., Pascoe, S., Tamiz, M. y Jones, D.F. (2000). Resource allocation in the North Sea fishery: a goal programming approach. *Annals of Operations Research*, 94 (1), 321-342.
- Mardle, S., Pascoe, S., Boncoeur, J., Le Gallic, B., García del Hoyo, J.J., Herrero Chacón, I., Jiménez Toribio, R., Cortés Rodríguez, C., Padilla, N., Nielsen,

- J.R. y Mathiesen, C. (2002). Objectives of fisheries management: case studies from the UK, France, Spain and Denmark. *Marine Policy*, 26 (6), 415-428.
- Marglin, S.A. (1967). *Public investment criteria*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Marshall, A. (1890). *Principles of economics*. Londres: MacMillan. [Se ha utilizado la trad. al español de la 8ª ed. inglesa de E. de Figueroa de 1957. *Principios de economía*. Madrid: Aguilar]
- Martínez Alier, J. (1992). *De la economía ecológica al ecologismo popular*. [Se ha utilizado la 2ª ed. revisada y ampliada en 4 cap. de 1994. Barcelona: ICARIA]
- Masud, A.S.Md. y Hwang, C.L. (1981). Interactive sequential goal programming. *Journal of the Operational Research Society*, 32 (5), 391-400.
- Masud, A.S.Md. y Zheng, X. (1989). An algorithm for multiple-objective non-linear programming. *Journal of the Operational Research Society*, 40 (10), 895-906.
- McCay, B.J. (1980). A fishermen's cooperative, limited: indigenous resource management in a complex society. *Anthropological Quarterly*, 53 (1), 29-38.
- McCay, B.J. (1993). *Management regimes. Property rights and the performance of natural resource systems*. Background paper prepared for the September 1993 Workshop. The Beijer International Institute of Ecological Economics.
- McCay, B.J. (1996). Common and private concerns. En: S. Hanna, C. Folke y K.G. Mäler (eds.), *Rights to nature: ecological, economic, cultural, and political principles of institutions for the environment*, 111-126. Washington, DC: Island Press.
- McCay, B.J. y Acheson, J.M. (eds.) (1987). Human ecology of the commons. En: *The question of the commons: the culture and ecology of communal resources*, 1-34. Tucson: University of Arizona Press.

- McCulloch, J.R. (1825). *The principles of political economy*. Londres: Longman & Co.
- McKean, M.A. (1992). Management of traditional common lands (Iriaichi) in Japan. En: D.W. Bromley (ed.), D. Feeny, M.A. McKean, P. Peters, J.L. Gilles, R.J. Oakerson, C.F. Runge y J.T. Thomson (coeds.), *Making the commons work: theory, practice, and policy*, 63-98. San Francisco, EE. UU.: Institute for Contemporary Studies (ICS) Press.
- McKean, M.A. (1996). Common-property regimes as a solution to problems of scale and linkage. En: S. Hanna, C. Folke y K.G. Mäler (eds.), *Rights to nature: ecological, economic, cultural, and political principles of institutions for the environment*, 223-243. Washington, DC: Island Press.
- Merrit, M.F. y Cridle, K.R. (1993). Evaluation of the analytic hierarchy process for aiding management decisions in recreational fisheries: a case study of the chinook salmon fishery in the Kenai River, Alaska. En: G. Kruse, D.M. Eggers, R.J. Marasco, C. Pautzke y T.J. Quinn II (eds.), *Proceedings of the International Symposium on Management Strategies for Exploited Fish Populations*. Alaska Sea Grant College Program, report núm. 93-02, 683-703. Fairbanks, AK: University of Alaska.
- Miettinen, K.M. (1999). *Nonlinear multiobjective optimization*. Boston-Londres-Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mikalsen, K.H. y Jentoft, S. (2001). From user-groups to stakeholders? The public interest in fisheries management. *Marine Policy*, 25 (4), 281-292.
- Mill, J.S. (1848). *Principles of political economy, with some of their applications of social philosophy*. Londres: John W. Parker West Strand. [Se ha utilizado la trad. al español de T. Ortiz de 1996. *Principios de economía política, con algunas de sus aplicaciones a la filosofía social* (3ª reimp.). México: Fondo de Cultura Económica]

- Miller, G.A. (1956). The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63 (2), 81-97. [Existe ed. española de 1973. *El mágico número siete, más o menos dos*. Buenos Aires: Psicología de la Comunicación, Piados]
- Mirrazavi, S.K., Jones, D.F. y Tamiz, M. (2001). A comparison of genetic and conventional methods for the solution of integer goal programmes. *European Journal of Operational Research*, 132 (3), 594-602.
- Moloney, D.G. y Pearse, P.H. (1979). Quantitative rights as an instrument for regulating commercial fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36 (7), 859-866.
- Monarchi, D.E. (1975). *Nonlinear goal programming: formulation and example*. Management Science Report Series, report núm. 75-12. Boulder, Colorado: Business Research Division, Graduate School of Business Administration, University of Colorado.
- Monarchi, D.E., Kisiel, C.C. y Duckstein, L. (1973). Interactive multiobjective programming in water resources: a case study. *Water Resources Research*, 9 (4), 837-850.
- Monarchi, D.E., Weber, J.E. y Duckstein, L. (1976). An interactive multiple objective decision-making aid using nonlinear goal programming. En: M. Zeleny (ed.), *Multiple criteria decision making*. Lecture Notes, Kyoto 1975, 235-253. Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Murray, C. y Marmorek, D.R. (2004). Adaptive management: a spoonful of rigour helps the uncertainty go down. En: *Actas del 16th International Annual Meeting of the Society for Ecological Restoration, 23-27 of August*. Victoria, Canada: British Columbia. Recuperado el 18/10/15, de: <https://flyways.us/sites/default/files/Adaptive%20management%20A%20spoonful%20of%20rigour%20helps%20the%20uncertainty%20go%20down.pdf>

- Musgrave, R.A. (1959). *The theory of public finance: a study in public economic*. Nueva York: McGraw-Hill. [Se ha utilizado la trad. al español de J.M. Lozano Irueste de 1967. *Teoría de la hacienda pública*. Madrid: Aguilar]
- Muthukude, P., Novak, J.L. y Jolly, C. (1991). A goal programming evaluation of fisheries development plans for Sri Lanka's coastal fishing fleet, 1988-1991. *Fisheries Research*, 12 (4), 325-339.
- Naciones Unidas (2009). *Los enfoques ecosistémicos y los océanos: exposiciones orales realizadas durante el proceso abierto de consultas oficiosas de las Naciones Unidas sobre los océanos y el derecho del mar (Proceso de Consultas) - Séptima Reunión - Sede de las Naciones Unidas Nueva York 12 a 16 de Junio de 2006*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Narasimhan, R. (1980). Goal programming in a fuzzy environment. *Decision Sciences*, 11 (2), 325-336.
- Naredo, J.M. (1987). *La economía en evolución. Historia y perspectivas de las categorías básicas del pensamiento económico*. Madrid: Siglo XXI. [Se ha utilizado la 3ª ed. actualizada de 2003]
- Naredo, J.M. (1994). Fundamentos de economía ecológica. En: F. Aguilera Klink y V. Alcántara (comp.), *De la economía ambiental a la economía ecológica*. Colección Economía Crítica, 373-404. Barcelona: Icaria y Fuhem.
- Neher, P.A., Arnason, R. y Mollet, N. (1989). *Rights based fishing*. NATO ASI Series. Series E: Applied Sciences (vol. 169). Dordrecht-Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Nielsen, J.R. y Vedsmand, T. (1995). *Fisheries co-management: an alternative strategy in fisheries. Cases from Demark*. An issue paper for the OECD study on the efficient management of living resources.
- Nielsen, J.R. y Vedsmand, T. (1997). Fishermen's organisations in fisheries management: perspectives for fisheries co-management based on Danish fisheries. *Marine Policy*, 21 (2), 277-288.

- Nielsen, J.R. y Vedsmand, T. (1999). User participation and institutional change in fisheries management: a viable alternative to the failures of ‘top-down’ driven control? *Ocean & Coastal Management*, 42 (1), 19-37.
- Nielsen, J.R., Degnbol, P., Viswanathan, K.K., Ahmed, M., Hara, M. y Abdullah, N.M.R. (2004). Fisheries co-management – An institutional innovation? Lessons form South East Asia y Southern Africa. *Marine Policy*, 28 (2), 151-160.
- Nijkamp, P. y Spronk, J. (1978). *Interactive multiple goal programming: method and application* (report 7803/F). Amsterdam: Centre for Research in Business Economics, Erasmus University. Recuperado el 15/10/15, de: <http://dare.ubvu.vu.nl/handle/1871/3464>
- Nijkamp, P. y Spronk, J. (1980). Interactive multiple goal programming: an evaluation and some results. En: G. Fandel y T. Gal (eds.), *Multiple criteria decision making theory and application. Proceedings of the Third Conference Hagen/Konigswinter. West Germany*, 278-293. Berlín: Springer-Verlag.
- Noble, B.F. (2000). Institutional criteria for co-management. *Marine Policy*, 24 (1), 69-77.
- North, D.C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. [Se ha utilizado la 26 ed. inglesa de North de 2008]
- O’Toole, M. (2009). La aplicación del enfoque basado en los ecosistemas a la ordenación pesquera en la región de Benguela: Experiencias, avances y problemas. En: Naciones Unidas (ed.), *Los Enfoques ecosistémicos y los océanos: exposiciones orales realizadas durante el proceso abierto de consultas oficiosas de las Naciones Unidas sobre los océanos y el derecho del mar (Proceso de Consultas)*. Séptima Reunión - Sede de las Naciones

- Unidas Nueva York, del 12 al 16 de Junio de 2006, 31-55. Nueva York: Naciones Unidas.
- OCDE (1997). *Towards sustainable fisheries: economic aspects of the management of living marine resources*. París: OECD Publishing.
- Ogryczak, W. (1994). A goal programming model of the reference point method. *Annals of Operations Research*, 51 (1), 33-44.
- Ogryczak, W. (1997). Preemptive reference point method. En: J. Climaco (ed.), *MCDM. Proceedings of the XIth International Conference on Multicriteria Analysis*, 156-167. Berlín-Heidelberg: Springer Verlag.
- Ogryczak, W. (2001). On goal programming formulations of the reference point method. *Journal of the Operational Research Society*, 52 (6), 691-698.
- Olson, M. (1965). *The logic of collective action: Public goods and the theory of groups*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.
- Olsson, P., Folke, C. y Berkes, F. (2004). Adaptive comanagement for building resilience in social-ecological systems. *Environmental Management*, 34 (1), 75-90.
- Orden de 12 de noviembre de 1984, por la que se establecen las tallas mínimas de captura y épocas de veda, para moluscos, en la Comunidad Autónoma Andaluza. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 28 de noviembre de 1984, núm. 109, 2347-2348.
- Orden de 23 de abril de 1986, la creación del primer censo oficial de embarcaciones marisqueras con arte de rastro dedicadas a ejercer su actividad en la Comunidad Autónoma Andaluza. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 28 de mayo, núm. 51, 1825-1827.
- Orden de 16 de febrero de 1988, por la que se hace público el censo oficial de embarcaciones marisqueras en la Comunidad Autónoma Andaluza. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 22 de marzo, núm. 24, 1095-1100.

- Orden de 19 de octubre de 1994, por la que se actualiza el censo de embarcaciones marítimas con rastro de la Comunidad Autónoma de Andalucía y se modifica la Orden que se cita. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 9 de noviembre de 1994, núm. 178, 12672-12682.
- Orden de 24 de junio de 1996, por la que se regula provisionalmente la pesca de la chirla con draga hidráulica en el Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 9 de julio de 1996, núm. 78, 7740-7743.
- Orden de 25 de marzo de 1999, por la que se regula la pesca de la chirla en el Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 17 de abril de 1999, núm. 45, s.p.
- Orden de 28 de enero de 2000, por la que se regula la pesca de la chirla en el Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 24 de febrero de 2000, núm. 23, 2487-2492.
- Orden de 10 de julio de 2001, por la que se establecen normas sobre los Censos de Embarcaciones Marisqueras con rastro y de Embarcaciones Autorizadas al uso de la draga hidráulica. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 31 de julio de 2001, núm. 87, 13118-13123.
- Orden de 30 de junio de 2003, por la que se modifica la de 28 de enero de 2000, por la que se regula la pesca de la chirla en el Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 28 de julio de 2003, núm. 143, 17079-17080.
- Orden de 2 de agosto de 2004, por la que se establece un Plan de Ordenación para la pesca de la chirla en el Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 9 de agosto de 2004, núm. 155, 17.668-17.670.
- Orden de 28 de diciembre de 2004, por la que se desarrolla el Decreto 86/2004, de 2 de marzo, sobre Cofradías de Pescadores y sus Federaciones. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 11 de enero de 2005, núm. 6, 7-20.

Orden de 6 de octubre de 2005, por la que se regula la pesca de la chirla (*Chamelea gallina*), en el Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 18 de octubre de 2005, núm. 203, 7-11.

Orden de 23 de enero de 2007, por la que se regula la pesca de la chirla (*Chamelea gallina*), en el Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 30 de enero de 2007, núm. 22, 14-17.

Orden de 23 de septiembre de 2008, por la que se establece el censo de embarcaciones marisqueras dedicadas a la captura de moluscos bivalvos y gasterópodos en Andalucía. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 1 de octubre de 2008, núm.196, 7-19.

Orden de 18 de noviembre de 2008, por la que se modifica la de 15 de julio de 1993, por la que se declaran las zonas de producción y protección o mejora de moluscos bivalvos, moluscos gasterópodos, tunicados y equinodermos marinos de la comunidad autónoma de Andalucía. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 5 de diciembre de 2008, núm. 242, 18-24.

Orden de 18 de noviembre de 2008, por la que se modifica la de 23 de enero de 2007, que regula la pesca de la chirla (*Chamelea gallina*), en el Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 5 de diciembre de 2008, núm. 242, p. 24.

Orden de 16 de diciembre de 2010, por la que se establecen medidas de conservación y recuperación para la pesquería de chirla (*Chamelea gallina*) en el Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 17 de diciembre de 2010, núm. 245, 59-60.

Orden de 24 de junio de 2011, por la que se regula el marisqueo desde embarcación con draga hidráulica en el Golfo de Cádiz, y se establece un plan de ajuste del esfuerzo pesquero para la flota que opera en dicha modalidad y caladero. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 1 de julio de 2011, núm. 128, 6-11.

- Orden de 26 de julio de 2011, por la que se modifica la Orden de 24 de junio de 2011, por la que se regula el marisqueo desde embarcación con draga hidráulica en el Golfo de Cádiz, y se establece un plan de ajuste del esfuerzo pesquero para la flota que opera en dicha modalidad y caladero. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 1 de agosto de 2011, núm. 149, 14-15.
- Orden de 28 de septiembre de 2011, por la que se regula el marisqueo desde embarcación con rastros remolcados en el caladero nacional del Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 5 de octubre de 2011, núm. 196, 13-15.
- Ostrom, E. (1986). An agenda for the study of institutions. *Public Choice*, 48 (1), 3-25.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press. [Se ha utilizado la ed. inglesa de 1992]
- Ostrom, E. (1995). Designing complexity to govern complexity. En: S. Hanna y M. Munasinghe (eds.), *Property rights and the environment: social and ecological Issues*, 33-46. Washington, DC: The Beijer International Institute of Ecological Economics y The World Bank. [Se ha utilizado la traducción al español de Horacio Bonfil Sánchez de 2000. Diseños complejos para manejos complejos. *Gaceta Ecológica*, 54, 43-58] Recuperado el 18/10/15, de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2900006>
- Ostrom, E. (2000). Private and common property rights. En: B. Bouckaert y G. De Geest (eds.), *Encyclopedia of law and economics: civil law and economics* (vol. II), 332-379. Gante: Edward Elgar y the University of Ghent. Recuperado el 08/10/15, de: <http://encyclo.findlaw.com/2000book.pdf>
- Ostrom, E. y Schlager, E. (1996). The formation of property rights. En: S. Hanna, C. Folke y K.G. Mäler (eds.), *Rights to nature: ecological, economic,*

- cultural and political principles of institutions for the environment*, 127-156. Washington, DC: Island Press.
- Ostrom, V. y Ostrom, E. (1977). Public goods and public choices. En: E.S. Savas (ed.), *Alternatives for delivering public services: toward improved performance*, 7-49. Boulder, CO: Westview Press.
- Padilla, J.E. y Coopes, P. (1994). Bioeconomic analysis of management options for tropical fisheries using a bicriteria programming model. *Marine Resource Economics*, 9 (1), 47-66.
- Pareto, V. (1896). *Cours d'Économie Politique* (vol 1-2). Lausanne-París-Leipzig: F. Rouge, Pichon, Dunker & Humblot. [Se ha utilizado la 9ª ed. de G.-H. Bousquet y G. Busino de 1964. Génova, Suiza: Librairie Dro]
- Parks, J.E. (2011). Adaptive management in small-scale fisheries: a practical approach. En: R.S. Pomeroy y N.L. Andrew (eds.), *Small-scale fisheries management: frameworks and approaches for the developing world*, 93-114. Oxfordshire, UK y Cambridge, MA: CABI Publishing.
- Parlamento Europeo (1997). *La Política Pesquera Común más allá del año 2002. Alternativas al sistema de TAC y cuotas para la conservación y la gestión de los recursos pesqueros*. Serie sobre Agricultura, Pesca y Silvicultura, E-7/Final. Bruselas: Parlamento Europeo. Recuperado el 15/10/15, de: http://www.europarl.europa.eu/workingpapers/fish/pdf/e7es_es.pdf
- Parrish, B.B. y Jones, R. (1953). Haddock bionomics-1: the state of the haddock stocks in the North Sea 1946-50 and at Faroe 1914-50. *Marine Research*, 1952 (4), 1-27.
- Parrish, R.H. y MacCall, A.D. (1978). Climatic variation and exploitation in the Pacific mackerel fishery. *Fish Bulletin*, 167, 2-110.
- Pascoe, S. y Mardle, S.P. (2001). Optimal fleet size in the English Channel: a multi-objective programming approach. *European Review of Agricultural Economics*, 28 (2), 161-185.

