

Aspectos Biológicos y Ecológicos del
Salmonete de Fango *Mullus barbatus*
L., 1758 y del Salmonete de Roca
Mullus surmuletus L., 1758, del
Mediterráneo Noroccidental.

Memoria presentada
por Hugo Aguirre
Villaseñor para optar
por el grado de
Doctor en Ciencias
del Mar de la
Universidad
Politécnica de
Cataluña.

Dirigida por:

Dra. María Pilar Sánchez Zalacain

Dr. Antoni Lombarte Carrera

Barcelona, 7 de febrero de 2000

Índice

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	7
II.1 Material y método	9
II.2 Bibliografía	10
III. ÁREA DE ESTUDIO	11
III.1 Vilanova i la Geltrú	13
III.1.1 Relieve	14
III.1.2 Tipo de sedimentos	14
III.2 MEDITS95	16
III.2.1 Tipo de sedimentos	18
III.3 Bibliografía	19
IV. DESCRIPCIÓN Y ASPECTOS BIOLÓGICOS DE <i>Mullus barbatus</i> Y <i>M. surmuletus</i>.	21
IV.1 Antecedentes	23
IV.1.1 Descripción de la familia: Aspectos taxonómicos	23
IV.1.2 Género <i>Mullus</i>	27
IV.2 Objetivos	32
IV.3 Material y métodos	33
IV.4 Resultados	36
IV.4.1 <i>Mullus barbatus</i> Linneo, 1758 p.299	36
IV.4.1.1 Diagnósis	36
IV.4.1.2 Dentición	37
IV.4.1.3 Morfometría	40
IV.4.1.4 Distribución batimétrica	41
IV.4.1.5 Demografía	41
IV.4.2 <i>Mullus surmuletus</i> Linneo, 1758 p.299	44
IV.4.2.1 Diagnósis	44
IV.4.2.2 Dentición	45
IV.4.2.3 Morfometría	47
IV.4.2.4 Distribución batimétrica	48
IV.4.2.5 Demografía	48
IV.4.3 Diferencias interespecíficas en la morfología del género <i>Mullus</i>	51
IV.5 Discusión.	53
IV.5.1 Presencia de dientes en el premaxilar del género <i>Mullus</i>	53
IV.5.2 Morfometría cefálica	54
IV.5.3 Distribución batimétrica	57
IV.5.4 Demografía	58
IV.6 Bibliografía.	61

V. DIFERENCIAS MORFOLÓGICAS DE LA SAGITTA EN <i>Mullus barbatus</i> Y <i>M. surmuletus</i>.	69
V.1 Antecedentes	71
V.2 Objetivos.	75
V.3 Material y método.	75
V.4 Resultados.	77
V.4.1 <i>Mullus barbatus</i>	77
V.4.2 <i>Mullus surmuletus</i>	80
V.4.3 Comparación interespecífica	84
V.5 Discusión.	86
V.5.1 Características morfológicas de la <i>sagitta</i>	86
V.5.2 Significado morfológico	87
V.6 Bibliografía.	90
VI. BARBILLONES SENSORIALES EN EL GÉNERO <i>Mullus</i> (MECANO- Y QUIMIORECEPCIÓN).	95
VI.1. Antecedentes	97
VI.1.1. Morfología de las papilas gustativas (<i>TBs</i>)	97
VI.1.2. Ultraestructura de las papilas gustativas (<i>TBs</i>)	98
VI.1.3. Tipos de papilas gustativas (<i>TBs</i>)	99
VI.1.4. Distribución y densidad de las papilas gustativas (<i>TBs</i>)	101
VI.1.5. Comportamiento alimenticio	101
VI.1.6. Estudios Ecomorfológicos	102
VI.2. Objetivos	103
VI.3. Material y métodos	104
VI.3.1. Microscopía electrónica	104
VI.3.2. Estimaciones	105
VI.3.3. Análisis estadístico	105
VI.4. Resultados	106
VI.4.1. Crecimiento del área de los barbillones	106
VI.4.1. Descripción morfológica de las papilas gustativas (<i>TBs</i>)	107
VI.4.2. Adición de papilas gustativas (<i>TBs</i>)	111
VI.4.3. Densidad de las papilas gustativas (<i>TBs</i>)	112
VI.4.4. Área del poro de la papila gustativa (<i>TB</i>)	117
VI.4.5. Área de las papilas gustativas (<i>TBs</i>)	121
VI.4.6. Razón área del poro: área de la papila gustativa (A_p/A_{TB})	125
VI.4. Discusión	129
VI.5.1 Área total del poro de las <i>TBs</i> (A_p)	130
VI.5.2 Área total de las <i>TBs</i> (A_{TB})	130
VI.5.3 Tasa A_p/A_{TB}	131
VI.5.4 Adición de <i>TBs</i>	132
VI.5.5 Densidad de <i>TB</i> (δ)	135
VI.5.6 Significado funcional de las diferencias morfológicas	136
VI.5.7 Integración con el sistema fotoreceptor	137
VI.6 Bibliografía	139

VII. ALIMENTACIÓN DE <i>Mullus barbatus</i> Y <i>M. surmuletus</i>.	147
VII.1 Antecedentes	149
VII.2 Objetivos	152
VII.3 Materiales y métodos	152
VII.3.1 Índice de vacuidad	152
VII.3.2 Peso del contenido estomacal	153
VII.3.3 Peso promedio de las presas por estómago (W_p)	153
VII.3.4 Composición trófica	154
VII.3.5 Riqueza de componentes tróficos	155
VII.3.6 Amplitud del nicho trófico	155
VII.3.7 Similitud trófica	156
VII.4 Resultados	158
VII.4.1 Índice de vacuidad (<i>IV</i>)	158
VII.4.2 Peso del contenido estomacal	158
VII.4.3 Número de presas por estómago	160
VII.4.4 Peso promedio de las presas por estómago	162
VII.4.5 Riqueza de componentes tróficos	163
VII.4.6 Amplitud del nicho trófico	165
VII.4.7 Composición Trófica	168
VII.4.8 Similitud Trófica	180
VII.5 Discusión	191
VII.5.1 Selección de las presas	191
VII.5.2 Riqueza de componentes tróficos	193
VII.5.3 Amplitud del nicho trófico	194
VII.5.4 Composición trófica	196
VII.5.5 Similitud trófica	199
VII.5.6 Explotación del recurso	200
VII.6 Bibliografía	203
VIII. DISCUSIÓN GLOBAL	215
VII.5 Discusión	217
IX. CONCLUSIONES	221
ANEXO I. PRESENCE OF DENTITION IN THE PREMAXILLA OF JUVENILE <i>Mullus barbatus</i> AND <i>M. surmuletus</i>.	225
ANEXO II. ECOMORPHOLOGICAL COMPARISONS OF SAGITTAE IN <i>Mullus barbatus</i> AND <i>M. surmuletus</i>.	233
ANEXO III. QUANTITATIVE DIFFERENCES IN THE CHEMORECEPTOR SYSTEMS IN THE BARBELS OF TWO SPECIES OF MULLIDAE (<i>Mullus surmuletus</i> AND <i>M. barbatus</i>) WITH DIFFERENT BOTTOM HABITATS	245
ANEXO IV. <i>Mullus barbatus</i>, RANGOS DESCENDENTES DE ABUNDANCIA POR MES Y POR GRUPO: 1)LT <100 mm, 2) LT >100 mm.	255
ANEXO V. <i>Mullus surmuletus</i>, RANGOS DESCENDENTES DE ABUNDANCIA POR MES Y POR GRUPO: 1)LT <100 mm, 2) LT >100 mm.	261

