

Los estudios acerca de la ecología trófica de los peces, en los cuales se relacionan la biología y fisiología de las especies con su hábitat, régimen alimentario, tipo de dieta y relaciones bióticas, aportan información básica y necesaria para comprender el papel ecológico que desempeñan estos organismos dentro del ecosistema que habitan, y por lo tanto para establecer protocolos de gestión de sus poblaciones.

Esta tesis aporta un mayor conocimiento de la biología, fenología y hábitos alimenticios de cinco especies de peces bentónicos de interés comercial en el litoral valenciano y sobre los cuales no existe apenas información. Estas especies son el salmonete de roca (*Mullus surmuletus*), el lenguado tigre (*Synaptura lusitanica*), la escorpa (*Scorpaena scrofa*), la rata (*Uranoscopus scaber*) y el torpedo común o vaca (*Torpedo torpedo*). Así mismo, se relaciona la importancia que tienen los aspectos de tipo ecológico y fisiológico de los peces con la incorporación de sustancias contaminantes como metales pesados, así como sus patrones de acumulación en diferentes órganos y tejidos.

Tesis Doctoral “Estudio de la biología trófica de cinco especies de peces bentónicos de la costa de Cullera. Relaciones con la acumulación de metales pesados.”

Angela María Jaramillo Londoño

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

Tesis Doctoral “Estudio de la biología trófica de cinco especies de peces bentónicos de la costa de Cullera. Relaciones con la acumulación de metales pesados.”

Presentada por
Angela María Jaramillo Londoño

Dirigida por
Vicent Benedito Durà

Valencia, 2009



UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

2009



UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO
AMBIENTE



**“ESTUDIO DE LA BIOLOGÍA TRÓFICA DE CINCO ESPECIES DE PECES
BENTÓNICOS DE LA COSTA DE CULLERA. RELACIONES CON LA
ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS.”**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Angela María Jaramillo Londoño

Dirigida por:

Vicent Benedito Durà

Valencia, 2009

*A Jose y a Daniel
por llenar mi vida
de felicidad y amor*

*A mi mamá,
por todo el cariño y
por estar ahí siempre*

*A mi papá, porque
allí donde esté su alma
no habrá nadie más orgulloso*

AGRADECIMIENTOS

Es difícil reunir estos años de trabajo en un simple listado de personas y entidades a quien agradecer ya que fueron muchos aquellos que de una forma u otra contribuyeron de manera especial a la realización esta tesis. Sirvan estas palabras como reconocimiento de su ayuda y de mi consideración hacia ellos.

Me gustaría expresar mis más sinceros agradecimientos al director de esta tesis, Dr. Vicent Benedito Durà; por aceptar ser mi tutor aún sin conocerme, por la confianza que desde el principio depositó en mí, por el estímulo, seguimiento y compromiso con el trabajo que han permitido sin duda la consecución del mismo. Han sido muchos años de formación, aprendizaje y amistad, de los cuales sin duda puedo afirmar que más allá de ser un excelente tutor y docente, es mejor persona. Hago extensivos estos agradecimientos a su esposa Eugenia que, junto con sus hijos Adaia y Héctor, considero parte de mi familia valenciana, ya que se han involucrado de manera fraternal en mis vivencias personales desde mi llegada a esta ciudad.

Al Dr. Agustín Pastor, quien ha sido un pilar fundamental en esta tesis, por la ayuda prestada en la parte de analítica de los metales pesados y por poner a mi disposición, de forma muy generosa, equipos, materiales, sus conocimientos personales y su compromiso. Así mismo al Departamento de Química Analítica de la Universidad de Valencia, y a las personas que trabajan allí, por estar dispuestos a ayudar en todo momento. De manera muy especial, también agradezco a la Dra. Alejandra Volpedo y a su equipo de trabajo en la Universidad de Buenos Aires (Argentina), por su valiosísima ayuda en la lectura de los otolitos y en la estimación de las edades de los peces. Al Dr. Miguel Martín Monerris, en el DIHMA, por sus importantes contribuciones en el tema de bioacumulación de metales pesados, además de ser una persona dispuesta a escuchar y a echarle una mano en cualquier momento. Al Dr. Sebastià Balasch, en el Departamento de Estadística, por sus valiosos aportes en los aspectos estadísticos. Al Departamento de Tecnología de Alimentos y especialmente a Alberto Yuste, por la ayuda en la liofilización de las muestras. A Gloria Cantos por su dedicación en el procesado de muestras. A Román Porrás por su ayuda inestimable en la identificación de los componentes de la dieta, encontrados en los estómagos de los peces. Al Vicerrector de Investigaciones de la

Universidad Politécnica de Valencia, Dr. Jaime Gómez, por la concesión de una beca para la formación de personal investigador, sin la cual no hubiera sido económicamente viable mi estancia en Valencia. A Javier, Paqui y Raquel, en la secretaría del DIHMA, por su interés y por facilitar la vida burocrática del departamento. A los profesores y personal del DIHMA, que de alguna manera han tenido que ver con que se pueda finalizar esta tesis. A Ana por alegrar el laboratorio con sus plantas y velar por que sea un lugar agradable para trabajar, aun cuando eso incluya desconectar algunos cables. A Angela M^a Echavarría y a a mi hermano, Diego L. Jaramillo por el diseño de la portada. E indudablemente, también a los pescadores artesanales de la bahía de Cullera que colaboraron de forma extraordinaria en la recogida de los peces, especialmente a Javier y a Fernando de Tio i Nebot; a Javier y a Jesús de Tachi; a Eustaquio de Hermanos Palero; a Salvador y a Pepe de Onremo, quienes fueron nuestro primer contacto; y a las demás tripulaciones de Concha, Bollo, Escorpión, Grauero, Hnos. Pellicer, Hortensia, Marisol, Nuevo Ana, Picardies, Tahití, Velasco i Victoria.

A mis compañeros de laboratorio por la compañía y los buenos ratos, a Carolina, Consuelo, Rosa, Gloria, Sandra, Ahmed; y a todos los amigos de quienes he recibido siempre un inmenso cariño y con los que he compartido momentos estupendos, es una larga lista pero quiero mencionar especialmente a Maricarmen, Delva, Alba, Vicent y Eugenia, Rocío, Petra Amparo, Claudia Yaneth, Eyder, Chiara, Miguel, Gabriel y Olga, Ana María y Tere Corrales, Marcela y Paco.

No tengo palabras para agradecer el apoyo incondicional de mi familia: a mi esposo José Luis por la dedicación, paciencia, comprensión y amor; a mi hijo Daniel porque me aporta alegría, fuerza e ilusión; a mis padres Diego y María Victoria, por su amor y respaldo incondicional; a mi abuelita, tíos y primos; y a mi familia aquí en Europa (mi hermano Diego Luis, mi cuñada Angela, mis tíos José Arturo y Gloria Mercedes, y mi prima Andrea) quienes han sido refugio, comprensión y cariño. Por último no puedo olvidarme de mi familia política, especialmente de mis suegros Carmenza y José Domingo, cuñados (Javier, Claudia, Margarita, Andrés y Claudia Carmenza), Luis, Marthica y las niñas, Fabiolita y Toño, cuya solidaridad, cariño y continuo apoyo me han ayudado a mí y a mi esposo, a superar en todo momento las dificultades encontradas.

RESUMEN

Los estudios acerca de la ecología trófica de los peces, en los cuales se relacionan la biología y fisiología de las especies con su hábitat, régimen alimentario, tipo de dieta y relaciones bióticas, aportan información básica y necesaria para comprender el papel ecológico que desempeñan estos organismos dentro del ecosistema que habitan, y por lo tanto para establecer protocolos de gestión de sus poblaciones.

Esta tesis aporta un mayor conocimiento de la biología, fenología y hábitos alimenticios de cinco especies de peces bentónicos de interés comercial en el litoral valenciano y sobre los cuales no existe apenas información. Estas especies son el salmonete de roca (*Mullus surmuletus*), el lenguado tigre (*Synaptura lusitanica*), la escorpa (*Scorpaena scrofa*), la rata (*Uranoscopus scaber*) y el torpedo común o vaca (*Torpedo torpedo*). Así mismo, se relaciona la importancia que tienen los aspectos de tipo ecológico y fisiológico de los peces con la incorporación de sustancias contaminantes como metales pesados, así como sus patrones de acumulación en diferentes órganos y tejidos.

El estudio se llevó a cabo en la bahía de Cullera (España), y las muestras de peces utilizadas provienen de la pesca artesanal, desembarcada en el puerto pesquero de esta ciudad. Se realizaron 30 muestreos entre los meses de julio de 2004 y enero de 2006 a fin de cubrir todos los periodos estacionales. En total se obtuvieron 1102 peces de diferentes tallas, de las cinco especies seleccionadas.

Los datos biométricos y morfológicos de cada especie, nos han permitido caracterizar la muestra obtenida, seguir su evolución a través del tiempo y establecer algunas relaciones biométricas que nos han ayudado a explicar aspectos del crecimiento y biología alimenticia y reproductiva de cada especie.

Los resultados indican que estas especies son pescadas en toda la bahía, de forma artesanal y con trasmallo, a profundidades que oscilan entre los 6m y los 20m y a lo largo de todo el año. Su distribución y abundancia se ve condicionada principalmente por factores como la estacionalidad y algunas especies como *S. scrofa* y *T. torpedo* presentan una segregación por sexos en su patrón de distribución.

Con respecto a las tallas, observamos que en la mayoría de las especies, el 50% de los individuos han alcanzado la madurez sexual antes de tener un tamaño de 25 cm. Por encima de esta talla se considera que la mayoría de los individuos son adultos que ya se han reproducido al menos una vez, y por debajo de los 15 cm aún son juveniles. La mayoría de las especies tienen su período de maduración sexual y desove en los meses de primavera y comienzo del verano. Estas épocas coinciden con períodos de reclutamiento de juveniles, siendo además favorables en cuanto a la acumulación de reservas energéticas corporales.

Para el estudio de los hábitos alimenticios y de dinámica trófica, se examinaron los estómagos de los peces de las especies seleccionadas. La dinámica alimentaria fue analizada bajo los conceptos de índice de vacuidad, peso del contenido estomacal, índice de llenado o repleción y peso y número promedio de las presas por estómago. La composición trófica de la dieta se estudió mediante los índices de composición numérica y gravimétrica, frecuencia de ocurrencia de las presas y métodos combinados de análisis, además de hacer una evaluación de la estrategia alimentaria de cada especie. Así mismo, se analizaron algunos caracteres morfológicos de las especies, relacionados con la alimentación, como son la longitud del tubo digestivo y el área bucal. Finalmente, también se estudiaron las relaciones tróficas inter e intra específicas desde el punto de vista de la amplitud del nicho, diversidad alimentaria y el solapamiento en la dieta, para determinar el nivel trófico en el que se encontraba cada especie.

A partir del análisis de la dieta hemos comprobado que los peces tienen una alimentación más diversa y abundante en épocas favorables debido a la mayor oferta trófica. Las hembras han mostrado también una mayor tasa de alimentación que los machos, seguramente por sus mayores requerimientos fisiológicos para la reproducción y además porque representan las tallas grandes, y tienen estómago y boca y con mayor capacidad, lo que se traduce en contenidos estomacales de mayor peso.

Las preferencias dietarias que hemos encontrado en las especies estudiadas fueron variadas, de tal manera que *M. surmuletus* se alimenta de presas pequeñas pero abundantes, predominando los crustáceos (decápodos brachyura y anfípodos) y

en menor proporción poliquetos, enmarcándose dentro de una estrategia alimentaria generalista. Por su parte *S. lusitanica* se alimenta casi exclusivamente de poliquetos, con lo cual su estrategia es claramente especialista. De las tres especies restantes que basaron su alimentación en peces, *S. scrofa* y *T. torpedo* presentaron estrategias especialistas y *U. scaber* generalista. *S. scrofa* se alimenta en cantidades abundantes de presas de talla media, predominando peces, crustáceos y moluscos. *T. torpedo* se alimenta de presas de gran tamaño, y su dieta está compuesta principalmente por peces, poliquetos y moluscos. Por último, *U. scaber* consume presas de gran tamaño como peces, crustáceos, moluscos y poliquetos, con un número bajo por estómago. De las cinco especies del estudio, dos especies tienen niveles tróficos que corresponden a omnívoros con preferencia por animales (*M. surmuletus* y *S. lusitanica*), y tres especies a carnívoros, con los niveles tróficos más altos, siendo consumidoras importantes de peces (*S. scrofa*, *U. scaber* y *T. torpedo*).

Finalmente, en algunos ejemplares de los muestreos de julio de 2004 y marzo de 2005 se llevó a cabo un análisis del contenido de metales pesados (Cd, Pb, Zn y Cu). También se realizaron análisis de sedimentos de la bahía. Se observa una pauta general por la que las menores concentraciones de metales en peces se encuentran en el músculo, y las más elevadas en el hígado. Entre las diferentes especies, no encontramos una pauta de acumulación definida para ningún metal, con relación al hábitat o posición trófica, ni con respecto a la edad o tamaño del pez. A partir de los factores de bioacumulación no podemos decir que una especie acumule más metales que el resto. Hay que destacar que el plomo es el metal que menos se bioacumula y que los demás lo hacen en proporciones similares entre sí. Podemos afirmar que aun cuando la alimentación es una de las rutas principales de incorporación de metales en los peces, no encontramos evidencias de biomagnificación en ninguna de las especies del estudio, en ninguno de sus órganos o tejidos.

SUMMARY

Trophic ecology studies give basic and necessary information to understand the biological and ecological role that carries out fishes in ecosystems that they inhabit to establish protocols of management of their populations. In these studies the relationships between the species biology and physiology and their habitat, feedings habits, type of diet and biotic relations are established.

This thesis contribute in a better knowledge of biology, phenology and feedings habits of five benthic fish's species of commercial interest in the Valencian littoral for which almost doesn't exist information. These fish's species are the red mullet (*Mullus surmuletus*), the Portuguese sole (*Synaptura lusitanica*), the red scorpionfish (*Scorpaena scrofa*), the stargazer (*Uranoscopus scaber*) and the common torpedo (*Torpedo torpedo*). This study also relates the importance of ecology and physiology of fishes with the incorporation of polluting substances like heavy metals and to know their accumulation patterns in different organs and tissues.

The study area was the Cullera Bay (Spain), and the fish samples come from the artisan fishing landings. We carried out 30 samplings between July of 2004 and January of 2006 in order cover all the seasons. We obtained in whole 1102 fish of different heights, of five selected species.

The biometric and morphological data of each species, allowed us to characterize the sample, to analyze its evolution across the time and to establish some biometric relations that helped us to explain aspects of the growth and nutritional and reproductive biology of each species.

We found that those species are fished in the whole bay, of artisan form and with a trammel net, in a rank of depths between 6 and 20 meters, and throughout all the year. Their distribution and abundance are determined mainly by factors like the seasonal variation. Some species as *S. scrofa* and *T. torpedo* can display a segregation by sexes in their distribution pattern.

With regard to the size in most of the species, 50% of the individuals have reached the sexual maturity before having a size of 25 cm. Over this size it is considered that the most of the individuals are adults and they have already had at

least one reproduction, and below the 15 cm they are still youthful. Most of the species have their sexual maturity cycle and spawning in spring and early of the summer. These dates coincide with periods of recruitment of juvenile, moreover being in addition favourable for the accumulation of energetic corporal reserves.

The stomachs of the fish of the selected species were examined for the study of the feeding habits and trophic dynamics. We determinate the vacuity index, weight of the stomach content, filling index or repletion index, and weight and average number of the preys by stomach. The trophic composition of the diet was studied by means of the numerical index, gravimetric index, and occurrence frequency of the preys and combined methods of analysis, besides making an evaluation of the food strategy of each species. Also, some morphological characters of the species, related to the feeding habits, were analyzed, as they are the length of the gut and the mouth area. Finally, within this section we studied the trophic relations between species, from the point of view of the dietary breadth, diversity of prey items ingested and dietary overlap, in order to determine the trophic level in each species.

From the data of the diet analysis, we have verified that the fish have a greater feeding activity in favourable seasons. Also, the females seem to feed themselves more, probably by their physiological requirements for the reproduction. Moreover, the fishes of greater sizes usually have heavier stomach contents, because they have larger stomachs and bigger mouths.

The dietary preference in the studied species were diverse, in such a way that *M. surmuletus* is fed on small but abundant preys, mainly Crustaceans (Brachyura and Amphipoda), and Polychaeta in smaller proportion, with a generalist feeding strategy. On the other hand, *S. lusitanica* fed almost exclusively on Polychaeta, consequently its strategy is clearly specialist. Of the three remaining species that based their feeding on fish, *S. scrofa* and *T. torpedo* displayed a specialist strategy and *U. scaber* a generalist one strategy. *S. scrofa* fed in abundant amounts of preys of average size, predominating fishes, crustaceans and molluscs. *T. torpedo* fed on preys of great size, and its diet is composed mainly by fishes, polychaetes and molluscs. Finally, *U. scaber* consumes preys of great size with a low number by stomach, based in fishes, crustaceans, molluscs and polichaetes. Of the five species, two

species have trophic levels that correspond to omnivorous, with preference by animals (*M. surmuletus* and *S. lusitanica*), and three species to carnivorous, with the higher trophic levels, being important consumers of fishes (*S. scrofa*, *U. scaber* and *T. torpedo*).

Finally, in some fishes belonging to the samplings of July of 2004 and March of 2005, was carried out an analysis of the content of heavy metals (Cd, Pb, Zn and Cu). Analysis of the sediments of the bay was carried out too. Related to the metal levels in fishes, we observe a general trend in which the smaller metal concentrations are found in the muscle, and the higher in the liver. When comparing among the different species, we did not find a defined trend of accumulation for any metal, in relation to the habitat or trophic level, neither with the age or size of the fish. From the factors of bioaccumulation we cannot say that some specie accumulates more. It is necessary to emphasize that the lead is the less accumulated, and the others are in similar proportions. Even when the feeding is one of the main routes of incorporation of metals in the fishes, doesn't exist evidences of biomagnification in some species of the study, neither in any of its organs or tissues.

RESUM

Els estudis que tracten de l'ecologia tròfica de peixos, en els quals es relacionen la biologia i la fisiologia de les espècies amb el seu entorn, règim alimentari, tipus de dieta i relacions biòtiques, aporten informació bàsica i necessària per a comprendre el paper ecològic que tenen aquests organismes en els ecosistemes on habiten, i per tant per a poder establir protocols de gestió de les seues poblacions.

Aquesta tesi aporta un major coneixement de la biologia, fenologia i costums tròfics de cinc espècies de peixos bentònics que tenen interès comercial en el litoral valencià i sobre els quals apenes hi ha informació. Aquestes espècies són el moll de roca (*Mullus surmuletus*), el llenguat tigre (*Synaptura lusitanica*), l'escorpa (*Scorpaena scrofa*), la rata (*Uranoscopus scaber*), i la vaca tremoladora (*Torpedo torpedo*). També es relaciona la importància que tenen els aspectes ecològics i fisiològics dels peixos amb la incorporació de substàncies contaminants com els metalls pesants, així com el coneixement de les seues pautes d'acumulació en diferents òrgans i teixits.

L'estudi es va realitzar a la Badia de Cullera (Espanya) amb peixos procedents de la pesca artesanal recollits al port d'aquesta localitat. Es van realitzar 30 mostrejos entre juliol de 2004 i gener de 2006. En total es van obtindre 1102 peixos de diferents tamanys de les espècies que s'han indicat anteriorment.

Les dades biomètriques i morfològiques de cada espècie, ens ha permet caracteritzar la mostra, seguir la seua evolució en el temps i establir algunes relacions biomètriques que ens han ajudat a explicar aspectes del creixement i la biologia tròfica i reproductiva de les espècies.