- Pascoe, S., Tamiz, M. y Jones, D. (1997). Multi-objective modeling of the UK fisheries of the English Channel. En: J. Boncoeur y J.P. Boude (eds.), *Proceedings of the IXth Annual Conference of the European Association of Fisheries Economists (EAFE)*, 28-30 of April 1997, 150-166. Quimper, Francia: University of Bretagne.
- Pascoe, S., Proctor, W., Wilcox, C., Innes, J., Rochester, W. y Dowling, N. (2009). Stakeholder objective preferences in Australian commonwealth managed fisheries. *Marine Policy*, 33 (5), 750-758.
- Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. *ICLARM Stud. Rev.*, 8, 1-325.
- Pearce, D.W. y Turner, R.K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Londres: Harvester Wheatsheaf. [Se ha utilizado la trad. al español de C. Abad Balboa y P. Campos Palacín de 1995. *Economía de los recursos naturales y del medio ambiente*. Madrid: Celeste Ediciones]
- Pearl, R. y Reed, L.J. (1920). On the rate of growth of the population of the US since 1790 and its mathematical representation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 6 (6), 275-288. Recuperado el 08/10/15, de: <http://www.pnas.org/content/6/6/275>
- Pella, J.J. y Tomlinson, P.K. (1969). A generalized stock production model. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, 13 (3), 416-496. Recuperado el 08/10/15, de: <http://aquaticcommons.org/3536/1/Vol. 13 no. 3.pdf>
- Penas, E. (1997). La gestión de los recursos pesqueros en la Unión Europea. *Papeles de Economía Española*, 71, 182-193.
- Pereira, A., Palanco, I., Rufino, M., Moreno, O. y Gaspar, M.B. (2007). *La pesca de bivalvos en el litoral oceánico de la costa suroccidental de la península ibérica: descripción de la pesquería y artes de pesca, medidas de gestión,*

biología de las especies comerciales y catálogo de especies de bivalvos.
Junta de Andalucía. Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Philip, J. (1972). Algorithms for the vector maximization problem. *Mathematical Programming*, 2 (1), 207-229.

Pigou, A.C. (1920). *The economics of welfare*. Londres: MacMillan.

Pikitch, E.K., Santora, C., Babcock, E.A., Bakun, A., Bonfil, R., Conover, D.O., Dayton, P., Doukakis, P., Fluharty, D., Haneman, B., Houde, E.D., Link, J., Livingston, P.A., Mangel, M., McAllister, M.K., Pope, J. y Sainbury, K.J. (2004). Ecosystem-based fishery management. *Science*, 305 (5682), 346-347.

Pinkerton, E.W. (1988). Co-operative management of local fisheries: a route to development. En: J.W. Bennet y J.R. Bowen (eds.), *Production and autonomy: anthropological studies and critiques of development*. Monographs in Economic Anthropology núm. 5, 257-273. Nueva York: University Press of America.

Pinkerton, E.W. (ed.) (1989). *Co-operative management of local fisheries: new directions for improved management & community development*, 3-33. Vancouver, Canadá: University of British Columbia Press.

Pinkerton, E.W. (1992). Translating legal rights into management practice: overcoming barriers to the exercise of co-management. *Human Organization*, 51 (4), 330-341.

Plagányi, E.E. (2007). *Models for an ecosystem approach to fisheries*. Fisheries Technical Paper núm. 477. Roma: FAO.

Plourde, C.G. (1970). A simple model of replenishable natural resource exploitation. *American Economic Review*, 60 (3), 518-522.

Plourde, C.G. (1971). Exploitation of common-property replenishable natural resource. *Western Economic Journal*, 9 (3), 256-266.

- Pomeroy, R.S. y Rivera-Guieb, R. (2006). *Fishery co-management: a practical handbook*. Cambridge, MA y Ottawa, ON: CABI Publishing and International Development Research Centre (IDRC). Recuperado el 11/11/15, de: <http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/29766/21/IDL-29766.pdf>
- Pomeroy, R.S., Katon, B.M. y Harkes, I. (2001). Conditions affecting the success of fisheries co-management: lesson from Asia. *Marine Policy*, 25 (3), 197-208.
- Pomeroy, R.S., Parks, J.E. y Watson, L.M. (2003). *How is your MPA doing? A guidebook: biophysical, socioeconomic and governance indicators for the evaluation of management effectiveness of marine protected areas*. Gland, Suiza y Silver Spring, Maryland: IUCN World Commission on Protected Areas-Marine, World Wide Fund for Nature, y National Oceanographic y Atmospheric Administration. [Se ha utilizado la ed. española de Pomeroy, Parks y Watson de 2006. *Cómo evaluar una AMP*. Manual de indicadores naturales y sociales para evaluar la efectividad de la gestión de áreas marinas protegidas. Gland, Suiza y Cambridge, Inglaterra: Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UNICN)]. Recuperado el 18/10/15, de: <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/PAPS-012-Es.pdf>
- Pontryagin, L.S. (1962). *The mathematical theory of optimal processes*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Pope, J.G. (1997). Integrating and presenting scientific fisheries management advice for complex fisheries subject to multiple objectives. *I Encontro Internacional de Vilamoura sobre Pescas*, 29-53.
- Quesnay, F. (1758). *Tableau économique*. París: Petric du Pont. [Se ha utilizado la ed. inglesa de M. Kuczynski y R.L. Meek (eds.) de 1972. *Quesnay's tableau economique*. Londres: The Macmillan Press Limited]

- Quirk, J.P. y Smith, V.L. (1970). Dynamic economic models of fishing. En: A.D. Scott (ed.), *Economics of fisheries management. A symposium*, 3-32. Vancouver: University of British Columbia.
- Ramanathan, R. y Ganesh, L.S. (1994). Group preference aggregation methods employed in AHP: an evaluation and an intrinsic process for deriving members' weightages. *European Journal of Operational Research*, 79 (2), 249-265.
- Ramanathan, R. y Ganesh, L.S. (1995). Energy resource allocation incorporating qualitative and quantitative criteria: an integrated model using goal programming and AHP. *Socio-Economic Planning Science*, 29 (3), 197-218.
- Ravindran, A., Shin, W., Arthur, J. y Moskowitz, H. (1986). Nonlinear integer goal programming models for acceptance sampling. *Computers and Operations Research*, 13 (5), 611-622.
- Real Decreto 1497/1977, de 3 de mayo, por el que se modifica el Decreto 3209/1973, en lo que afecta a la clase, dependencia y límites de algunos Distritos y Provincias Marítima. *Boletín Oficial del Estado*, 30 de junio, núm. 155, 14654-14658.
- Real Decreto 670/1978, de 11 de marzo, sobre Cofradías de Pescadores. *Boletín Oficial del Estado*, 12 de abril de 1978, núm. 87, 8439-8440.
- Real Decreto 3490/1981, de 29 de diciembre, por el que se transfieren competencias en materia de agricultura y pesca a la Junta de Andalucía. *Boletín Oficial del Estado*, 10 de febrero de 1982, núm. 35, 3287-3342.
- Real Decreto 724/2003, de 13 de junio, por el que se regulan las organizaciones de productores de la pesca y de la acuicultura y sus asociaciones. *Boletín Oficial del Estado*, 27 de junio de 2003, núm. 153, 24813-24816.
- Real Decreto 1549/2009, de 9 de octubre, sobre ordenación del sector pesquero y adaptación al Fondo Europeo de la Pesca. *Boletín Oficial del Estado*, 10 de octubre de 2009, núm. 245, 85685-85715.

- Real Decreto 401/2012, de 17 de febrero, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Boletín Oficial del Estado*, 18 de febrero de 2012, núm. 42, 14554-14580.
- Real Decreto 418/2015, de 29 de mayo, por el que se regula la primera venta de los productos pesqueros. *Boletín Oficial del Estado*, 23 de junio de 2015, núm. 149, 52074-52090.
- Rebollo Puig, M., Falcón Tella, R. y López Benítez, M. (1996), *Naturaleza y régimen jurídico de las cofradías de pescadores*. Monografías, núm. 256. Córdoba: Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones.
- Reed, W.J. (1994). Una introducción a la economía de los recursos naturales y su modelización. En: D. Azqueta Oyarzun y A. Ferreiro Chao (eds.), *Análisis económico y gestión de recursos naturales*, 15-32. Madrid: Alianza Editorial.
- Reeves, C. y HEDIS, S.R. (1993). A generalized interactive goal programming procedure. *Computers and Operations Research*, 20 (7), 747-753.
- Reglamento (UE) núm. 1379/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2013, por el que se establece la organización común de mercados en el sector de los productos de la pesca y de la acuicultura, se modifican los Reglamentos (CE) nº 1184/2006 y (CE) nº 1224/2009 del Consejo y se deroga el Reglamento (CE) nº 104/2000 del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE)*, 28 de diciembre de 2013, núm. L 354, 1-21.
- Reglamento (UE) núm. 1380/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2013, sobre la Política Pesquera Común, por el que se modifican los Reglamentos (CE) nº 1954/2003 y (CE) nº 1224/2009 del Consejo, y se derogan los Reglamentos (CE) nº 2371/2002 y (CE) nº 639/2004 del Consejo y la Decisión 2004/585/CE del Consejo. *Diario*

Oficial de las Comunidades Europeas (DOIE), 28 de diciembre de 2013, núm. L 354, 22-61.

Resolución de 19 de febrero de 1986, de la Dirección General de Pesca, por la que se autoriza, a título experimental, la utilización del denominado rastro italiano o rischio para la captura de moluscos. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 23 de mayo de 1986, núm. 48, p. 1757.

Resolución de 3 de septiembre de 1998, de la Dirección General de Pesca, por la que se aprueban los Estatutos del Consorcio suscrito por las Cofradías de Pescadores y las Asociaciones representativas del Sector Marisquero del Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 1 de octubre de 1998, núm. 111, p. 12256.

Resolución de 3 de julio de 2000, de la Dirección General de Pesca y Acuicultura, por la que se modifica la tara máxima prevista en la Orden de 28 de enero de 2000 por la que se regula la pesca de la chirla en el Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 22 de julio de 2000, núm. 84, p. 11935.

Resolución de 20 de febrero de 2002, de la Dirección General de Pesca y Acuicultura, por la que se modifica temporalmente la tara máxima de captura de la chirla para las embarcaciones autorizadas al uso de draga hidráulica en el Golfo de Cádiz y se desarrolla la Orden de 28 de enero de 2000. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 12 de marzo de 2002, núm. 30, 3.798-3.799.

Resolución de 25 de febrero de 2002, de la Dirección General de Pesca y Acuicultura, por la que se actualizan los Censos de Embarcaciones Marisqueras con Rastro y Embarcaciones autorizadas al uso de la Draga Hidráulica. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 30 de marzo de 2002, núm. 37, 4.793-4.796.

- Resolución de 16 de diciembre de 2002, de la Dirección General de Pesca y Acuicultura, por la que se fijan los horarios de salida, inicio de actividad pesquera y entrada a puerto de las flotas que faenan en el Golfo de Cádiz a las modalidades de rastro remolcado y draga hidráulica. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 3 de enero de 2003, núm. 2, 160-161.
- Resolución de 28 de marzo de 2007, de la Dirección General de Pesca y Acuicultura, por la que se regula la lista de embarcaciones marisqueras dedicadas de manera exclusiva a la captura de de chirila en el Golfo de Cádiz. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 13 de abril de 2007, núm. 73, 98-99.
- Resolución de 28 de junio de 2013, de la Dirección General de Pesca y Acuicultura, que se hace público el reconocimiento como Organización de Productores pesqueros a la organización empresarial que se cita. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 16 de julio de 2013, núm. 137, p. 170.
- Ricardo, D. (1817). *On the principles of political economy, and taxation*. Londres: John Murray. [Se ha utilizado la trad. al español de P. de la Nuez y C. Rodríguez Braun de 2003. *Principios de economía política y tributación*. Madrid: Pirámide]
- Richardson, H.W. (1972). *Input-output and regional economics*. Londres: Weidenfeld & Nicolson.
- Ricker, W.E. (1944). Further notes on fishing mortality and effort. *Copeia*, 1944 (1), 23-44.
- Ricker, W.E. (1954). Stock and recruitment. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 11 (5), 559-623.
- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1-382.

- Riera, P., García, D., Kriström, B. y Brännlund, R. (2005). *Manual de economía ambiental y de los recursos naturales*. Madrid: Thomson.
- Rietveld, P. (1980). *Multiple objective decision methods and regional planning*. Amsterdam: North-Holland Publishing.
- Ríos, S., Ríos-Insua, M.J. y Ríos-Insua, S. (1989). *Procesos de decisión multicriterio*. Madrid: Eudema.
- Robbins, L.C. (1932). *An essay on the nature and significance of economic science*. Londres: MacMillan & Co. [Se ha utilizado la trad. al español de D. Cosío Villegas de 1944. *Ensayo sobre la naturaleza y significación de la ciencia económica*. México: Fondo de Cultura Económica]
- Rodríguez Uría, M.V., Caballero, R., Ruiz, F. y Romero, C. (2002). Meta-goal programming. *European Journal of Operational Research*, 136 (2), 422-429.
- Roff, D.A. (1983). An analysis of catch/effort data: a comparison of three methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40 (9), 1496-1506.
- Romero, C. (1991). *Handbook of critical issues in goal programming*. Oxford: Pergamon Press.
- Romero, C. (1993). *Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones*. Madrid: Alianza Editorial.
- Romero, C. (1994). *Economía de los recursos ambientales y naturales*. Madrid: Alianza Economía. [Se ha utilizado la 2ª ed. ampliada de 1997]
- Romero, C. (1997). Goal programming and multiple criteria decision making: some reflections. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 448, 192-198.
- Romero, C. (2001). Extended lexicographic goal programming: a unifying approach. *Omega—The International Journal of Management Science*, 29 (1), 63-71.

- Romero, C. (2004). A general structure of achievement function for a goal programming model. *European Journal of Operational Research*, 153 (3), 675-686.
- Rosenthal, R.E. (1985). Principles of multiobjective optimization. *Decision Sciences*, 16 (2), 133-152.
- Roy, B. (1968). Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE). *Revue Française d'Informatique et de Recherche Opérationnelle (RIRO)*, tome 2, V1, 57-75. Recuperado el 15/10/15, de: http://archive.numdam.org/ARCHIVE/RO/RO_1968_2_1/RO_1968_2_1_57_0/RO_1968_2_1_57_0.pdf
- Roy, B. (1991). The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. *Theory and Decision*, 31 (1), 49-73.
- Royo, A. (1995). Informe sobre la viabilidad de la draga hidráulica. *Informes Técnicos del CICEM Aguas del Pino*, 1, 1-26.
- Ruitenbeek, J. y Cartier, C. (2001). *The invisible wand: adaptive co-management as an emergent strategy in complex bio-economic systems*. Occasional paper núm. 34. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR). ISSN: 0854-9818. Recuperado el 18/10/15, de: http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-034.pdf
- Russell, E.S. (1931). Some theoretical considerations on the overfishing problem. *Journal du Conseil International pour L'Exploration de la Mer*, 6 (1), 3-20.
- Saaty, T.L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15 (3), 234-281.
- Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Saaty, T.L. (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 32 (7), 841-855.