Índice de Tablas

II. MATERIALES Y MÉTODOS	7
Tabla II, 1. Ubicación y profundidades de las estaciones del proyecto “MEDITS-ES’95.	10
IV. DESCRIPCIÓN Y ASPECTOS BIOLÓGICOS DE <i>Mullus barbatus</i> Y <i>M. surmuletus</i>.	21
Tabla IV, 1. <i>Mullus barbatus</i> , proporciones morfométricas.	37
Tabla IV, 2. <i>Mullus barbatus</i> , número de dientes por intervalo de clase.	39
Tabla IV, 3. <i>Mullus barbatus</i> , parámetros de regresión y de alometría.	40
Tabla IV, 4. <i>Mullus barbatus</i> , composición de tallas por mes.	42
Tabla IV, 5. <i>Mullus surmuletus</i> , proporciones morfométricas.	44
Tabla IV, 6. <i>Mullus surmuletus</i> , número de dientes por intervalo de clase.	46
Tabla IV, 7. <i>Mullus surmuletus</i> , parámetros de regresión y de alometría.	47
Tabla IV, 8. <i>Mullus surmuletus</i> , composición de tallas por mes.	49
Tabla IV, 9. Análisis de componentes principales.	52
Tabla IV, 10. Longitud estimada para los meses de pre y postasentamiento.	60
Tabla IV, 10. <i>Mullus barbatus</i> , longitud estimada.	60
Tabla IV, 11. <i>Mullus surmuletus</i> : longitud estimada.	60
V. DIFERENCIAS MORFOLÓGICAS DE LA SAGITTA EN <i>Mullus barbatus</i> Y <i>M. surmuletus</i>.	69
Tabla V, 1. <i>Mullus barbatus</i> , regresión lineal del área del otolito del área del surco acústico y la razón <i>S/O</i> en la longitud total del pez.	78
Tabla V, 2. <i>Mullus barbatus</i> , parámetros de alometría.	80
Tabla V, 3. <i>Mullus surmuletus</i> , regresión lineal del área del otolito, área del surco acústico y la razón <i>S/O</i> en la longitud total del pez.	81
Tabla V, 4. <i>Mullus surmuletus</i> , parámetros de alometría.	84
Tabla V, 5. Comparación entre especies de las pendientes de los modelos de regresión L_T vs O y L_T vs S .	85
Tabla V, 6. Análisis de covarianza de dos vías.	85
Tabla V, 7 Comparación entre los valores medios de <i>S/O</i> .	89
VI. BARBILLONES SENSORIALES EN EL GÉNERO <i>Mullus</i> (MECANO- Y QUIMIORECEPCIÓN).	95
Tabla VI, 1. Prueba de significación de F, del efecto de $\ln L_T$ sobre el $\ln \delta$.	113
Tabla VI, 2. Prueba de significación de F, de los efectos, posición (1), especie (2) y su interacción (1 2) sobre el $\ln \delta$.	114
Tabla VI, 3. Media, desviación estándar y número de casos para las variables densidad (δ) y L_T por especie y para el total de la muestra.	114
Tabla VI, 4. Prueba de Tukey por posición para ambas especies con n desiguales.	115
Tabla VI, 5. <i>Mullus barbatus</i> , media, desviación estándar y número de casos para las variables δ y L_T por posición y para el total de la muestra.	116
Tabla VI, 6. <i>Mullus surmuletus</i> , media, desviación estándar y número de casos para las variables δ y L_T por posición y para el total de la muestra.	117
Tabla VI, 7. Prueba de significación de F, del efecto de $\ln L_T$ sobre el $\ln A_p$.	117
Tabla VI, 8. Prueba de significación de F, de los efectos, posición (1), especie (2) y su interacción (1 2) sobre el $\ln A_p$.	118
Tabla VI, 9. Prueba de Tukey por especie y posición con n desiguales.	119