Els resultats obtesos indiquen que les espècies estudiades es capturen en tota la Badia de forma artesanal i amb "tresmall", entre profunditats de 6 a 20 m., i durant tot l'any. La seua distribució i abundància es troba condicionada principalment per factors com l'estacionalitat i espècies com *S. scrofa* i *T. torpedo* presenten una separació per sexes en el seu patró de distribució.

En relació amb les talles, s'observa que en la majoria d'espècies el 50% dels individus són madurs sexualment abans d'arribar a tenir 25 cm. Per damunt d'aquesta mida es considera que els individus són adults i s'han reproduït al menys

una vegada i per davall dels 15 cm encara són juvenils. En la majoria de les espècies estudiades, el període de maduració sexual i posta es produeix en primavera i a principi de l'hivern. Aquestes èpoques coincideixen amb períodes de reclutament de juvenils i són èpoques favorables per a l'acumulació de reserves energètiques al cos.

Per a estudiar els hàbits i la dinàmica tròfica de les espècies, s'examinaren els estómacs dels peixos. La dinàmica alimentària de les espècies va ser analitzada amb índex, com l'índex de vacuitat, pes del contingut estomacal, índex de repleció, pes i nombre mig de preses a l'estómac. La composició tròfica de la dieta es va estudiar mিজাংant els índex de composició numèrica i gravimètrica, freqüència d'ocurrència de les preses i mètodes combinats d'anàlisi, a més de fer una avaluació de l'estratègia alimentària de cada espècie. Tanmateix s'analitzaren alguns caràcters morfològics de les espècies, relacionats amb l'alimentació, com són la longitud del tub digestiu i l'àrea bucal. Finalment també es van estudiar les relacions tròfiques inter i intraespecífiques des del punt de vista de l'amplitud de nínxol, diversitat alimentària i solapament de la dieta, per a determinar el nivell tròfic en el qual es trobava cada espècie.

A partir de les dades obteses de l'anàlisi de la dieta, hem comprovat que els peixos s'alimenten de forma més diversa i abundant a les èpoques més favorables, la qual cosa és consistent amb una oferta tròfica més abundant i diversa. Les femelles també s'alimenten més que els mascles, probablement per les seues necessitats fisiològiques degudes a la reproducció, i també perquè tenen talles majors amb estómac i boca amb major capacitat, que fa que tinguen continguts estomacals més pesants.

Les preferències que hem trobat a la dieta de les espècies estudiades han sigut molt variades. *Mullus surmuletus* s'alimenta de preses menudes i poc abundants, predominant els crustacis (braquiurs i anfípodes), i en menor proporció de poliquets, corresponent una estratègia alimentària generalista. *S. lusitanica*, s'alimenta quasi exclusivament de poliquets, tenint una estratègia especialista. Les tres espècies restants basen la seua alimentació en peixos, de manera que *S. scrofa* i *T. torpedo* són especialistes i *U. scaber* generalista. *S. scrofa* s'alimenta amb abundància de

preses de talla mitjana amb predomini de peixos, crustacis i moluscs. *T. torpedo* s'alimenta de preses de gran mida i té una dieta composta principalment per peixos, poliquets i moluscs. *U. scaber* consumeix preses de gran mida lògicament amb nombre baix per estómac, basant l'alimentació en peixos, crustacis, moluscs i poliquets. De les cinc espècies estudiades, dues espècies (*M. surmuletus* i *S. lusitanica*) tenen nivells tròfics que corresponen a omnívors amb preferència per animals. Les altres tres espècies (*S. scrofa*, *S. U scaber* i *T. torpedo*) són carnívores, amb un important consum de peixos.

Finalment en alguns exemplars que pertanyien als mostrejos de juliol de 2004 i març de 2005 es va realitzar un anàlisi de metalls pesats (Cd, Pb, Zn i Cu). Així com l'anàlisi del sediment de la badia. Respecte al nivell dels metalls en peixos s'observa un model general pel qual les menors concentracions de metalls es troben als músculs i les més elevades al fetge. Entre les diferents espècies no hem trobat un model d'acumulació definit per a cap metall en relació amb l'hàbitat o posició tròfica ni tampoc respecte a l'edat o mida del peix. Basant-nos en els factors de bioacumulació no podem afirmar que una espècie acumule més metalls que la resta. És de destacar que el plom és el metall que menys es bioacumula i que la resta ho fa en proporcions semblants entre ells. Podem afirmar que encara que l'alimentació és una de les rutes principals d'incorporació de metalls en peixos, no hem trobat evidències de biomagnificació en cap de les espècies de l'estudi, ni en cap dels seus òrgans o teixits.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE MUESTREO Y DE LAS ESPECIES A ESTUDIAR Y ASPECTOS METODOLÓGICOS	5
2.1. ÁREA DE ESTUDIO	7
2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES	10
2.3.1. <i>Mullus surmuletus</i>	10
2.3.2. <i>Synaptura lusitanica</i>	12
2.3.3. <i>Scorpaena scrofa</i>	12
2.3.4. <i>Uranoscopus scaber</i>	13
2.3.5. <i>Torpedo torpedo</i>	14
2.3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	16
2.1.1. Trabajo de campo	16
2.1.2. TRABAJO DE LABORATORIO	18
2.4. BIBLIOGRAFÍA	21
3. PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y FENOLOGÍA DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS	25
3.1. INTRODUCCIÓN	27
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
3.3. MÉTODOS	31
3.3.1. Distribución de la muestra en las áreas de pesca	31
3.3.2. Descripción de la muestra	31
3.3.3. Proporción de sexos y potencial reproductivo de las especies	32
3.3.4. Desarrollo reproductivo y madurez sexual	32
3.3.5. Reclutamiento	35
3.3.6. Relaciones Biométricas	36
3.3.6.1. Índice de Condición o Índice de Fulton (K)	36
3.3.6.2. Índice Hepatosomático (IHS)	37
3.3.6.3. Relación talla-peso	37
3.3.6.4. Edad y crecimiento	37
3.3.7. Análisis Estadístico de los resultados	39
3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.4.1. Distribución de la muestra en las áreas de pesca	41
3.4.2. Descripción de la muestra a partir de la talla de los individuos	46
3.4.3. Proporción de sexos y potencial reproductivo de las especies	52
3.4.4. Desarrollo reproductivo y madurez sexual	56
3.4.4.1. <i>Mullus surmuletus</i>	57
3.4.4.2. <i>Synaptura lusitanica</i>	59
3.4.4.3. <i>Scorpaena scrofa</i>	60

3.4.4.4. <i>Torpedo torpedo</i>	62
3.4.4.5. <i>Uranoscopus scaber</i>	64
3.4.5. Reclutamiento	66
3.4.6. Relaciones biométricas de las especies estudiadas	68
3.4.6.1. Estudio de la variación de las reservas corporales mediante índices biométricos	68
3.4.6.2. Relación talla-peso	76
3.4.6.3. Edad y crecimiento	78
3.4.7. Impacto sobre la pesca	86
3.5. BIBLIOGRAFÍA	89
4. ESTUDIO DE LOS HÁBITOS ALIMENTICIOS Y DE LA DINÁMICA TRÓFICA	97
4.1. INTRODUCCIÓN	99
4.1.1. Antecedentes de los métodos de estudio de la alimentación y dinámica trófica en peces	102
4.1.2. Antecedentes de los estudios sobre alimentación y dinámica trófica en las especies seleccionadas en este trabajo	105
4.1.3. Justificación del estudio	106
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	108
4.2.1. Dinámica alimentaria	108
4.2.2. Composición de la dieta	108
4.2.3. Relaciones tróficas	109
4.3. MÉTODOS	109
4.3.1. Extracción de los estómagos	109
4.3.2. Tratamiento de los contenidos estomacales	110
4.3.3. Análisis de la Dinámica alimentaria	111
4.3.3.1. Índice de vacuidad	111
4.3.3.2. Peso del contenido estomacal	112
4.3.3.3. Índice de llenado o de repleción (I_{LI} ó IR)	112
4.3.3.4. Peso promedio de las presas por estómago (W_p)	112
4.3.3.5. Número promedio de presas por estómago (N_m)	113
4.3.4. Estudio de la Composición trófica de la dieta	113
4.3.4.1. Métodos numéricos	113
4.3.4.2. Método gravimétrico (G%)	115
4.3.4.3. Métodos combinados	116
4.3.4.4. Evaluación de la estrategia alimentaria	120
4.3.5. estudio de las estructuras relacionadas con la alimentación	122
4.3.5.1. Índice intestinal (I_i)	122
4.3.5.2. Área bucal	123
4.3.6. estudio de las relaciones tróficas	123
4.3.6.1. Diversidad alimentaria y la amplitud del nicho trófico	124

4.3.6.2. Índice de solapamiento o similitud trófica (α)	126
4.3.6.3. Determinación de niveles tróficos	126
4.3.7. Análisis Estadístico de los resultados	128
4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	130
4.4.1. Dinámica alimentaria	130
4.4.1.1. Índice de vacuidad	130
4.4.1.2. Peso del contenido estomacal (W_{ce}) y cálculo del índice de llenado o repleción (IR)	136
4.4.1.3. Peso promedio de las presas por estómago (W_p)	145
4.4.1.4. Número promedio de presas por estómago (N_m)	151
4.4.2. Composición trófica de la dieta	154
4.4.2.1. <i>Mullus surmuletus</i>	155
4.4.2.2. <i>Synaptura lusitanica</i>	171
4.4.2.3. <i>Scorpaena scrofa</i>	179
4.4.2.4. <i>Torpedo torpedo</i>	188
4.4.2.5. <i>Uranoscopus scaber</i>	195
4.4.2.6. Evaluación de la estrategia alimentaria	204
4.4.3. Resumen de los hábitos alimenticios en las especies estudiadas	208
4.4.3.1. <i>Mullus surmuletus</i>	208
4.4.3.2. <i>Synaptura lusitanica</i>	210
4.4.3.3. <i>Scorpaena scrofa</i>	210
4.4.3.4. <i>Torpedo torpedo</i>	211
4.4.3.5. <i>Uranoscopus scaber</i>	212
4.4.4. Estudio de las estructuras relacionadas con la alimentación	212
4.4.4.1. Índice intestinal (I_i)	212
4.4.4.2. Área bucal	218
4.4.5. Estudio de las relaciones tróficas	223
4.4.5.1. Diversidad alimentaria y amplitud del nicho trófico (índices de diversidad de Shannon (H') y Levin (β_j))	223
4.4.5.2. Índice de solapamiento o similitud trófica (α)	228
4.4.5.3. Determinación de Niveles Tróficos	244
4.5. BIBLIOGRAFÍA	249
5. ESTUDIO DEL CONTENIDO DE METALES	259
5.1. INTRODUCCIÓN	261
5.1.1. Generalidades sobre los metales pesados en el ambiente marino	261
5.1.1.1. Metales pesados y elementos traza	261
5.1.1.2. Fuentes y vías de entrada de los metales pesados en el medio marino	262
5.1.1.3. Comportamiento y lugares de acumulación de los metales en el ambiente	264

5.1.1.4. Generalidades sobre el comportamiento y la ecotoxicidad de cadmio, cinc, plomo, cobre en el medio marino	266
5.1.1.5. Acumulación de metales pesados en organismos marinos	269
5.1.2. Antecedentes de los estudios de acumulación de metales en animales marinos en el medio natural	272
5.1.3. Importancia del medio marino litoral, especialmente en el entorno vecino de las desembocaduras de ríos: desembocadura del Júcar (bahía de Cullera)	275
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	277
5.3. MÉTODOS	279
5.3.1. Procesado de peces y sedimentos previo a la determinación de metales	279
5.3.2. Determinación de las concentraciones de metales	280
5.3.3. Modelación de la bioacumulación	286
5.3.4. Análisis estadístico de los resultados	287
5.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	288
5.4.1. Contenido de metales en sedimento	288
5.4.2. Contenido de Metales en peces	296
5.4.2.1. <i>Mullus surmuletus</i>	296
5.4.2.2. <i>Synaptura lusitanica</i>	301
5.4.2.3. <i>Scorpaena scrofa</i>	306
5.4.2.4. <i>Torpedo torpedo</i>	311
5.4.2.5. <i>Uranoscopus scaber</i>	315
5.4.2.6. Comparaciones entre especies	320
5.4.2.7. Discusión acerca de los patrones de acumulación de metales en peces	323
5.4.3. Modelación de la Bioacumulación	334
5.4.3.1. Análisis espacial de la distribución de metales en el sedimento de la bahía de Cullera.	334
5.4.3.2. Análisis de la acumulación de metales en los contenidos alimenticios	336
5.4.3.3. Determinación de FBA _s y FBA _A .	339
5.4.4. Importancia ecológica y consideraciones de tipo legal	347
5.5. BIBLIOGRAFÍA	350
6. CONCLUSIONES	381
ANEXOS	391
ANEXO I. Datos biométricos de los peces	
ANEXO II. Contenido de metales en sedimento	
ANEXO III. Contenido de metales en peces	
ANEXOS IV. Concentraciones de metales obtenidas por diversos autores en diversas localidades y en diversas especies de peces (µg/g P.S.)	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Fechas de muestreo y número de peces obtenidos por especie	17
Tabla 3.1. Escala de madurez para <i>M. surmuletus</i> , <i>S. lusitanica</i> , <i>S. scrofa</i> y <i>U. scaber</i>	34
Tabla 3.2. Escala de madurez para <i>T. torpedo</i>	34
Tabla 3.3. Lugares de pesca más comunes en la bahía de Cullera	41
Tabla 3.4. Descripción de la muestra	47
Tabla 3.5. Diferencias en la talla con respecto al sexo y a la época del año	48
Tabla 3.6. Distribución de la muestra por tallas	50
Tabla 3.7. Diferencias de IGS con respecto al sexo, la talla y la época del año en <i>M. surmuletus</i>	58
Tabla 3.8. Diferencias de IGS con respecto al sexo, la talla y la época del año en <i>S. lusitanica</i>	60
Tabla 3.9. Diferencias de IGS con respecto al sexo, la talla y la época del año en <i>S. scrofa</i>	62
Tabla 3.10. Diferencias de IGS con respecto al sexo, la talla y la época del año en <i>T. torpedo</i>	63
Tabla 3.11. Diferencias de IGS con respecto al sexo, la talla y la época del año en <i>U. scaber</i>	65
Tabla 3.12. Diferencias de K con respecto al sexo, la talla y la época del año para <i>M. surmuletus</i>	70
Tabla 3.13. Diferencias de IHS con respecto al sexo, la talla y la época del año para <i>M. surmuletus</i>	71
Tabla 3.14. Diferencias de K e IHS con respecto al sexo, la talla y la época del año para <i>S. lusitanica</i>	72
Tabla 3.15. Diferencias de K e IHS con respecto al sexo, la talla y la época del año para <i>S. scrofa</i>	73
Tabla 3.16. Diferencias de K e IHS con respecto al sexo, la talla y la época del año para <i>T. torpedo</i>	73
Tabla 3.17. Diferencias de K e IHS con respecto al sexo, la talla y la época del año para <i>U. scaber</i>	74
Tabla 3.18. Valores morfométricos (media \pm DE) de la sagitta y resultados de las pruebas t-student. LO = largo de la sagitta; AO= ancho de la sagitta	80
Tabla 3.19. Comparación de los valores morfométricos (media \pm DE) de la sagitta entre machos y hembras y resultados de las pruebas t-student. LO = largo de la sagitta; AO= ancho de la sagitta	81
Tabla 3.20. Parámetros de la regresión lineal de los caracteres morfométricos de la sagitta en relación con la longitud total del pez	82
Tabla 3.21. Análisis de edades	83
Tabla 4.1. Factores con influencia significativa en el índice de vacuidad, de acuerdo con la prueba de χ^2	133
Tabla 4.2. Resultados del análisis de la varianza del peso promedio de las presas con respecto de la época del año, la talla, el sexo o la madurez, en las 5 especies del estudio	146

Tabla 4.3. Composición trófica de las especies estudiadas	154
Tabla 4.4. Composición trófica de la dieta de <i>M. surmuletus</i>	156
Tabla 4.5. Composición trófica de la dieta de <i>S. lusitanica</i>	172
Tabla 4.6. Composición trófica de la dieta de <i>S. scrofa</i>	180
Tabla 4.7. Composición trófica de la dieta de <i>T. torpedo</i>	190
Tabla 4.8. Composición trófica de la dieta de <i>U. scaber</i>	197
Tabla 4.9. Índice intestinal de las especies estudiadas	213
Tabla 4.10. Regresiones lineales entre la Longitud total del pez y la longitud del intestino y entre la Longitud total del pez y el índice intestinal (Ii)	216
Tabla 4.11. Valores medios del área de la boca en las especies estudiadas	218
Tabla 4.12. Valores de diversidad alimentaria de Shannon (H'), diversidad máxima (Hmax), índice de diversidad de Levin (β) y homogeneidad de la dieta (J') de Shannon	223
Tabla 4.13. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos en <i>M. surmuletus</i>	229
Tabla 4.14. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos en <i>S. lusitanica</i>	231
Tabla 4.15. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos en <i>S. scrofa</i>	232
Tabla 4.16. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos en <i>T. torpedo</i>	235
Tabla 4.17. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos en <i>U. scaber</i>	236
Tabla 4.18. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener entre especies	237
Tabla 4.19. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos entre <i>U. scaber</i> y <i>T. torpedo</i>	239
Tabla 4.20. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos entre <i>S. scrofa</i> y <i>U. scaber</i>	241
Tabla 4.21. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos entre <i>S. scrofa</i> y <i>T. torpedo</i>	242
Tabla 4.22. Niveles tróficos de las especies estudiadas	245
Tabla 5.1. Niveles de cadmio presentes en los sedimentos marinos de diferentes localidades.	294
Tabla 5.2. Longitud y peso medio en <i>M. surmuletus</i>	297
Tabla 5.3. Longitud y peso medio en <i>S. lusitanica</i>	301
Tabla 5.4. Longitud y peso medio en <i>S. scrofa</i>	306
Tabla 5.5. Longitud y peso medio en <i>T. torpedo</i> .	311
Tabla 5.6. Longitud y peso medio en <i>U. scaber</i>	315
Tabla 5.7. Concentración de metales en el sedimento	336
Tabla 5.8. Concentración de metales en los contenidos estomacales	339
Tabla 5.9. FBA _S en branquias (verano)	339
Tabla 5.10. FBA _A en branquias (verano)	340
Tabla 5.11. FBA _S en hígado (verano)	341
Tabla 5.12. FBA _S en hígado (invierno)	342
Tabla 5.13. FBA _A en hígado (verano)	342

Tabla 5.14. FBA _A en hígado (invierno)	342
Tabla 5.15. FBA _S en músculo (verano)	343
Tabla 5.16. FBA _S en músculo (invierno)	344
Tabla 5.17. FBA _A en músculo (verano)	344
Tabla 5.18. FBA _A en músculo (invierno)	345
Tabla 5.19. FBA _A en contenido estomacal	346
Tabla 5.20. Peso máximo semanal ingerible de carne de pescado dentro de los límites que marca la OMS para el Cd y Pb en alimentación humana, calculados para una persona de 65 kg	349