- Saaty, T.L. (1990). An exposition of the AHP in reply to the paper “Remarks on the analytic hierarchy process”. *Management Science*, 36 (3), 259-268.
- Saaty, T.L. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24 (6), 19-43.
- Saaty, T.L y Vargas, L.G. (1980). Hierarchical analysis of behavior in competition: prediction in chess. *Behavioral Science*, 25 (3), 180-191.
- Saber, H.M. y Ravindran, A. (1993). Nonlinear goal programming theory and practice: A survey. *Computers and Operations Research*, 20 (3), 275-291.
- Saber, H.M. y Ravindran, A. (1996). A partitioning gradient based (PGB) algorithm for solving nonlinear goal programming problems. *Computers and Operations Research*, 23 (2), 141-152.
- Sadler, M.T. (1830). *The law of population: a treatise, in six books, in disproof of the superfecundity of human beings, and developing the real principle of their increase* (vol. 1). Londres: John Murray.
- Samuelson, P.A. (1954). The pure theory of public expenditure. *Review of Economics and Statistics*, 36 (Nov.), 387-389.
- Sandiford, F. (1986). An analysis of multiobjective decision-making for the Scottish inshore fishery. *Journal of Agricultural Economics*, 37 (2), 207-219.
- Say, J.B. (1841). *Traité d'économie politique*. París: Guillaumin. [Se ha utilizado la trad. al español de E.C. Tapie Isoard de 2001. *Tratado de economía política*. México: Fondo de Cultura Económica]
- Schaefer, M.B. (1954a). Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission*, 1 (2), 27-56.
- Schaefer, M.B. (1954b). Fisheries dynamics and the concept of maximum equilibrium catch. En: *Proceedings of the Sixth Annual Gulf and Caribbean*

- Fisheries Institute, 6th Annual Session September 1954*, 53-64. Florida, EE. UU.: Coral Gables.
- Schaefer, M.B. (1957a). A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission*, 2 (6), 247-285. Recuperado el 08/10/15, de: <http://www.iattc.org/PDFFiles2/Bulletins/IATTC-Bulletin-Vol-2-No-6.pdf>
- Schaefer, M.B. (1957b). Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of the commercial marine fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 14 (5), 669-681.
- Schaefer, M.B. (1967). Fishery dynamics and present status of the yellowfin tuna population of the eastern Pacific Ocean. *Bulletin of the Inter-American Tuna Commission*, 12 (3), 113-134. Recuperado el 08/10/15, de: <http://www.iattc.org/PDFFiles2/Bulletins/Bulletin-Vol.12-No.3.pdf>
- Schaefer, M.B. y Beverton, R.J.H. (1963). Fishery dynamics. Their analysis and interpretation. En: M.N. Hill (ed.), *The Sea* (vol. 2), 464-483. Nueva York: Interscience.
- Schlager, E. y Ostrom, E. (1992). Property-rights regimes and natural resources: a conceptual analysis. *Land Economics*, 68 (3), 249-262.
- Schniederjans, M.J. (1995). *Goal programming: methodology and applications*. Norwell, Mass: Kluwer Academic Publishers.
- Schnute, J. (1977). Improved estimates from the Schaefer production model: theoretical considerations. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34 (5), 583-603.
- Scholl, A., Manthey, L., Helm, R. y Steiner, M. (2005). Solving multiattribute design problems with analytic hierarchy process and conjoint analysis: an empirical comparison. *European Journal of Operational Research*, 164(3), 760-777.

- Schumpeter, J.A. (1954). *History of economics analysis*. Oxford: University Press. [Se ha utilizado la trad. al español de M. Sacristán de 1995. *Historia del análisis económico* (3ª ed.). Barcelona: Ariel Economía]
- Scialabba, N. (ed.) (1998). *Integrated coastal area management and agriculture, forestry and fisheries. FAO guidelines*. Roma: FAO.
- Scott, A.D. (1955). The fishery: the objectives of sole ownership. *Journal of Political Economy*, 63 (2), 116-124.
- Scott, A.D. (1988). Development of property in the fishery. *Marine Resource Economics*, 5 (4), 289-311.
- Scott, A.D. (1989). Conceptual origins of rights based fishing. En: P.A. Neher, R. Arnason y N. Mollett (eds.), *Rights Based Fishing*, 11-38. Dordrecht, Holanda: kluwer Academic Publishers.
- Scott, A.D. (2000). Moving through the narrows: from open access to ITQs and self-government. En: R. Shotton (ed.), *Use of property rights in fisheries management. Proceedings of the FishRights99 Conference. Fremantle, Western Australia, 11-19 November 1999*. Mini-Course Lectures and Core Conference Presentations. Fisheries Technical Paper núm 404/1, 105-117. Roma: FAO.
- Scott, W.R. (1995). *Institutions and organizations*. Londres: Sage Publications.
- Seijo, J.C., Defeo, O. y De Álava, A. (1994). A multi-criterion optimization approach for the management of a multispecies fishery with ecological and technological interdependencies. En: M. Antona, J. Catanzano y J.G. Sutinen (eds.), *Proceedings of the 6th Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade (1992), tome II*, 161-169. París: IFREMER.
- Seijo, J.C., Solís-Ramírez, M.J. y Morales, G. (1987). Simulación bioeconómica de la pesquería de pulpo (*Octopus maya*) de la plataforma continental de Yucatán. En: M. Ramírez-Rodríguez (ed.), *Memorias del Simposium sobre la*

- Investigación de Biología y Oceanografía Pesqueras en México* (Abril), 125-137. La Paz, BCS: CICIMAR.
- Sen, S. y Nielsen, J.R. (1996). Fisheries co-management: a comparative analysis. *Marine Policy*, 20 (5), 405-418.
- Senior, N.W. (1836). *An outline of the science of political economy*. Londres: W. Clowes & Sons. [Se ha utilizado la 3ª ed. de 1854. Londres: Richard Griffin & Co.]
- Shotton, R. (2000). Current property rights systems in fisheries management. En: R. Shotton (ed.), *Use of property rights in fisheries management. Proceedings of the FishRights99 Conference. Fremantle, Western Australia, 11-19 November 1999*. Mini-Course Lectures and Core Conference Presentations. Fisheries Technical Paper núm. 404/1, 45-50. Roma: FAO.
- Simon, H.A. (1955). A behavioural model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69 (1), 99-118.
- Simon, H.A. (1956). Rational choice and the structure of the environment. *Psychological Review*, 63 (2), 129-138.
- Simon, H.A. (1957). *Models of man – Social and rational*. Nueva York: John Wiley & Son.
- Simon, H.A. (1977). *The new science of management decision* (ed. revisada). Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Smith, A. (1776). *The wealth of nations*. Londres: W. Strahan & T. Cadell. [Se ha utilizado la trad. al español de G. Franco de 1994. *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. México: Fondo de Cultura Económica]
- Smith, R.J. (1981). Resolving the tragedy of the commons by creating private property rights in wildlife. *CATO Journal*, 1 (2), 439-468.

- Soma, K. (2003). How to involve stakeholders in fisheries management – A country case study in Trinidad and Tobago. *Marine Policy*, 27(1), 47-58.
- Soyster, A.L. y Lev, B. (1978). An interpretation of fractional objectives in goal programming as related to papers by Awerbych et al. and Hannan. *Management Science*, 24 (14), 1546-1549.
- Sparre, P. y Venema, S.C. (1997). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales* (Parte 1). Manual. Documento Técnico de Pesca núm. 306/1, rev. 2. Chile: FAO.
- Spencer, M.H. (1971). *Contemporary economics*. Nueva York: Worth Publishers, Inc. [Se ha utilizado la trad. al español de B. Morata de 1993. *Economía contemporánea* (3ª ed.). Barcelona: Reverté]
- Spronk, J. y Veeneklaas, F.R. (1983). A feasibility study of economic and environmental scenarios by means of interactive multiple goal programming. *Regional Science and Urban Economics*, 13 (1), 141-160.
- Srinivasan, V. y Shocker, A.D. (1973). Linear programming techniques for multidimensional analysis of preferences. *Psychometrika*, 38 (3), 337-369.
- Starr, M.K. y Zeleny, M. (1977). MCDM – State and future of the arts. En: M.K. Starr y M. Zeleny (eds.), *Multiple criteria decision making*. TIMS Studies in Management Sciences (vol. 6) 5-29. Amsterdam-Nueva York: North-Holland Publishing Company.
- Steuer, R.E. (1986). *Multiple criteria optimization: theory, computation, and application*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Stevenson, G.G. (1991). *Common property economics. A general theory and land use applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stewart, T.J. (1988). Experience with prototype multicriteria decision support systems for pelagic fish quota determination. *Naval Research Logistics*, 35 (6), 719-731.

- Sumaila, U.R. (2005). Differences in economic perspectives and implementation of ecosystem-based management of marine resources. *Marine Ecology Progress Series*, 300 (sept.), 279-282.
- Surís Regueiro, J.C. y Varela Lafuente, M.M. (1995). *Introducción a la economía de los recursos naturales*. Colección Economía. Madrid: Cívitas.
- Tamiz, M. y Jones, D.F. (1996). Goal programming and pareto efficiency. *Journal of Information and Optimization Sciences*, 17 (2), 291-307.
- Tamiz, M. y Mardle, S.J. (1998). An interactive graphics-based linear, integer and goal programme modelling environment. *Decision Support Systems*, 23 (3), 285-296.
- Tamiz, M., Jones, D.F. y El-Darzi, E. (1995). A review of goal programming and its applications. *Annals of Operations Research*, 58 (1), 39-53.
- Tamiz, M., Jones, D.F. y Romero, C. (1998). Goal programming for decision making: an overview of the current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research*, 111 (3), 569-581.
- Tamiz, M., Mirrazavi, S.K. y Jones, D.F. (1999). Extensions of pareto efficiency analysis to integer goal programming. *Omega—The International Journal of Management Science*, 27 (2), 179-188.
- Thompson, W.F. y Bell, F.H. (1934). Biological statistics of the Pacific halibut fishery. (2) Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. En: *Report of the International Fisheries (Pacific Halibut) Commission*, núm. 8. Recuperado el 08/10/15, de: <http://www.iphc.int/publications/scirep/Report0008.pdf>
- Tirado Narváez, C., Rodríguez del la Rúa Franch, A., Bruzón Gallego, M.A., López Linares, J.I., Salas Casanova, C. y Márquez Pascual, I. (2002). *La reproducción de bivalvos y gasterópodos de interés pesquero en Andalucía*. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.

- Townsend, R.E. (1998). Beyond ITQs: property rights as a management tool. *Fisheries Research*, 37 (1), 203-210.
- Turvey, R. (1964). Optimization and suboptimization in fishery regulation. *American Economic Review*, 54 (2), 64-76.
- Vargas, L.G. (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 48 (1), 2-8.
- Vázquez, J.A. (1999). Territorio y recursos naturales: situación, articulación y tendencias. En: J.L. García Delgado (dir.), *España, economía: ante el siglo XXI*, 31-58. Madrid: Espasa Calpe.
- Verhulst, P.F. (1838). Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. En: A. Quételet (ed.), *Correspondance mathématique et physique*, 10, 113-121. [Reproducido en D. Smith y N. Keyfitz en 1977. *Mathematical demography, selected papers*, 333-337. Berlín: Springer-Verlag]
- Villasante, S., García Negro, M.C., González Laxe, F. y Rodríguez Rodríguez, G. (2011). Overfishing and the Common Fisheries Policy: (un)successful results from TAC regulation? *Fish and Fisheries*, 12 (1), 34-50.
- Vincke, Ph. (1992). *Multicriteria decision-aid*. Chichester-Nueva York: John Wiley & Sons.
- Vitoriano, B. y Romero, C. (1999). Extended interval goal programming. *Journal of the Operational Research Society*, 50 (12), 1280-1283.
- Wade, R. (1987). The management of common property resources: collective action as an alternative to privatisation or state regulation. *Cambridge Journal of Economics*, 11 (2), 95-106.
- Walras, L. (1874). *Éléments d'économie politique pure*. Lausanne, Suiza: L. Corbaz & Co. [Se ha utilizado la trad. al español de J. Segura de 1987.

- Elementos de economía política pura (o teoría de la riqueza social)*. Madrid: Alianza Editorial]
- Walter, G.G. (1973). Delay-differential equation models for fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30 (7), 939-945.
- Walters, C.J. (1986). *Adaptive management of renewable resources*. Nueva York: Macmillan Publishing Company.
- Walters, C.J. y Holling, C.S. (1990). Large-scale management experiments and learning by doing. *Ecology*, 71 (6), 2060-2068.
- Wang, H.F. y Fu, C.C. (1997). A generalization of fuzzy goal programming with preemptive structure. *Computers and Operations Research*, 24 (9), 819-828.
- Ward, T., Tarte, D., Hegerl, E. y Short, K. (2002). *Ecosystem-based management of marine fisheries: policy proposals and operational guidance for ecosystem-based management of marine capture fisheries*. Australia: World Wide Fund For Nature (WWF).
- Weerasooriya, K.T., Hills, W. y Sen, P. (1992). The selection of fishing vessel fleet operation using a multiple criteria optimization method. *Maritime Policy Management*, 19 (1), 41-54.
- Weistroffer, H.R. (1983). An interactive goal programming method for non-linear multiple-criteria decision-making problems. *Computers and Operations Research*, 10 (4), 311-320.
- Weithman, A.S. y Ebert, R.J. (1981). Goal programming to assist in decision making. *Fisheries*, 6 (1), 5-8.
- White, D.J. (1990). A bibliography on the applications of mathematical programming multiple-objective methods. *Journal of Operational Research Society*, 41 (8), 669-691.
- Wierzbicki, A.P. (1982). A mathematical basis for satisficing decision making. *Mathematical Modelling*, 3 (5), 391-405.

- Winsnes, I. y Skjoldan, H.R. (2008). Management plan for the Norwegian part of the Barents Sea ecosystem. En: G. Bianchi y H.R. Skjoldal (eds.), *The ecosystem approach to fisheries*, 228-246. Cambridge, MA: FAO y CABI Publishing.
- Yaghoobi, M.A. y Tamiz, T. (2007). A method for solving goal programming problems based on MINMAX approach. *European Journal of Operational Research*, 177 (3), 1580-1590.
- Yandle, T. (2003). The challenge of building successful stakeholder organizations: New Zealand's experience in developing a fisheries co-management regime. *Marine Policy*, 27 (2), 179-192.
- Yu, P.L. (1973). A class of solutions for group decision problems. *Management Science*, 19 (8), 936-946.
- Zadeh, L.A. (1963). Optimality and non-scalar-valued performance criteria. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 8 (1), 59-60.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3), 338-353.
- Zadeh, L.A. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, 1 (1), 3-28.
- Zahedi, F. (1986). The analytic hierarchy process – A survey of the methods and its applications. *Interfaces*, 16 (4), 96-108.
- Zahir, S. (1999a). Geometry of decision making and the vector space formulation of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 112 (2), 373-396.
- Zahir, S. (1999b). Clusters in a group: decision making in the vector space formulation of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 112 (3), 620-634.

- Zeleny, M. (1973). Compromise programming. En: J.L. Cochrane y M. Zeleny (eds.), *Multiple criteria decision making*, 262-301. Columbia, EE. UU.: University of South Carolina Press.
- Zeleny, M. (1981). The pros and cons of goal programming. *Computers and Operations Research*, 8 (4), 357-359.
- Zeleny, M. (1982). *Multiple criteria decision making*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Zeleny, M. y Cochrane, J.L. (1973). A priori and a posteriori goals in macroeconomic policy making. En: J.L. Cochrane y M. Zeleny (eds.), *Multiple criteria decision making*, 373-391. Columbia, EE. UU.: University of South Carolina Press.
- Zimmermann, H.J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. *Fuzzy Sets and Systems*, 1 (1), 45-55.
- Zimmermann, H.J. (1985). *Fuzzy set theory – and its applications*. Boston, MA: Kluwer-Nijhoff. [Se ha utilizado la 2ª ed. de Zimmermann de 1991. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers]
- Zionts, S. (1980). Methods for solving management problems involving multiple objectives. En: G. Fandel y T. Gal (eds.), *Multiple criteria decision making: theory and applications. Proceedings of the third Conference, Hagen/Körmigswinter, West Germany, August 20-24, 1979*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems (vol. 177), 540-558. Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Zionts, S. y Wallenius, J. (1976). An interactive programming method for solving the multiple criteria problem. *Management Science*, 22 (6), 652-663.
- Zionts, S. y Wallenius, J. (1983). An interactive multiple objective linear programming method for a class of underlying nonlinear utility functions. *Management Science*, 29 (5), 519-529.