Tabla VI, 10. <i>Mullus barbatus</i> , media, desviación estándar y número de casos para las variables A_P y L_T por posición y para el total de la muestra.	120
Tabla VI, 11. <i>Mullus surmuletus</i> , media, desviación estándar y número de casos para las variables A_P y L_T por posición y para el total de la muestra.	121
Tabla VI, 12. Prueba de significación de F, del efecto de $\ln L_T$ sobre el $\ln A_{TB}$.	121
Tabla VI, 13. Prueba de significación de F, de los efectos, posición (1), especie (2) y su interacción (1 2) sobre el $\ln A_{TB}$.	122
Tabla VI, 14. Prueba de Tukey por especie y posición con n desiguales.	123
Tabla VI, 15. <i>Mullus barbatus</i> , media, desviación estándar y número de casos para las variables A_{TB} y L_T por posición y para el total de la muestra.	124
Tabla VI, 16. <i>Mullus surmuletus</i> , media, desviación estándar y número de casos para las variables A_{TB} y L_T por posición y para el total de la muestra.	124
Tabla VI, 17 Prueba de significación de F, del efecto de $\ln L_T$ sobre el $\ln(A_P/A_{TB})$.	126
Tabla VI, 18. Prueba de significación de F, de los efectos, posición (1), especie (2) y su interacción (1 2) sobre el $\ln(A_P/A_{TB})$.	126
Tabla VI, 19. Prueba de Tukey por especies y posición con n desiguales.	127
Tabla VI, 20. <i>Mullus barbatus</i> , media, desviación estándar y número de casos para las variables A_P/A_{TB} , y L_T por posición y para el total de la muestra.	128
Tabla VI, 21. <i>Mullus surmuletus</i> , media, desviación estándar y número de casos para las variables A_P/A_{TB} , y L_T por posición y para el total de la muestra.	128
VII. ALIMENTACIÓN DE <i>Mullus barbatus</i> Y <i>M. surmuletus</i>.	147
Tabla VII, 1. Relación de los trabajos realizados sobre la dieta de <i>Mullus barbatus</i> y <i>M. surmuletus</i> , en el Atlántico Norte y Mediterráneo.	150
Tabla VII, 2. Detalle de las muestras utilizadas para investigar la dieta de <i>Mullus barbatus</i> y <i>M. surmuletus</i> .	153
Tabla VII, 3. Número de estómagos analizados por muestreo y para el total de la dieta.	158
Tabla VII, 4 Peso del contenido estomacal (W_C) (g) por especies y para cada muestreo.	159
Tabla VII, 5. Prueba de F, de los efectos, especie (1), tamaño (2) y su interacción (1 2) sobre $\ln W_C$.	159
Tabla VII, 6. Número de presas (N_P) por estómago, por especies y para cada muestreo.	161
Tabla VII, 7. Prueba de F, de los efectos, especie (1), tamaño (2) y su interacción (1 2) sobre $\ln N_P$.	162
Tabla VII, 8 Peso promedio de las presas (W_P) (g) por especies y para cada muestreo.	162
Tabla VII, 9. Prueba de F, de los efectos, especie (1), tamaño (2) y su interacción (1 2) sobre $\ln W_P$.	163
Tabla VII, 10. Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H'), diversidad máxima ($H_{m\acute{a}x}$) y equitatividad (J') por mes y para toda la muestra.	166
Tabla VII, 11. <i>Mullus barbatus</i> , principales grupos tróficos.	169
Tabla VII, 12. <i>Mullus surmuletus</i> principales grupos tróficos.	171
Tabla VII, 13 Lista sistemática de los contenidos estomacales encontrados en <i>Mullus barbatus</i> y <i>M. surmuletus</i> .	172
Tabla VII, 14. Categorías tróficas según el criterio de dominancia de Soyer (1970).	178
Tabla VII, 15. Categorías tróficas según el criterio de frecuencia de Soyer (1970).	179
Tabla VII, 16. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) grupo 1 de <i>Mullus barbatus</i> .	180
Tabla VII, 17. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) grupo 2 <i>Mullus barbatus</i> .	181
Tabla VII, 18 <i>Mullus barbatus</i> . Análisis de similitud porcentual entre los grupos 1 y 2.	183
Tabla VII, 19 Análisis de similitud porcentual (SIMPER) grupo 3 <i>Mullus surmuletus</i> .	184
Tabla VII, 20. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) grupo 4 <i>Mullus surmuletus</i> .	185
Tabla VII, 21. <i>Mullus surmuletus</i> . Análisis de similitud porcentual entre los grupos 3 y 4.	186
Tabla VII, 22 Análisis de similitud porcentual (SIMPER) entre el grupo 1 y el 3.	188
Tabla VII, 23. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) entre el grupo 2 y el grupo 4.	190

Índice de Figuras

III. ÁREA DE ESTUDIO	11
Figura III, 1. Distribución de las principales facies sedimentarias en los sedimentos superficiales de la plataforma continental aledaña a Vilanova i la Geltrú.	15
Figura III, 2. Área de muestreo del proyecto medits-es'95.	17
IV. DESCRIPCIÓN Y ASPECTOS BIOLÓGICOS DE <i>Mullus barbatus</i> Y <i>M. surmuletus</i>.	21
Figura IV, 1. Diagrama que ilustra el mecanismo del barbillón de los múlidos.	25
Figura IV, 2. <i>Mullus barbatus</i> , esquema de medidas morfométricas	34
Figura IV, 3. <i>Mullus barbatus</i> : a) vista lateral del cuerpo; b) vista frontal de la cabeza.	37
Figura IV, 4. Vista ventral del premaxilar izquierdo de <i>Mullus barbatus</i> y <i>M. surmuletus</i> .	38
Figura IV, 5. <i>Mullus barbatus</i> , relación entre el número de dientes de cada premaxilar con la L_T del pez.	40
Figura IV, 6. Distribución batimétrica de <i>Mullus barbatus</i> .	41
Figura IV, 7. <i>Mullus barbatus</i> , histograma de frecuencia.	43
Figura IV, 8. <i>Mullus surmuletus</i> : a) vista lateral del cuerpo; b) vista frontal de la cabeza.	45
Figura IV, 9. <i>Mullus surmuletus</i> , relación entre el número de dientes de cada premaxilar con la L_T del pez.	46
Figura IV, 10. Distribución batimétrica de <i>Mullus surmuletus</i> .	48
Figura IV, 11. <i>Mullus surmuletus</i> , histograma de frecuencia.	50
Figura IV, 12. Análisis de componentes principales (PCA).	52
V. DIFERENCIAS MORFOLÓGICAS DE LA SAGITTA EN <i>Mullus barbatus</i> Y <i>M. surmuletus</i>.	69
Figura V, 1 Aspecto general del laberinto auditivo derecho de <i>Salmo salar</i> .	71
Figura V, 2. Contorno de la <i>sagitta</i> izquierda (I) y derecha (D) de <i>Mullus barbatus</i> .	76
Figura V, 3. <i>Mullus barbatus</i> , relación entre el área del otolito (<i>O</i>) y la L_T del pez.	78
Figura V, 4. <i>Mullus barbatus</i> , relación entre el área del surco (<i>S</i>) y la L_T del pez.	79
Figura V, 5. <i>Mullus barbatus</i> , relación entre la proporción <i>S/O</i> .	80
Figura V, 6. <i>Mullus surmuletus</i> , relación entre el área del otolito y la L_T del pez.	82
Figura V, 7. <i>Mullus surmuletus</i> , relación entre el área del surco y la L_T del pez.	82
Figura V, 8. <i>Mullus surmuletus</i> , relación entre la proporción <i>S/O</i> .	83
Figura V, 9. Vista media del <i>sagitta</i> izquierdo y derecho de ambas especies.	84
Figura V, 10. Diagrama de cajas de la proporción <i>S/O</i> .	86
VI. BARBILLONES SENSORIALES EN EL GÉNERO <i>Mullus</i> (MECANO- Y QUIMIORECEPCIÓN).	95
Figura VI, 1. Micrografía SEM del barbillón de <i>M. surmuletus</i> .	105
Figura VI, 2. Relación entre la L_T y la superficie de los barbillones para ambas especies.	107
Figura VI, 3. Distribución de las <i>TBs</i> a lo largo del barbillón en ambas especies.	108
Figura VI, 4. Distribución de las <i>TBs</i> en (a) <i>Mullus barbatus</i> y (b) <i>M. surmuletus</i> .	109
Figura VI, 5. Acercamiento de las <i>TBs</i> en (a) <i>Mullus barbatus</i> y (b) <i>M. surmuletus</i>	110
Figura VI, 6. Inervación de las <i>TBs</i> en (a) <i>Mullus barbatus</i> y <i>M. surmuletus</i> .	110
Figura VI, 7. Histograma de frecuencias de las agrupaciones de <i>TBs</i> en ambas especies.	111
Figura VI, 8. Relación entre la L_T y el número de <i>TBs</i> por organismo para ambas especies.	112
Figura VI, 9. Relación entre la L_T y la densidad de <i>TBs</i> para ambas especies.	113
Figura VI, 10. Diagrama de caja por especie para el $\ln \delta$.	114