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Localización del área de estudio	7
Figura 2.2. Perfil de la bahía de Cullera y zona de pesca	9
Figura 3.1. Distribución de las especies en el área de estudio	42
Figura 3.2. Porcentaje de peces en cada lugar de pesca	43
Figura 3.3. Porcentaje de pesca por especie y lugar	43
Figura 3.4. Distribución de cada una de las especies del estudio en el área de pesca de acuerdo a sexo y clase de talla	45
Figura 3.5. Tamaño en el cual el 50% de los individuos han alcanzado la madurez sexual	50
Figura 3.6. Potencial reproductivo de las especies estudiadas	53
Figura 3.7. Distribución de la muestra por sexos a lo largo de los meses de muestreo	54
Figura 3.8. Diferentes estados de madurez de las especies estudiadas (a. <i>S. scrofa</i> I; b. <i>S. lusitanica</i> hembra II; c. <i>U. scaber</i> hembra II; d. <i>U. scaber</i> macho II; e. <i>M. surmuletus</i> hembra III; f. <i>S. scrofa</i> hembra IV)	56
Figura 3.9. Diferentes estados de madurez de <i>T. torpedo</i> (a. hembra II; b. macho II; c. hembra III)	57
Figura 3.10. Evolución temporal de los estados de madurez de <i>M. surmuletus</i> durante el período de estudio	57
Figura 3.11. Evolución temporal de los estados de madurez de <i>S. lusitanica</i> durante el período de estudio	59
Figura 3.12. Evolución temporal de los estados de madurez de <i>S. scrofa</i> durante el período de estudio	61
Figura 3.13. Evolución temporal de los estados de madurez de <i>T. torpedo</i> durante el período de estudio	63
Figura 3.14. Evolución temporal de los estados de madurez de <i>U. scaber</i> durante el período de estudio	64
Figura 3.15. Tallas promedio de reclutamiento de juveniles	67
Figura 3.16. IHS y K en las especies estudiadas a lo largo de la época de muestreo con respecto al IGS	69
Figura 3.17. Relación talla – peso en las especies estudiadas	76
Figura 3.18. Curvas de crecimiento y parámetros de von Bertalanffy	84
Figura 4.1. Representación gráfica del GII (Assis, 1996)	119
Figura 4.2. Diagrama interpretativo del método gráfico de Costello (Costello, 1990) (G – índice gravimétrico; F – frecuencia de ocurrencia)	120
Figura 4.3. Representación gráfica del método propuesto por Tokeshi (1991)	121
Figura 4.4. Índice de vacuidad en los estómagos de las especies estudiadas y variación con respecto a la época del año	131
Figura 4.5. Variación del índice de vacuidad en los estómagos de las especies estudiadas con respecto a la talla, el sexo y el estado de madurez gonadal.	132
Figura 4.6. Peso del contenido estomacal (Wce) e Índice de repleción (IR) para las especies estudiadas	136

Figura 4.7. Variaciones en los índices de Vacuidad y Repleción en las épocas de muestreo	137
Figura 4.8. Variaciones en el peso del contenido estomacal e índice de repleción en <i>M. surmuletus</i> debido a la estacionalidad, talla, sexo y estados de madurez gonadal	138
Figura 4.9. Variaciones en el peso del contenido estomacal e índice de repleción en <i>S. lusitanica</i> debido a la estacionalidad, talla, sexo y estados de madurez gonadal	140
Figura 4.10. Variaciones en el peso del contenido estomacal e índice de repleción en <i>S. scrofa</i> debido a la estacionalidad, talla, sexo y estados de madurez gonadal	141
Figura 4.11. Variaciones en el peso del contenido estomacal e índice de repleción en <i>T. torpedo</i> debido a la estacionalidad, talla, sexo y estados de madurez gonadal	142
Figura 4.12. Variaciones en el peso del contenido estomacal e índice de repleción en <i>U. scaber</i> debido a la estacionalidad, talla, sexo y estados de madurez gonadal	143
Figura 4.13. Peso promedio de las presas	145
Figura 4.14. Peso promedio de las presas en <i>M. surmuletus</i>	147
Figura 4.15. Peso promedio de las presas en <i>S. lusitanica</i>	148
Figura 4.16. Peso promedio de las presas en <i>S. scrofa</i>	149
Figura 4.17. Peso promedio de las presas en <i>U. scaber</i>	150
Figura 4.18. Número promedio de presas por estómago	152
Figura 4.19. Variación del número promedio de presas por estómago y por especie debidas a la época de muestreo, talla, sexo y estado de madurez gonadal.	152
Figura 4.20. Promedio de taxones consumidos por cada especie en la dieta	154
Figura 4.21. Variación del número promedio de grupos taxonómicos consumidos por <i>M. surmuletus</i> debidas a la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal	155
Figura 4.22. Tipos de presas consumidas por <i>M. surmuletus</i> de acuerdo con el índice numérico (N%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (G%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)	159
Figura 4.23. Índice de Importancia Relativa de la dieta de <i>M. surmuletus</i> de acuerdo con la variación estacional	161
Figura 4.24. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>M. surmuletus</i> de acuerdo con las tallas	162
Figura 4.25. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>M. surmuletus</i> de acuerdo con el sexo	163
Figura 4.26. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>M. surmuletus</i> de acuerdo con el estado de madurez gonadal	164
Figura 4.27. Jerarquización y clasificación de las presas en la dieta de <i>M. surmuletus</i> de acuerdo con el índice de importancia geométrica	165

Figura 4.28. Variación del número promedio de grupos taxonómicos consumidos por <i>S. lusitanica</i> debidas a la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal	171
Figura 4.29. Tipos de presas consumidas por <i>S. lusitanica</i> de acuerdo con el índice numérico (IN%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (IG%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)	173
Figura 4.30. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>S. lusitanica</i> de acuerdo con la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal.	174
Figura 4.31. Jerarquización y clasificación de las presas en la dieta de <i>S. lusitanica</i> de acuerdo con el índice de importancia geométrica	176
Figura 4.32. Variación del número promedio de grupos taxonómicos consumidos por <i>S. scrofa</i> debidas a la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal	179
Figura 4.33. Tipos de presas consumidas por <i>S. scrofa</i> de acuerdo con el índice numérico (N%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (G%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)	181
Figura 4.34. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>S. scrofa</i> de acuerdo con la época de muestreo	183
Figura 4.35. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>S. scrofa</i> de acuerdo con la talla	184
Figura 4.36. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>S. scrofa</i> de acuerdo con el sexo	184
Figura 4.37. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>S. scrofa</i> de acuerdo con el estado de madurez gonadal	185
Figura 4.38. Jerarquización y clasificación de las presas en la dieta de <i>S. scrofa</i> de acuerdo con el índice de importancia geométrica	186
Figura 4.39. Variación del número promedio de grupos taxonómicos consumidos por <i>T. torpedo</i> debidas a la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal	189
Figura 4.40. Tipos de presas consumidas por <i>T. torpedo</i> de acuerdo con el índice numérico (IN%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (IG%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)	190
Figura 4.41. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>T. torpedo</i> de acuerdo con la época de muestreo	192
Figura 4.42. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>T. torpedo</i> de acuerdo con la talla	192
Figura 4.43. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>T. torpedo</i> de acuerdo con el sexo	193
Figura 4.44. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>T. torpedo</i> de acuerdo con el estado de madurez gonadal	193
Figura 4.45. Jerarquización y clasificación de las presas en la dieta de <i>T. torpedo</i> de acuerdo con el índice de importancia geométrica	194
Figura 4.46. Variación del número promedio de grupos taxonómicos consumidos por <i>U. scaber</i> debidas a la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal	196

Figura 4.47. Tipos de presas consumidas por <i>U. scaber</i> de acuerdo con el índice numérico (N%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (G%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)	198
Figura 4.48. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>U. scaber</i> de acuerdo con la estacionalidad	200
Figura 4.49. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>U. scaber</i> de acuerdo con la talla	201
Figura 4.50. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>U. scaber</i> de acuerdo con el sexo	201
Figura 4.51. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de <i>U. scaber</i> de acuerdo con el estado de madurez gonadal	202
Figura 4.52. Jerarquización y clasificación de las presas en la dieta de <i>U. scaber</i> de acuerdo con el índice de importancia geométrica	203
Figura 4.53. Estrategia alimentaria en cada una de las especies estudiadas de acuerdo con el método de Costello (1990)	204
Figura 4.54. Resumen de las estrategias alimentarias de las especies estudiadas según el método propuesto por Tokeshi (1991)	206
Figura 4.55. Longitud total del pez con relación a: (a) longitud del intestino y (b) índice intestinal (I _i), en las especies estudiadas	215
Figura 4.56. Área promedio de la boca por talla y sexo en las especies estudiadas	221
Figura 4.57. Regresión entre la longitud total y el área de la boca para las cuatro especies de peces del estudio	222
Figura 4.58. Variaciones en la diversidad (H') y (β_j) y en la homogeneidad (J') debidas a la época de muestreo, tallas y sexos en la dieta de las especies estudiadas	225
Figura 4.59. Dendrograma del análisis de la composición de la dieta de <i>M. surmuletus</i> mediante conglomerados en las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)	230
Figura 4.60. Dendrograma del análisis de la composición de la dieta de <i>S. lusitanica</i> mediante conglomerados en las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)	231
Figura 4.61. Dendrograma del análisis de la composición de la dieta de <i>S. scrofa</i> mediante conglomerados en las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)	233
Figura 4.62. Dendrograma del análisis de la composición de la dieta de <i>T. torpedo</i> mediante conglomerados en las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)	235
Figura 4.63. Dendrograma del análisis de la composición de la dieta de <i>U. scaber</i> mediante conglomerados en las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)	237

Figura 4.64. Comparación del tipo de dieta entre las especies con un índice alto de solapamiento	238
Figura 4.65. Dendrograma del análisis de conglomerados de la composición de la dieta entre <i>U. scaber</i> y <i>T. torpedo</i> según las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)	240
Figura 4.66. Dendrograma del análisis de conglomerados de la composición de la dieta entre <i>S. scrofa</i> y <i>U. scaber</i> según las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)	241
Figura 4.67. Dendrograma del análisis de conglomerados de la composición de la dieta entre <i>S. scrofa</i> y <i>T. torpedo</i> según las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)	243
Figura 4.68. Evolución del nivel trófico por clase de talla en las cinco especies estudiadas	247
Figura 4.69. Relación entre el área de la boca y el nivel trófico	248
Figura 5.1. Distribución de los metales en el sedimento (Verano)	289
Figura 5.2. Perfil vertical de la concentración de metales en el sedimento para el verano.	290
Figura 5.3. Distribución de los metales en el sedimento (Invierno)	291
Figura 5.4. Contenido de metales por órganos en <i>M. surmuletus</i>	297
Figura 5.5. Comparación del contenido de metales en verano e invierno en <i>M. surmuletus</i>	298
Figura 5.6. Comparación del contenido de metales entre machos y hembras en <i>M. surmuletus</i>	299
Figura 5.7. Concentración de metales con respecto al tamaño y a la edad del pez para <i>M. surmuletus</i>	300
Figura 5.8. Contenido de metales por órganos en <i>S. lusitanica</i>	302
Figura 5.9. Comparación del contenido de metales en verano e invierno en <i>S. lusitanica</i>	303
Figura 5.10. Comparación del contenido de metales entre machos y hembras en <i>S. lusitanica</i>	304
Figura 5.11. Concentración de metales con respecto al tamaño y a la edad del pez para <i>S. lusitanica</i>	305
Figura 5.12. Contenido de metales por órganos en <i>S. scrofa</i>	307
Figura 5.13. Comparación del contenido de metales en verano e invierno en <i>S. scrofa</i>	308
Figura 5.14. Comparación del contenido de metales entre machos y hembras en <i>S. scrofa</i>	309
Figura 5.15. Concentración de metales con respecto al tamaño y a la edad del pez para <i>S. scrofa</i>	310
Figura 5.16. Contenido de metales por órganos en <i>T. torpedo</i>	312
Figura 5.17. Comparación del contenido de metales en verano e invierno en <i>T. torpedo</i>	313

Figura 5.18. Comparación del contenido de metales entre machos y hembras en <i>T. torpedo</i>	314
Figura 5.19. Concentración de metales con respecto al tamaño del pez para <i>T. torpedo</i>	315
Figura 5.20. Contenido de metales por órganos en <i>U. scaber</i>	316
Figura 5.21. Comparación del contenido de metales en verano e invierno en <i>U. scaber</i>	317
Figura 5.22. Comparación del contenido de metales entre machos y hembras en <i>U. scaber</i>	318
Figura 5.23. Concentración de metales con respecto al tamaño y a la edad del pez para <i>U. scaber</i>	319
Figura 5.24. Concentración de metales por especie y órgano	321
Figura 5.25. Comparación entre Factores de Bioacumulación (FBA _S y FBA _A) de Cd, Cu, Pb y Zn en branquias	340
Figura 5.26. Comparación entre los Factores de Bioacumulación (FBA _S y FBA _A) en hígado, para invierno y verano	343
Figura 5.27. Comparación entre los Factores de Bioacumulación (FBA _S y FBA _A) en músculo, para invierno y verano	345
Figura 5.28. Factores de Bioacumulación (FBA _S) en los contenidos alimenticios	346

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La biología trófica es la disciplina encargada de relacionar los aspectos biológicos y fisiológicos de las especies con su hábitat, régimen alimentario, tipo de dieta y relaciones bióticas tales como depredación y competencia. En el caso de los peces, mediante este tipo de estudios es posible comprender la dinámica de las relaciones ecológicas que existen entre especies, además de proporcionar algunas bases para poder establecer métodos adecuados que contribuyan a una correcta administración de los recursos pesqueros. No sólo es importante generar este tipo de conocimiento para especies de valor económico, sino también para todas aquellas con las que se relacionan ecológicamente, ya que una alteración en su dinámica podría afectar directa o indirectamente la supervivencia de cualquier especie asociada.

Los estudios que determinan la biología trófica de las especies y el conocimiento de los hábitos alimenticios de éstas, aportan información básica y necesaria para comprender el papel biológico y ecológico que desempeña un organismo dentro del ecosistema, ya que el alimento constituye uno de los factores intrínsecos más importantes porque regulan o afectan su crecimiento y reproducción, así como la forma en que se desarrolla su ciclo de vida; proceso que se da a expensas de la energía que el organismo recibe del exterior (Nikolsky, 1963; Wootton, 1999).

Así mismo, el conocimiento de los hábitos alimenticios de las especies permite evaluar su estatus en la comunidad, es decir su nivel trófico, sus posibles relaciones con otras especies o grupos y proporcionar una idea aproximada de su entorno y, por lo tanto, el efecto que puede producirse en cualquier tipo de uso y gestión del mismo (explotación, manejo, control de calidad del agua, ausencia de presas, introducción de especies exóticas, ausencia de depredadores, etc.). Igualmente, en estudios tendentes a conocer las vías de circulación de un determinado elemento químico o isótopo radioactivo, saber la alimentación de una especie permite rastrear las rutas de circulación y evaluar las tasas de acumulación de dicho elemento (Granado, 1996; Aguirre, 2000).

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo está dirigido a conseguir un mayor conocimiento de la biología, fenología y los hábitos alimenticios de cinco especies de peces bentónicos de interés comercial en el litoral valenciano y de los cuales existe información muy escasa como son el salmonete de roca (*Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758), el lenguado tigre (*Synaptura lusitanica* Capello, 1868), la escorpa (*Scorpaena scrofa* Linnaeus, 1758), la rata (*Uranoscopus scaber* Linnaeus, 1758) y el torpedo común o vaca (*Torpedo torpedo*, Linnaeus, 1758). Así mismo, relacionar la importancia que tienen los aspectos de tipo ecológico y fisiológico en la incorporación de sustancias contaminantes como es el caso de metales pesados y sus patrones de acumulación en diferentes órganos y tejidos.

De esta forma, se busca estudiar los principales aspectos de la biología de las especies seleccionadas en lo referente a sus relaciones biométricas, aspectos básicos de la reproducción, potencial reproductivo, dinámica del reclutamiento y comportamiento de las reservas corporales.

Además, mediante el conocimiento de los hábitos alimenticios se pretende obtener información acerca de la dieta de los peces (aspecto alimenticio), así como el aspecto alimentario, es decir la manera como se alimentan y además relacionar la alimentación con parámetros biológicos y físicos de las especies estudiadas, así como sus ritmos de alimentación. Así mismo, buscamos establecer relaciones inter e intra específicas al comparar las dietas de estas cinco especies.

Finalmente, a través del estudio de las concentraciones de metales pesados en las especies de peces bentónicos seleccionados en este trabajo, obtener un mejor conocimiento del medio marino litoral de la bahía de Cullera y además también se pretende relacionar esta información con los aspectos de tipo ecológico y fisiológico de los peces, que puedan influir en los procesos de acumulación de metales.

El presente trabajo está conformado por seis capítulos y su estructura es de la siguiente forma:

Los dos primeros capítulos reúnen los aspectos generales. En el primero se realiza una introducción general, los objetivos y la descripción del área de estudio y de las especies de peces que hemos seleccionado. En el segundo se tratan aspectos metodológicos generales en lo que se refiere a trabajo de campo, transporte,

conservación y manipulación de las muestras hasta el momento de su análisis. Los capítulos tres, cuatro y cinco constituyen el trabajo investigativo de esta tesis, cada uno de ellos aborda una temática específica del estudio y por tal motivo su estructura conlleva una introducción en la cual se explica el tema que se quiere abordar, los antecedentes bibliográficos de estudio, los objetivos específicos que se persiguen, los aspectos metodológicos concretos donde se explican paso a paso el protocolo seguido en el análisis de las muestras y el tratamiento de los datos. Luego se presentan los resultados obtenidos dentro de cada bloque temático, con sus discusiones y finalmente la bibliografía específica utilizada. El capítulo tres recoge los aspectos de la biología y fenología de las especies estudiadas, el capítulo cuatro se refiere a la dinámica y los hábitos alimenticios de estas especies y en el capítulo cinco se realiza un análisis del contenido de metales pesados en estas especies, centrándose en su relación con el ambiente y con los hábitos alimenticios. Finalmente, el último capítulo corresponde a las conclusiones obtenidas a lo largo de todo el estudio.

2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE MUESTREO Y DE LAS ESPECIES A ESTUDIAR Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1. ÀREA DE ESTUDIO

Este estudio se ha llevado a cabo en la bahía de Cullera, en el término municipal del mismo nombre. Está ubicada a 38 km al sur de Valencia en la comarca de la Ribera Baixa, en la región mediterránea occidental. Se encuentra en una llanura que limita al norte con el pueblo de Sueca y el Mareny de Vilches, del mismo término municipal, al oeste se encuentra la población de Llauri y la de Favara, al sur encontramos la de Tavernes de la Valldigna, mientras que al este tenemos el mar Mediterráneo. Dentro de la bahía se localiza la desembocadura del río Júcar.

La bahía de Cullera está situada entre los 39° 12' y los 38° 59' de latitud N y los 0° 09' y 0° 15' de longitud Oeste, incluyendo de norte a sur las playas de Mareny de Sant Llorenç, el saliente conocido como L'Illa dels Pensaments y las playas Cap Blanc, Racó, Sant Antoni, Marenyet y Brosquil (Figura 2.1).