B) Recursos electrónicos en línea

Arias Cañete, M. (2012, 17 de julio). *Arias Cañete defiende una definición de pesca artesanal que beneficie a la mayoría de barcos de pequeña escala.*

[Noticia]. Recuperado el 08/11/15, de:

<http://www.magrama.gob.es/es/prensa/noticias/arias-ca%C3%B1ete-defiende-una-definici%C3%B3n-de-pesca-artesanal-que-beneficie-a-la-mayor%C3%A1a-de-barcos-de-peque%C3%B1a-escala/tcm7-215831-16>

Diccionario de la Real Academia de la Lengua (RAE). Recuperado el 15/10/15, de: <http://www.rae.es>

Europa Press (2012, 14 de junio). *El sector de la chirla del Golfo de Cádiz constituye una organización regional para mejorar la gestión del caladero.*

[Noticia]. Recuperado el 07/11/15, de:

<http://www.europapress.es/andalucia/huelva-00354/noticia-sector-chirla-golfo-cadiz-constituye-organizacion-regional-mejorar-gestion-caladero-20120614192125.html>

Fundación Lonxanet para la Pesca Sostenible (FLPS). Recuperado el 02/11/15, de: <http://www.fundacionlonxanet.org>

Instituto Español de Oceanografía (IEO) (ed.) (2011). *Informe sobre la evolución de la pesquería de chirla en el caladero del Golfo de Cádiz durante el segundo semestre del 2011.* Recuperado el 11/11/15, de:

http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/cap/pesca-y-acuicultura/recursos-pesqueros/Informe_pesquerxa_chirla_IEO_DG_Pesca.11-2011.pdf

Junta de Andalucía (s.f.). *Producción pesquera 2013.* Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Recuperado el 16/11/15, de:

<http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/servicios/estadisticas/estadisticas/pesqueras/publicaciones/prodpesq2013.html>

- Junta de Andalucía. *Sección segunda. Embarcaciones marisqueras con arte de rastrero y draga hidráulica con puerto base en el litoral del Golfo de Cádiz*. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Recuperado el 31/10/15, de: http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/cap/pesca-y-acuicultura/recursos-pesqueros/CENSO-MARISQUERO/CENSO_MARISQUERO_GOLFO_DE_CADIZ_FEBRERO_2015.pdf
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Censo de flota operativa*. Recuperado el 31/10/15, de: <http://www.magrama.gob.es/es/pesca/temas/la-pesca-en-espana/censo-de-la-flota-pesquera/censo.asp>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2015, 26 de marzo). *Directorio de organizaciones de productores y asociaciones de organizaciones de productores*. Recuperado el 07/11/15, de: http://www.magrama.gob.es/es/pesca/temas/mercados-economia-pesquera/Listado_OPP_WEB_abril_2015_tcm7-367314.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM) (2009, 16 de septiembre). *Conclusiones de la cumbre mundial sobre sostenibilidad en la pesca*. [Noticia]. Recuperado el 18/10/15, de: <http://ecodes.org/noticias/conclusiones-de-la-cumbre-mundial-sobre-sostenibilidad-en-la-pesca#.VIAVu78YHgl>
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM) (ed.) (2011). *Estudio de la cadena de valor y formación de precios de la chirla*. Observatorio de Precios de los Alimentos. Recuperado el 07/11/15, de: http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/servicios/observatorio-de-precios-de-los-alimentos/Estudio_Chirla_tcm7-189667.pdf

Neira, S. y Arancibia, H. (2006). *Recent advances towards the implementation of the ecosystem approach to fisheries management in central Chile. Bergen Conference on Implementing the Ecosystem Approach to Fisheries, 26-28 de septiembre.* [Poster]. Bergen, Norway. Recuperado el 11/11/15, de: <http://152.74.9.14/UNITEP/attachments/article/298/CIEAF2006.gif>

Sistema de Información Andaluz de Producción Pesquera (IDAPES) de la Junta de Andalucía. Recuperado el 08/11/15, de: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/idapes/servlet/FrontController>

ANEXO I

Censos de
embarcaciones y
medidas de regulación
de la flota de chirla

Tabla AI.1. Censo de embarcaciones con draga hidráulica del Golfo de Cádiz. Año 2015

NOMBRE	MATRIC Y FOLIO	FECHA ENTRADA SERVICIO	PUERTO BASE	ARQUEO (TRB)	ESLORA TOTAL (M)	POTENCIA (CV)	Nº TRIP	TIPO CASCO
ABUELO GORDO	HU-2-9-01	29/06/2001	ISLA CRISTINA	9,81	12,52	92,00	3	POLIELSTER
ADOLFITO	HU-3-4-01	12/07/2001	PUNTA UMBRÍA	7,01	12,20	40,00	3	MADERA
ANDALUSI	HU-3-4-02	23/09/2002	PUNTA UMBRÍA	13,75	13,00	145,00	3	POLIELSTER
ANTONIO Y MANUEL	HU-2-9-99	25/11/1999	ISLA CRISTINA	19,87	14,99	135,00	3	POLIELSTER
CABO BUENA ESPERANZA	HU-3-9-05	24/04/2006	PUNTA UMBRÍA	14,60	14,00	120,00	3	POLIELSTER
CABO HORNOS PRIMERO	HU-3-14-02	04/11/2002	HUELVA	13,41	13,57	121,00	3	POLIELSTER
CAMERÚN	HU-2-5-04	03/05/2004	ISLA CRISTINA	27,23	17,00	170,00	4	POLIELSTER
CAÑABOTA	SE-1-792	03/10/1963	SANLÚCAR DE B.	8,35	15,20	100,00	3	MADERA
CARIDAD Y FRANCISCO	SE-1-2-07	12/06/2007	SANLÚCAR DE B.	8,32	13,52	63,99	3	POLIELSTER
CARMEN Y ATHENEA	HU-3-2-04	13/05/2005	PUNTA UMBRÍA	6,39	11,95	65,00	3	POLIELSTER
CASTILLO	HU-3-1164	01/01/1967	SANLÚCAR DE B.	10,00	10,91	128,00	4	MADERA
CHULE CARREAL	HU-2-2207	22/11/1990	PUNTA UMBRÍA	12,12	13,07	105,00	3	MADERA
CRISMALU	HU-2-3-95	01/07/1995	ISLA CRISTINA	11,28	12,50	85,00	3	POLIELSTER
CRISTO DEL SAGRARIO	HU-2-2158	10/02/1958	PUNTA UMBRÍA	19,48	13,90	156,00	3	MADERA
DELFIN CELESTE	HU-2-5-96	22/08/1997	ISLA CRISTINA	11,56	13,75	60,00	3	MADERA
DIPINTO	HU-3-10-00	16/04/2001	PUNTA UMBRÍA	7,75	11,92	60,00	3	POLIELSTER
EL LADRILLO	HU-2-19-01	01/10/2001	SANLÚCAR DE B.	8,89	12,48	128,00	3	POLIELSTER
ERIKA I	HU-2-9-04	24/06/2004	ISLA CRISTINA	10,00	12,60	60,00	3	POLIELSTER
EVA Y MIGUEL	HU-2-1-06	30/05/2006	SANLÚCAR DE B.	22,59	14,96	190,00	3	POLIELSTER
FABIANA	HU-3-11-98	17/04/1998	PUNTA UMBRÍA	10,77	13,56	120,00	4	POLIELSTER

Fuente: Dirección General de Pesca, Capitanía Marítima de Huelva y Cofradía de Pescadores de Sanlúcar de B. Elaboración Propia

Tabla AI.1. Censo de embarcaciones con draga hidráulica del Golfo de Cádiz. Año 2015 (Continuación)

NOMBRE	MATRIC Y FOLIO	FECHA ENTRADA SERVICIO	PUERTO BASE	ARQUEO (TRB)	ESLORA TOTAL (M)	POTENCIA (CV)	Nº TRIP	TIPO CASCO
FERIA SEGUNDO	HU-2-1931	14/01/1982	ISLA CRISTINA	19,97	14,63	230,00	3	MADERA
FUGITIVO PRIMERO	HU-2-13-02	05/07/2002	SANLÚCAR DE B.	8,88	11,96	84,00	4	POLIESTER
GÓMEZ SANTANA CUARTO	HU-2-4-06	13/11/2006	ISLA CRISTINA	12,05	14,38	50,00	3	POLIESTER
GRAN CORNETA	HU-2-29-03	13/01/2004	ISLA CRISTINA	12,94	13,60	104,00	3	POLIESTER
GUMERSINDO Y MANUELA	HU-3-8-04	17/11/2004	LEPE	15,75	14,98	214,00	3	POLIESTER
HERMANOS CARDOSO	HU-3-5-05	15/11/2006	PUNTA UMBRÍA	22,94	14,98	160,00	3	POLIESTER
HERMANOS GLORIA	HU-2-8-98	04/05/1999	LEPE	12,49	16,24	165,00	3	POLIESTER
HERMANOS GÓMEZ SANTANA	HU-2-8-97	26/08/1998	LEPE	18,05	15,94	185,00	3	MADERA
HERMANOS LÓPEZ PRIETO	HU-3-1-01	28/03/2001	PUNTA UMBRÍA	9,68	13,43	114,00	4	POLIESTER
HERMANOS LOZANO	HU-2-17-01	12/09/2001	ISLA CRISTINA	8,54	11,22	80,00	3	POLIESTER
HERMANOS ROTEÑO	HU-2-15-01	24/04/2002	LEPE	8,16	13,38	95,00	4	POLIESTER
HIMAR SEGUNDO	HU-3-5-91	19/09/1991	PUNTA UMBRÍA	15,67	14,98	96,00	3	MADERA
ISLA CANELA DOS	HU-2-1-95	06/02/1995	ISLA CRISTINA	9,95	12,65	75,00	3	MADERA
JOSÉ MIGUEL CUATRO	SE-1-10-03	07/04/2003	SANLÚCAR DE B.	12,56	13,56	82,00	3	POLIESTER
JOSÉ MIGUEL DOS	SE-1-8-01	23/11/2001	SANLÚCAR DE B.	9,48	12,50	66,00	3	POLIESTER
JOSÉ MIGUEL TRES	SE-1-14-04	15/10/2004	SANLÚCAR DE B.	11,01	13,64	82,00	3	POLIESTER
JOSÉ Y NEREA	HU-2-13-00	17/01/2001	ISLA CRISTINA	5,46	9,50	45,00	3	POLIESTER
JUAN ANTONIO PRIMERO	HU-1-3-04	22/09/2004	ISLA CRISTINA	11,43	13,58	79,00	3	POLIESTER
JUANILI	HU-3-1-04	20/04/2004	PUNTA UMBRÍA	15,15	14,93	93,00	3	POLIESTER
JUDIT BELLA	HU-2-3-97	02/07/1998	ISLA CRISTINA	8,12	12,50	98,00	3	POLIESTER

Fuente: Dirección General de Pesca, Capitanía Marítima de Huelva y Cofradía de Pescadores de Sanlúcar de B. Elaboración Propia

Tabla AI.1. Censo de embarcaciones con draga hidráulica del Golfo de Cádiz. Año 2015 (Continuación)

NOMBRE	MATRIC Y FOLIO	FECHA ENTRADA SERVICIO	PUERTO BASE	ARQUEO (TRB)	ESLORA TOTAL (M)	POTENCIA (CV)	Nº TRIP	TIPO CASCO
LAINA PRIMERO	HU-2-7-02	08/05/2002	ISLA CRISTINA	14,16	13,55	110,00	4	POLIESTER
LOS CHAPES	HU-2-13-99	28/01/2000	ISLA CRISTINA	9,79	12,52	75,00	4	POLIESTER
LOS ENEBRALES	HU-3-1-02	04/02/2002	PUNTA UMBRÍA	10,81	13,55	100,00	3	POLIESTER
MAESTRO FRANCIS	HU-2-2-07	03/09/2008	PUNTA UMBRÍA	26,83	14,99	186,00	3	POLIESTER
MANOLO ROTEÑO	HU-2-2-95	14/09/1995	ISLA CRISTINA	12,42	13,06	100,00	3	MADERA
MARIA NAZARET PRIMERO	HU-1-4-05	24/06/2005	AYAMONTE	11,37	13,57	79,00	3	ACERO
MARÍA Y MANUEL	HU-2-16-02	02/08/2002	ISLA CRISTINA	12,23	13,57	104,00	3	POLIESTER
MAROANLO	HU-2-28-01	04/02/2002	PUNTA UMBRÍA	16,33	14,99	198,00	3	POLIESTER
MI CURRITO	HU-2-4-98	20/05/1998	ISLA CRISTINA	10,63	13,50	100,00	3	POLIESTER
MIGUELÍN MARTÍN	HU-3-8-00	09/08/2000	ISLA CRISTINA	9,28	13,50	100,00	3	POLIESTER
NAVALGARVE PRIMERO	HU-2-14-99	28/04/2000	ISLA CRISTINA	8,88	12,10	118,00	3	POLIESTER
NUESTRA SRA. DEL ROSARIO NR. 1	SE-1-1-95	06/03/1995	SANLÚCAR DE B.	15,84	14,05	126,00	4	MADERA
NUESTRA SRA. REGLAMARIA	HU-2-3-96	03/02/1998	ISLA CRISTINA	12,50	13,55	130,00	3	MADERA
NUEVO BAHIA BLANCA	AL-2-1833	13/06/1991	LEPE	16,30	14,10	141,00	3	MADERA
NUEVO CEREZO	HU-2-3-99	20/05/1999	ISLA CRISTINA	14,19	12,57	100,00	3	POLIESTER
NUEVO CHIPIRÓN	HU-3-1-06	17/10/2006	SANLÚCAR DE B.	6,74	13,07	128,00	3	POLIESTER
NUEVO DESIREE	HU-2-1-97	05/11/1997	PUNTA UMBRÍA	14,34	16,24	150,00	3	POLIESTER
NUEVO HERMANOS GÓMEZ	HU-2-14-03	11/06/2003	ISLA CRISTINA	17,75	14,80	170,00	4	POLIESTER
NUEVO HERMANOS REYES JIMÉNEZ	HU-2-27-03	12/12/2003	ISLA CRISTINA	16,92	14,85	104,00	3	POLIESTER
NUEVO HERMANOS TORIBIA	HU-3-6-04	15/06/2006	PUNTA UMBRÍA	19,90	16,49	165,00	3	POLIESTER

Fuente: Dirección General de Pesca, Capitanía Marítima de Huelva y Cofradía de Pescadores de Sanlúcar de B. Elaboración Propia

Tabla AI.1. Censo de embarcaciones con draga hidráulica del Golfo de Cádiz. Año 2015 (Continuación)

NOMBRE	MATRIC Y FOLIO	FECHA ENTRADA SERVICIO	PUERTO BASE	ARQUEO (TRB)	ESLORA TOTAL (M)	POTENCIA (CV)	Nº TRIP	TIPO CASCO
NUEVO JOANA	HU-3-10-04	19/04/2005	PUNTA UMBRÍA	5,88	11,30	54,00	3	POLIESTER
NUEVO SAN GERMÁN	SE-1-4-98	08/10/1998	CHIPIONA	7,47	11,00	80,00	3	POLIESTER
NUEVO SANTA RITA	HU-3-4-05	13/03/2006	PUNTA UMBRÍA	7,93	13,01	68,00	3	POLIESTER
NUEVO VILLA CASADO	HU-3-12-02	04/02/2003	PUNTA UMBRÍA	15,94	14,87	121,00	3	POLIESTER
NUEVO XANDOKÁN	HU-3-6-02	22/11/2002	ISLA CRISTINA	8,52	13,34	99,00	3	POLIESTER
NUÑEZ SERRANO	HU-2-7-97	24/09/1997	PUNTA UMBRÍA	15,46	14,23	128,00	3	MADERA
ORTEGA GONZÁLEZ	HU-3-7-05	13/02/2006	PUNTA UMBRÍA	4,63	11,34	72,00	3	POLIESTER
PACO TORREVIRO	HU-3-5-02	03/05/2002	PUNTA UMBRÍA	13,37	13,00	120,00	4	POLIESTER
PAPA JULÍN	HU-2-2-06	24/08/2006	ISLA CRISTINA	4,62	11,92	45,00	3	POLIESTER
PAQUI	HU-3-3-99	15/04/1999	PUNTA UMBRÍA	10,49	13,27	120,00	3	MADERA
PEDRO PASCUAL TERCERO	HU-2-8-02	18/06/2002	ISLA CRISTINA	11,78	13,55	96,00	4	POLIESTER
PEPITA Y MANUELA	HU-3-5-06	20/12/2007	PUNTA UMBRÍA	13,16	14,99	108,00	3	POLIESTER
PITI PRIMERO	SE-1-14-03	11/08/2004	SANLÚCAR DE B.	13,08	12,50	110,00	4	POLIESTER
PITI SEGUNDO	SE-1-15-03	19/09/2006	SANLÚCAR DE B.	13,08	12,50	110,00	3	POLIESTER
PONCE HERMANOS	HU-2-8-99	28/10/1999	LEPE	17,62	15,70	141,00	3	MADERA
PUERTO DESEADO	HU-1-1-06	20/06/2006	ISLA CRISTINA	14,58	13,95	73,00	3	POLIESTER
PUNTA UMBRÍA PRIMERO	HU-3-9-02	29/08/2002	PUNTA UMBRÍA	15,94	14,87	121,00	3	POLIESTER
RAISJOMÁN	HU-3-1512	01/01/1987	PUNTA UMBRÍA	18,98	14,78	152,00	3	MADERA
RIERA MARTÍN	HU-3-8-05	29/05/2006	PUNTA UMBRÍA	17,58	14,91	184,00	4	POLIESTER
RIO DE LA PLATA	HU-2-1218	01/07/1946	PUNTA UMBRÍA	5,04	10,46	40,00	3	MADERA

Fuente: Dirección General de Pesca, Capitanía Marítima de Huelva y Cofradía de Pescadores de Sanlúcar de B. Elaboración Propia

Tabla AI.1. Censo de embarcaciones con draga hidráulica del Golfo de Cádiz. Año 2015 (Continuación)