Figura VI, 11. Diagrama de cajas por especie y posición para el $\ln \delta$.	116
Figura VI, 12. Relación entre la L_T y el área de los poros de las TBs para ambas especies.	118
Figura VI, 13. Diagrama de cajas por especie y posición, para el $\ln A_P$.	120
Figura VI, 14. Relación entre la L_T y el área de las TBs para ambas especies.	122
Figura VI, 15. Diagrama de cajas por especie y posición, para el $\ln A_{TB}$.	124
Figura VI, 16. Relación entre la L_T y la razón de A_P/A_{TB} para ambas especies.	125
Figura VI, 17. Diagrama de cajas por especie y posición, para el $\ln(A_P/A_{TB})$.	128
VII. ALIMENTACIÓN DE <i>Mullus barbatus</i> Y <i>M. surmuletus</i>.	147
Figura VII 1. Diagrama de caja por especie, para el \ln del peso del contenido estomacal.	160
Figura VII 2. Diagrama de caja por especie y tamaño, para el \ln del número de presas por estómago.	161
Figura VII 3. Diagrama de caja por especie y tamaño, para el \ln del peso promedio de las presas por estómago.	163
Figura VII 4. <i>Mullus barbatus</i> , curvas de acumulación de componentes tróficos por mes para: el total de la muestra, grupo 1 y grupo 2.	164
Figura VII 5. <i>Mullus surmuletus</i> , curvas de acumulación de componentes tróficos por mes para: el total de la muestra, grupo 1 y grupo 2.	165
Figura VII 6. <i>Mullus barbatus</i> , índices de diversidad de Shannon-Weaver (H') por muestreo para el total de la muestra, grupo 1 y grupo 2.	167
Figura VII 7. <i>Mullus surmuletus</i> , índices de diversidad de Shannon-Weaver (H') por muestreo para el total de la muestra, grupo 1 y grupo 2.	167
Figura VII 8. Proporción de categorías tróficas determinadas en <i>Mullus barbatus</i> .	169
Figura VII 9. Proporción de categorías tróficas determinadas en <i>Mullus surmuletus</i> .	171
Figura VII 10. <i>Mullus barbatus</i> , análisis no métrico de escalonamiento multidimensional (MDS) entre el grupo 1 y el grupo 2 (+).	182
Figura VII 11. <i>Mullus surmuletus</i> , análisis no métrico de escalonamiento multidimensional (MDS) entre el grupo 3 y el grupo 4.	185
Figura VII 12. Análisis no métrico de escalonamiento multidimensional (MDS) entre el grupo 1 de <i>Mullus barbatus</i> y el grupo 3 de <i>M. surmuletus</i> .	188
Figura VII 13. Análisis no métrico de escalonamiento multidimensional (MDS) entre el grupo 2 de <i>Mullus barbatus</i> y el grupo 4 de <i>M. surmuletus</i> .	189

I. Introducción

Los salmonetes (Familia: Mullidae) son peces bentónicos que habitan los fondos de la plataforma continental y constituyen un recurso importante en las capturas comerciales del litoral Mediterráneo. Si bien, en la costa del Mar Catalán, los trabajos pesqueros de estas especies son numerosos, los estudios basados en su biología son pocos, sobre todo lo referente a su ecología trófica y exiguos en las comparaciones interespecíficas.

Las diferencias morfológicas que se observan entre dos especies filogenéticamente cercanas, puede responder a adaptaciones al hábitat, conducta, interacciones y/o diferencias dietéticas. Dichas diferencias pueden ser especialmente patentes en los órganos sensoriales, que realizan una función de enlace entre el medio y el organismo y pueden alcanzar un alto grado de desarrollo y diversidad con relación al comportamiento alimenticio de muchas especies. Las diferencias morfométricas y sensoriales de *Mullus barbatus* y *M. surmuletus*, y por otro lado, el solapamiento de hábitats, disponibilidad de recursos, y una historia evolutiva común, hace a este género ideal para realizar estudios comparativos en procesos de microevolución.

Por ello se plantea la necesidad de realizar un estudio que permita dilucidar los procesos e interacciones relacionados con las especies de importancia comercial, a partir del conocimiento de su biología. Mediante esta vía, se pretende analizar de forma indirecta, la estructura de la comunidad sobre la que estos recursos se alimentan y los procesos e interacciones relacionados con su ambiente.

El presente trabajo esta estructurado en dos grandes bloques.

El primero constituido por una parte descriptiva, donde se incluye este apartado. Un segundo capítulo donde se describe básicamente la metodología y obtención del material con el que se trabajó en ésta memoria, y en el tercero se hace una breve descripción de las zonas de estudio.

El segundo bloque, está compuesto por cuatro apartados de resultados, donde se analizan aspectos concretos de la biología y ecología de *Mullus barbatus* y *M. surmuletus*. Los resultados particulares de cada capítulo se van conjugando entre sí, y

finalmente, a manera de resumen, se retoman las discusiones que dan pie a las conclusiones.

En el Capítulo IV, se pretende determinar algunas de las diferencias biológicas, merísticas y morfométricas de dos especies simpátricas del género *Mullus* a lo largo de su desarrollo ontogénico. En primera instancia se realiza una breve revisión bibliográfica sobre las características distintivas, la problemática histórica de la ubicación taxonómica e identificación de la familia Mullidae, el género *Mullus* y las dos especies nativas de múlidos que cohabitan las costas del Mediterráneo Noroccidental: *M. barbatus* y *M. surmuletus*. En segundo lugar, se caracteriza la pérdida de dientes a lo largo del desarrollo ontogénico de ambas especies. En tercer lugar, se analizan las variaciones morfométricas de ambas especies, con el propósito de sentar las bases para análisis subsecuentes. Finalmente se analiza la distribución batimétrica de ambas especies.