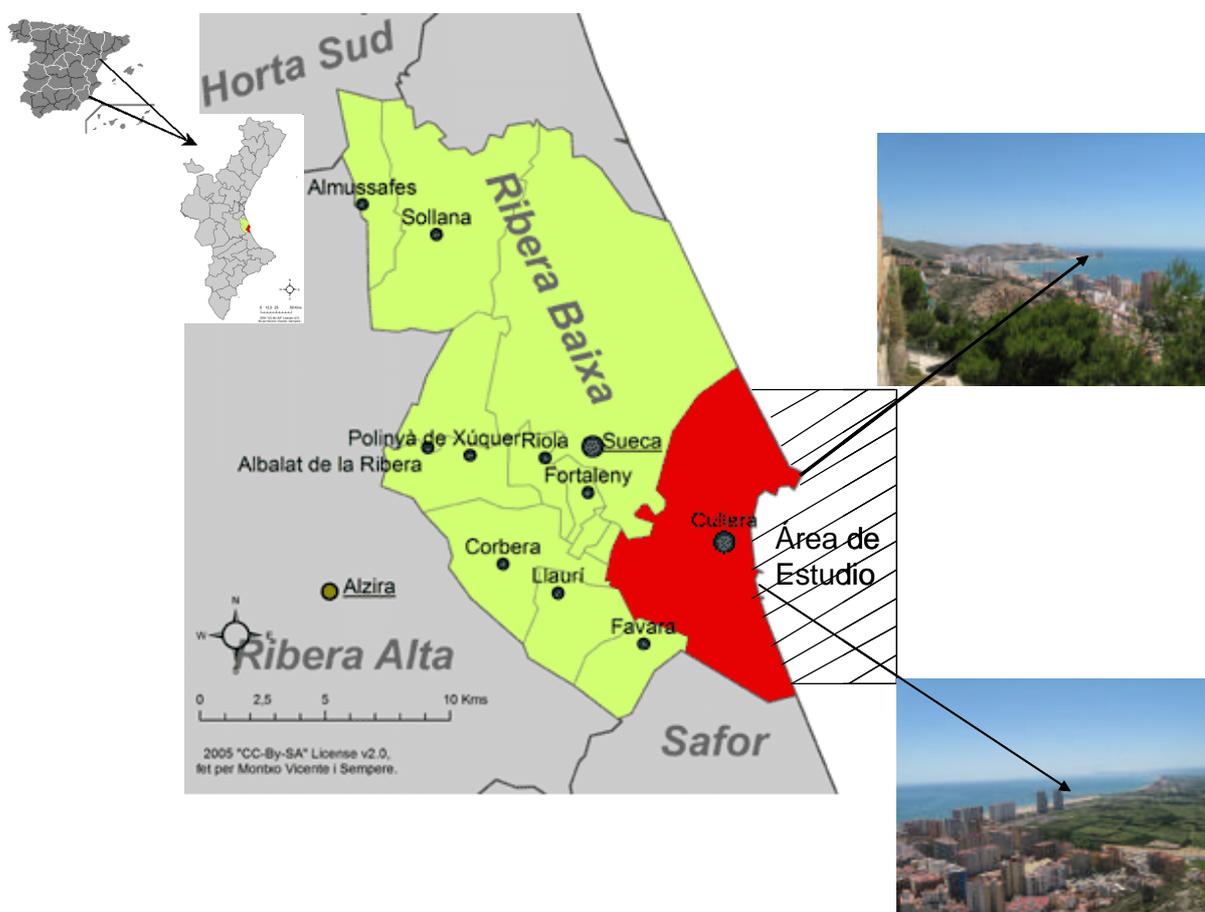


Figura 2.1. Localización del área de estudio

La cuenca del río Júcar tiene una extensión total de 21.613 Km² y en su tramo final presenta un curso meandrizante. En su desembocadura no ha formado ni cono ni delta, dado que los materiales sólidos transportados durante el Holoceno se han depositado en el llano de inundación sin llegar al mar (Sanjaume, 1985).

Su clima está caracterizado por unas precipitaciones relativamente abundantes (651,6 mm en el observatorio de Alzira I. L.) debido en gran parte al efecto de pantalla orográfica que suponen los relieves. Estas lluvias se concentran principalmente en otoño (145,5 mm de media del mes de octubre), y secundariamente en primavera. Las temperaturas son suaves en invierno (12°C de media entre enero y diciembre) y cálidas en el verano (26°C de media en agosto) (Burguet-Moncholí *et al.*, 1988). Los vientos predominantes son de levante (E), principalmente en primavera y verano, aunque ceden su primacía a los ponientes en otoño e invierno (Sanjaume, 1985).

A excepción de la pequeña costa acantilada que constituye el cabo de Cullera, predomina la costa baja y arenosa. La extensión de las playas difiere sensiblemente al norte y sur de la desembocadura del río, siendo más amplias en el extremo norte al sur del cabo de Cullera debido a factores naturales y también antrópicos. Los suministros sedimentarios a este sistema litoral proceden de los aportes fluviales, como pasa en todas las costas valencianas. En este sector, las principales fuentes son el río Turia (en el sector norte) y el río Júcar (al sur de su desembocadura) (Brocal *et al.*, 2005).

Desde una perspectiva morfosedimentaria, el espacio considerado se encuentra dentro de una amplia célula sedimentaria, que engloba todo el sector meridional del golfo de Valencia, caracterizada como sucede en el resto del golfo, por la existencia de una deriva litoral norte-sur. Dicha célula se extiende desde el puerto de Valencia hasta las costas de Denia. A lo largo de todo este sector meridional del golfo de Valencia la capacidad del transporte longitudinal de sedimentos es claramente inferior a la que se da en su sector septentrional, debido fundamentalmente a la orientación dominante de la costa (NNW o NW), menos propensa a generar transporte hacia el sur que la costa del norte del golfo (NNE). Los análisis mineralógicos de las arenas de playa muestran una clara distinción entre los

materiales situados al norte y al sur de la desembocadura del Júcar, lo que prueba que las playas situadas al norte en realidad están formadas mayoritariamente por arenas traídas por la deriva litoral que las desplaza hacia el sur: la mayor parte de ellas proceden originalmente del río Turia, con lo que el Cabo de Cullera actúa como una barrera permeable al paso de los sedimentos que proceden del norte (Brocal *et al.*, 2005). Este tramo costero, debido a la existencia del cabo, presenta variaciones importantes en la orientación de la orilla, lo que provoca una dinámica sedimentaria más compleja que en otras partes del golfo. En algunas de las playas de Cullera la dinámica sedimentaria N-S, en algunos años puede invertirse, dado que el cabo ejerce de pantalla a los temporales procedentes del NE, provocando que en algunos momentos se produzcan desplazamientos de materiales hacia el norte (Brocal *et al.*, 2005)

La economía del sector se basa tradicionalmente en la pesca y en la agricultura (cultivos de arroz y naranjos), pero esta última ha ido cediendo terreno en favor de un importante desarrollo turístico tanto a nivel nacional como internacional.

En la Figura 2.2 podemos observar un perfil de la bahía de Cullera y el área de pesca, destacando algunos lugares de donde provienen las muestras de peces de este estudio.

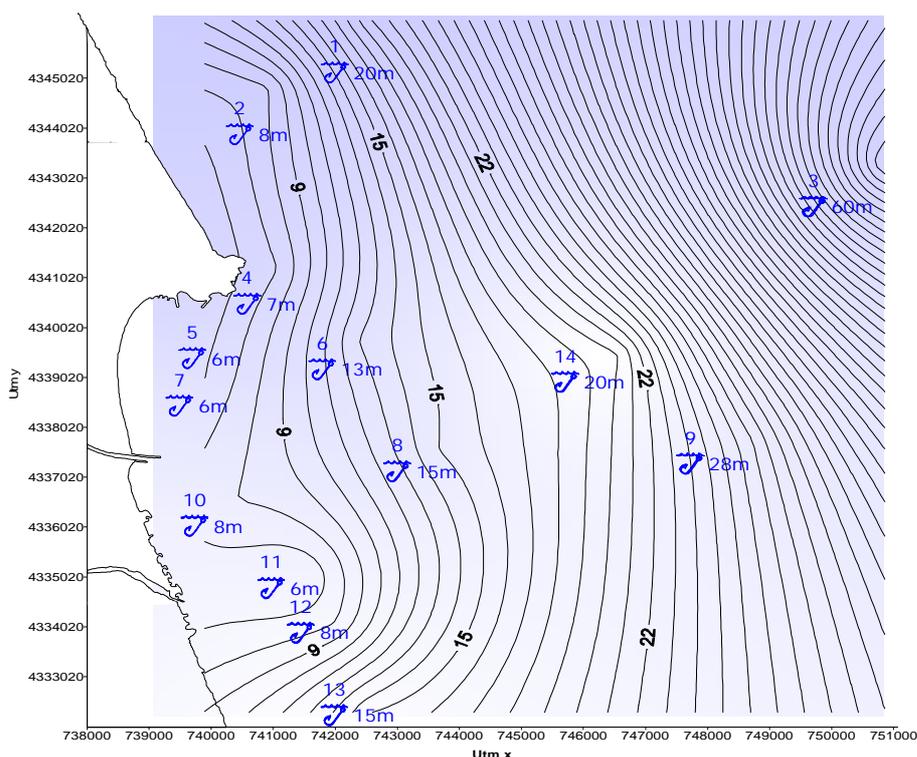


Figura 2.2. Perfil de la bahía de Cullera y zona de pesca

2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

En la bahía de Cullera, especies conocidas como salmonete de roca (*Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758), lenguado tigre (*Synaptura lusitanica* Capello, 1868), escorpa (*Scorpaena scrofa* Linnaeus, 1758) y rata (*Uranoscopus scaber* Linnaeus, 1758) ocupan un lugar importante en las pescas de arrastre y artesanal, las cuales se realizan en el rango de 5 a 100 metros de profundidad. También es común la presencia de una raya eléctrica a la que denominan vaca o tembladera (*Torpedo torpedo*, Linnaeus, 1758), que si bien en la actualidad no tiene interés comercial, la hemos considerado de importancia en el muestreo para hacer un seguimiento de esta especie tan poco conocida. Todas las especies anteriores son demersales. A lo largo de este trabajo, las especies se presentan en orden alfabético y no en orden sistemático.

2.2.1. *Mullus surmuletus*

Familia: Mullidae

Orden: Perciformes

Clase: Osteichthyes



Mullus surmuletus Linnaeus, 1758 vive en aguas marinas, preferentemente en un rango de profundidad entre 5 y 100m. Se distribuye en el Atlántico oriental, en el Mediterráneo y en el Mar Negro. Se encuentra principalmente sobre fondos rocosos (Froese y Pauly, 2008 www.fishbase.org).

Posee un cuerpo alargado y comprimido lateralmente, que alcanza los 30 cm de longitud, con grandes escamas. Cabeza pequeña, de perfil algo oblicuo, con la boca en la parte inferior, que alcanza la parte anterior del ojo, y dos escamas entre el final de la mandíbula y el ojo. Debajo de la mandíbula inferior presenta dos largos barbillones, más largos que las aletas pectorales. La mandíbula superior no tiene dientes y la inferior tiene molariformes; también tiene dientes en el vómer y palatino.

El opérculo es liso. Con dos aletas dorsales bien separadas, la primera con 7 u 8 radios espinosos y la segunda con otros 7 u 8 pero blandos. Aleta anal con 2 espinosos y 6 o 7 blandos. Cola ahorquillada. El cuerpo es de coloración rosácea, con una banda longitudinal parda o rojiza y con tres líneas amarillas; pueden cambiar de color según su estado. En la primera aleta dorsal hay dos bandas oscuras (Menéndez-Valderrey, 2005a).

Según Aguirre (2000), es una especie de ciclo de vida corto, alrededor de 4 a 6 años. La maduración de las gónadas comienza en primavera, aproximadamente un mes antes que *M. barbatus*, observándose hembras desovantes de abril a junio. Los huevos y larvas son arrastrados por las corrientes superficiales hacia la costa. Cuando las postlarvas alcanzan una talla de 50 – 60 mm L_T (julio – septiembre), se trasladan a hábitats bentónicos de la plataforma continental, sobre fondos rocosos y de grava, praderas de *Posidonia oceanica* y ocasionalmente sobre fondos arenosos y fangosos. Este asentamiento tiene lugar en aguas someras (7-15 m) y se observa un paulatino desplazamiento hacia aguas más profundas a medida que los individuos crecen.

El intervalo de distribución batimétrica de *M. surmuletus* va de 0 a 460 m (Lombarte *et al.*, 2000). Aparece frecuentemente entre 50 y 100 m y raramente a profundidades mayores de 100 m (Sánchez *et al.*, 1983; Reñones *et al.*, 1995; Lombarte *et al.*, 2000). Según Aguirre (2000), suele ser menos gregario que *M. barbatus*, durante el día se mueve en grupos pequeños o en solitario. Durante la noche se posan sobre el fondo formando agrupaciones discretas y dispersas.

Se alimentan de pequeños crustáceos, moluscos, equinodermos y anélidos (Gharbi y Ktari, 1979; N'Da, 1992; Labropoulou *et al.*, 1997; Aguirre, 2000).

Esta es una de las especies más apreciadas comercialmente y es objeto de una pesca intensa. De las cinco especies estudiadas en este trabajo, el salmonete de roca es la especie que cuenta con mayor información bibliográfica acerca de su biología, reproducción y alimentación.

2.2.2. *Synaptura lusitanica*

Familia: Soleidae
Orden: Pleuronectiformes
Clase: Osteichthyes

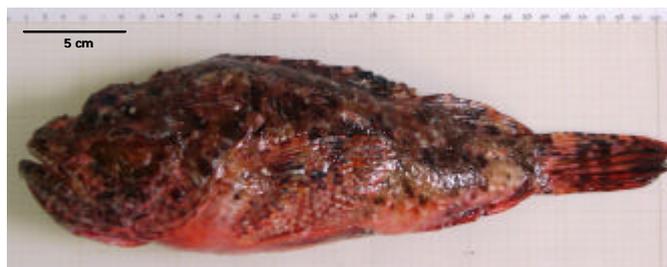


Synaptura lusitanica Capello, 1868 vive en aguas marinas y salobres, sobre fondos arenosos, alcanzando un rango de profundidad máxima de 60m. Se distribuye por el Atlántico oriental desde Portugal hasta el Congo y por el Mediterráneo, principalmente en las costas de España. No se conocen muchos datos acerca de su alimentación y reproducción (Froese y Pauly, 2008 www.fishbase.org).

Cuerpo ovalado, fuertemente comprimido y el perfil anterior de la cabeza, redondeado. Boca pequeña y semicircular, situada en el borde inferior del cuerpo. Los ojos son pequeños y se encuentran en el lado derecho de la cabeza. La línea lateral es recta y recorre ambos lados del cuerpo con 100 a 123 escamas. Aleta dorsal con 73 - 83 radios blandos, la anal con 57 - 67 y la pectoral con 6 - 10. La aleta caudal confluyente con la dorsal y la anal. Color marrón oscuro, con manchas negras que tienden a formar series longitudinales, las manchas más grandes están a lo largo de la línea lateral (Corbera *et al.*, 2000; ETI-UNESCO, 2001 y Froese y Pauly, 2008 www.fishbase.org)

2.2.3. *Scorpaena scrofa*

Familia: Scorpaenidae
Orden: Scorpaeniformes
Clase: Osteichthyes



Scorpaena scrofa, Linnaeus, 1758 vive en aguas marinas y salobres en un rango de profundidad entre 20 y 500m, aunque no es raro encontrarlo en cavidades

oscuras a pocos metros y en los litorales rocosos a partir de 10 m de profundidad. Se distribuye por el Atlántico oriental desde las islas Británicas hasta Senegal incluyendo Madeira y las islas Canarias y por todo el Mediterráneo. Se caracteriza por tener espinas fuertes, su comportamiento es solitario y sedentario, permaneciendo sobre fondos rocosos y arenosos (Corbera *et al.*, 2000; Froese y Pauly, 2008 www.fishbase.org).

Pez robusto, de 30 a 50 cm de longitud, de cabeza grande, cubierta de espinas y apéndices dérmicos, con una fosa nugal no muy pronunciada. La boca es muy grande, con dientes en ambas mandíbulas. Con apéndices en la mandíbula inferior y encima de la boca. Los ojos, ovalados, sin apéndices supraorbitales. Hay 3 o 4 espinas preorbitales y otras 2 – 4 supraorbitales; el opérculo también es espinoso. La aleta dorsal está formada por 12 radios duros y 9 – 10 blandos y la anal por 3 duros y 5 o 6 blandos. Tiene entre 35 y 45 escamas sobre la línea lateral y la cabeza está desnuda sin escamas. Color variable, aunque suele ser rojo o rosado moteado. Entre los radios 6º y 11º de la dorsal presenta una mancha oscura (Menéndez-Valderrey, 2005b).

Es una especie bentónica con una marcada preferencia por los fondos rocosos. Es de costumbres nocturnas, solitario y durante el día se puede observar inmóvil sobre el sustrato. Se alimenta de peces pequeños, crustáceos y moluscos. La época de reproducción se centra entre los meses de mayo y agosto, y los huevos son planctónicos. Se pesca con trasmallo, palangre de fondo y redes de arrastre, siendo su carne muy apreciada (Calvín, 2000; Corbera *et al.*, 2000).

2.2.4. *Uranoscopus scaber*

Familia: Uranoscopidae

Orden: Perciformes

Clase: Osteichthyes



Uranoscopus scaber Linnaeus, 1758 vive en aguas marinas, oculto en fondos arenosos o fangosos entre 10 y 90 m de profundidad, pudiendo alcanzar hasta los

160 m. Se distribuye por el Atlántico oriental y por el Mediterráneo. Se caracteriza por tener espinas fuertes, además de estar equipado con un aparato acústico que genera pulsos tanto acústicos como eléctricos. Pez de cuerpo robusto, de unos 30 cm de longitud, con una cabeza grande, ancha y aplanada posteriormente y con los ojos en la parte superior, tras lo cuales tiene unos órganos eléctricos. El cuerpo se estrecha hacia la parte posterior, por lo que el aspecto general es similar al de un cono. Cuerpo recubierto de escamas cicloides pequeñas, distribuidas en filas oblicuas y que faltan en la región ventral. Aparecen de 76 a 90 escamas en la línea lateral, la cual recorre el cuerpo cerca del dorso. La boca tiene la mandíbula inferior más prominente que la superior, ambas con fuertes dientes y la primera con un apéndice largo. Opérculos grandes, dentados con una espina en la parte posterior. La primera aleta dorsal tiene 3 o 4 radios espinosos y la segunda 13 o 15 blandos. Aletas pectorales anchas, situadas bajo el comienzo de la primera aleta dorsal. La aleta anal de igual longitud a la 2ª dorsal, con un radio espinoso y 12 a 14 blandos. Color marrón con el dorso más oscuro y vientre blanquecino con manchas blancas y oscuras (Corbera *et al.*, 2000; Menéndez-Valderrey, 2005d).

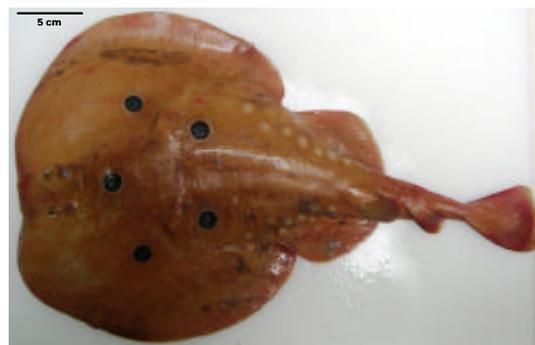
La época de reproducción ocurre entre abril y agosto (Froese y Pauly, 2008 www.fishbase.org). Se alimenta de peces y crustáceos, presas que caza permaneciendo al acecho, enterrado en la arena, no dejando fuera nada más que los ojos y el apéndice bucal móvil (Calvín, 2000). Es común en las pescas de arrastre que se realizan entre 30 y 80 metros de profundidad, en las costas mediterráneas; sin embargo Sanz (1985), asegura que su abundancia es escasa.

2.2.5. *Torpedo torpedo*

Familia: Torpedinidae

Orden: Torpediniformes

Clase: Chondrichthyes



Las rayas eléctricas o torpedos están presentes en la mayoría de los océanos y en algunas regiones se utilizan ejemplares para investigaciones biológicas y biomédicas, sin embargo, prácticamente no se conoce nada acerca de su ciclo de vida, edad, tasa de crecimiento, parámetros reproductivos o características demográficas (Neer y Cailliet, 2001).

La familia Torpedinidae está representada por un género, *Torpedo*, el cual tiene dos subgéneros (*Torpedo* y *Tetronarce*) y en estas latitudes las tres especies principales son: *Torpedo (Torpedo) torpedo*, Linnaeus, 1758; *Torpedo (Torpedo) marmorata*, Risso, 1810; y *Torpedo (Tetronarce) nobiliana*, Bonaparte, 1835 (Abdel-Aziz, S.H., 1994). En la bahía de Cullera normalmente se capturan *T. torpedo* y *T. marmorata*.

T. torpedo vive en aguas marinas en un rango de profundidad entre 2 y 400m (Froese y Pauly, 2008 www.fishbase.org) sobre fondos arenosos, generalmente en aguas costeras (Abdel-Aziz, S.H., 1994). Se distribuye por el Atlántico oriental desde la bahía de Vizcaya hasta Angola y en el Mediterráneo.