NOMBRE	MATRIC Y FOLIO	FECHA ENTRADA SERVICIO	PUERTO BASE	ARQUEO (TRB)	ESLORA TOTAL (M)	POTENCIA (CV)	Nº TRIP	TIPO CASCO
SANTA POLA	HU-2-3-98	07/05/1998	ISLA CRISTINA	8,11	12,50	100,00	3	POLIESTER
SEBASTIÁN EL CATALÁN	HU-3-16-02	31/07/2003	PUNTA UMBRÍA	16,66	14,80	123,00	4	POLIESTER
SEGUNDO CARMEN MIGUEL	HU-2-17-02	17/07/2002	ISLA CRISTINA	11,80	13,58	128,00	3	POLIESTER
SEGUNDO CATANO	HU-3-2-99	10/05/1999	PUNTA UMBRÍA	9,57	13,43	76,00	4	POLIESTER
SEGUNDO FELIBEAS	HU-3-2-05	17/01/2006	PUNTA UMBRÍA	18,56	14,97	150,00	3	POLIESTER
SEGUNDO FRANLAU	HU-3-11-02	14/07/2003	PUNTA UMBRÍA	8,19	11,96	44,00	3	POLIESTER
SEGUNDO GÓMEZ SANTANA	HU-2-8-00	24/07/2000	LEPE	11,90	12,70	188,00	3	MADERA
SEGUNDO LUCÍA CEREZO	HU-2-5-01	15/06/2001	ISLA CRISTINA	8,43	12,25	128,00	3	POLIESTER
SEGUNDO LUISA CARMONA	HU-3-13-00	17/08/2001	PUNTA UMBRÍA	8,69	13,41	95,00	3	POLIESTER
SEGUNDO MAFLO	HU-2-13-05	24/10/2005	ISLA CRISTINA	13,31	14,86	160,00	4	POLIESTER
SEGUNDO SIEMPRE JUANA	HU-1-5-96	12/02/1997	AYAMONTE	8,46	12,50	60,00	3	POLIESTER
SERRANO PRIMERO	HU-2-11-99	07/04/2000	ISLA CRISTINA	14,59	13,20	121,00	3	POLIESTER
SERRANO SEGUNDO	HU-2-8-01	29/05/2001	SANLÚCAR DE B.	14,59	13,20	121,00	3	POLIESTER
SUR ATLÁNTICO	HU-2-12-02	10/03/2003	SANLÚCAR DE B.	9,96	12,21	140,00	3	MADERA
VAQUÍÑA	SE-1-1-05	03/05/2005	SANLÚCAR DE B.	9,37	13,60	136,00	3	POLIESTER
VALORES MEDIOS				12,48	13,51	111,97	3	

Fuente: Dirección General de Pesca, Capitanía Marítima de Huelva y Cofradía de Pescadores de Sanlúcar de B. Elaboración Propia

Tabla AI.2. Censo de embarcaciones con rastro remolcado del Golfo de Cádiz. Año 2015

NOMBRE	MATRIC Y FOLIO	FECHA ENTRADA SERVICIO	PUERTO BASE	ARQUEO (TRB)	ESLORA TOTAL (M)	POTENCIA (CV)	Nº TRIP	TIPO CASCO
ANA MARI MEÑA	HU-2-2-99	26/05/1999	ISLA CRISTINA	4,47	9,50	40,00	2	POLIESTER
ÁNGELA E ISABEL	HU-1-1128	03/11/1965	ISLA CRISTINA	2,49	7,00	20,00	2	MADERA
BELLA AGUSTINA	HU-2-1367	04/12/1953	SANLÚCAR DE B.	3,39	8,25	60,00	3	MADERA
EL SOCIO	HU-2-1-03	05/02/2003	AYAMONTE	3,47	7,49	28,00	2	POLIESTER
GEMA RIERA	HU-3-2-11	30/06/2011	PUNTA UMBRÍA	4,29	9,10	38,00	2	POLIESTER
HERMANO ROTEÑITO	HU-3-5-04	25/10/2004	AYAMONTE	1,41	6,30	25,00	2	POLIESTER
HERMANOS ARES	HU-2-02-03	11/03/2003	ISLA CRISTINA	2,34	8,00	39,00	3	POLIESTER
HERMANOS DÍAZ	HU-1-1279	10/02/1927	SANLÚCAR DE B.	5,18	9,05	91,00	2	MADERA
HERMANOS MÁRQUEZ	HU-2-18-01	02/10/2001	ISLA CRISTINA	2,02	8,45	28,00	2	POLIESTER
HERMANOS PÉREZ MUNELL	HU-2-3-02	12/04/2002	ISLA CRISTINA	3,67	7,49	24,00	2	POLIESTER
HERMANOS SEGURA	HU-2-6-04	13/05/2004	ISLA CRISTINA	2,75	9,50	41,80	3	POLIESTER
IRENE Y JAVIER	SE-1-11-03	25/03/2003	SANLÚCAR DE B.	3,06	7,96	30,00	2	MADERA
ISABEL BELLA	HU-2-1375	13/02/1954	SANLÚCAR DE B.	2,75	6,30	30,00	3	MADERA
JOSÉ JOAQUÍN	HU-2-2151	05/10/1987	SANLÚCAR DE B.	2,72	6,70	21,00	2	MADERA
JOSE Y ALFONSINA	HU-2-1-04	26/04/2004	ISLA CRISTINA	1,93	9,34	31,89	3	POLIESTER
JUAN EL COLORAO	HU-2-15-03	05/06/2003	ISLA CRISTINA	2,29	7,86	26,00	3	POLIESTER
LAS PIRATAS	HU-2-6-03	06/03/2003	ISLA CRISTINA	3,17	7,48	17,00	2	POLIESTER
LOS ÁNGELES	HU-2-1634	29/04/1963	SANLÚCAR DE B.	1,56	5,10	28,00	2	MADERA
LUPITA PRIMERO	HU-2-4-07	04/05/2007	ISLA CRISTINA	2,89	9,00	28,00	3	POLIESTER
MANUEL Y JORDÁN	HU-2-14-05	17/01/2006	ISLA CRISTINA	3,48	10,35	30,00	3	POLIESTER

Fuente: Dirección General de Pesca, Capitanía Marítima de Huelva y Cofradía de Pescadores de Sanlúcar de B. Elaboración Propia

Tabla AI.2. Censo de embarcaciones con rastro remolcado del Golfo de Cádiz. Año 2015 (Continuación)

NOMBRE	MATRIC Y FOLIO	FECHA ENTRADA SERVICIO	PUERTO BASE	ARQUEO (TRB)	ESLORA TOTAL (M)	POTENCIA (CV)	Nº TRIP	TIPO CASCO
NUEVO ALDARA	HU-2-19-02	05/11/2002	HUELVA	3,35	7,49	24,00	3	POLIESTER
NUEVO ANTILLA	HU-1-4-96	22/10/1996	AYAMONTE	3,82	9,50	50,00	4	POLIESTER
NUEVO JONATHAN	HU-1-1-02	16/12/2002	AYAMONTE	2,60	7,96	30,00	2	POLIESTER
NUEVO MARÍA CRISTINA	HU-2-11-02	17/07/2002	AYAMONTE	4,60	9,50	40,00	3	MADERA
NUEVO MARTA	HU-2-25-01	23/02/2001	ISLA CRISTINA	3,32	7,49	26,00	3	POLIESTER
NUEVO MELANIA	HU-2-10-01	15/06/2001	PUNTA UMBRÍA	3,88	7,49	21,00	3	POLIESTER
NUEVO SEGUNDO SERGIO	HU-2-11-01	30/07/2001	LEPE	2,79	7,49	30,00	2	POLIESTER
NUEVO VIRGEN BELLA	HU-2-22-03	25/07/2003	AYAMONTE	2,27	7,96	30,00	3	POLIESTER
RAMÓN	HU-1-839	25/05/1949	SANLÚCAR DE B.	2,48	5,84	32,00	2	MADERA
SEGUNDO HERMANOS AGUILERA	HU-2-24-01	14/01/2002	ISLA CRISTINA	3,88	7,49	24,00	2	POLIESTER
TINOCO	HU-1-887	05/05/1953	ISLA CRISTINA	2,36	6,90	26,00	2	MADERA
VALORES MEDIOS				3,05	7,91	32,57	2	

Fuente: Dirección General de Pesca, Capitanía Marítima de Huelva y Cofradía de Pescadores de Sanlúcar de B. Elaboración Propia

Tabla AI.3. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de draga hidráulica y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015

Año: mes	Núm. DH	Tara DH (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2000:1	49	300	7	20	20	20	980	980	980
2000:2	47	300	7	20	20	20	940	940	940
2000:3	47	300	7	22	23	23	1034	1081	1081
2000:4	47	300	7	18	18	18	846	846	846
2000:5	47	300	7	10	10	10	470	470	470
2000:6	47	300	7	11	11	11	517	517	517
2000:7	46	250	7	21	20	21	966	920	966
2000:8	46	250	7	22	22	22	1012	1012	1012
2000:9	46	250	7	21	21	21	966	966	966
2000:10	46	250	7	21	21	20	966	966	920
2000:11	46	250	7	21	21	21	966	966	966
2000:12	46	250	7	18	18	18	828	828	828
2001:1	71	250	7	22	22	22	1562	1562	1562
2001:2	71	250	7	19	19	19	1349	1349	1349
2001:3	71	250	7	22	22	22	1562	1562	1562
2001:4	71	250	7	19	19	19	1349	1349	1349
2001:5	71	250	7	10	10	10	710	710	710
2001:6	71	250	7	10	10	10	710	710	710
2001:7	71	250	7	20	21	22	1420	1491	1562

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.3. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de draga hidráulica y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. DH	Tara DH (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2001:8	71	250	7	22	22	22	1562	1562	1562
2001:9	71	250	7	20	20	20	1420	1420	1420
2001:10	70	250	7	22	22	21	1540	1540	1470
2001:11	70	250	7	21	21	21	1470	1470	1470
2001:12	70	250	7	19	19	19	1330	1330	1330
2002:1	77	250	7	21	21	21	1617	1617	1617
2002:2	80	250	7	19	19	19	1520	1520	1520
2002:3	78	150	7	19	19	19	1482	1482	1482
2002:4	78	150	7	22	22	22	1716	1716	1716
2002:5	78	150	7	10	10	10	780	780	780
2002:6	78	150	7	10	10	10	780	780	780
2002:7	74	150	7	22	22	23	1628	1628	1702
2002:8	74	150	7	21	21	21	1554	1554	1554
2002:9	72	150	7	21	21	21	1512	1512	1512
2002:10	72	150	7	21	23	22	1512	1656	1584
2002:11	72	150	7	20	20	20	1440	1440	1440
2002:12	70	150	7	19	19	19	1330	1330	1330
2003:1	70	150	7	21	21	21	1470	1470	1470
2003:2	70	150	7	19	19	19	1330	1330	1330

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.3. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de draga hidráulica y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. DH	Tara DH (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2003:3	70	150	7	21	21	21	1470	1470	1470
2003:4	70	150	7	20	20	20	1400	1400	1400
2003:5	69	150	7	0	0	0	0	0	0
2003:6	69	150	7	0	0	0	0	0	0
2003:7	69	150	7	22	22	23	1518	1518	1587
2003:8	68	150	7	20	20	20	1360	1360	1360
2003:9	67	150	7	22	22	22	1474	1474	1474
2003:10	67	150	7	21	22	22	1407	1474	1474
2003:11	67	150	7	20	20	20	1340	1340	1340
2003:12	67	150	7	21	21	21	1407	1407	1407
2004:1	67	150	7	20	20	20	1340	1340	1340
2004:2	65	150	7	20	20	20	1300	1300	1300
2004:3	65	150	7	23	23	23	1495	1495	1495
2004:4	65	150	7	20	20	20	1300	1300	1300
2004:5	65	150	7	0	0	0	0	0	0
2004:6	65	150	7	0	0	0	0	0	0
2004:7	64	150	7	21	21	22	1344	1344	1408
2004:8	63	200	7	21	21	21	1323	1323	1323
2004:9	69	200	7	22	22	22	1518	1518	1518

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.3. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de draga hidráulica y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. DH	Tara DH (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2004:10	69	200	7	19	20	19	1311	1380	1311
2004:11	69	200	7	21	21	21	1449	1449	1449
2004:12	68	200	7	21	21	21	1428	1428	1428
2005:1	84	200	7	20	20	20	1680	1680	1680
2005:2	84	200	7	19	19	19	1596	1596	1596
2005:3	84	200	7	21	21	21	1764	1764	1764
2005:4	87	200	7	21	21	21	1827	1827	1827
2005:5	87	200	7	0	0	0	0	0	0
2005:6	87	200	7	0	0	0	0	0	0
2005:7	86	200	7	21	21	21	1806	1806	1806
2005:8	86	200	7	22	22	22	1892	1892	1892
2005:9	86	200	7	22	22	22	1892	1892	1892
2005:10	86	200	7	19	20	19	1634	1720	1634
2005:11	86	200	7	21	21	21	1806	1806	1806
2005:12	87	200	7	19	19	19	1653	1653	1653
2006:1	87	200	7	20	20	20	1740	1740	1740
2006:2	87	200	7	19	19	19	1653	1653	1653
2006:3	86	200	7	22	23	23	1892	1978	1978
2006:4	86	200	7	18	18	18	1548	1548	1548

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.3. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de draga hidráulica y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. DH	Tara DH (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo Pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2006:5	86	200	7	0	0	0	0	0	0
2006:6	84	200	7	11	11	11	924	924	924
2006:7	84	200	7	21	20	21	1764	1680	1764
2006:8	84	200	7	22	22	22	1848	1848	1848
2006:9	84	200	7	21	21	21	1764	1764	1764
2006:10	84	200	7	21	21	20	1764	1764	1680
2006:11	87	200	7	21	21	21	1827	1827	1827
2006:12	87	200	7	18	18	18	1566	1566	1566
2007:1	87	200	7	22	22	22	1914	1914	1914
2007:2	87	200	7	18	19	19	1566	1653	1653
2007:3	87	200	7	22	22	22	1914	1914	1914
2007:4	94	200	7	20	20	20	1880	1880	1880
2007:5	94	200	7	22	22	22	2068	2068	2068
2007:6	94	200	7	21	21	20	1974	1974	1880
2007:7	94	200	7	21	21	22	1974	1974	2068
2007:8	94	200	7	22	22	22	2068	2068	2068
2007:9	94	200	7	20	20	20	1880	1880	1880
2007:10	94	200	7	22	22	21	2068	2068	1974
2007:11	94	200	7	21	21	21	1974	1974	1974

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.3. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de draga hidráulica y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. DH	Tara DH (Kg/barco)	Núm. horas/día psca	Núm. días/mes				Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza		Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2007:12	94	200	7	19	19	19		1786	1786	1786
2008:1	95	200	7	16	16	16		1520	1520	1520
2008:2	95	200	7	0	0	0		0	0	0
2008:3	95	200	7	5	5	5		475	475	475
2008:4	95	200	7	22	22	22		2090	2090	2090
2008:5	95	200	7	0	0	0		0	0	0
2008:6	95	200	7	21	21	21		1995	1995	1995
2008:7	94	200	7	22	22	23		2068	2068	2162
2008:8	94	200	7	20	20	20		1880	1880	1880
2008:9	94	200	7	22	22	22		2068	2068	2068
2008:10	93	200	7	21	22	22		1953	2046	2046
2008:11	93	200	7	20	20	20		1860	1860	1860
2008:12	93	200	7	21	21	21		1953	1953	1953
2009:1	95	200	7	5	5	5		475	475	475
2009:2	95	200	7	0	0	0		0	0	0
2009:3	95	200	7	14	14	14		1330	1330	1330
2009:4	95	200	7	20	20	20		1900	1900	1900
2009:5	95	200	7	0	0	0		0	0	0
2009:6	95	200	7	22	22	22		2090	2090	2090

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.3. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de draga hidráulica y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. DH	Tara DH (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2009:7	95	200	7	22	22	23	2090	2090	2185
2009:8	95	200	7	21	21	21	1995	1995	1995
2009:9	96	200	7	22	22	22	2112	2112	2112
2009:10	96	200	7	20	21	20	1920	2016	1920
2009:11	95	200	7	20	20	20	1900	1900	1900
2009:12	95	200	7	20	20	20	1900	1900	1900
2010:1	96	200	7	19	19	19	1824	1824	1824
2010:2	96	200	7	20	20	20	1920	1920	1920
2010:3	96	200	7	22	22	22	2112	2112	2112
2010:4	96	200	7	20	20	20	1920	1920	1920
2010:5	96	200	7	0	0	0	0	0	0
2010:6	96	200	7	11	11	11	1056	1056	1056
2010:7	96	200	7	21	21	22	2016	2016	2112
2010:8	96	200	7	21	21	21	2016	2016	2016
2010:9	96	200	7	22	22	22	2112	2112	2112
2010:10	96	200	7	19	20	19	1824	1920	1824
2010:11	96	200	7	21	21	21	2016	2016	2016
2010:12	96	200	7	11	11	11	1056	1056	1056
2011:1	96	200	7	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.3. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de draga hidráulica y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. DH	Tara DH (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2011:2	96	200	7	0	0	0	0	0	0
2011:3	96	200	7	0	0	0	0	0	0
2011:4	96	200	7	0	0	0	0	0	0
2011:5	96	200	7	0	0	0	0	0	0
2011:6	96	200	5	11	11	11	1056	1056	1056
2011:7	96	-	5	21	21	21	2016	2016	2016
2011:8	96	-	5	22	22	22	2112	2112	2112
2011:9	96	-	5	22	22	22	2112	2112	2112
2011:10	96	-	5	19	20	19	1824	1920	1824
2011:11	96	-	5	21	21	21	2016	2016	2016
2011:12	96	-	5	19	19	19	1824	1824	1824
2012:1	96	-	5	20	20	20	1920	1920	1920
2012:2	96	-	5	19	20	20	1824	1920	1920
2012:3	96	-	5	22	22	22	2112	2112	2112
2012:4	96	-	5	19	19	19	1824	1824	1824
2012:5	96	-	5	0	0	0	0	0	0
2012:6	96	-	5	8	8	8	768	768	768
2012:7	96	-	5	21	21	22	2016	2016	2112
2012:8	96	-	5	22	22	22	2112	2112	2112