En el Capítulo V, se describen aspectos de la morfología y morfometría del otolito *sagitta* de *Mullus barbatus* y *M. surmuletus*, y se comparan las diferencias en la razón *S/O* (área del otolito/área del surco acústico), la cual se relaciona con la capacidad auditiva. En este apartado se pretende determinar si la razón *S/O* presenta una relación compensatoria con la reducción del campo visual (producido en ambientes limosos y profundos) en especies sin una especialización anatómica auditiva como los múlidos, pero que presentan un sistema sensorial alternativo en sus barbillones (mecanorreceptores y quimiorreceptores).

En el Capítulo VI se examina la ultraestructura de los barbillones hioideos de las dos especies y se describe la morfología de las papilas gustativas externas (*TBs*), su patrones de distribución y densidad a lo largo del barbillón, y durante el desarrollo ontogénico de *Mullus barbatus* y *M. surmuletus*. Finalmente se examinan las diferencias interespecíficas y su posible relación con la adaptación del sistema de *TBs* externas al uso del recurso trófico en diferentes substratos.

En el Capítulo VII, se analizan los hábitos alimenticios de ambas especies basándose en la información obtenida a partir de los contenidos estomacales. Con esto se pretende conocer su régimen alimenticio, a través del cual puede determinarse la

posición trófica que ocupa en el ecosistema, las variaciones en la dieta a lo largo de un ciclo anual y de su desarrollo ontogénico, y de manera indirecta su localización espacial al menos durante el momento en que se alimentaron. Por otro lado se pretende examinar la interacción entre ambas especies y grupos de talla, a partir del solapamiento de su nicho trófico. Finalmente, se analizan las estrategias alimenticias y su posible relación con las características morfológicas y sensoriales y como influyen estas en relación con su nicho observado (realized niche) y la repartición del recurso. Aún cuando muchas de las características morfológicas y sensoriales, tengan otras funciones además de las relacionadas directamente con la alimentación, en este trabajo se considera que los aspectos principales están asociados a las estrategias alimenticias.

II. Materiales y Métodos

II.1 Material y método

Las muestras que sustentan el presente trabajo, forman parte del proyecto “**Evaluation and Analysis of the Interaction of Fishing Gears in The Demersal Fisheries of Western Mediterranean**” (MED92/009), coordinado por la Dra. Pilar Sánchez Zalacain, subvencionado por la Comunidad Económica Europea dentro del marco “**EEC Research Programme**”, y del proyecto “**International Bottom Trawl survey in the Mediterranean Sea**” (MEDITS-ES'95), coordinado por el Dr. Luis Gil de Sola, subvencionado por la Comunidad Económica Europea (Study proposal DG XIV MED/95/54 IEO/UE).

Los datos biológicos de *Mullus barbatus* y *M. surmuletus*, provienen de las capturas comerciales de arrastre y trasmallo, desembarcadas en el puerto pesquero de Vilanova y la Geltrú. El muestreo consistió en la compra en lonja de ejemplares de distintas tallas, a lo largo de un ciclo anual. Los organismos adquiridos se transportaron en cajas de plástico con hielo, para su posterior análisis en el laboratorio.

Entre octubre de 1993 y septiembre de 1994, se realizaron doce muestreos en las siguientes fechas: 7 de octubre, 17 de noviembre y 14 de diciembre de 1993, 19 de enero, 22 de febrero, 24 de marzo, 20 de abril, 18 de mayo, 21 de junio, 21 de julio, 24 agosto y 27 de septiembre de 1994.

La determinación de las especies se efectuó a partir del trabajo sistemático Hureau (1986). De cada organismo muestreado se midió la longitud total (L_T) (± 0.05 mm), peso total (W_T) (± 0.0005 g).

Los cráneos de 45 *Mullus barbatus* y 58 *M. surmuletus* se abrieron por la parte posterior para extraer el otolito *sagitta*. Los *sagitta* se limpiaron, secaron y guardaron en bolsas de papel, registrándose la fecha, especie, número de organismo, y ubicación del otolito (derecho, izquierdo).

Se extrajeron 272 estómagos de *Mullus barbatus* y 282 de *M. surmuletus* y se fijaron en una solución de formol al 10% neutralizada con borato de sodio a pH 7, y se conservaron en alcohol 70%.

Para el análisis de los barbillones, se colectaron 17 especímenes de *Mullus barbatus* y 15 de *M. surmuletus* provenientes de 10 estaciones de la segunda campaña del proyecto “**MEDITS-ES**” (del 20 de abril al 23 de mayo de 1995), realizada en el Mediterráneo occidental ibérico (Tabla II, 1). Los muestreos están basados en pescas de arrastre bentónico de 30 minutos de duración real, desde que el arte hace "firmes" en el fondo hasta su "virada", de 10 a 200 m y de una hora (60 minutos) en aquellos muestreos realizados a más profundidad. La campaña se llevó a cabo a bordo del B/O "Cornide de Saavedra".

Tabla II, 1. Ubicación y profundidades de las estaciones del proyecto “MEDITS-ES’95.

Estación	Latitud	Longitud	Profundidad
18	36°38'18"N	2°50'00"W	55-60 m
20	36°42'06"N	2°33'18"W	141 – 134 m
21	36°38'00"N	2°27'54"W	341 – 342 m
27	37°30'54"N	1°10'06"W	184 – 188 m
28	37°33'18"N	0°59'06"W	77 – 78 m
29	37°48'48"N	0°24'36"W	160 m
34	37°47'12"N	0°37'36"W	40 m
35	37°54'18"N	0°35'12"W	61 – 64 m
39	38°28'24"N	0°25'24"E	171 – 180 m
48	38°29'00"N	0°28'36"E	309 – 310 m

Tan pronto los organismos llegaban a cubierta se registraba la longitud total (L_T), longitud (L_B) y diámetro basal de los barbillones (W_B). Posteriormente, las cabezas y los barbillones se fijaron en una solución filtrada de glutaraldehído 2.5% neutralizada con tampón fosfato 0.2M.

II.2 Bibliografía

Hureau, J. C. 1986. Mullidae. En: Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean Sea. Whitehead, P. J. P., Bouchot, K. L., Hureau, J. C. y Tortonese, E. (Eds.). Ed. UNESCO. II, 878-879 pp.

III. Área de estudio

III.1 Vilanova i la Geltrú

El área de estudio está situada en el Mar Mediterráneo noroccidental y forma parte del margen continental septentrional de la fosa de Valencia o Mar Catalano-Balear (Medialdea *et al.*, 1986). Se localiza en la Costa Catalana, entre los 41°00' y 41°20' de latitud N y los 1°30' y 2°10' de longitud E (Figura III, 1).