Cuerpo aplanado dorsoventralmente, discoidal, puede alcanzar una talla máxima de 60 cm de longitud. Piel lisa, con órganos eléctricos en el dorso. Cabeza achatada, con ojos prominentes, anteriores a los espiráculos. Las aletas pectorales redondeadas, a los lados del cuerpo, las pélvicas aparecen detrás de las pectorales y están unidas a la mitad de la caudal, bien desarrollada. No tiene aletas anales. Tiene dos aletas dorsales en posición posterior. La distancia desde el comienzo de la primera aleta dorsal al punto medio del margen posterior de la aleta caudal es mayor un tercio de la longitud total del pez. Las dos hileras de orificios branquiales son sensiblemente paralelas. Espiráculos circulares u ovals, con pequeñas papilas de longitud variable en sus márgenes (Calvín, 2000; Menéndez-Valderrey, 2005c).

Se distingue por ser de color marrón, con 5 o menos manchas oceladas grandes de color azul oscuro en la región dorsal que pueden generar descargas eléctricas hasta de 200 voltios. Se alimenta de peces pequeños y algunos invertebrados bentónicos. Es ovovivíparo y el período de reproducción ocurre entre marzo y septiembre (Corbera *et al.*, 2000; Froese y Pauly, 2008 www.fishbase.org).

2.3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este apartado describiremos la forma como se han obtenido las muestras en el campo, su transporte hasta el laboratorio, así como el protocolo de trabajo para su conservación y análisis posterior. Dentro de cada uno de los capítulos de resultados se explicará con detalle el protocolo de análisis seguido con las muestras, además del análisis de los datos.

2.3.1. TRABAJO DE CAMPO

El estudio se llevó a cabo en la bahía de Cullera, tomando como centro la desembocadura del Río Júcar, extendiéndose a zonas algo más alejadas en las que operan los barcos de pesca que tienen base en el puerto de Cullera.

La primera actividad que se llevó a cabo en campo fue la de entrar en contacto con los pescadores, para obtener información de las pesquerías de la flota artesanal del Puerto de Cullera. Esta actividad nos permitió analizar los productos de la pesca. Al mismo tiempo se siguió un proceso de recopilación de información bibliográfica de las especies de peces disponibles para el muestreo a fin de establecer sus características biológicas y sus relaciones tróficas. Con todo ello finalmente se seleccionaron y se concretaron los objetivos del trabajo, lo que incluía decidir las especies que se iban a estudiar. Encontramos que en la bahía de Cullera, especies como *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 (salmonete de roca), *Synaptura lusitanica* Capello, 1868 (lenguado tigre), *Scorpaena scrofa* Linnaeus, 1758 (escorpa) y *Uranoscopus scaber* Linnaeus, 1758 (rata) ocupan un lugar importante en las pescas de arrastre y artesanal, también se suele pescar una raya eléctrica a la que denominan vaca o tembladera (*Torpedo torpedo*, Linnaeus, 1758), que si bien en la actualidad no tiene ningún interés comercial, lo consideramos de importancia en el muestreo para hacer un seguimiento de esta especie tan poco conocida. Todas las especies anteriores son demersales y excepto *T. torpedo*, las demás tienen interés comercial.

De esta manera, las muestras utilizadas en el presente estudio provienen de las capturas comerciales de pesca artesanal con trasmallo, desembarcadas en el puerto pesquero de Cullera, con la colaboración de 17 embarcaciones (*Bollo, Concha, Escorpión, Grauro, Hnos. Pellicer, Hnos. Palero, Hortensia, Marisol, Moby Dick, Nuevo Ana, Onremo, Picardies, Tachi, Tahití, Tío i Nebot, Velasco, Victoria*).

Tabla 2.1. Fechas de muestreo y número de peces obtenido por especie

Mes	Especie	No. peces	Total	Fechas de muestreo
Jul/04	<i>M. surmuletus</i>	33	193	1, 2, 7, 12, 14, 15, 19, 21, 26, 27, 28
	<i>S. lusitanica</i>	64		
	<i>S. scrofa</i>	41		
	<i>T. torpedo</i>	17		
	<i>U. scaber</i>	38		
Mar/05	<i>M. surmuletus</i>	5	119	7, 10, 14, 21, 23
	<i>S. lusitanica</i>	79		
	<i>S. scrofa</i>	9		
	<i>T. torpedo</i>	15		
	<i>U. scaber</i>	11		
Abr/05	<i>M. surmuletus</i>	67	200	1, 7, 13, 18, 20, 28
	<i>S. lusitanica</i>	67		
	<i>S. scrofa</i>	18		
	<i>T. torpedo</i>	4		
	<i>U. scaber</i>	44		
May/05	<i>M. surmuletus</i>	58	178	23, 25
	<i>S. lusitanica</i>	84		
	<i>S. scrofa</i>	8		
	<i>T. torpedo</i>	9		
	<i>U. scaber</i>	19		
Jun/05	<i>M. surmuletus</i>	44	113	29
	<i>S. lusitanica</i>	43		
	<i>S. scrofa</i>	8		
	<i>T. torpedo</i>	2		
	<i>U. scaber</i>	16		
Jul/05	<i>M. surmuletus</i>	38	146	6, 26, 28
	<i>S. lusitanica</i>	72		
	<i>S. scrofa</i>	25		
	<i>U. scaber</i>	11		
Oct/05	<i>M. surmuletus</i>	1	78	5
	<i>S. lusitanica</i>	53		
	<i>S. scrofa</i>	6		
	<i>T. torpedo</i>	12		
	<i>U. scaber</i>	6		
Ene/06	<i>M. surmuletus</i>	41	75	23
	<i>S. lusitanica</i>	18		
	<i>S. scrofa</i>	8		
	<i>T. torpedo</i>	7		
	<i>U. scaber</i>	1		

Como podemos observar en la Tabla 2.1, en total se realizaron 30 muestreos, en los cuales se obtuvieron 1102 peces de las especies seleccionadas. El muestreo consistió en la compra directa de distintas tallas de los ejemplares, de las especies seleccionadas, en los barcos que colaboraron en el estudio durante los meses de julio de 2004, marzo, abril, mayo, junio, julio y octubre de 2005 y finalmente enero de 2006 a fin de cubrir todos los periodos estacionales. Según la época de pesca, se contaba con la presencia de un mayor o menor número de embarcaciones, lo cual se refleja en el número de veces de muestreo por mes, así como en la cantidad de ejemplares recolectados. Sin embargo, debemos anotar que siempre se recolectaron todos los peces pequeños, así como los de mayor talla posible, que llegaran a puerto. Los organismos adquiridos eran introducidos en bolsas separadas, convenientemente etiquetadas y se transportaban en neveras plásticas con hielo, para su posterior análisis en el laboratorio.

Por otra parte se llevó a cabo una campaña de obtención de muestras de los sedimentos de la bahía, lo cual se realizó desde una embarcación mediante inmersión, obteniendo con ayuda de un tubo de metacrilato de 20 cm de diámetro, una columna inalterada de sedimentos de unos 25 cm de longitud. Los sedimentos también se transportaron convenientemente refrigerados al laboratorio en bolsas de polietileno. Al igual que las muestras de peces, las de sedimentos también se obtuvieron durante los meses de invierno y verano.

2.3.2. TRABAJO DE LABORATORIO

La identificación de las especies se efectuó con ayuda de claves, entre las que se encuentran: "Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean Sea" (ETI-UNESCO, 2001), "Peces de mar de la Península Ibérica" (Corbera *et al.*, 2000) y "FishBase" (Froese y Pauly (Eds.), 2008 www.fishbase.org).

Tan pronto los peces llegaban al laboratorio se les asignaba un código de identificación y eran medidos y pesados para luego conservarlos congelados hasta el momento de su análisis. De cada organismo muestreado se tomó la longitud total (L_T) ($\pm 0,1$ cm), y el peso total en fresco (W_T) ($\pm 0,05$ g).

El protocolo de análisis de cada pez, previa descongelación del mismo, consistía en realizar una incisión en su cavidad abdominal. Luego se extraían gónadas, hígado, estómago y branquias para ser pesados, además las gónadas, el estómago y todo el tracto digestivo eran medidos. Se determinaba el sexo y el estado de madurez gonadal.

Una vez eran extraídas todas las vísceras, el pez era pesado de nuevo. También se anotaba el peso de la cabeza y el diámetro de apertura de la boca. Del cráneo de cada pez se extrajeron los otolitos *sagittae*, con el fin de determinar la edad del pez. Los otolitos se limpiaron, secaron y guardaron en sobres de papel, registrándose la especie, fecha, número de organismo y ubicación del otolito (derecho, izquierdo).

Para cada individuo se elaboró una ficha que contenía toda su información, con estos datos se elaboraron las matrices de resultados:

- No. de ejemplar
- Especie
- Fecha de recogida
- Barco de pesca
- Coordenadas
- Profundidad de pesca
- Longitud (cm)
- Peso total (g)
- Peso eviscerado (g)
- Sexo
- Estado de madurez
- Longitud del digestivo (cm)
- Longitud del estómago (cm)
- Peso del hígado (g)
- Peso de las branquias (g)
- Peso de las gónadas (g)
- Longitud de las gónadas (cm)
- Peso del estómago lleno (g)

Todos estos parámetros morfométricos fueron utilizados en la caracterización biológica y fenológica de las especies estudiadas. En el capítulo 3 de esta tesis se explica con detalle el protocolo de análisis de estos datos.

En este punto el protocolo podía seguir por dos vías, la primera se refiere al tratamiento de las muestras utilizadas para el análisis de los hábitos alimenticios y de

la dinámica trófica de las especies y la segunda corresponde al tratamiento de las muestras utilizadas en la determinación del contenido de metales.

En los capítulos 4 y 5, correspondientes al estudio de los hábitos alimenticios y al análisis del contenido de metales pesados respectivamente, se explica en detalle el protocolo de obtención de las muestras y el análisis de los datos.

2.4. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Aziz, S.H. 1994. Observations on the biology of the common torpedo (*Torpedo torpedo*, Linnaeus, 1758) and marbled electric ray (*Torpedo marmorata*, Risso, 1810) from Egyptian Mediterranean Waters. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 45: 693-704.
- Aguirre, H. 2000. Aspectos biológicos y ecológicos del salmonete de fango *Mullus barbatus* L. 1758 y del salmonete de roca *Mullus surmuletus* L. 1758, del Mediterráneo Noroccidental. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Cataluña. 261pp.
- Brocal, R.; López-García, M.J.; Pardo-Pascual, L.E. 2005. Análisis de la evolución de la línea de costa en el litoral valenciano mediante SIG e imágenes de satélite. El sector Cullera-Tavernes (1956-1999) pp 73-86. En: Sanjaume, E.; Mateu, J.F. (Eds). 2005. Geomorfología litoral i quaternari: Homenatge al professor Vicenç M. Roselló i Verger. PUV, 497 pp.
- Burguet-Moncholí, I.; Camarasa-Belmonte, A.M.; Navarro-Burriel, L.; Pardo-Pascual, J.; Viñals-Blasco, M.J. 1988. L'Estany Gran de Cullera: Evolución geomorfológica. Cuad. De Geogr. 44: 163-176.
- Calvín, J.C. 2000. El ecosistema marino Mediterráneo. Guía de su flora y su fauna. 2ª edición. Murcia, 797 pp.
- Corbera, J.; Sabatés, A.; García-Rubies, A. 2000. Peces de Mar de la Península Ibérica. Guía de Campo. Ed. Planeta. 312 pp.
- ETI-UNESCO. 2001. Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean. Whitehead, P.J.P.; Bauchot, M.L.; Hureau, J.C.; Nielson, J.; Tortonese, T.(Eds). World Biodiversity Database CD-ROM Series. ETI UNESCO, Amsterdam Paris.
- Froese, R.; Pauly, D. (Eds). 2000. FishBase 2000: Concepts, design and data sources. ICLARM, Manila 344 pp.
- Froese, R.; Pauly, D. (Eds). 2008. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, versión (09/2008).

- Gharbi, H.; Ktari, M.H. 1979. Régime Alimentaire des Rougets (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 et *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758) du Golfe de Tunis. Bulletin Station Océanographique de Salammbô 6: 55-69.
- Granado, C. 1996. Ecología de Peces. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones. Serie: Ciencias. Num.45: 353pp.
- Labropoulou, M.; Machias, A.; Tsimenides, N.; Eleftheriou, A. 1997. Feeding habits and ontogenic diet shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758. Fisheries Research 31: 257-267.
- Lombarte, A.; Recasens, L.; González, M.; Gil de Sola, L. 2000. Spatial segregation of two species of mullidae (*Mullus surmuletus* and *M. barbatus*) in relation to habitat. Marine Ecology Progress Series, 206: 239-249
- Menéndez-Valderrey, J.L. 2005a. "*Mullus surmuletus* (Linnaeus, 1758)". Asturnatura.com (en línea). Num. 22, 07/03/05 (consultado el: 25/11/2008). Disponible en <http://www.asturnatura.com/especie/mullus-surmuletus.html>. ISSN 1887-5068.
- Menéndez-Valderrey, J.L. 2005b. "*Scorpaena scrofa* (Linnaeus, 1758)". Asturnatura.com (en línea). Num. 38, 07/03/05 (consultado el: 25/11/2008). Disponible en <http://www.asturnatura.com/especie/scorpaena-scrofa.html>. ISSN 1887-5068.
- Menéndez-Valderrey, J.L. 2005c. "*Torpedo torpedo* (Linnaeus, 1758)". Asturnatura.com (en línea). Num. 21, 07/03/05 (consultado el: 25/11/2008). Disponible en <http://www.asturnatura.com/especie/torpedo-torpedo.html>. ISSN [1887-5068](http://www.asturnatura.com/especie/torpedo-torpedo.html).
- Menéndez-Valderrey, J.L. 2005d. "*Uranoscopus scaber* (Linnaeus, 1758)". Asturnatura.com (en línea). Num. 48, 07/03/05 (consultado el: 25/11/2008). Disponible en <http://www.asturnatura.com/especie/uranoscopus-scaber.html>. ISSN 1887-5068.
- N'Da, K. 1992. Regime alimentaire du rouget de roche *Mullus surmuletus* (Mullidae) dans le nord du Golfe de Gascogne. Cybium 16: 159-167.

- Neer, J.; Cailliet, G. 2001. Aspects of the life history of the Pacific Electric Ray, *Torpedo californica* (Ayres). *Copeia* (3): 842-847.
- Nikolski, C.V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press, London, 352pp.
- Reñones, O; Massuti, E.; Morales-Nin, B. 1995. Life history of the red mullet *Mullus surmuletus* from the bottom-trawl fishery off the Island of Majorca (north-west Mediterranean). *Marine Biology* 123: 411-419.
- Sánchez, P.; Morales-Nin B.; Martín, P. 1983. The mullets (*Mullus surmuletus* L. 1758. *Mullus barbatus* L. 1758) of the Catalan coast: biological and fishing aspects (mimeo). Int Counc Explor Sea Comm Meet (Demersal Fish Comm) G:27: 1-19
- Sanjaume, S.E. 1985. Las costas valencianas, sedimentología y morfología. Tesis doctoral, Valencia. Universidad de Valencia, 505 pp.
- Sanz, A. 1985. Contribución al estudio de la biología de *Uranoscopus scaber* Linnaeus, 1758 (Osteichthyes, Uranoscopidae) del Mediterráneo occidental. *Investigación pesquera*, 49 (1): 35-48.
- Wootton, R.J. (ed) 1999. Ecology of teleost fishes. Second Edition. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 386 pp.

3. PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y FENOLOGÍA DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

3.1. INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre la biología de las especies aportan información básica que permite inferir sobre aspectos que competen a la dinámica de poblaciones

La biometría estudia las relaciones numéricas existentes entre los caracteres morfométricos, es decir aquellas características propias de la morfología que pueden medirse y expresarse con valores numéricos. Las medidas de los peces son de tipo lineal (longitud total, longitud de la cabeza, diámetro del ojo, etc.), superficial (capacidad de absorción, respiración, etc.) y tridimensionales (volumen, forma, etc.).

Con base en ellas se pueden realizar estudios de la variabilidad a lo largo del desarrollo ontogénico de los ejemplares o establecer diferencias intra e inter-poblacionales, detectando variaciones a nivel de sexo, clase de edad, o de la especie, en distintos ambientes, detectando los efectos ocasionados por variables ecológicas. Si analizamos de manera conjunta dos o más variables corporales se puede establecer si las velocidades de incremento son iguales (isometría) o no (alometría) (Granado, 1996).

Incrementar el tamaño del cuerpo es el resultado de un complejo sistema de vías de transferencia de la energía ingerida a través del alimento; teniendo, el tamaño, un importante efecto sobre los estilos de vida. El pez explota los recursos tróficos disponibles en el sistema y los invierte en metabolismo basal, crecimiento somático y producción de gametos. En función del momento en el ciclo de vida y del estado funcional del sistema acuático, se producirán cambios en las transferencias, predominando el crecimiento, invirtiendo en el desarrollo de la gónada o requiriendo más para su mantenimiento básico. Aunque la tendencia evolutiva en los vertebrados es hacia grandes tamaños, en el caso de los peces este patrón no parece cierto (Granado, 1996).

El término fenología se refiere a aquellos fenómenos biológicos que tienen una periodicidad estacional o que se presentan con un ritmo periódico, como es el caso de la reproducción.

No obstante la gran cantidad de trabajos que tratan sobre la biología de multitud de especies de peces, destaca el hecho que no existen muchos trabajos sobre las especies elegidas para este estudio, aún cuando son peces de interés comercial. Únicamente *Mullus surmuletus* es la especie que cuenta con mayor información bibliográfica acerca de su biología, reproducción y alimentación.

Uno de los primeros trabajos encontrados en el Mediterráneo, sobre el salmonete de fango (*Mullus barbatus*) es el de Suau y Vives (1957) que trata aspectos generales de la biología de esta especie. En el Mediterráneo la mayoría de investigadores estudian *M. surmuletus* y *M. barbatus* conjuntamente (Reñones *et al.*, 1995), ya que algunos autores las consideran como especies simpátricas (Lombarte *et al.*, 2000 y Aguirre y Sánchez, 2005). Los estudios que podemos encontrar sobre estas especies, tanto en el Mediterráneo, como en el mar del Norte se refieren a composición química de los tejidos (Herrera y Muñoz, 1963 y Fernández y Val, 1966); edad, crecimiento y reproducción (Morales-Nin, 1991; Reñones *et al.*, 1995; Machias *et al.*, 1998; Mahé *et al.*, 2005); aspectos biológicos y ecológicos, alimentación y relaciones tróficas (Labropoulou *et al.*, 1997; Mazzola *et al.*, 1999; Aguirre, 2000; Lombarte *et al.*, 2000; Machias y Labropoulou, 2002; Aguirre y Sánchez, 2005); aspectos biológicos y pesqueros (Machias *et al.*, 1998; Lloret y Lleó, 2002; Tserpes *et al.*, 2002; Mahé *et al.*, 2005); relaciones biométricas (Morato *et al.*, 2001 y Mata *et al.*, 2008). Los estudios más completos sobre aspectos biológicos de *M. surmuletus* los han realizado Morales-Nin (1991); Reñones *et al.* (1995) y Aguirre (2000), en el Mediterráneo y Mahé *et al.* (2005) en el canal de la Mancha y mar del Norte.

En cuanto a *Synaptura lusitanica*, los estudios se refieren principalmente a información sobre su distribución y datos de la sistemática para su identificación. Recientemente, Cabral (2000 y 2002) y Cabral *et al.* (2003 a y b) han publicado resultados acerca de su distribución en Portugal, patrones de abundancia, ecología alimenticia, crecimiento y ciclo sexual; aparte de este autor, solamente se cuenta con una referencia, de Mata *et al.* (2008), quienes publicaron las relaciones biométricas de 26 especies de peces demersales en las costas atlánticas españolas, entre las que se encontraba este lenguado.