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.3. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de draga hidráulica y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. DH	Tara DH (Kg/barco)	Núm. horas/día	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2012:9	96	-	5	20	20	20	1920	1920	1920
2012:10	96	-	5	14	14	13	1344	1344	1248
2012:11	96	-	5	21	21	21	2016	2016	2016
2012:12	96	-	5	19	19	19	1824	1824	1824
2013:1	96	-	5	21	21	21	2016	2016	2016
2013:2	96	-	5	19	19	19	1824	1824	1824
2013:3	96	-	5	19	19	19	1824	1824	1824
2013:4	96	-	5	22	22	22	2112	2112	2112
2013:5	96	-	5	0	0	0	0	0	0
2013:6	96	-	5	0	0	0	0	0	0
2013:7	96	-	5	22	22	23	2112	2112	2208
2013:8	96	-	5	21	21	21	2016	2016	2016
2013:9	96	-	5	21	21	21	2016	2016	2016
2013:10	96	-	5	22	23	22	2112	2208	2112
2013:11	96	-	5	20	20	20	1920	1920	1920
2013:12	96	-	5	19	19	19	1824	1824	1824
2014:1	96	-	5	21	21	21	2016	2016	2016
2014:2	96	-	5	19	19	19	1824	1824	1824
2014:3	96	-	5	21	21	21	2016	2016	2016

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.3. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de draga hidráulica y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. DH	Tara DH (Kg/barco)	Núm. horas/día	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2014:4	95	-	5	20	20	20	1900	1900	1900
2014:5	95	-	5	0	0	0	0	0	0
2014:6	95	-	5	0	0	0	0	0	0
2014:7	95	-	5	11	11	12	1045	1045	1140
2014:8	95	-	5	0	0	0	0	0	0
2014:9	95	-	5	2	2	2	190	190	190
2014:10	95	-	5	21	22	22	1995	2090	2090
2014:11	95	-	5	20	20	20	1900	1900	1900
2014:12	95	-	5	21	21	21	1995	1995	1995
2015:1	95	-	5	20	20	20	1900	1900	1900
2015:2	95	-	5	20	20	20	1900	1900	1900
2015:3	95	-	5	22	22	22	2090	2090	2090
2015:4	95	-	5	20	20	20	1900	1900	1900
2015:5	95	-	5	0	0	0	0	0	0
2015:6	95	-	5	0	0	0	0	0	0
2015:7	95	-	5	22	22	23	2090	2090	2185
2015:8	95	-	5	21	21	21	1995	1995	1995
2015:9	95	-	5	22	22	22	2090	2090	2090
2015:10	95	-	5	20	21	20	1900	1995	1900

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.4. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de rastro remolcado y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015

Año: mes	Núm. RR	Tara RR (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2000:1	46	300	7	20	20	20	920	920	920
2000:2	46	300	7	20	20	20	920	920	920
2000:3	46	300	7	22	23	23	1012	1058	1058
2000:4	46	300	7	18	18	18	828	828	828
2000:5	46	300	7	10	10	10	460	460	460
2000:6	46	300	7	11	11	11	506	506	506
2000:7	46	100	7	21	20	21	966	920	966
2000:8	46	100	7	22	22	22	1012	1012	1012
2000:9	46	100	7	21	21	21	966	966	966
2000:10	46	100	7	21	21	20	966	966	920
2000:11	46	100	7	21	21	21	966	966	966
2000:12	46	100	7	18	18	18	828	828	828
2001:1	47	100	7	22	22	22	1034	1034	1034
2001:2	47	100	7	19	19	19	893	893	893
2001:3	47	100	7	22	22	22	1034	1034	1034
2001:4	47	100	7	19	19	19	893	893	893
2001:5	47	100	7	10	10	10	470	470	470
2001:6	47	100	7	10	10	10	470	470	470
2001:7	46	100	7	20	21	22	920	966	1012

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.4. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de rastro remolcado y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. RR	Tara RR (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2001:8	45	100	7	22	22	22	990	990	990
2001:9	44	100	7	20	20	20	880	880	880
2001:10	43	100	7	22	22	21	946	946	903
2001:11	42	100	7	21	21	21	882	882	882
2001:12	42	100	7	19	19	19	798	798	798
2002:1	46	100	7	21	21	21	966	966	966
2002:2	46	100	7	19	19	19	874	874	874
2002:3	45	100	7	19	19	19	855	855	855
2002:4	45	100	7	22	22	22	990	990	990
2002:5	45	100	7	10	10	10	450	450	450
2002:6	44	100	7	10	10	10	440	440	440
2002:7	44	100	7	22	22	23	968	968	1012
2002:8	44	100	7	21	21	21	924	924	924
2002:9	43	100	7	21	21	21	903	903	903
2002:10	42	100	7	21	23	22	882	966	924
2002:11	41	100	7	20	20	20	820	820	820
2002:12	41	100	7	19	19	19	779	779	779
2003:1	39	100	7	21	21	21	819	819	819
2003:2	38	100	7	19	19	19	722	722	722

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.4. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de rastro remolcado y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. RR	Tara RR (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2003:3	38	100	7	21	21	21	798	798	798
2003:4	37	100	7	20	20	20	740	740	740
2003:5	35	100	7	0	0	0	0	0	0
2003:6	34	100	7	0	0	0	0	0	0
2003:7	34	100	7	22	22	23	748	748	782
2003:8	34	100	7	20	20	20	680	680	680
2003:9	33	100	7	22	22	22	726	726	726
2003:10	32	100	7	21	22	22	672	704	704
2003:11	32	100	7	20	20	20	640	640	640
2003:12	31	100	7	21	21	21	651	651	651
2004:1	30	100	7	20	20	20	600	600	600
2004:2	30	100	7	20	20	20	600	600	600
2004:3	30	100	7	23	23	23	690	690	690
2004:4	30	100	7	20	20	20	600	600	600
2004:5	30	100	7	0	0	0	0	0	0
2004:6	30	100	7	0	0	0	0	0	0
2004:7	29	100	7	21	21	22	609	609	638
2004:8	29	100	7	21	21	21	609	609	609
2004:9	27	100	7	22	22	22	594	594	594

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.4. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de rastro remolcado y esfuerzo pesquero estimado por puerto base. Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. RR	Tara RR (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2004:10	26	100	7	19	20	19	494	520	494
2004:11	26	100	7	21	21	21	546	546	546
2004:12	26	100	7	21	21	21	546	546	546
2005:1	41	100	7	20	20	20	820	820	820
2005:2	41	100	7	19	19	19	779	779	779
2005:3	41	100	7	21	21	21	861	861	861
2005:4	41	100	7	21	21	21	861	861	861
2005:5	42	100	7	0	0	0	0	0	0
2005:6	42	100	7	0	0	0	0	0	0
2005:7	42	100	7	21	21	21	882	882	882
2005:8	42	100	7	22	22	22	924	924	924
2005:9	42	100	7	22	22	22	924	924	924
2005:10	42	100 (200)*	7	19	20	19	798	840	798
2005:11	42	100 (200)*	7	21	21	21	882	882	882
2005:12	42	100 (200)*	7	19	19	19	798	798	798
2006:1	42	100 (200)*	7	20	20	20	840	840	840
2006:2	41	100 (200)*	7	19	19	19	779	779	779
2006:3	39	100 (200)*	7	22	23	23	858	897	897
2006:4	38	100 (200)*	7	18	18	18	684	684	684

Nota: * Rastros con exclusividad a la chirila

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.4. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de rastro remolcado y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. RR	Tara RR (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo Pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2006:5	38	100 (200)*	7	0	0	0	0	0	0
2006:6	38	100 (200)*	7	11	11	11	418	418	418
2006:7	39	100 (200)*	7	21	20	21	819	780	819
2006:8	39	100 (200)*	7	22	22	22	858	858	858
2006:9	38	100 (200)*	7	21	21	21	798	798	798
2006:10	38	100 (200)*	7	21	21	20	798	798	760
2006:11	37	100 (200)*	7	21	21	21	777	777	777
2006:12	35	100 (200)*	7	18	18	18	630	630	630
2007:1	35	100 (200)*	7	22	22	22	770	770	770
2007:2	35	100 (200)*	7	18	19	19	630	665	665
2007:3	35	100 (200)*	7	22	22	22	770	770	770
2007:4	35	100 (200)*	7	20	20	20	700	700	700
2007:5	35	100 (200)*	7	22	22	22	770	770	770
2007:6	34	100 (200)*	7	21	21	20	714	714	680
2007:7	34	100 (200)*	7	21	21	22	714	714	748
2007:8	34	100 (200)*	7	22	22	22	748	748	748
2007:9	34	100 (200)*	7	20	20	20	680	684	684
2007:10	34	100 (200)*	7	22	22	21	748	0	0
2007:11	34	100 (200)*	7	21	21	21	714	714	714

Nota: * Rastros con exclusividad a la chirila

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.4. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de rastro remolcado y esfuerzo pesquero estimado por puerto base. Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. RR	Tara RR (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2007:12	34	100 (200)*	7	19	19	19	646	646	646
2008:1	34	100 (200)*	7	16	16	16	544	544	544
2008:2	34	100 (200)*	7	0	0	0	0	0	0
2008:3	34	100 (200)*	7	5	5	5	170	170	170
2008:4	34	100 (200)*	7	22	22	22	748	748	748
2008:5	34	100 (200)*	7	0	0	0	0	0	0
2008:6	34	100 (200)*	7	21	21	21	714	714	714
2008:7	34	100 (200)*	7	22	22	23	748	748	782
2008:8	34	100 (200)*	7	20	20	20	680	680	680
2008:9	34	100 (200)*	7	22	22	22	748	748	748
2008:10	34	100 (200)*	7	21	22	22	714	748	748
2008:11	34	100 (200)*	7	20	20	20	680	680	680
2008:12	34	100 (200)*	7	21	21	21	714	714	714
2009:1	32	100 (200)*	7	5	5	5	160	160	160
2009:2	32	100 (200)*	7	0	0	0	0	0	0
2009:3	32	100 (200)*	7	14	14	14	448	448	448
2009:4	32	100 (200)*	7	20	20	20	640	640	640
2009:5	32	100 (200)*	7	0	0	0	0	0	0
2009:6	32	100 (200)*	7	22	22	22	704	704	704

Nota: * Rastros con exclusividad a la chirila

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.4. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de rastro remolcado y esfuerzo pesquero estimado por puerto base. Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. RR	Tara RR (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2009:7	32	100 (200)*	7	22	22	23	704	704	736
2009:8	32	100 (200)*	7	21	21	21	672	672	672
2009:9	32	100 (200)*	7	22	22	22	704	704	704
2009:10	32	100 (200)*	7	20	21	20	640	672	640
2009:11	32	100 (200)*	7	20	20	20	640	640	640
2009:12	32	100 (200)*	7	20	20	20	640	640	640
2010:1	31	100 (200)*	7	19	19	19	589	589	589
2010:2	31	100 (200)*	7	20	20	20	620	620	620
2010:3	31	100 (200)*	7	22	22	22	682	682	682
2010:4	31	100 (200)*	7	20	20	20	620	620	620
2010:5	31	100 (200)*	7	0	0	0	0	0	0
2010:6	31	100 (200)*	7	11	11	11	341	341	341
2010:7	31	100 (200)*	7	21	21	22	651	651	682
2010:8	31	100 (200)*	7	21	21	21	651	651	651
2010:9	31	100 (200)*	7	22	22	22	682	682	682
2010:10	31	100 (200)*	7	19	20	19	589	620	589
2010:11	31	100 (200)*	7	21	21	21	651	651	651
2010:12	31	100 (200)*	7	11	11	11	341	341	341
2011:1	31	100 (200)*	7	0	0	0	0	0	0

Nota: * Rastros con exclusividad a la chirila

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.4. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de rastro remolcado y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. RR	Tara RR (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2011:2	31	100 (200)*	7	0	0	0	0	0	0
2011:3	31	100 (200)*	7	0	0	0	0	0	0
2011:4	31	100 (200)*	7	0	0	0	0	0	0
2011:5	30	100 (200)*	7	0	0	0	0	0	0
2011:6	30	100 (200)*	7	11	11	11	330	330	330
2011:7	30	100 (200)*	7	21	21	21	630	630	630
2011:8	30	100 (200)*	7	22	22	22	660	660	660
2011:9	30	100 (200)*	7	22	22	22	660	660	660
2011:10	29	-	7	19	20	19	551	580	551
2011:11	29	-	7	21	21	21	609	609	609
2011:12	29	-	7	19	19	19	551	551	551
2012:1	31	-	7	20	20	20	620	620	620
2012:2	31	-	7	19	20	20	589	620	620
2012:3	31	-	7	22	22	22	682	682	682
2012:4	31	-	7	19	19	19	589	589	589
2012:5	31	-	7	0	0	0	0	0	0
2012:6	31	-	7	8	8	8	248	248	248
2012:7	31	-	7	21	21	22	651	651	682
2012:8	31	-	7	22	22	22	682	682	682

Nota: * Rastros con exclusividad a la chirila

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.4. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de rastro remolcado y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. RR	Tara RR (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2012:9	31	-	7	20	20	20	620	620	620
2012:10	31	-	7	14	14	13	434	434	403
2012:11	31	-	7	21	21	21	651	651	651
2012:12	31	-	7	19	19	19	589	589	589
2013:1	31	-	7	21	21	21	651	651	651
2013:2	31	-	7	19	19	19	589	589	589
2013:3	31	-	7	19	19	19	589	589	589
2013:4	31	-	7	22	22	22	682	682	682
2013:5	31	-	7	0	0	0	0	0	0
2013:6	31	-	7	0	0	0	0	0	0
2013:7	31	-	7	22	22	23	682	682	713
2013:8	31	-	7	21	21	21	651	651	651
2013:9	31	-	7	21	21	21	651	651	651
2013:10	31	-	7	22	23	22	682	713	682
2013:11	31	-	7	20	20	20	620	620	620
2013:12	31	-	7	19	19	19	589	589	589
2014:1	31	-	7	21	21	21	651	651	651
2014:2	31	-	7	19	19	19	589	589	589
2014:3	31	-	7	21	21	21	651	651	651

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.4. Evolución mensual de medidas de regulación de la flota de rastro remolcado y esfuerzo pesquero estimado por puerto base.
Años 2000-2015 (Continuación)

Año: mes	Núm. RR	Tara RR (Kg/barco)	Núm. horas/día pesca	Núm. Días/mes			Esfuerzo pesquero estimado		
				Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza	Isla Cristina	Punta Umbría	Bonanza
2014:4	31	-	7	20	20	20	620	620	620
2014:5	31	-	7	0	0	0	0	0	0
2014:6	31	-	7	0	0	0	0	0	0
2014:7	31	-	7	11	11	12	341	341	372
2014:8	31	-	7	0	0	0	0	0	0
2014:9	31	-	7	2	2	2	62	62	62
2014:10	31	-	7	21	22	22	651	682	682
2014:11	31	-	7	20	20	20	620	620	620
2014:12	31	-	7	21	21	21	651	651	651
2015:1	31	-	7	20	20	20	620	620	620
2015:2	31	-	7	20	20	20	620	620	620
2015:3	31	-	7	22	22	22	682	682	682
2015:4	31	-	7	20	20	20	620	620	620
2015:5	31	-	7	0	0	0	0	0	0
2015:6	31	-	7	0	0	0	0	0	0
2015:7	31	-	7	22	22	23	682	682	713
2015:8	31	-	7	21	21	21	651	651	651
2015:9	31	-	7	22	22	22	682	682	682
2015:10	31	-	7	20	21	20	620	651	620

Fuente: Elaboración Propia

Tabla AI.5. Datos anuales de la tara (medida en Kg por embarcación y día) por modalidad de pesca. Años 1964-2015

Año	Tara RR (Kg)	Tara DH (Kg)	Año	Tara RR (Kg)	Tara DH (Kg)
1964	450	-	1990	300	-
1965	450	-	1991	300	-
1966	450	-	1992	300	-
1967	450	-	1993	400	-
1968	450	-	1994	400	-
1969	450	-	1995	400	-
1970	370	-	1996	400	300
1971	370	-	1997	400	300
1972	370	-	1998	400	300
1973	200	-	1999	300	300
1974	600	-	2000	100	250
1975	0	-	2001	100	250
1976	0	-	2002	100	150
1977	140	-	2003	100	150
1978	100	-	2004	100	200
1979	100	-	2005	100 (200)	200
1980	100	-	2006	100 (200)	200
1981	100	-	2007	100 (200)	200
1982	100	-	2008	100 (200)	200
1983	100	-	2009	100 (200)	200
1984	100	-	2010	100 (200)	200
1985	400	-	2011	100 (200)	200
1986	270	-	2012	-	-
1987	0	-	2013	-	-
1988	200	-	2014	-	-
1989	300	-	2015	-	-

Nota: Los números entre paréntesis corresponden a la tara de los Rastros Remolcados con dedicación exclusiva a la chirla.