El clima es de tipo mediterráneo litoral con una precipitación media comprendida entre 400 y 700 mm al año, aunque hay mínimos inferiores a 300 mm y máximos superiores a 800 mm. La máxima pluviometría suele corresponder a septiembre mientras que julio, agosto y enero son los meses de mayor sequía. Los meses más calurosos corresponden a julio agosto y el más frío a enero, estando las zonas costeras caracterizadas por temperaturas medias altas, con inviernos tibios y secos y veranos no excesivamente calurosos, aunque muy húmedos (Medialdea *et al.*, 1986).

Los vientos predominantes son los del NO (Mistral) y del Norte (Tramontana), que se dejan sentir principalmente durante los meses de enero y diciembre. Los de levante son también importantes, generalmente durante los meses de febrero marzo, abril y noviembre.

La circulación general en el Mar Catalán es de tipo ciclónico y se asocia a la circulación termohalina del Mediterráneo Occidental. En las costas catalanas, la corriente dominante es la continuación de la corriente Liguro-Provenzal, denominada localmente como Liguro-Provenzal-Catalana. Esta corriente, sigue una dirección NE-SO y fluye paralelamente a la costa sobre el límite de la plataforma continental, con velocidades promedio de entre 20 y 30 cm/seg. (Font *et al.*, 1988).

El régimen de circulación marina superficial predominante es hacia el SO, aunque presenta notables fluctuaciones durante las diversas épocas del año, en función del régimen de vientos existentes (Maldonado *et al.*, 1983). Así, es frecuente una inversión de corrientes en verano dirigida hacia el NE, que ha sido puesta de manifiesto en varios estudios con trazadores y

medidas de corrientes (Suau y Vives, 1958; Sainz-Amor, 1974; Giresse, 1970).

En la plataforma continental, los mecanismos de circulación en las diferentes masas de agua a distintas profundidades son relativamente complejos y están notablemente influenciados por el viento (Young *et al.*, 1983; Han *et al.*, 1983). En la plataforma continental externa, el régimen predominante de circulación depende del flujo general del Mediterráneo en este sector, con una cierta independencia del viento dominante. La plataforma continental interna se encuentra igualmente afectada por este flujo, pero el viento alcanza un control mucho mayor en la misma (Medialdea *et al.*, 1986).

III.1.1 Relieve

La plataforma continental de esta zona es estrecha, con notables irregularidades morfológicas, y un talud bastante abrupto, con pendientes que oscilan entre los 4° y 10°, alcanzándose profundidades de 700 y 1000 metros a unas 11 millas de la costa (Riba *et al.*, 1976; Serra, 1981). En este punto se encuentra el cañón submarino del Foix, que se inicia bastante lejos de la costa y con una estructura en forma de “U” (Serra, 1981).

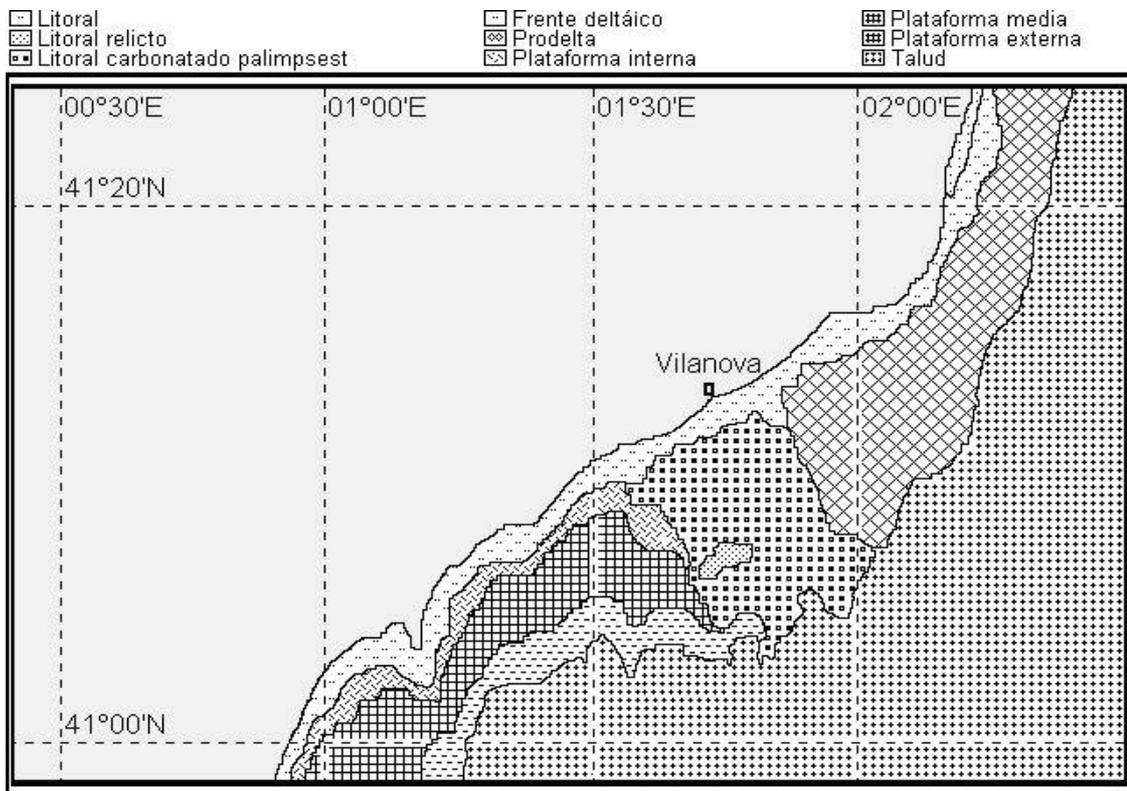
El fondo de la franja litoral, hasta 50 m de profundidad, es muy heterogéneo presentando gran variedad de elementos, roca, grava, arena y fangos.

Los caladeros de la pesca de arrastre son pasos libres que quedan entre rocas a modo de caminos, o bien zonas determinadas de la gran planicie de la plataforma continental e inicio del Talud. Los fondos son de fango o arena fangosa. Según la ley las barcas de arrastre no pueden faenar en fondos inferiores a los 50 m de profundidad, pero no tienen ningún límite superior, solo el de la potencia de las barcas (Lleonart, 1990).

III.1.2 Tipo de sedimentos

Desde el punto de vista sedimentológico la plataforma continental de Vilanova i la Geltrú muestra un complejo mosaico de facies sedimentarias (Medialdea *et al.*, 1986) (Figura III, 1).

Figura III, 1. Distribución de las principales facies sedimentarias en los sedimentos superficiales de la plataforma continental adyacente a Vilanova i la Geltrú. Redibujado de Medialdea, *et al.* (1986).