La información sobre *Scorpaena scrofa* es muy escasa, Harmelin-Vivien (1989) y Bradai y Bouain (1990 y 1991) realizaron estudios sobre reproducción y alimentación de *S. scrofa* y otras especies del género *Scorpaena* en el Mediterráneo. La casi totalidad de estudios publicados sobre el género *Scorpaena* tienen en cuenta otras especies. En el Mediterráneo se encuentran trabajos sobre presencia de *Scorpaena stephanica* (Allué *et al.*, 1981); reproducción y aspectos pesqueros de *Scorpaena notata* (Muñoz *et al.*, 1996 y 2005; Erzini *et al.*, 2003); alimentación de *Scorpaena maderensis* (La Mesa, 2007); relaciones biométricas de *Scorpaena maderensis* y *Scorpaena notata* (Morato *et al.*, 2001). El último trabajo publicado fue realizado por Motomura y Senou (2008) en el Japón sobre la presencia de *Scorpaena brevispina*.

Al igual que lo que ocurre con las 2 especies anteriores, las referencias bibliográficas acerca de *Torpedo torpedo* son escasas, y prácticamente sólo se centran en citas sobre su presencia en diferentes lugares y en las características que permiten su identificación. Prácticamente no se conoce nada acerca de su biología, y dentro de los pocos trabajos existentes podemos destacar a Abdel-Aziz y El-Nady (1993) quienes realizan un estudio acerca de la acumulación de lípidos en el hígado de *T. torpedo*; Abdel-Aziz (1994) en Egipto y Consalvo *et al.* (2007) en aguas italianas aportan datos sobre la biología, reproducción y dieta de *T. torpedo* y *Torpedo marmorata*; y Capapé *et al.* (2006) informan de la presencia de un *T. torpedo* con 9 ocelos al sur de Francia.

En el momento que se realizó esta tesis se contaba con muy pocas referencias sobre *Uranoscopus scaber*, únicamente se hacía alusión a citas sobre su presencia y aspectos generales, así como menciones acerca de su peligrosidad. El trabajo de Sanz (1985) en el Mediterráneo occidental, puede considerarse el primero en aportar datos acerca de la biología de *U. scaber*, más adelante Boundka *et al.* (1998) estudiaron el ciclo sexual y la reproducción de esta especie en aguas de Túnez; Huet *et al.* (1999) publicaron datos sobre algunas particularidades del esqueleto de este pez y su implicación en la captura de las presas; Demirhan *et al.* (2007) aportan algunos datos sobre edad y crecimiento de esta especie en el mar Negro y el último trabajo publicado corresponde a la biología reproductiva de *U. scaber* en el mar Egeo (Turquía) (Çoker *et al.*, 2008).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El estudio de los parámetros biológicos inherentes a cada especie estudiada busca contribuir a un mejor conocimiento de éstas, especialmente en el litoral de la Comunidad Valenciana, donde no se han realizado apenas estudios en este sentido. Los principales objetivos de nuestro estudio son:

- Estudiar la biología de cada especie a partir de caracterizar la muestra compuesta por cinco especies comunes en la pesca artesanal y de arrastre en el litoral Mediterráneo.
- Identificar la población "apta de ser explotada" desde el punto de vista de las tallas pescadas.
- Estimar la distribución de las especies en el área de pesca analizada y obtener una imagen de las poblaciones de peces seleccionadas en este estudio a partir de la descripción respecto a tallas, edades, sexos y estado de madurez gonadal.
- Establecer el potencial reproductivo de cada especie, con el fin de vislumbrar la relación entre la población y el medio, con base en la proporción de sexos.
- Evaluar el desarrollo reproductivo y la madurez sexual de cada una de las cinco especies.
- Estudiar la dinámica de reclutamiento de cada especie, con el fin de aportar información útil para posteriores evaluaciones sobre poblaciones pesqueras.
- Describir relaciones biométricas que permitan conocer aspectos del desarrollo ontogénico de los peces, así como la identificación de variaciones temporales en las reservas corporales debidas a la dinámica alimenticia y el desarrollo gonadal, con base en la medición de diferentes caracteres tales como longitudes, edades y pesos tanto de cada ejemplar como de algunas de sus partes corporales.
- Determinar la edad y la curva de crecimiento para cada una de las especies estudiadas, mediante el análisis y lectura de los otolitos.

3.3. MÉTODOS

En el capítulo 2 de esta tesis, se explicaron los aspectos metodológicos referentes a la toma de muestras y al protocolo de obtención de datos en el laboratorio.

La información proveniente de los datos biométricos y morfológicos de cada especie, nos permitió en primer lugar caracterizar la muestra obtenida, analizar su evolución a través del tiempo y establecer algunas relaciones biométricas que nos ayudaran a explicar aspectos sobre el crecimiento y la biología alimenticia y reproductiva de cada especie. Los datos de estas mediciones se pueden consultar en el Anexo I.

3.3.1. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA EN LAS ÁREAS DE PESCA

Se elaboraron mapas con las principales zonas de pesca del área de estudio a fin de establecer diferencias entre especies, sexos, tamaños y épocas.

3.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Se puede obtener una imagen del tipo de población que conforma cada una de las especies estudiadas mediante el análisis del tipo de individuos y su distribución por tallas, sexos y estados de desarrollo gonadal a lo largo de las épocas en que fueron pescados.

El primer dato a tener en cuenta es el de la clasificación por tallas para obtener información acerca del crecimiento, es decir el cambio de tamaño (longitud y peso) con relación al tiempo. Según Granado (1996) el tamaño de los vertebrados es algo prefijado, excepto en peces, que depende de factores ambientales (bióticos y abióticos); y se denomina indeterminado o continuo.

La longitud y el peso son atributos clave y las variables más habituales en cualquier estudio. En el caso de la longitud se tomó la longitud total. Esta medida

parte desde el rostro del pez, y se toma hasta la distancia de la proyección de ambos lóbulos de la aleta caudal plegados (Granado 1996). Adicionalmente se anotaron las longitudes de algunos órganos (gónadas, aparato digestivo y estómago). Las medidas se realizaron en milímetros con un nivel de precisión de dos cifras.

Con relación al peso, éste fue medido en gramos con un nivel de precisión de cuatro cifras. Se tomó el peso total y el peso eviscerado (sin gónadas ni vísceras), además de tener en cuenta el peso de ciertos órganos como fueron las gónadas, el hígado, el estómago y el aparato digestivo.

A partir de las medidas de longitud y peso es posible desarrollar índices y relaciones de gran interés en la biología de las especies como son las relaciones biométricas, la relación longitud-peso, índice de condición, gonadosomático y hepatosomático.

3.3.3. PROPORCIÓN DE SEXOS Y POTENCIAL REPRODUCTIVO DE LAS ESPECIES

Según Granado (1996), el potencial reproductivo de una especie refleja la relación de ésta con el funcionamiento del ambiente, dando una idea del estado expansionista de la población. Está basado en la proporción de hembras y machos, de tal forma que si el índice da un valor alto es un indicativo que la especie no tiene interés en incrementar sus efectivos poblacionales y la situación contraria puede determinar una visión expansionista. Los valores alrededor de la unidad corresponden a poblaciones equilibradas. También debe tenerse en cuenta que la relación de sexos puede variar en las distintas etapas de desarrollo y por clases de edad.

3.3.4. DESARROLLO REPRODUCTIVO Y MADUREZ SEXUAL

Junto a la determinación de la proporción de sexos, los cambios en la fase de madurez que ocurren durante el año son de enorme importancia para adquirir un conocimiento completo de la biología general de una población, además de

proporcionar conocimientos fundamentales de la biología de la reproducción (Holden y Raitt, 1975).

En los peces, la diferenciación entre los sexos, mediante un examen superficial, puede ser difícil o imposible entre los individuos pequeños o inmaduros incluso después de observar las gónadas, al abrir su cavidad visceral. Entre los ejemplares que han pasado la fase inmadura virgen, la distinción entre los sexos se puede hacer normalmente a simple vista; en general los ovarios son tubulares, rosados y granulares, en tanto que los testículos son planos, blancos y sus bordes ventrales presentan con frecuencia una línea ondulada. En algunos casos también se distinguen por el color de las gónadas: los ovarios son rojos y los testículos blancos, gris-pardo (Holden y Raitt, 1975).

En los elasmobranquios el sexo se puede determinar observando las características externas, porque los machos tienen un par de mixopterigios (órganos copuladores, de acoplamiento) visibles desde las primeras fases del desarrollo en el borde interior de las aletas pélvicas.

El término "fase de madurez y reproducción" se emplea para designar el grado de madurez de los ovarios y testículos de los peces. La estimación de estas fases se efectúa normalmente asignando a los individuos características que pueden diferenciarse a simple vista.

Se han ideado y se describen en la literatura muchas claves para determinar el estado de madurez; comprenden diferencias pequeñas entre especies y dentro de una sola especie, dando diversos grados de refinamiento, no obstante esta determinación significa inevitablemente un juicio subjetivo, para lo cual Holden y Raitt (1975) sugieren una escala máxima de 8 puntos, la cual aseguran, es suficiente para casi todas las especies.

Basados en la observación de las fases de madurez de las especies analizadas en este estudio, decidimos ajustar la escala propuesta por Holden y Raitt (1975) en cuatro fases para *M. surmuletus*, *S. lusitanica*, *S. scrofa* y *U. scaber* (Tabla 3.1) y la de *T. torpedo*, en tres (Tabla 3.2).

Tabla 3.1. Escala de madurez para *M. surmuletus*, *S. lusitanica*, *S. scrofa* y *U. scaber*

Fase	Estado	Descripción
I	Inmaduro o Virgen y comienzo de maduración	Órganos sexuales muy pequeños, situados cerca de la columna vertebral. Testículos y ovarios transparentes, incoloros o grises. Huevos invisibles a simple vista. Un poco más adelante en el desarrollo las gónadas adquieren un tono opaco, rojizo, con capilares sanguíneos. Llegan a ocupar hasta la mitad de la cavidad abdominal. Los huevos son claramente visibles a simple vista.
II	Maduro y desove o puesta	Los órganos sexuales ocupan toda la cavidad abdominal. Testículos blancos. Al hacer presión salen gotas de licor seminal, Los huevos son completamente redondos, algunos traslúcidos. Al momento del desove los huevos y el licor seminal salen cuando se presionan ligeramente y casi todos los huevos son traslúcidos.
III	Post-puesta	Ovarios y testículos blandos, flácidos y sanguinolentos; prácticamente no quedan óvulos; color púrpura.
IV	Reposo	Se parece mucho a la fase I, pero se encuentra en los peces grandes. Ovarios y testículos de mayor tamaño que en I; membrana más gruesa y no tan transparente.

Tabla 3.2. Escala de madurez para *T. torpedo*

Fase	Estado	Descripción
I	Inmaduro	En las hembras el ovario apenas se distingue y no contiene huevos, la glándula nidamental es muy pequeña y los oviductos tienen paredes espesas y son blancos. En los machos los mixopterigios son pequeños y flácidos y no llegan al borde posterior de las aletas pélvicas
II	En Maduración	Los huevos blancos son visibles en los ovarios, pero el resto del aparato reproductor se parece al de los animales inmaduros. En los machos los mixopterigios aumentan el tamaño y se extienden hasta el borde posterior de las aletas pélvicas, con la estructura interna visible, pero blanda y no osificada.
III	Maduros	En las hembras maduras los ovarios contienen huevos amarillos, excepto después de la ovulación o al final de la época de reproducción. La glándula nidamental se agranda, los oviductos se distienden. En los machos adultos los mixopterigios llegan bastante más allá del extremo posterior de las aletas pélvicas, la estructura interna es visible, dura osificada.

Paralelo a la evaluación externa del desarrollo gonadal, se determinó para cada individuo el índice gonadosomático o IGS, el cual compara la importancia de las gónadas durante el desarrollo del ciclo reproductor.

Este índice constituye la expresión más utilizada en el estudio del desarrollo gonadal y en la descripción del ciclo reproductivo en los peces. La expresión se basa

en el incremento del tamaño de la gónada a medida que se acerca el momento de la puesta

$$IGS = 100 * W_{gónada} / W_{total}$$

$W_{gónada}$: peso en gramos de ovarios y testículos

W_{total} : peso en gramos del pez

3.3.5. RECLUTAMIENTO

El reclutamiento es el proceso según el cual los peces jóvenes entran en el área explotada y tienen la posibilidad de estar en contacto con las artes de pesca. Según autores como Gulland (1971) y Csirke (1989), el reclutamiento puede ocurrir de dos maneras:

1. Este proceso puede implicar un desplazamiento efectivo, es decir cuando el individuo de una determinada especie se mueve, cuando alcanza una edad relativamente avanzada, desde el área poco profunda de cría a lo largo de la costa, hacia las zonas principales de pesca.
2. El reclutamiento puede significar solamente un cambio de hábito, donde jóvenes y adultos se encuentran en las mismas áreas, siendo pelágicos los más jóvenes, los cuales son reclutados a la fase explotada cuando adquieren un hábitat demersal.

El reclutamiento actúa como uno de los principales mecanismos reguladores de la dinámica de las poblaciones de peces. El nivel de la población puede aumentar rápidamente con un buen reclutamiento o puede reducirse si el reclutamiento no alcanza a cubrir las pérdidas producidas por la mortalidad, y normalmente, estas fluctuaciones ocurren como una respuesta más o menos inmediata a las condiciones imperantes durante o inmediatamente después del desove. Las fases pre-reclutas y los mismos desovantes muestran una alta sensibilidad ante los factores favorables o desfavorables del medio (Csirke, 1989).

Las poblaciones sobreexplotadas se caracterizan por tener una mortalidad total muy alta. En estos casos, el tamaño promedio de los peces que componen la

población suele reducirse, con lo cual la velocidad individual de crecimiento en peso suele aumentar. Pero como la cantidad total de individuos que componen la población está reducida por la sobreexplotación, lo más probable es que la capacidad de crecimiento en peso de la población sea insuficiente para compensar las pérdidas producidas por la pesca, quedando por lo tanto el reclutamiento como única alternativa de crecimiento o recuperación de la población (Csirke, 1989).

Sin embargo, a niveles poblacionales bajos el reclutamiento también se reduce de forma cada vez más rápida, mientras más pequeña es la población desovante. A su vez, en estas circunstancias, todo descenso en el reclutamiento aporta posteriormente pocos elementos desovantes a la población, lo cual hace que los reclutamientos sean bajos, entrándose así en una secuencia de acontecimientos que no hacen sino deprimir cada vez más a la población, siendo ésta una de las principales causas del colapso de muchas pesquerías (Csirke, 1989).

3.3.6. RELACIONES BIOMÉTRICAS

Se calcularon dos tipos de relaciones biométricas, en primer lugar las que miden la variación temporal de las reservas corporales debidas a la dinámica alimenticia y desarrollo gonadal, y por otra parte las relaciones que establecen el tipo de crecimiento de los peces.

En cuanto a la variación de las reservas corporales, se utilizaron los índices de condición (K) y hepatosomático (IHS).

3.3.6.1. Índice de Condición o Índice de Fulton (K)

De acuerdo con Granado (1996) este índice estima las modificaciones temporales del buen estado de los peces bajo las influencias de factores externos (ambiente) e internos (fisiológicos), independientemente de la longitud, es decir el bienestar del pez o "cuanto de gordos están los integrantes de una población".

Este índice varía según las especies, morfología, sexo, edad, estado reproductivo de acuerdo con la madurez gonadal, época del año y el ambiente acuático

$$K = 100 * W / L^3$$

W: peso en gramos del pez

L: longitud en mm del pez

Los peces con un valor alto de K son pesados con respecto a su longitud, mientras que los de valores bajos indican que están más ligeros. Los cambios en el valor de K de los peces pueden indicar una maduración gonadal o cambios en la intensidad de la alimentación (Wootton, 1999).

3.3.6.2. Índice Hepatosomático (IHS)

El IHS corresponde a las variaciones que reflejan procesos de acumulación y utilización de reservas relacionadas con la reproducción e intensidad alimentaria. Responde a la movilización de las reservas energéticas que tienen lugar durante el proceso madurativo de las gónadas (Granado, 1996).

$$IHS = 100 * W_{\text{Hígado}} / W_{\text{eviscerado}}$$

$W_{\text{gónada}}$: peso en gramos del hígado

$W_{\text{eviscerado}}$: peso en gramos del pez sin vísceras

3.3.6.3. Relación talla-peso

En los peces el crecimiento responde a una relación en la cual el peso corporal varía como una potencia de la longitud ($W = aL^b$), donde W es el peso total en gramos del pez, L es la longitud total en milímetros y a y b son constantes, siendo b la constante de alometría. Normalmente el valor de b, en condiciones naturales oscila entre 2,5 y 4 (Granado, 1996).

3.3.6.4. Edad y crecimiento

Dentro de las estimaciones acerca del crecimiento de los peces óseos y la determinación de su edad, los otolitos son las estructuras más utilizadas.

Los otolitos son estructuras de carbonato de calcio inmersas en una matriz orgánica que se localizan en la cámara ótica, generalmente debajo del cerebro, y actúan como un mecanismo de equilibrio. En los teleósteos existen tres pares de otolitos y cada uno de ellos se diferencia en su localización dentro de los sáculos y

además en función, tamaño, forma y ultraestructura. Estos tres pares de otolitos son denominados comúnmente *lapillus*, *sagittae* y *asteriscus*. La anatomía del aparato vestibular y de los otolitos que contiene en su interior, muestra una simetría bilateral, exceptuando algunos peces planos. El aparato vestibular está dividido en tres sacos, estando los otolitos *lapillus* situados anteriormente en la parte superior o lágena, los *sagittae* y *asteriscus* suelen estar situados muy próximos entre sí en la parte inferior, en el sáculo los primeros y en el utrículo los segundos. De los tres pares de otolitos los *sagittae* son los de mayor tamaño y los más utilizados para el estudio de la microestructura. El crecimiento del otolito es continuo y está sujeto a ritmos circadianos relacionados con el metabolismo y sincronizados con factores ambientales externos (Luque y Ramírez, 1996).

El análisis de los anillos de los otolitos se utiliza fundamentalmente para la determinación de la edad y el crecimiento de los peces. Así mismo el estudio de la estructura y morfología de los otolitos es útil en la identificación de las especies y las relaciones biométricas entre las características del otolito y algunas características morfológicas del pez, como es el caso de la talla y el peso, pueden ayudar en los estudios de ecología trófica no solo en la identificación de las presas de un determinado depredador, sino también en el retrocálculo para la determinación de la talla de esa presa.

Otra aplicación fundamental del estudio de los otolitos se da en la biología pesquera para el análisis del reclutamiento y la dinámica de poblaciones, permitiendo estimar el grado de crecimiento, la mortalidad, la distribución de edades y el comportamiento migratorio de una población para la diferenciación de "stocks" (Luque y Ramírez, 1996).

Para el estudio de los otolitos y la determinación de la edad y crecimiento de los peces se extrajeron y analizaron 29 *sagittae* de *M. surmuletus*, 121 de *S. lusitanica*, 40 de *S. scrofa* y 24 de *U. scaber*. Dentro de esta muestra se encontraban representantes de las tallas pequeñas, medianas y grandes.

Su observación se hizo bajo un microscopio estereoscópico, con el fin de registrar las características morfológicas y morfométricas y visualizar los anillos de crecimiento, mediante el conteo de las bandas hialinas y opacas, las cuales revelan

una pauta diferencial que permite determinar la edad del pez. Las relaciones entre la talla y la edad dan una idea de la curva de crecimiento seguida por la especie.

A partir de la interpretación de los otolitos, se elaboraron relaciones edad-talla por sexos y para el total. Se calcularon los parámetros para la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para toda la población y para machos y hembras por separado (Granado, 1996; Sparre y Venema, 1997), de acuerdo con la ecuación:

$$L(t) = L_{\infty} \left[1 - e^{(-k(t-t_0))} \right]$$

Donde:

L(t): longitud del pez a una determinada edad

L_{∞} : longitud máxima que puede alcanzar la especie ó longitud asintótica

e: base de los logaritmos neperianos

k: tasa instantánea de crecimiento

t: tiempo (años)

t_0 : longitud del pez en tiempo 0

Los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy fueron comprobados mediante el algoritmo Marquardt, usando los programas de computador FISAT II (FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools) (Gayaniño *et al.*, 1996) y FISHPARM (Prager *et al.*, 1987).