Fuente: Elaboración propia

Tabla AI.6. Datos anuales del peso, valor y precio medio de la chirla. Años 1985-2015

Años	Peso (Kg)	Valor (10 ³ €)	Precio medio (€/Kg)
1985	547.580	665,29	1,21
1986	484.900	871,58	1,8
1987	16.020	29,14	1,82
1988	292.400	650,36	2,22
1989	390.560	921	2,36
1990	692.520	1.118,48	1,62
1991	679.100	824,14	1,21
1992	851.400	837,85	0,98
1993	939.630	842,41	0,9
1994	1.132.280	1.289,31	1,14
1995	1.262.420	1.163,85	0,92
1996	1.727.760	2.405,62	1,39
1997	1.607.560	2.282,76	1,42
1998	3.180.320	4.516,10	1,42
1999	3.344.500	4.699,34	1,41
2000	2985.295	4710,76	1,58
2001	4095.760	8636,66	2,11
2002	3019.270	8989,28	2,98
2003	3363.140	7885,53	2,34
2004	3514.860	8985,00	2,56
2005	4031.020	10953,90	2,72
2006	3850.330	10082,16	2,62
2007	3520.510	8255,63	2,35
2008	2853.400	7340,09	2,57
2009	2796.300	10414,20	3,72
2010	2361.660	8439,86	3,57
2011	1152.750	3493,48	3,03
2012	3455.860	7760,53	2,25
2013	4259.420	10271,21	2,41
2014	4802.880	11953,78	2,49
2015	3517.660	9878,68	2,81

Fuente: Elaboración propia, a partir del Sistema de Información Andaluz de Producción Pesquera (IDAPES). Junta de Andalucía

Tabla AI.7. Cambios producidos en el Censo de Embarcaciones Marisqueras con rastro remolcado y draga hidráulica de la Comunidad Autónoma de Andalucía desde última su publicación el 13/02/15. Actualizado a 06/11/15

Tipo de embarcación	Censo de febrero de 2015	Cambio	Actual
Draga H.	El Ladrillo	Puerto base	Isla Cristina
Draga H.	Miguelín Martín	Nombre de la embarcación	Segundo Gran Antonio
Draga H.	Río de la Plata	Puerto base	Punta Umbría
Draga H.	Serrano Segundo	Puerto base	Isla Cristina
Rastro R.	Bella Agustina	Estado de Alta	Inactivo por reparación
Rastro R.	José y Alfonsina	Nombre de la embarcación	Juanillo Roteño
Rastro R.	Tinoco	Puerto base	Sanlúcar de B.

Fuente: Elaboración propia, a partir de la Capitanía Marítima de Huelva y las Cofradías de Pescadores de Punta Umbría, Isla Cristina y Sanlúcar de Barrameda

ANEXO II

Fuentes y datos técnicos para la elaboración del modelo bioeconómico multiobjetivo PM

FUENTES Y DATOS TÉCNICOS

En el Anexo II de fuentes y datos técnicos del modelo bioeconómico multiobjetivo que se presenta en el Capítulo 6 de aplicación de este trabajo se incluyen cinco tablas.

La Tabla AII.1 contiene información de la actividad de la flota en la pesquería durante el año 2001 para cada segmento de flota (draga, rastro) según la zona (poniente, centro, levante) y tamaño de la embarcación (menos de 12 m, más de 12 m). Así pues, los datos que se incluyen son: el número de embarcaciones, las capturas, el precio medio de las capturas, los días de actividad totales, y por barco, así como los ingresos diarios.

Las variables capturas y esfuerzo han sido obtenidas para una muestra correspondiente al periodo 1977-2001. Para la determinación de los ingresos por ventas se ha utilizado información de las capturas diarias y del precio medio observado en cada lonja para cada segmento de flota en 2001.

La Tabla AII.2 recoge las estimaciones de las partidas de costes fijos y variables para la pesquería según segmento de flota, zona y tamaño de la embarcación.

Dado que las horas de navegación dependen tanto de la velocidad media de la embarcación como de la distancia a recorrer estas se han estimado para cada segmento de flota a partir de una muestra representativa de armadores, y en base a las distancias efectivas a recorrer y a la velocidad del barco.

En relación al consumo de combustible en navegación y durante la faena de pesca se tenido en cuenta las características de cada embarcación a través de los datos contenidos en las pruebas de navegabilidad de una muestra de 57 embarcaciones. Además, los gastos derivados del consumo de gasoil se han estimado a partir del precio medio pagado por litro de combustible que varía según la zona: 0,192 € en la de poniente y 0,228 € en el resto. Esta diferencia de precios estriba en el acuerdo que existe con el principal proveedor de la Cofradía de Pescadores y de la Asociación de Armadores de Isla Cristina.

Para la obtención de las cuotas a la Seguridad Social que deben abonar el empresario y los trabajadores se ha calculado para cada barco la base cotizable y también las cuotas correspondientes a los tripulantes, a los accidentes y enfermedades profesionales y a las contingencias comunes, que son de un 4,7%, 8,46% y 23,6% sobre las bases cotizables, respectivamente. Finalmente, se ha considerado el promedio de estos resultados para cada segmento de la flota.

Los costes comerciales y de los servicios portuarios incluyen diferentes tasas en porcentajes sobre las ventas y que son iguales para cada puerto pero diferentes entre ellos. Se consideran así la tasa que la lonja pesquera cobra por

sus servicios¹, el recargo con el que los intermediarios comerciales o vendedurías gravan sus servicios, la tarifa G-4 por servicios portuarios de carga y descarga y por último, la cuota de la Cofradía de Pescadores ya que también se cobra como porcentaje sobre las ventas². Para cada segmento de flota se ha promediado la cuantía total de estas tasas en porcentaje sobre las ventas.

Los gastos diarios que aparecen bajo la rúbrica “Otros Gastos diarios” se han estimado a través de encuestas personales con diferentes armadores. Las encuestas realizadas, a pesar de no constituir una muestra estadísticamente significativa, constituyen un indicador suficiente para comprobar que prácticamente todas las embarcaciones de un mismo segmento de flota soportan estructuras de costes muy similares.

En la obtención de los costes anuales de dotación para la amortización del inmovilizado se ha tenido en cuenta que la mayoría de las empresas pesqueras no están obligadas a llevar un sistema de amortización. Por lo tanto, la cuantía de estos costes se ha calculado dividiendo el valor de reposición de la embarcación, buque y motor, por la vida útil fiscal de la embarcación. Con respecto al valor de la reposición este se ha obtenido estimando un modelo econométrico con una muestra de 57 embarcaciones construidas durante el periodo 1997-2001, y en función de diferentes características técnicas. Finalmente, se ha optado por elegir como valor más representativo de esta partida a la media aritmética de las dotaciones de cada segmento de flota.

La estimación de la cuantía anual de las primas de los seguros de accidente de cada embarcación se ha obtenido a partir de encuestas realizadas por armadores y de un modelo que relaciona la cuantía de la prima con la edad del

¹ En la tasa o comisión de la Lonja se encuentran incluidos los gastos derivados de la descarga, custodia de mercancía y transporte interior en la lonja, además de las gestiones derivadas de la subasta en primera venta.

² En la cuota de la Cofradía se incluyen las gestiones derivadas de la gestión de la Cofradía a sus afiliados, como por ejemplo la tramitación de licencias de pesca, y un conjunto de gestiones tendentes a servir de enlace entre la administración pesquera y los armadores y tripulaciones.

buque, su eslora y su arqueo. El promedio de las estimaciones así obtenidas para cada segmento de flota son las cantidades utilizadas en el modelo.

Para la obtención de los costes anuales de mantenimiento se ha estimado un modelo econométrico teniendo en cuenta algunas características técnicas como la edad del casco y la eslora entre perpendiculares mediante encuestas a armadores para una muestra.

Por otro lado, la Tabla AII.3 presenta los datos técnicos del poder de pesca y las variables de la superficie rastreada por segmento de flota durante el año 2001.

Para la estimación de la dimensión del arte utilizado y de la velocidad de rastreo por segmento de flota se ha tenido en cuenta que las embarcaciones dotadas de rastro van equipadas con dos artes de 75 cm de frontal (1,5 m en total) y que las dragas tienen una dimensión máxima legal de 3 m de frontal, aunque dependiendo del tamaño del barco esta dimensión puede ser inferior. Ambos parámetros se han estimado en base a una muestra de 57 embarcaciones.

El poder de pesca medio de una draga hidráulica ha sido estimado con la superficie media rastreada por día de pesca que es de 82.452,3 m²/día. El poder de pesca de la draga hidráulica sobre el rastro remolcado se puede determinar a partir de los datos de la Tabla AII.3, y con la inclusión de información sobre el porcentaje de larvas rotas respecto al total capturado, tamaño del molusco, descartes, etc.

En la Tabla AII.4 se incluyen datos técnicos de las variables del empleo total por segmento de flota. Como valor para el factor de conversión de empleo se ha elegido 1.954, que representa el número medio de horas de trabajo por término medio en Andalucía en todas las ramas de actividad. Los multiplicadores de empleo del Modelo de Demanda de Leontief se han calculado tomando como base la Tabla Input-Output de 1995. El valor que finalmente se ha utilizado ha

sido de 1,1842, lo que significa que por cada empleo directo se generan 0,1842 empleos indirectos por el lado de la demanda.

Por último, la estimación de los parámetros del modelo de Schaefer (1954a) se ha llevado a cabo en base a tres modelos estadísticos, utilizando tres aproximaciones diferentes: la de Schaefer (1954a), la lineal de Hilborn y Walters (1992), y la de medias geométricas de Schnute (1977). Se ha optado por elegir las estimaciones con un mayor coeficiente de determinación, es decir, la de Schnute. Los valores de los parámetros obtenidos son los que muestran en esta Tabla AII.5.

Tabla AII.1. Actividad de la flota en la pesquería durante el año 2001

Variables	Draga hidráulica						Rastro Remolcado		
	Más de 12 m			Menos de 12 m			Menos de 12 m		
	Poniente	Centro	Levante	Poniente	Centro	Levante	Poniente	Centro	Levante
Nº total de barcos	17	32	7	7	13	7	19	35	20
Capturas (Kg)	780118	1634725	313503	304833	563310	271726	225836	354047	434507
Precio medio de la chirla (€/Kg)	4,55	4,62	4,13	4,41	4,47	3,61	4,04	3,2	3,61
Días de actividad	3182	6602	1287	1236	2280	1412	1476	2412	2273
Días de pesca por barco	187	206	184	177	175	202	78	69	114
Ingresos diarios por barco	1115	1144	1006	1089	1106	695	618	469	691

Fuente: Elaboración propia

Tabla AII.2. Costes fijos y variables estimados por segmento de flota durante el año 2001

Costes	Variables en el modelo PM	Descripción de las variables	Draga hidráulica						Rastro Remolcado		
			Más de 12m			Menos de 12			Menos de 12		
			Poniente	Centro	Levante	Poniente	Centro	Levante	Poniente	Centro	Levante
Costes variables derivados del consumo gasoil	PGAS	Precio medio del gasoil (€/l)	0,192	0,228	0,228	0,192	0,228	0,228	0,192	0,228	0,228
	HPERMIT	Nº máx. de horas diarias de faena permitida	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	HNAV	Nº medio de horas diarias de navegación	2,7	4,2	3,3	3	4	2,3	3,4	5,2	3,4
	CONSNVAV	Consumo medio de gasoil por naveg (l/h)	36,03	39,22	31,4	24,86	30,16	19,91	9,9	11,38	9,92
	CONSPES	Consumo medio de gasoil por pesca (l/h)	5,72	6,13	5,26	4,87	4,8	4,69	5,44	5,21	4,33
Costes variables	TASA	Tasa por servicios comerciales o portuarios (%)	8,5	8	7,5	8,5	8	7,5	85	8	7,5
	SSCE	Cuotas de Seg. Social para el empresario (€)	62,4	67,1	66,9	55,5	57	71,1	26,6	32	33,7
	SSCT	Cuotas de Seg. Social para el trabajador (€)	9,1	9,8	9,8	8,1	8,3	10,4	3,9	4,7	4,9
	OGD	Otros gastos diarios (€)	29,5	38,6	31,9	31,6	25,7	36,9	12,7	15,3	14,7
	AMORT	Amortización del inmovilizado (€)	3197,7	2750,1	3742,5	119,9	2142,4	3361,8	349,3	779,2	1438,1
Costes fijos anuales	MANT	Mantenimiento de la embarcación (€)	1112,7	1531,5	1025,7	1914,2	2142,4	3361,8	349,3	779,2	1438,1
	SEG	Seguros de accidente (€)	295,9	320,2	308,4	436,1	475,2	633,1	406,6	457,2	605,9

Fuente: Elaboración propia

Tabla AII.3. Datos técnicos del poder de pesca y variables de la superficie rastreada por segmento de flota durante el año 2001

Esfuerzo de pesca	Variables	Descripción de las variables	Draga hidráulica						Rastro Remolcado	
			Más de 12m			Menos de 12			Menos de 12	
			Poniente	Centro	Levante	Poniente	Centro	Levante	Poniente	Centro Levante
Superficie rastreada	DimVel	Dimensión del arte y de la velocidad de la draga	9360	9665	9125,5	4,41	4,47	3,61	4314,4	4212,4 3929,8
	HPERMIT	Nº máximo de horas de faena permitidas por día	13	13	13	13	13	13	13	13 13
	HNAV	Nº medio de horas de navegación por día	2,7	4,2	3,3	3	4	2,3	3,4	5,2 3,4
Poder de pesca	DimArt	Dimensión longitudinal del arte (m)	2,3			2,3			0,75	
	SupRast	Superficie rastreada (m ² /h)	7097			7097			2084	
	VelRast	Velocidad de rastreo (millas/h)	1,4-1,9			1,4-1,9			1,3-1,7	

Fuente: Elaboración propia

Tabla AII.4. Datos técnicos de las variables del empleo total por segmento de flota

Variables del modelo PM	Descripción de las variables	Draga hidráulica						Rastro Remolcado		
		Más de 12 m			Menos de 12 m			Menos de 12 m		
		Pon.	Cent.	Lev.	Pon.	Cent.	Lev.	Pon.	Cent.	Lev.
TRIP	Nº medio de tripulantes	4,9	5,3	5,3	4,4	4,3	5,7	2,1	2,6	2,5
FCEMP	Factor de conversión horas-empleos a tiempos completos (h)	1954			1954			1954		
MULEMP	Multiplicador de empleo	1,18			1,18			1,18		

Fuente: Elaboración propia

Tabla AII.5. Estimaciones de los parámetros del modelo de Schaefer (1954a)

Aproximación		Schaefer (1954a)	Hilborn y Walters (1992)	Schnute (1977)
ESTIMACIONES OBTENIDAS	r (1 /años)	0,4532	0,4887	0,3838
	q (1 /días-barco)	1,23E-05	1,14E-05	1,22E-05
	K (Tm.)	29183,008	31125,361	30216,353
R^2 (%)		62,42	64,06	72,97

Fuente: Elaboración propia

ANEXO III

Cuestionarios AHP

CUESTIONARIO AIII.1

CUESTIONARIO A ENTIDADES VINCULADAS A LA GESTIÓN DE LA PESQUERÍA DE CHIRLA EN EL GOLFO DE CÁDIZ

Entidad entrevistada:

Por favor, evalúe las respuestas con esta escala del 1 al 9:

1	2	3	4	5	6	7	8	9

1= Extremadamente menos importante; 2= Mucho menos importante; 3= Menos importante; 4= Ligeramente menos importante; 5= Igual de importante; 6= Ligeramente más importante; 7= Más importante; 8= Mucho más importante; 9= Extremadamente más importante

Objetivos de Segundo Nivel

1. ¿Cómo valoraría la importancia de introducir medidas para lograr alcanzar la eficiencia económica en la gestión frente a las dirigidas a mantener al recurso explotado (chirla) en determinados niveles?
2. ¿Cómo valoraría la importancia de adoptar medidas para la conservación del recurso pesquero explotado (chirla) frente a considerar los intereses de los diferentes grupos sociales implicados en la pesquería?
3. ¿Cómo valoraría la importancia de introducir medidas para alcanzar la eficiencia económica en relación con la introducción de medidas que tengan en cuenta los intereses de los diferentes grupos sociales implicados y la resolución de posibles conflictos?

Sub-objetivos de Tercer Nivel

Respecto al objetivo de lograr la eficiencia en la gestión pesquera:

4. ¿cómo valoraría la importancia de introducir medidas dirigidas a la consecución de una mayor rentabilidad frente a otras encaminadas a mantener los niveles de empleo?

Respecto al objetivo de sostenibilidad de la pesquería:

5. ¿Cómo valoraría las medidas dirigidas a mantener a la población del recurso explotado (chirla) en un nivel que podría considerarse óptimo frente a las encaminadas a reducir las capturas accidentales de otras especies que no puedan ser devueltas al mar (langostino, acedía, etc.)?