Las facies de plataforma interna están caracterizadas por sedimentos-areno-limosos, con un porcentaje de arena del 30% al 40% y un contenido medio de carbonato de 32%. Los componentes mayoritarios de la fracción arena en orden decreciente, están formados por el cuarzo, otros detríticos, moluscos briozoos y otros biógenos. La relación foraminíferos planctónicos/bentónicos es muy baja. El porcentaje en moluscos se refleja en el contenido en carbonato, condicionando el carácter terrígeno o mixto de ésta facie.

Las facies de plataforma media están formadas por sedimentos limo-arcillosos con porcentajes de arena relativamente bajos (<15%). En la fracción arena abundan los foraminíferos bentónicos y los moluscos, y en menor proporción, los foraminíferos planctónicos y otros biógenos. Otros componentes importantes son los terrígenos, alcanzando generalmente el 50% de la fracción arena. El contenido medio de

carbonato es de 30%, estando directamente ligado a la proporción de componentes biógenos.

Facies de plataforma continental externa y borde de plataforma. Ésta facie aparece constituida por sedimentos arcillo-limosos con un porcentaje medio de arena de 5%. El contenido en carbonato oscila alrededor de 30%. En la fracción arena los componentes biógenos son los más abundantes, llegando a superar el 80%, con predominio de los foraminíferos bentónicos, planctónicos y en menor proporción los moluscos. (Maldonado *et al.*, 1983).

Las facies carbonatadas se caracterizan por un predominio de los componentes biogénicos y se localizan en varias provincias de la plataforma continental. Los componentes biógenos más abundantes corresponden a moluscos, briozoos, algas calcáreas coralinas, equinodermos y foraminíferos bentónicos. Existe además una clara correlación directa entre la textura y la proporción de carbonato, observándose que éste aumenta proporcionalmente con el tamaño de grano.

Las facies carbonatadas de tipo palimpsest se caracterizan por un contenido de carbonato variable (>40%) y un contenido de arena alto (>50%). La fracción arena está constituida por moluscos, briozoos, algas calcáreas, equinodermos y foraminíferos bentónicos. Todos los componentes presentan un alto grado de fracturación, característico de ambientes de alta energía. Esta facies es debida a depósitos litorales carbonatados relictos, mezclados con depósitos terrígenos actuales por efecto de bioturbación y retrabajamiento del fondo por corrientes.

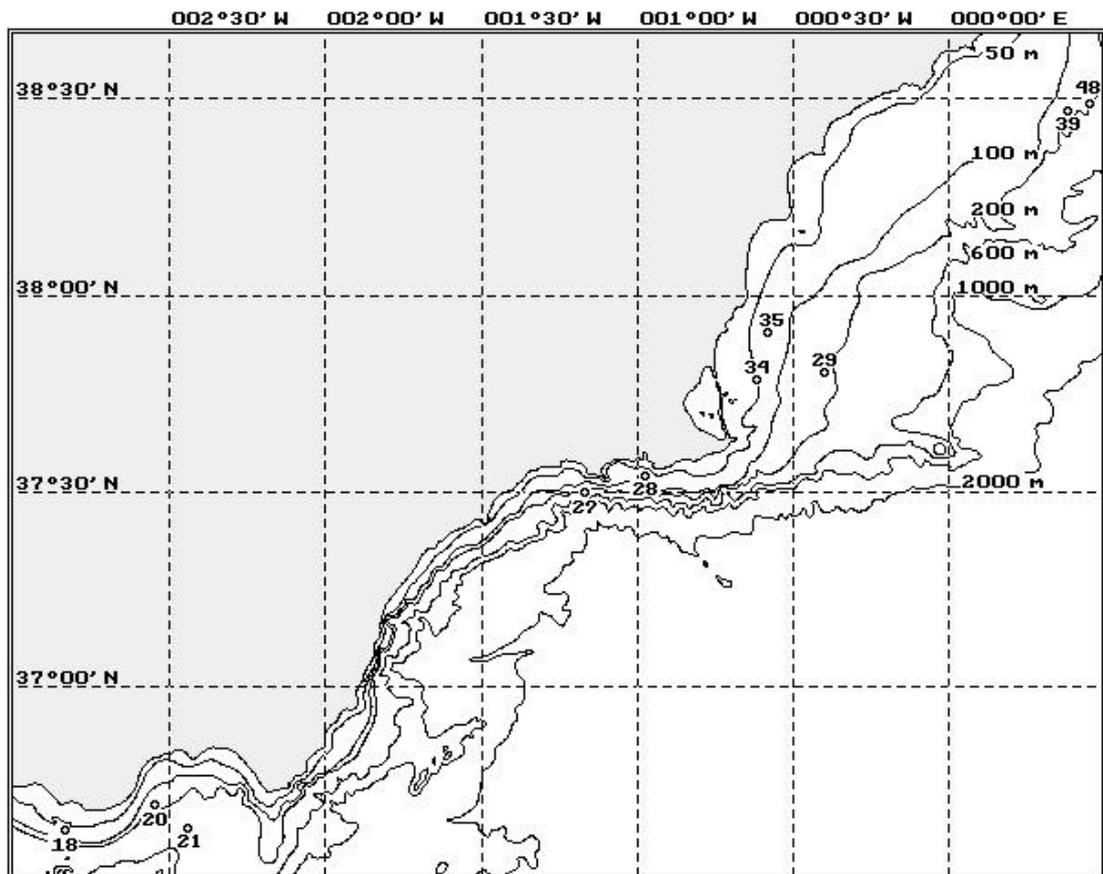
III.2 MEDITS95

El área de estudio está situada en el Mar Mediterráneo occidental ibérico, los límites del área de estudio vienen determinados por los paralelos 37°20'30",6 y 38°00'04",6 de latitud norte, y los meridianos 1°51'10,9 de longitud oeste, y 0°09'46" de longitud este. Se encuentra localizada en la Costa de Murcia y de Andalucía (Figura III, 2).

El clima es de tipo mediterráneo, con características áridas y semiáridas, destacando sus inviernos templados. Las

precipitaciones son escasas, las máximas se producen en octubre y abril, y las mínimas en julio y agosto. En los meses de invierno, las precipitaciones son importantes solo en la zona de gran altitud. En la zona litoral, las precipitaciones anuales son menores a 300 mm, excepto en el área de cabo de Palos y Cartagena donde son del orden de los 400 mm.

Figura III, 2. Área de muestreo del proyecto MEDITS-ES'95, en el Mediterráneo occidental ibérico. Redibujado de Medialdea *et al.* (1989).



Los vientos dominantes son de componente E ó NE, aunque existen variaciones estacionales. En invierno son más abundantes los vientos de componente SO, O y NO, todos ellos "terrales", mientras que en verano predominan los vientos de componente NE, E y SE, procedentes del mar y con carácter de mayor humedad. En cuanto a su fuerza, los períodos más tranquilos tienen lugar en el verano y comienzo del otoño, y los más ventosos en primavera.