3.3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Las diferencias significativas en los parámetros biológicos medidos para cada especie en función de la estación del año, el tamaño y el sexo se establecieron mediante comparación de medias, a través del análisis de varianza (ANOVA), previa comprobación del ajuste de los datos a una distribución normal, mediante el test de Kolmogorov-Smirnov.

El análisis de varianza fue aplicado para comprobar la significatividad de las variaciones de la talla de los peces, así como las diferencias en los índices de condición (K), gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS), en función de la estacionalidad y el sexo; y la variación de la talla entre los meses de reclutamiento.

La relación entre la talla y el peso de los peces se determinó mediante un análisis de regresión lineal, usando el peso como la variable dependiente y previa transformación logarítmica de los datos. La significatividad de la regresión fue evaluada mediante un análisis de varianza (ANOVA), probando la hipótesis $H_0: \beta=0$ contra $H_A: \beta \neq 0$ (Zar, 2004). Para comprobar las diferencias significativas que pudiera haber entre sexos ($P < 0,05$), usamos la prueba de t-student para comparar las dos pendientes (b) (Zar, 2004):

$$t = \frac{b_1 - b_2}{S_{b_1-b_2}}$$

Donde:

t: valor del t-student

b: pendiente (1=hembras y 2=machos)

$S_{b_1-b_2}$: error estándar de la diferencia entre los coeficientes de regresión

Finalmente, se evaluó el crecimiento isométrico (b=3) mediante una prueba de t-student ($P < 0,05$), de acuerdo con la ecuación:

$$t = \frac{(b - 3)}{S_b}$$

Donde:

t: valor del t-student

b: pendiente

S_b : error estándar de la pendiente (Sokal y Rolf, 1987).

También se aplicó la prueba de t-student (Sokal y Rolf, 1987; Zar, 2004) para comparar el largo y el ancho de los otolitos sagittae derecho e izquierdo y para comparar estos tamaños entre machos y hembras.

Así mismo se establecieron relaciones entre los caracteres morfométricos de las *sagittae* (longitud y ancho) y la longitud total del pez, mediante un análisis de regresión lineal con el fin de calcular los coeficientes de regresión y el coeficiente de determinación (r^2).

El tratamiento estadístico de los datos se hizo con ayuda de los programas estadísticos para ordenador SPSS 16.0 para Windows (SPSS Inc.) y Statgraphics Centurion XV, versión 15.2.06.

3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA EN LAS ÁREAS DE PESCA

Las zonas más frecuentes de pesca en la bahía de Cullera se relacionan a continuación, ordenadas de norte a sur (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Lugares de pesca más comunes en la bahía de Cullera

Lugar	Nombre	Profundidad (m)
1	Mareny Blau	20
2	Mareny Sant Llorenç	8
3	Faro (norte)	60
4	Faro	7
5	Racó	6
6	Faro (sur)	13
7	Penyeta del Moro	6
8	Frente al río (15 m prof.)	15
9	Frente al río (28 m prof.)	28
10	L'Illa	8
11	L'Estany	6
12	El Silencio	8
13	El Silencio (sur)	15
14	Exterior bahía (20 m prof.)	20

A partir de esta información, se realizaron mapas de contorno con el fin de determinar la distribución de las especies en toda el área de estudio, como se puede observar en la Figura 3.1.

Podemos ver que *M. surmuletus* se pescó en mayor cantidad a una profundidad de 20m, *S. lusitanica* entre 6 y 8 metros, *S. scrofa* tuvo una distribución amplia, encontrándose hasta los 60m de profundidad, *T. torpedo* fue encontrado entre los 6

y los 15 m pero tuvo tendencia a aumentar entre los 7 y 8 m y finalmente *U. scaber* estuvo en un rango que iba de los 6 a los 13 m, siendo más abundante a los 7.

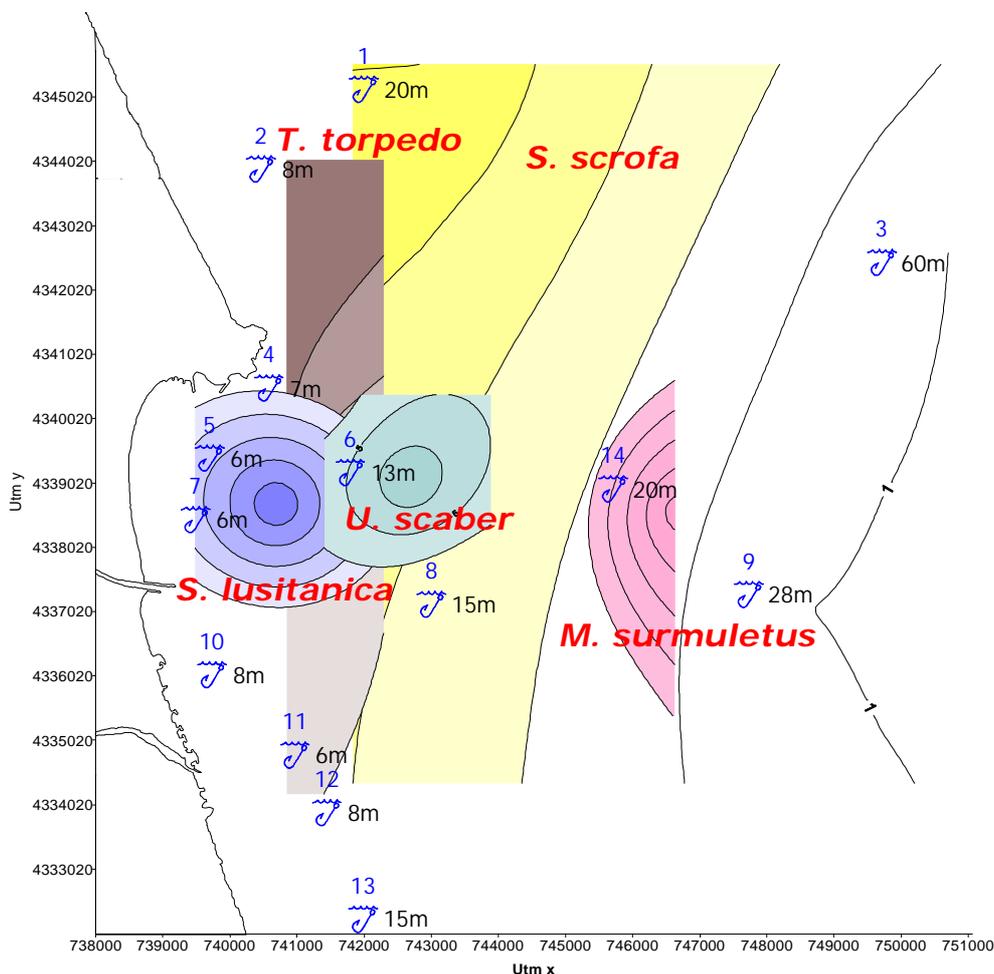


Figura 3.1. Distribución de las especies en el área de estudio

Con relación a fluctuación de la pesca según la estacionalidad, pese a que por el tipo de muestreo no contamos con una cantidad ponderada de la pesca total de cada barco, si fue posible observar que la primavera fue la época de mayor pesca, seguida por el otoño-invierno. *M. surmuletus* se pescó con mayor abundancia en primavera, *S. lusitanica* estuvo presente todo el año, *S. scrofa* fue más abundante en otoño-invierno, al igual que *T. torpedo*, aun cuando esta última se encontró todo el año y finalmente *U. scaber* fue más abundante en verano, seguido por la época de otoño-invierno.

Del lugar del que se obtuvo la mayor cantidad de peces fue del Faro, seguido del Racó, Penyeta del Moro y en el exterior de la bahía, como vemos en la Figura 3.2.

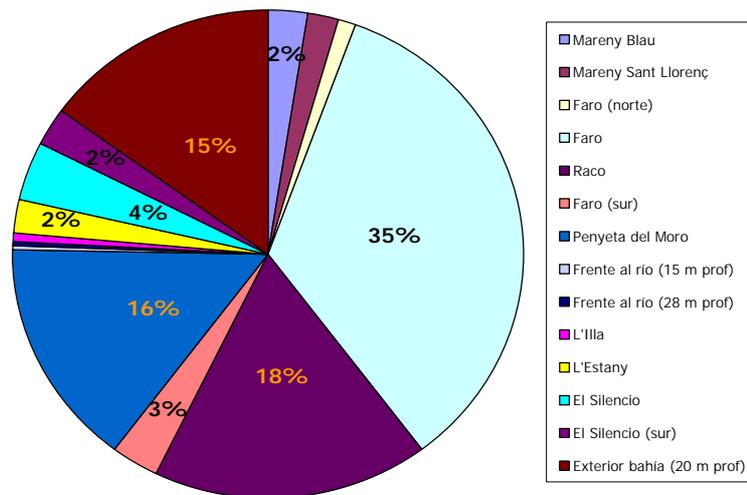


Figura 3.2. Porcentaje de peces en cada lugar de pesca

En la figura anterior podemos observar que los lugares de donde se obtuvo el mayor número de especies fueron frente al Faro y L'Estany, con tres especies cada uno. En el Faro estas especies fueron *S. lusitanica*, *T. torpedo* y *U. scaber* y en L'Estany *S. scrofa*, *T. torpedo* y *U. scaber*, no obstante la diversidad de especies en éste último lugar, el número de ejemplares que provino de allí fue muy escaso.

En la Figura 3.3 se esquematiza el porcentaje de peces, de cada especie, obtenidos por lugar de pesca.

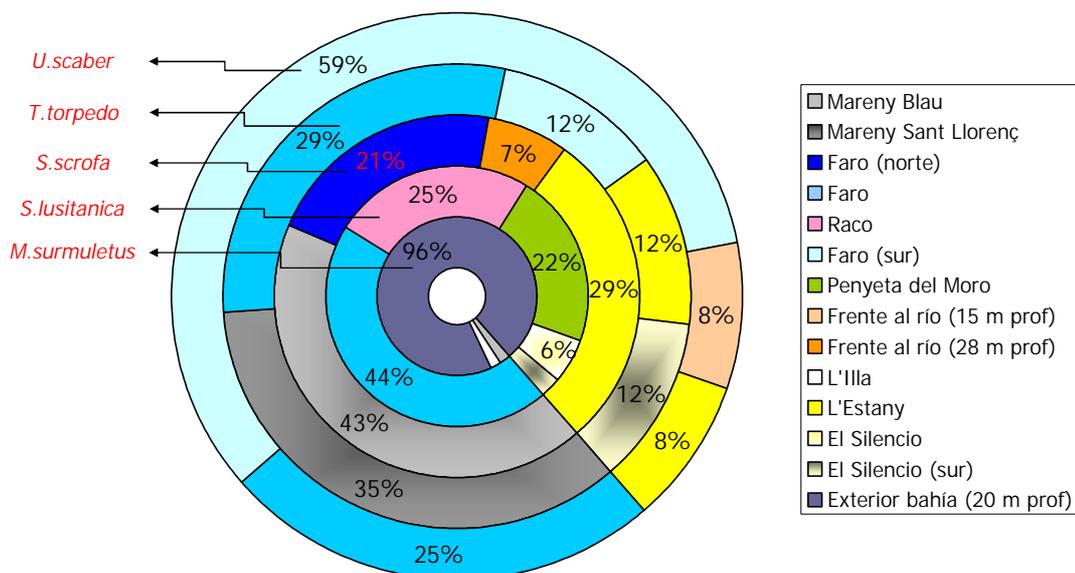


Figura 3.3. Porcentaje de pesca por especie y lugar

Vemos que *M. surmuletus* fue obtenido en un porcentaje muy alto en el exterior de la bahía a unos 20 m, en primavera, algunos ejemplares se capturaron en otras zonas, en especial en otoño-invierno.

S. lusitanica se extrajo principalmente del Faro, seguido por el Racó y la Penyeta del Moro. En esta especie se encontraron menos diferencias entre los lugares de pesca según las estaciones del año.

S. scrofa tuvo tendencia a concentrarse menos en algunos sitios y es por esto que los ejemplares obtenidos provinieron de lugares más diversos como Mareny Blau, L'Estany, al norte del faro y en frente de la desembocadura del río a unos 28 m de profundidad, principalmente en otoño-invierno, excepto para L'Estany en donde se obtuvieron los ejemplares en primavera. Como ya comentamos, el rango de profundidades de donde se extrajo esta especie fue bastante amplio (6-60 m).

T. torpedo también tuvo una distribución amplia, abundando al norte en Mareny de Sant Llorenç y en el Faro y alrededores y por el sur en L'Estany y en El Silencio. Al norte de la bahía la pesca se realizó en otoño-invierno y al sur en primavera.

U. scaber presentó mayor abundancia en el Faro (otoño-invierno) y al sur de éste (verano).

En la Figura 3.4 se presentan los resultados más significativos para cada especie, en cuanto a la distribución en el área de estudio de acuerdo a sexo y clase de talla. De los tres puntos principales donde fue pescado *M. surmuletus*, el mayor porcentaje de juveniles se encontró en el exterior de la bahía, también había un número elevado de individuos de sexo indeterminado.

En el caso de *S. lusitanica* fueron cinco los lugares preferidos para la pesca y es posible ver que en cada una de ellos se encontraron peces de todas las tallas y de ambos sexos, aun cuando el número de hembras fue mayor que el de machos. Este comportamiento fue igual en todas las épocas del año. La clase de talla más abundante fue la II (peces menores de 25 cm).

En cuanto a *S. scrofa* fueron cuatro los lugares de preferencia para la pesca y en ellos predominaron los machos y los individuos de sexo indeterminado. En Mareny Blau, al norte del Faro y frente a la desembocadura del río, las hembras que se encontraron eran de la clase de talla III (>25 cm).

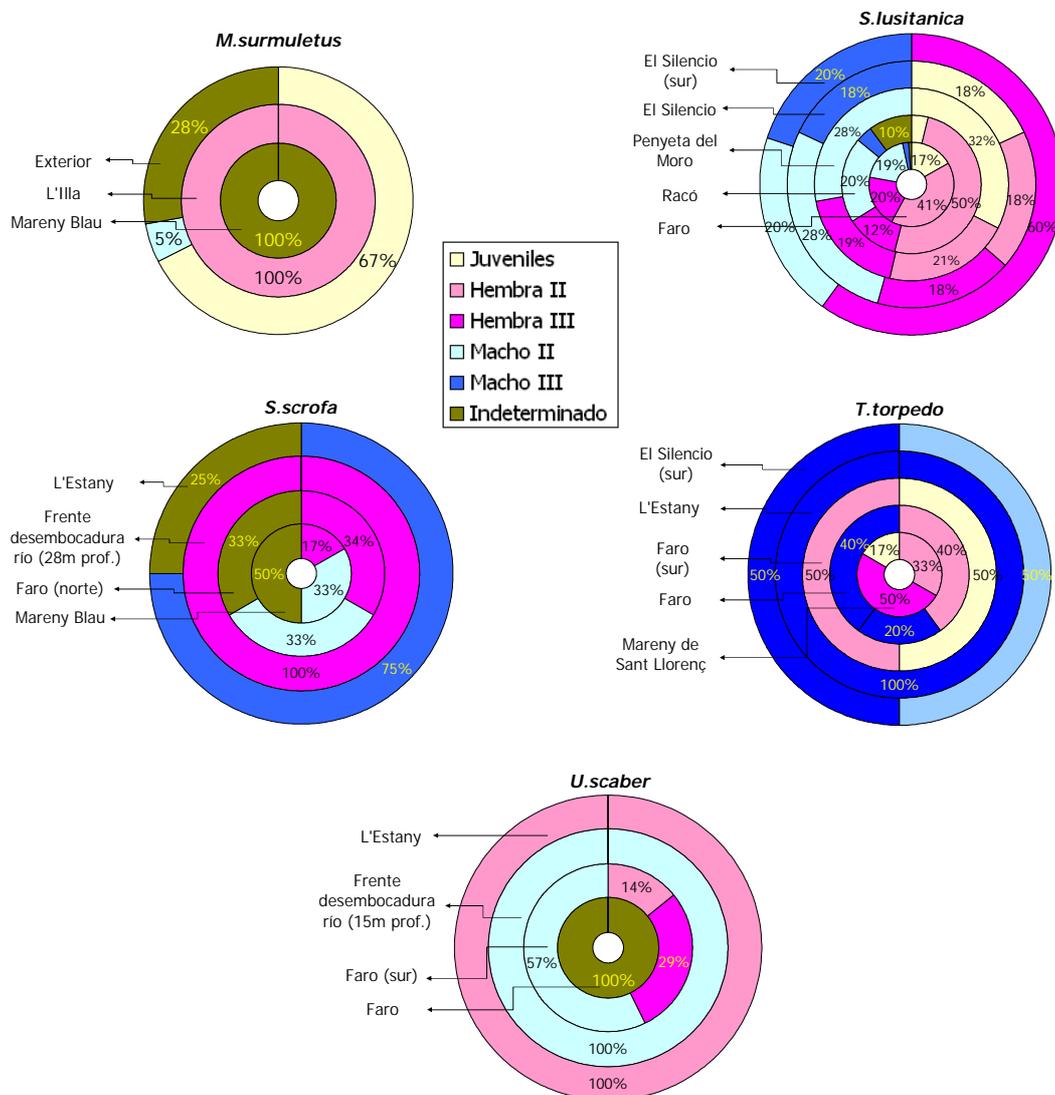


Figura 3.4. Distribución de cada una de las especies del estudio en el área de pesca de acuerdo a sexo y clase de talla

Para *U. scaber*, de los cuatro sitios principales de pesca, sólo hubo uno con machos y hembras, en los demás sólo se capturaron peces de un solo sexo, de tal manera que en los lugares con menor profundidad como son L'Estany y el Faro, se encontraron individuos de sexo indeterminado y hembras de talla media; y a mayor profundidad predominaron los machos de talla media.

Finalmente para *T. torpedo*, al norte de la bahía de Cullera se encontraron hembras y machos de diferentes tamaños, en cambio al sur de la bahía predominaron los machos (especialmente en las pescas de verano).

Según la distribución espacial de la muestra podemos concluir que de las 14 zonas más frecuentes de pesca, los lugares de los cuales se extrajo la mayor cantidad de peces fueron el Faro, el Racó, la Penyeta del Moro y el exterior de la bahía; y de los cuales el Faro tuvo la mayor diversidad de especies. Así mismo, la primavera fue la época de mayor pesca, seguida por el otoño-invierno.

A nivel específico, *M. surmuletus* fue más abundante a una profundidad de 20 m, especialmente en el exterior de la bahía. *S. lusitanica* fue más abundante entre 6 y 8 m de profundidad, principalmente en el Faro, el Racó y la Penyeta del Moro. *S. scrofa* tuvo un rango de distribución más amplio, ya que se pescó a profundidades de hasta 60 m, siendo más abundante en las zonas del Mareny Blau y L'Estany. *T. torpedo* se encontró entre 6 y 15 m, con una mayor abundancia en Mareny de Sant Llorenç y el Faro. Finalmente, *U. scaber* fue capturado con mayor abundancia entre 6 y 13 m de profundidad, especialmente en el Faro.

La mayoría de especies, excepto *S. lusitanica*, presentaron algún tipo de segregación, bien sea por tamaño, sexo o estacionalidad, de tal manera que en *M. surmuletus* los individuos más pequeños abundaron en el exterior de la bahía, en *S. scrofa*, *T. torpedo* y *U. scaber* la segregación fue por sexos, en las dos primeras especies ligada a la estacionalidad y en la última a la profundidad.