Respecto a las relaciones entre los diferentes grupos implicados en la pesquería:

6. ¿cómo valoraría la importancia de introducir medidas dirigidas a reducir la posibilidad de conflictos entre armadores de diferentes artes (rastros, dragas hidráulicas) en relación a las encaminadas a lograr un equilibrio adecuado entre el sector extractivo (pescadores) y los intermediarios comerciales (exportadores)?
7. ¿Cómo valoraría la importancia de introducir medidas dirigidas a lograr un equilibrio adecuado entre los intereses de los pescadores y los exportadores frente a las encaminadas a minimizar los conflictos que surjan entre los armadores incluidos en el Consorcio de la Chirla y los que han optado por no participar en ésta entidad?
8. ¿Cómo valoraría la importancia de introducir medidas dirigidas a reducir la posibilidad de conflictos entre armadores de diferentes artes (rastros, dragas hidráulicas) en relación a las encaminadas a lograr minimizar los conflictos que surjan entre los armadores incluidos en el Consorcio de la Chirla y los que han optado por no participar en ésta entidad?

CUESTIONARIO AIII.2

CUESTIONARIO A PESCADORES VINCULADOS A LA GESTIÓN DE LA PESQUERÍA DE CHIRLA EN EL GOLFO DE CÁDIZ

Pescador entrevistado:

Por favor, evalúe las respuestas con esta escala del 1 al 9:

1	2	3	4	5	6	7	8	9

1= Extremadamente menos importante; 2= Mucho menos importante; 3= Menos importante; 4= Ligeramente menos importante; 5= Igual de importante; 6= Ligeramente más importante; 7= Más importante; 8= Mucho más importante; 9= Extremadamente más importante

A efecto de plantear una política de gestión de recurso y desde SU punto de vista:

1. ¿Cómo valoraría la opinión de los armadores?
2. ¿Cómo valoraría la opinión de los sindicatos?
3. ¿Cómo valoraría la opinión de las organizaciones comerciales?
4. ¿Cómo valoraría la opinión de los científicos e investigadores?
5. ¿Cómo valoraría la opinión de la administración?

A efecto de plantear una política de gestión de recurso y desde el punto de vista de los ARMADORES:

6. ¿Cómo valoraría la opinión de los sindicatos?
7. ¿Cómo valoraría la opinión de las organizaciones comerciales?
8. ¿Cómo valoraría la opinión de los científicos e investigadores?
9. ¿Cómo valoraría la opinión de la administración?

A efecto de plantear una política de gestión de recurso y desde el punto de vista de los SINDICATOS:

10. ¿Cómo valoraría la opinión de las organizaciones comerciales?
11. ¿Cómo valoraría la opinión de los científicos e investigadores?
12. ¿Cómo valoraría la opinión de la administración?

A efecto de plantear una política de gestión de recurso y desde el punto de vista de las ORGANIZACIONES COMERCIALES:

13. ¿Cómo valoraría la opinión de los científicos e investigadores?
14. ¿Cómo valoraría la opinión de la administración?

A efecto de plantear una política de gestión de recurso y desde el punto de vista de los CIENTÍFICOS E INVESTIGADORES:

15. ¿Cómo valoraría la opinión de la administración?

ANEXO IV

Resultados de los análisis de sensibilidad en los modelos PM

Tabla AIV.1. Análisis de sensibilidad en el número máximo de horas diarias permitida.
Modelo H-I1C1

	11 horas	Modelo I	15 horas
Número de barcos	107	102	83
Nº medio de días de pesca al año por barco	197	189	182
Días de pesca totales	21984	19277	15050
Horas de navegación por día	32	32	32
Horas de pesca por día	68	86	104
Superficie rastreada (Km ²)	1124	1331	1331
Esfuerzo total (Días-stand.)	13628	16139	16139
Capturas totales (Tm)	2903	2975	2975
Ingresos totales (10 ³ €)	12278	12209	12663
Salarios totales (10 ³ €)	4926	5000	5285
Beneficios totales (10 ³ €)	3388	3595	4068
Costes totales (10 ³ €)	8891	8614	8594
Rentabilidad sobre las ventas (%)	28	29	32
Empleo directo	529	572	531
Empleo indirecto	97	105	98
Empleo total	626	677	629
Biomasa (Tm)	17459	15108	15108

Fuente: Elaboración propia

Tabla AIV.2. Análisis de sensibilidad en el número máximo de horas diarias permitida.
Modelo H-I1C2

	11 horas	Modelo I	15 horas
Número de barcos	103	95	89
Nº medio de días de pesca al año por barco	201	198	180
Días de pesca totales	20747	18837	16048
Horas de navegación por día	32	32	32
Horas de pesca por día	68	86	104
Superficie rastreada (Km ²)	1107	1331	1331
Esfuerzo total (Días-stand.)	13428	16139	16139
Capturas totales (Tm)	2891	2975	2975
Ingresos totales (10 ³ €)	12220	12780	12165
Salarios totales (10 ³ €)	4910	5222	5060
Beneficios totales (10 ³ €)	3347	3875	3809
Costes totales (10 ³ €)	8872	8905	8356
Rentabilidad sobre las ventas (%)	27	30	31
Empleo directo	522	536	552
Empleo indirecto	96	99	102
Empleo total	618	635	654
Biomasa (Tm)	17646	15108	15108

Fuente: Elaboración propia

Tabla AIV.3. Análisis de sensibilidad en los precios de venta de la chirla.
Modelo P-I1C1

	-20%	-10%	Modelo 1	10%	20%
Número de barcos	83	120	83	83	108
Nº medio de días de pesca al año por barco	204	164	181	181	177
Días de pesca totales	16910	19665	15050	15050	19085
Horas de navegación por día	32	32	32	32	32
Horas de pesca por día	86	86	104	104	86
Superficie rastreada (Km ²)	1186	1331	1331	1331	1262
Esfuerzo total (Días-stand.)	14387	16139	16139	16139	15308
Capturas totales (Tm)	2940	2975	2975	2975	2967
Ingresos totales (10 ³ €)	9946	11336	12663	12663	14858
Salarios totales (10 ³ €)	4015	4512	5285	5285	6205
Beneficios totales (10 ³ €)	2752	3013	4068	4068	4853
Costes totales (10 ³ €)	7194	8323	8594	8594	10005
Rentabilidad sobre las ventas (%)	28	27	32	32	33
Empleo directo	496	586	531	531	539
Empleo indirecto	91	108	98	98	99
Empleo total	587	694	629	629	638
Biomasa (Tm)	16748	15108	15108	15108	15886

Fuente: Elaboración propia

Tabla AIV.4. Análisis de sensibilidad en los precios de venta de la chirla.
Modelo P-I1C2

	-20%	-10%	Modelo 1	10%	20%
Número de barcos	82	99	89	110	108
Nº medio de días de pesca al año por barco	224	217	180	178	177
Días de pesca totales	18374	21487	16048	19630	19085
Horas de navegación por día	32	32	32	32	32
Horas de pesca por día	86	86	104	86	86
Superficie rastreada (Km ²)	1331	1467	1331	1331	1262
Esfuerzo total (Días-stand.)	16139	17796	16139	16139	15308
Capturas totales (Tm)	2975	2943	2975	2975	2967
Ingresos totales (10 ³ €)	10291	11546	12165	13497	14858
Salarios totales (10 ³ €)	4077	4518	5060	5535	6205
Beneficios totales (10 ³ €)	2742	2968	3809	4045	4853
Costes totales (10 ³ €)	7549	8578	8356	9452	10005
Rentabilidad sobre las ventas (%)	27	26	31	30	33
Empleo directo	534	623	552	592	539
Empleo indirecto	98	115	102	109	99
Empleo total	632	738	654	701	638
Biomasa (Tm)	15108	13558	15108	15108	15886

Fuente: Elaboración propia

Tabla AIV.5. Análisis de sensibilidad en los costes del combustible.
Modelo C-I1C1

	-20%	-10%	Modelo 1	10%	20%
Número de barcos	116	106	83	92	96
Nº medio de días de pesca al año por barco	167	177	181	222	200
Días de pesca totales	19385	18773	15050	20410	19227
Horas de navegación por día	32	32	32	32	32
Horas de pesca por día	86	86	104	86	86
Superficie rastreada (Km ²)	1331	1331	1331	1331	1331
Esfuerzo total (Días-stand.)	16139	16139	16139	16139	16139
Capturas totales (Tm)	2975	2975	2975	2975	2975
Ingresos totales (10 ³ €)	12268	12442	12663	12281	12367
Salarios totales (10 ³ €)	5051	5113	5285	4896	5002
Beneficios totales (10 ³ €)	3582	3725	4068	3405	3570
Costes totales (10 ³ €)	8686	8717	8594	8876	8797
Rentabilidad sobre las ventas (%)	29	30	32	28	29
Empleo directo	581	557	531	610	569
Empleo indirecto	107	103	98	112	105
Empleo total	688	660	629	722	674
Biomasa (Tm)	15108	15108	15108	15108	15108

Fuente: Elaboración propia

Tabla AIV.6. Análisis de sensibilidad en los costes del combustible.
Modelo C-I1C2

	-20%	-10%	Modelo 1	10%	20%
Número de barcos	93	100	89	110	99
Nº medio de días de pesca al año por barco	211	194	180	178	172
Días de pesca totales	19620	19394	16048	19630	16999
Horas de navegación por día	32	32	32	32	32
Horas de pesca por día	86	86	104	86	86
Superficie rastreada (Km ²)	1331	1331	1331	1331	1189
Esfuerzo total (Días-stand.)	16139	16139	16139	16139	14424
Capturas totales (Tm)	2975	2975	2975	2975	2941
Ingresos totales (10 ³ €)	12749	12728	12165	13497	12239
Salarios totales (10 ³ €)	5295	5262	5060	5535	5008
Beneficios totales (10 ³ €)	3917	3894	3809	9452	8494
Costes totales (10 ³ €)	8832	8834	8356	9452	8494
Rentabilidad sobre las ventas (%)	31	31	31	31	31
Empleo directo	531	530	532	592	497
Empleo indirecto	98	98	102	109	92
Empleo total	629	628	654	701	589
Biomasa (Tm)	15108	15108	15108	15108	16714

Fuente: Elaboración propia

Tabla AIV.7. Análisis de sensibilidad en el número máximo de horas diarias permitidas.
Modelo H-II1C1

	11 horas	Modelo II	15 horas
Número de barcos	99	103	119
Nº medio de días de pesca al año por barco	203	187	171
Días de pesca totales	20129	19210	20334
Horas de navegación por día	32	32	32
Horas de pesca por día	68	86	104
Superficie rastreada (Km ²)	1102	1260	1693
Esfuerzo total (Días-stand.)	13366	15281	20534
Capturas totales (Tm)	2887	2966	2754
Ingresos totales (10 ³ €)	11865	12285	11826
Salarios totales (10 ³ €)	4829	4994	4679
Beneficios totales (10 ³ €)	3346	3616	3130
Costes totales (10 ³ €)	8519	8669	8696
Rentabilidad sobre las ventas (%)	28	29	26
Empleo directo	508	563	695
Empleo indirecto	94	104	128
Empleo total	602	667	823
Biomasa (Tm)	17704	15912	10994

Fuente: Elaboración propia

Tabla AIV.8. Análisis de sensibilidad en el número máximo de horas diarias permitidas.
Modelo H-II1C2

	11 horas	Modelo II	15 horas
Número de barcos	115	106	67
Nº medio de días de pesca al año por barco	193	196	204
Días de pesca totales	22226	20747	13658
Horas de navegación por día	32	32	32
Horas de pesca por día	68	86	104
Superficie rastreada (Km ²)	1214	1404	1087
Esfuerzo total (Días-stand.)	14722	17028	13183
Capturas totales (Tm)	2952	2966	2875
Ingresos totales (10 ³ €)	12210	12624	11665
Salarios totales (10 ³ €)	4905	5070	4911
Beneficios totales (10 ³ €)	3279	3501	3892
Costes totales (10 ³ €)	8931	9123	7773
Rentabilidad sobre las ventas (%)	27	28	33
Empleo directo	562	613	468
Empleo indirecto	103	113	86
Empleo total	665	726	554
Biomasa (Tm)	16435	14277	17876

Fuente: Elaboración propia

Tabla AIV.9. Análisis de sensibilidad en los precios de venta de la chirila.
Modelo P-II1C1

	-20%	-10%	Modelo 1	10%	20%
Número de barcos	96	117	103	122	104
Nº medio de días de pesca al año por barco	168	182	187	171	199
Días de pesca totales	16095	21295	19210	20903	20747
Horas de navegación por día	32	32	32	32	32
Horas de pesca por día	86	86	86	86	86
Superficie rastreada (Km ²)	1125	1443	1260	1444	1438
Esfuerzo total (Días-stand.)	13649	17501	15281	17511	17438
Capturas totales (Tm)	2904	2954	2966	2953	2956
Ingresos totales (10 ³ €)	9635	10965	12285	13698	15091
Salarios totales (10 ³ €)	3909	4331	4994	5589	6223
Beneficios totales (10 ³ €)	2742	2742	3616	4016	4666
Costes totales (10 ³ €)	6893	8223	8669	9682	10425
Rentabilidad sobre las ventas (%)	28	25	29	29	31
Empleo directo	466	634	563	617	610
Empleo indirecto	86	117	104	114	112
Empleo total	552	751	667	731	722
Biomasa (Tm)	17439	13834	15912	13824	13892

Fuente: Elaboración propia

Tabla AIV.10. Análisis de sensibilidad en los precios de venta de la chirila.
Modelo P-II1C2

	-20%	-10%	Modelo 1	10%	20%
Número de barcos	102	116	106	120	113
Nº medio de días de pesca al año por barco	167	190	196	169	202
Días de pesca totales	16997	22024	20747	20294	22800
Horas de navegación por día	32	32	32	32	32
Horas de pesca por día	86	86	86	86	86
Superficie rastreada (Km ²)	1196	1500	2404	1373	1578
Esfuerzo total (Días-stand.)	14504	18193	17028	16649	19138
Capturas totales (Tm)	2944	2927	2966	2972	2872
Ingresos totales (10 ³ €)	10043	10983	12624	13843	14871
Salarios totales (10 ³ €)	4012	4352	5070	5642	6064
Beneficios totales (10 ³ €)	2742	2781	3501	4106	4439
Costes totales (10 ³ €)	7301	8201	9123	9737	10432
Rentabilidad sobre las ventas (%)	27	25	28	30	30
Empleo directo	500	623	613	605	639
Empleo indirecto	92	115	113	111	118
Empleo total	592	738	726	717	757
Biomasa (Tm)	16639	13186	14277	14631	12301

Fuente: Elaboración propia

Tabla AIV.11. Análisis de sensibilidad en los costes del combustible.

Modelo C-II1C1

	-20%	-10%	Modelo 1	10%	20%
Número de barcos	116	106	103	116	88
Nº medio de días de pesca al año por barco	182	174	187	171	185
Días de pesca totales	21103	18458	19210	19782	16264
Horas de navegación por día	32	32	32	32	32
Horas de pesca por día	86	86	86	86	86
Superficie rastreada (Km ²)	1419	1281	1260	1332	1088
Esfuerzo total (Días-stand.)	17206	15540	15281	16153	13191
Capturas totales (Tm)	2962	2971	2966	2975	2876
Ingresos totales (10 ³ €)	12497	12418	12285	12494	11926
Salarios totales (10 ³ €)	5066	5152	4994	5040	4897
Beneficios totales (10 ³ €)	3502	3782	3616	3574	3716
Costes totales (10 ³ €)	8995	8636	8669	8920	8209
Rentabilidad sobre las ventas (%)	28	30	29	29	31
Empleo directo	629	519	563	570	481
Empleo indirecto	116	96	104	105	89
Empleo total	745	615	667	675	570
Biomasa (Tm)	14109	15669	15912	15095	17868

Fuente: Elaboración propia

Tabla AIV.12. Análisis de sensibilidad en los costes del combustible.

Modelo C-II1C2

	-20%	-10%	Modelo 1	10%	20%
Número de barcos	110	97	106	117	116
Nº medio de días de pesca al año por barco	207	206	196	177	196
Días de pesca totales	22783	19978	20747	20710	22732
Horas de navegación por día	32	32	32	32	32
Horas de pesca por día	86	86	86	86	86
Superficie rastreada (Km ²)	1562	1328	1404	1404	1559
Esfuerzo total (Días-stand.)	18945	16106	17028	17024	18912
Capturas totales (Tm)	2885	2975	2966	2966	2887
Ingresos totales (10 ³ €)	12422	12285	12624	12511	12341
Salarios totales (10 ³ €)	5009	4972	5070	5003	4823
Beneficios totales (10 ³ €)	3386	3452	3501	3500	3215
Costes totales (10 ³ €)	9036	8832	9123	9011	9126
Rentabilidad sobre las ventas (%)	27	28	28	28	26
Empleo directo	642	608	613	599	646
Empleo indirecto	118	112	113	110	119
Empleo total	760	720	726	709	765
Biomasa (Tm)	12481	15140	14277	14280	12512

Fuente: Elaboración propia