Los mecanismos que regulan la circulación de las diferentes masas de agua a distintas profundidades en la plataforma continental son relativamente complejos y están influenciados por la acción del viento. Existe una variación en la dirección de las corrientes, que es función de la relación entre la influencia del viento y la corriente general del Mediterráneo. En la plataforma continental externa, el régimen de circulación dominante depende de la corriente general, mientras que en la plataforma interna el viento ejerce un control mucho mayor dando origen a una microcirculación local de gran variabilidad (Font, 1987).

En cuanto a las corrientes causadas por los vientos, cabe indicar a grandes rasgos, que los procedentes de poniente (cuadrante NO a SO), refuerzan la corriente general (N a ENE), mientras que los vientos de levante (cuadrante NE a SE) frenan la acción de estas corrientes (Medialdea *et al.*, 1989).

III.2.1 Tipo de sedimentos

Los lances 18 y 21, 39 y 48 se ubicaron sobre áreas constituidas por sedimentos bioclásticos o biógenos, que forman áreas de sedimentación calcárea. Hay una gran variedad de facies carbonatadas formadas por diversas asociaciones de moluscos, algas calcáreas, briozoos, foraminíferos y equinodermos (Medialdea *et al.*, 1989).

Los lances 27, 28, 29 y 35, se ubicaron sobre facies de tipo palimpsest carbonatado. Las características granulométricas de los sedimentos de estas facies son variables, dependiendo del grado de mezcla que existe en cada lugar entre los sedimentos relictos, de carácter grosero, y los modernos, de tamaño más fino. En general los sedimentos identificados son arenas, con una baja proporción de gravas, y con una mayor cantidad de limo que arcilla. Sin embargo, la proporción de fango puede llegar a ser predominante cuando los sedimentos se localizan en depresiones en las que es más fácil la acumulación de las partículas finas. El contenido de carbonato (56%) está directamente relacionado con la proporción de arena, compuesta mayoritariamente por restos biógenos relictos (Medialdea *et al.*, 1989).

El lance 34, se ubicó sobre una facie de arenas carbonatadas. Está compuesta por sedimentos heterométricos de

grano grueso, predominando los componentes relictos (hasta el 90%) en la fracción arena. La proporción de carbonato (70-75%) y grava (15-23%) puede alcanzar valores menores que en los sedimentos litorales, debido a la presencia de cierta cantidad de fango (7-12%). Existe también una marcada relación entre la naturaleza de los componentes biógenos y la textura del sedimento, de forma que en los más gruesos, son mayoritarios los restos de algas rojas y moluscos, pudiendo ser también abundantes los restos de brizosos y equinodermos. Los componentes biógenos de tamaño más fino corresponden a restos de algas calcáreas coralinas y a foraminíferos bentónicos (Medialdea *et al.*, 1989).

El lance 20, se ubicó sobre una facie correspondiente a una asociación silico-clástica, localizado en la a zonas de aportes continentales del Río Andaraxs en el Golfo de Almería, que tienen un régimen marcadamente estacionario (Medialdea *et al.*, 1989).

III.3 Bibliografía

- Font, J. 1987. The Path of the Levantine Intermediate Water to the Alboran Sea. *Deep-Sea Research*, 34: 1745-1755.
- Font J., Salat J. y J.Tintoré. 1988. Permanent Features in the Circulation of the Catalan Sea. *Oceanol. Acta (Spec. Issue)*: 51-57.
- Giresse, P. 1970. Les Limites de la Province Sédimentaire Littorale du Delta du Llobregat. *Cahiers Océanographiques*, XXII, 6: 581-611.
- Han, G., Ballesteros, A., y Kohler, K. 1983. Circulation on the Spanish Mediterranean Continental Shelf Near Río Ebro. J.Castelví (Ed.) *Estudio Oceanográfico de la Plataforma Continental*. Seminario Científico Cádiz. Graficas Buper. Barcelona: 214-229.
- Lleonart, J. 1990. La Pesquería de Cataluña y Valencia: Descripción Global y Planteamiento de las Bases para su Seguimiento. Informe final. Comisión de las Comunidades Europeas. Dirección General XIV. 1634 pp.

- Maldonado, A., Swift, D. J. P., Young, R. A., Hang, G., Nittrouer, C., Demaster, D., Rey, J., Palomo, C., Acosta, J., Ballester, A. y Castelví, J. 1983. Sedimentation on the Valencia Continental Shelf: Preliminary Results. *Continental Shelf Research*, 2: 195-211.
- Medialdea, J., Maldonado, A., Alonso, B., Diaz, J.I., Ercilla, G., Farrán, M., Giró, S., Vázquez, A., Sainz-Amor, E., Martínez, A. y Medialdea, T. 1986. Mapa Geológico de la Plataforma Continental Española y Zonas Adyacentes, 1:200000. Memoria y Hojas N° 41 y 42, Tortosa-Tarragona. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, Madrid, pp. 78.
- Medialdea, J., Maldonado, A., Alonso, B., Diaz, J.I., Ercilla, G., Farrán, M., Giró, S., Vázquez, A., Sainz-Amor, E., Martínez, A. y Medialdea, T. 1990. Mapa Geológico de la Plataforma Continental Española y Zonas Adyacentes, 1:200000. Memoria y Hojas N° 79-79E, Murcia. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, Madrid, pp. 147.
- Riba, O., Bolos, O., Panareda, J. M., Nuet, P. y Gonsalbez, J. 1976. Geografía Física dels Països Catalans. Ketres, Barcelona, 226 p.
- Sainz-Amor, E. 1974. Estudio de las Arenas del Litoral Catalán. IV. Tramo Sitges-Rio Gaiá. *Estudios Geológicos*, XXX: 159-166.
- Serra, J. 1981. Els Canyons Submarins del Marge Continental Català. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* 9: 53-67.
- Suau, P. y Vives, F. 1958. Estudio de las Corrientes Superficiales del Mediterráneo Occidental. *Com. Int. Expl. Scienc. Medit. Rap. et Procés Verbaux*, XIV: 53-55.
- Young, R. A., Swift, D. J. P., Nittrouer, C. A., Demaster, D. y Bergenback, B. 1983. Eventdominated Sediment Transport on the Valencia Continental Shelf, Spain, and its Effect on Sediment Accumulation and Holocene Stratigraphy. J.Castelví (Ed.) *Estudio Oceanográfico de la Plataforma Continental*. Seminario Científico Cádiz. Graficas Buper. Barcelona: 97-119.