3.4.2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA A PARTIR DE LA TALLA DE LOS INDIVIDUOS

El muestreo se realizó en los meses de julio de 2004, marzo, abril, mayo, junio, julio y octubre de 2005 y enero de 2006. En total se estudiaron 1073 peces pertenecientes a las cinco especies anteriormente mencionadas. Los peces de menor tamaño en la muestra corresponden a la talla mínima permitida por el arte de pesca, encontrándose las tallas más pequeñas en *S. scrofa* y en *T. torpedo*. Así mismo, los

ejemplares de mayor tamaño corresponden a *T. torpedo*. La distribución de la muestra, por especie, sexo y rango de tamaño puede observarse en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Descripción de la muestra

	<i>M. surmuletus</i>	<i>S. lusitanica</i>	<i>S. scrofa</i>	<i>T. torpedo</i>	<i>U. scaber</i>
Total	280	476	115	63	139
Hembras	73	313	41	33	70
Machos	79	149	39	30	59
Indeterminados	128	14	35	0	10
LT (mm)	194,3 ± 27,2	232,8 ± 34,0	227,0 ± 56,7	256,2 ± 108,3	229,2 ± 41,0
LT min (mm)	147	145	89	115	139
LT max (mm)	285	343	370	442	355

De acuerdo con la bibliografía las tallas máximas que pueden llegar a alcanzar estas especies son las siguientes:

Especie	Talla máxima	Fuente
<i>M. surmuletus</i>	40 cm (L _S)	Froese y Pauly, 2008* ETI-UNESCO, 2001
<i>S. lusitanica</i>	40 cm (L _T) 35 cm (L _T)	Froese y Pauly, 2008* ETI-UNESCO, 2001
<i>S. scrofa</i>	50 cm (L _T)	Froese y Pauly, 2008*
<i>T. torpedo</i>	60 cm (macho) (L _T) 41 cm (hembra) (L _T)	Froese y Pauly, 2008*
<i>U. scaber</i>	40 cm (L _T)	Froese y Pauly, 2008*

* www.fishbase.org

Todas las especies capturadas para nuestro estudio se encontraron por debajo de estas tallas, sin embargo en el caso de *T. torpedo* la talla máxima fue de 44,2 cm para hembras y 43,0 para machos. Froese y Pauly (2008), aportan datos de tallas máximas para *T. torpedo* de 60 cm, sin embargo no hay más estudios en los que se encuentren dichas tallas. En el propio trabajo de Abdel-Aziz (1994), las tallas máximas encontradas fueron de 41 cm para hembras y 39 para machos.

Se examinaron estadísticamente, mediante análisis de la varianza, las posibles diferencias en la talla de los peces con relación al sexo y a la época del año en que fueron capturados. En general no parece que la talla media de los individuos hubiese variado a lo largo del período de muestreo en ninguna de las especies estudiadas. Sólo se encontraron diferencias significativas de la talla entre machos y hembras en *M. surmuletus* y *S. lusitanica* ya que las hembras fueron considerablemente más

grandes que los machos. Los resultados por especie se pueden observar en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Diferencias en la talla de los peces con respecto al sexo y a la época del año

Especie	Comparaciones	F	g.l.	P
<i>M. surmuletus</i>	Sexo	34,18	1	<0,05
	Época del año	1,47	3	0,23
	Interacción Sexo X Época	1,5	3	0,22
<i>S. lusitanica</i>	Sexo	8,2	1	<0,05
	Época del año	1,23	3	0,3
	Interacción Sexo X Época	0,16	3	0,92
<i>S. scrofa</i>	Sexo	2,93	1	0,18
	Época del año	2,89	3	0,18
	Interacción Sexo X Época	2,17	3	0,22
<i>T. torpedo</i>	Sexo	0,69	1	0,41
	Época del año	1,02	2	0,37
	Interacción Sexo X Época	0,09	2	0,91
<i>U. scaber</i>	Sexo	0,23	1	0,63
	Época del año	1,91	2	0,15
	Interacción Sexo X Época	1,35	2	0,26

En *M. surmuletus* predominaron los machos de tamaños pequeños, sin embargo en la medida que se alcanzaron tallas mayores por encima de los 20 cm predominaron las hembras, además no se encontró ningún macho por encima de los 25 cm.

En *S. lusitanica* y en *S. scrofa* ocurrió de manera similar a *M. surmuletus* pero las diferencias no fueron tan acusadas, y aun cuando las hembras predominaron en los tamaños superiores, los machos también alcanzaron estas tallas, aunque en menor proporción. En *T. torpedo* se encontraron machos de gran tamaño, superando incluso la talla de las hembras. Finalmente, en *U. scaber*, de forma similar que en *M. surmuletus*, no se encontraron machos de tallas grandes.

Con respecto a las referencias que se han publicado en otros trabajos, Reñones *et al.* (1995) a pesar de no hacer comentarios acerca de las diferencias de tamaño entre machos y hembras de *M. surmuletus*, afirma que los machos fueron más abundantes en el rango de talla entre 14 y 17 cm y las hembras predominaron por

encima de los 19 cm. Por su parte, Mahé *et al.* (2005) encontraron que para una misma edad las hembras eran más grandes que los machos; lo cual concuerda con nuestros resultados.

En cuanto a *S. lusitanica*, Cabral *et al.* (2003 b) no encontraron diferencias en las características morfológicas externas de machos y hembras, sin embargo su estudio se centró en la comparación genética de poblaciones de diferentes lugares de la costa portuguesa de manera general y no da muchos detalles acerca de las tallas de los individuos.

Para el caso de *S. scrofa* tampoco se cuenta con referencias de otros trabajos, únicamente Bradai y Bouain (1991) hallaron que la proporción de hembras aumentaba en las tallas mayores. Haciendo una revisión de estudios en otras especies del género *Scorpaena*, Muñoz *et al.* (1996), realizaron un estudio en costas de Cataluña sobre *S. notata* encontrando que los machos alcanzan tallas mayores que las hembras. Sin embargo Muñoz *et al.* (2005) estudiaron el ciclo reproductivo de esa misma especie y en esta ocasión no encontraron diferencias significativas en las tallas de machos y hembras.

En *T. torpedo*, únicamente se encontró que en el estudio de Consalvo (2007), se cita que las hembras fueron de mayor tamaño que los machos. En nuestro caso la muestra se componía principalmente de machos, con lo cual al tener pocos datos, el análisis estadístico no fue significativo.

Las diferencias encontradas en nuestro estudio en *U. scaber* son muy similares a las presentadas por Sanz (1985) en el golfo de Valencia, quien encontró que las hembras ($23,47 \pm 0,22$ cm) eran de mayor tamaño que los machos ($20,06 \pm 0,21$ cm).

La muestra se separó en tres clases de tallas, peces pequeños o juveniles, peces de tamaño medio, es decir, peces adultos que se ajustan al tamaño medio de la población y peces de gran tamaño los cuales han alcanzado la madurez sexual. Esta clasificación por tallas responde a la biología de cada especie y al tamaño en el cual se considera que el 50% de la muestra corresponde a individuos que han alcanzado la madurez sexual (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Distribución de la muestra por tallas

	Clase I	Clase II (150-250 mm)*		Clase III (> 250 mm)		Indeterminado
	Juveniles	Hembras	Machos	Hembras	Machos	
<i>M.surmuletus</i>	170,0	217,8	203,8	271,0		210,4
<i>S.lusitanica</i>	188,6	229,4	221,5	274,6	262,7	241,7
<i>S.scrofa</i>	137,6	222,4	207,3	288,2	295,3	214,9
<i>T.torpedo</i>	134,1	129,7	193,2	212,9	365,3	375,9
<i>U.scaber</i>	142,5	215,9	213,2	291,0	255,0	200,9

**M.surmuletus* alcanza su primera madurez a partir de los 180 mm y *S.lusitanica* a partir de los 200 mm

Según los datos obtenidos en nuestro estudio, el 50% de la población de *M. surmuletus* alcanzaría su primera madurez sexual por encima de los 20 cm (21 cm hembras y 17,5 machos), *S. lusitanica* a los 25 cm (25 cm hembras y 22 machos), *S. scrofa* a los 25 cm (28 cm hembras y 22, 5 cm machos), *T. torpedo* a los 36,5 cm (34,5 cm hembras y 36,5 cm machos); y *U. scaber* a los 23,5 cm (24 cm hembras y 21 cm machos) (Figura 3.5).

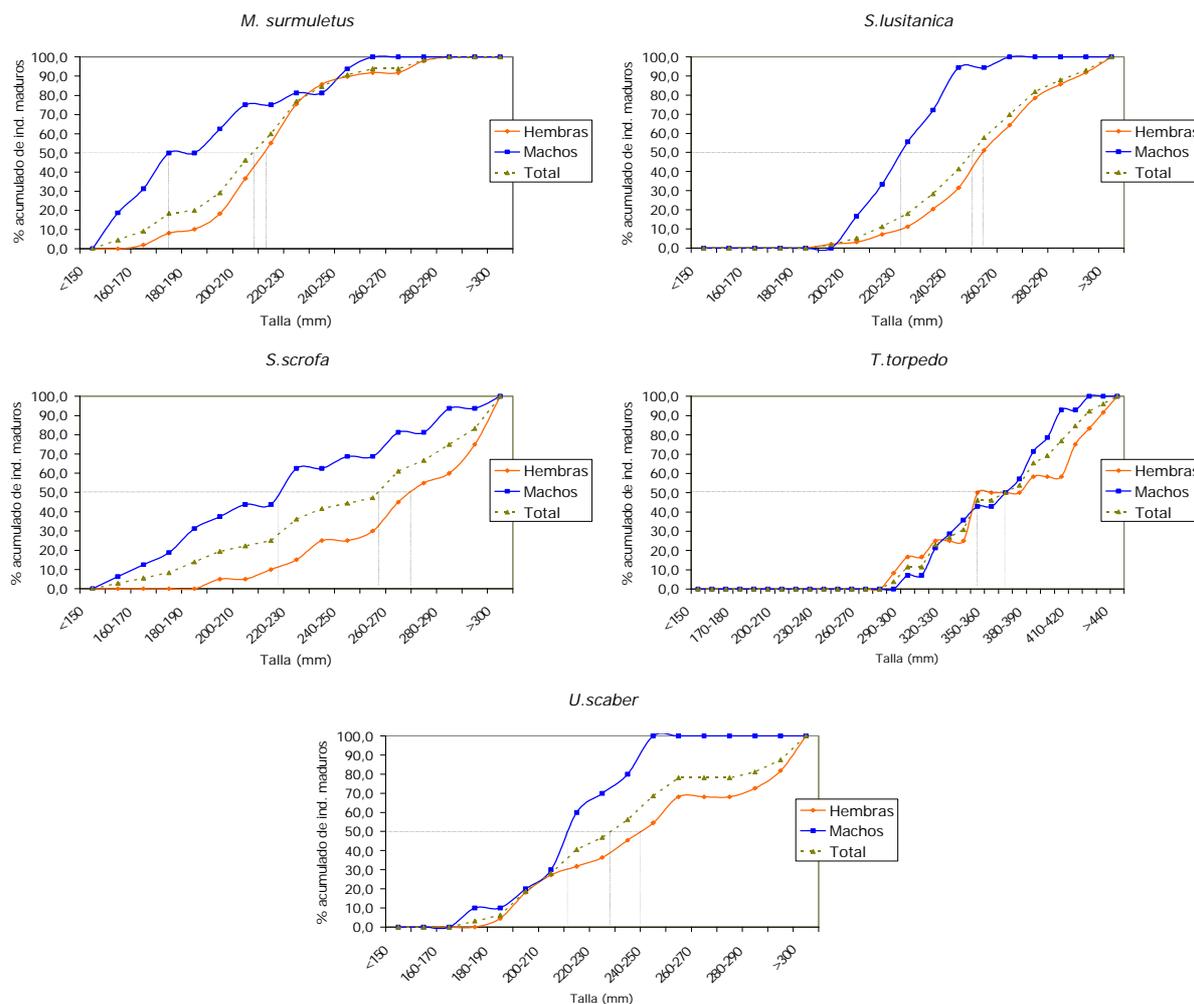


Figura 3.5. Tamaño en el cual el 50% de los individuos han alcanzado la madurez sexual

Podemos observar que los individuos por debajo de los 15 cm fueron todos juveniles. En la mayoría de las especies, el 50% de los individuos han alcanzado la madurez sexual antes de tener un tamaño de 25 cm, por encima de esta talla se considera que la mayoría de los individuos eran adultos y ya habían tenido al menos una reproducción. Excepto en *T. torpedo*, en las demás especies los machos alcanzaron la madurez sexual a menor tamaño que las hembras.

Morales-Nin (1991) realizó un estudio sobre parámetros biológicos del salmonete de roca *M. surmuletus*, en tallas comprendidas entre los 10 y 27 cm. En dicho estudio el 50% de las hembras alcanzaron la madurez sobre los 15 cm, mientras que para los machos fue algo superior. En los trabajos de Reñones *et al.* (1995), y Mahé *et al.* (2005), con *M. surmuletus*, las hembras alcanzaron su primera madurez sexual entre los 16,8 y 17 cm y los machos a los 15 cm, asegurando que por debajo de los 13 cm todos los individuos fueron inmaduros y fue difícil determinar el sexo y por encima de los 26 cm se consideraron individuos adultos maduros. El trabajo realizado por Mahé *et al.* (2005) describe la primera madurez sexual para los salmonetes del mar del norte en 16,9 cm para las hembras y en 16,4 cm para los machos.

No se encuentran referencias en la bibliografía acerca del tamaño al cual alcanzan su primera madurez sexual los individuos de *S. lusitanica*.

Bradai y Bouain (1991) establecieron para *S. scrofa* una talla de madurez de 12,4 cm en hembras y 14,3 en machos, sin embargo en ese estudio no contaron con ejemplares maduros y por lo tanto esta conclusión la obtuvieron a partir de la observación histológica de las gónadas.

En el estudio de Abdel-Aziz (1994) en Egipto, los machos de *T. torpedo* alcanzaron su primera madurez a partir de los 18 cm y las hembras a partir de los 21,8 cm. Consalvo *et al.* (2007) establecieron la talla a la cual las hembras de *T. torpedo* alcanzaron su primera madurez en 25,8 cm y los machos en 24,9 cm.

Boundka, *et al.* (1998) aseguran que las hembras de *U. scaber* pasan de la etapa juvenil a madura entre 13,5 y 15,5 cm y los machos entre 11,0 y 12,5 cm.

Podemos observar que las tallas de madurez alcanzadas por nuestros ejemplares, estuvieron un poco por encima que las registradas en otros trabajos.

Las tallas de los individuos que hemos estudiado estaban comprendidas entre 9 y 44 cm, siendo los peces más pequeños aquellos correspondientes a las tallas mínimas permitidas por el arte de pesca. Así mismo, no encontramos ejemplares que superaran las tallas máximas propias de cada especie. En general, no hay evidencia de la variación de la talla media de los individuos a lo largo del período de muestreo.

En cuanto a las diferencias entre sexos podemos afirmar que la tendencia es que las hembras alcancen tallas mayores, especialmente en *M. surmuletus* y *S. lusitanica*.

Finalmente, en todas las especies, los individuos de talla menor a 15 cm son inmaduros y la talla a la cual el 50% de la población se compone de individuos maduros está alrededor de 25 cm, siendo los machos quienes alcanzan la madurez sexual a menor tamaño.

3.4.3. PROPORCIÓN DE SEXOS Y POTENCIAL REPRODUCTIVO DE LAS ESPECIES

Mediante la proporción de hembras y machos se evaluó el potencial reproductivo para cada especie estudiada, buscando establecer la relación que mantienen con el ecosistema que habitan y su evolución a lo largo de los meses de muestreo, de acuerdo con su clase de edad.

M. surmuletus y *S. scrofa* tuvieron los valores más elevados, reflejando poblaciones estables, le siguen *T. torpedo* y *U. scaber* por encima del 80% y finalmente *S. lusitanica* con un valor más bajo del 50%, lo cual indicaría que esta especie se encuentra en un estado expansionista con un mayor número de hembras que de machos que indica una tendencia a incrementar los efectivos poblacionales como se presenta en la Figura 3.6.

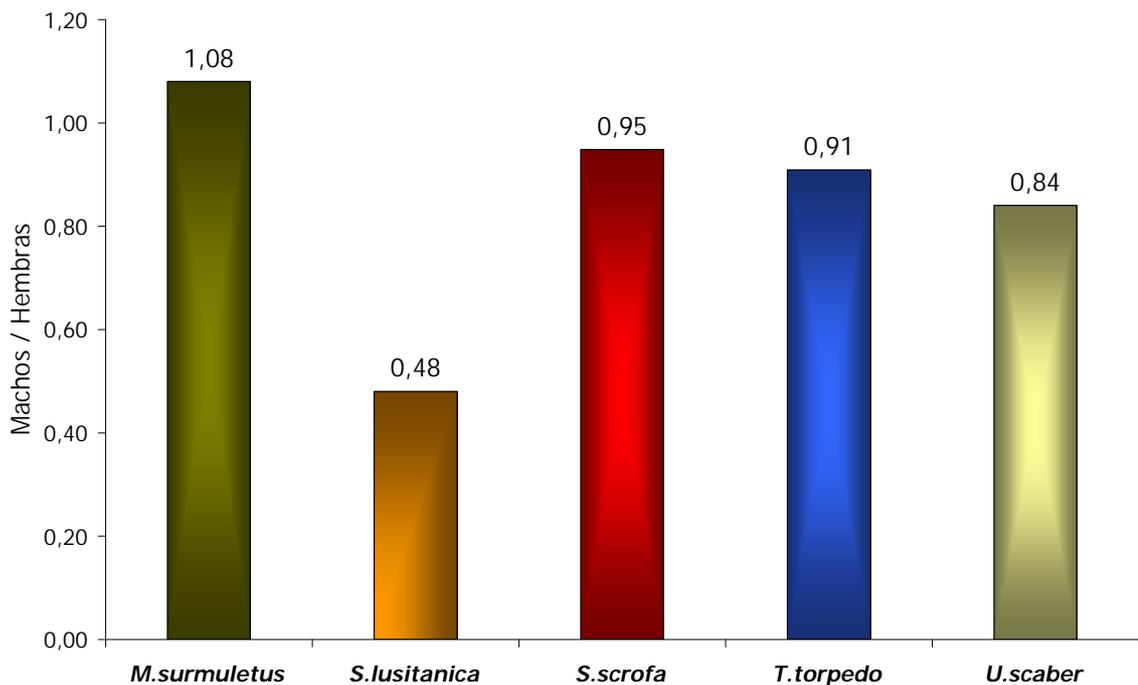


Figura 3.6. Potencial reproductivo de las especies estudiadas

En la Figura 3.7 se analiza esta proporción a lo largo de los meses de muestreo. Podemos observar que en *M. surmuletus* la proporción de hembras con respecto a machos fue muy cercana a la igualdad (1:1,08); hubo una mayor cantidad de hembras en los meses de julio de 2004, marzo, abril y julio de 2005, también destaca un aumento considerable en el número de juveniles entre abril y julio de 2005. Debemos resaltar que en los meses donde parece haber menor cantidad de hembras hubo un porcentaje de peces a los cuales no se les pudo determinar el sexo, lo que nos lleva a considerar que gran parte de estos correspondan a individuos jóvenes que aún no habían dado señales de madurez sexual.

Morales-Nin (1991) encontró una clara preponderancia de las hembras de *M. surmuletus* sobre los machos en aguas de Mallorca. En el estudio de salmonetes del mar del norte realizado por Mahé *et al.* (2005) las hembras fueron el 65% de la población analizada, en casi todos los meses de muestreo excepto en agosto y septiembre de 2004.

En el caso de *S. lusitanica*, la proporción fue de 2,1:1 predominando las hembras con relación a los machos, y el número de juveniles aumentó en julio de

2005. No existen referencias en la bibliografía acerca de la proporción de sexos en otros lugares.

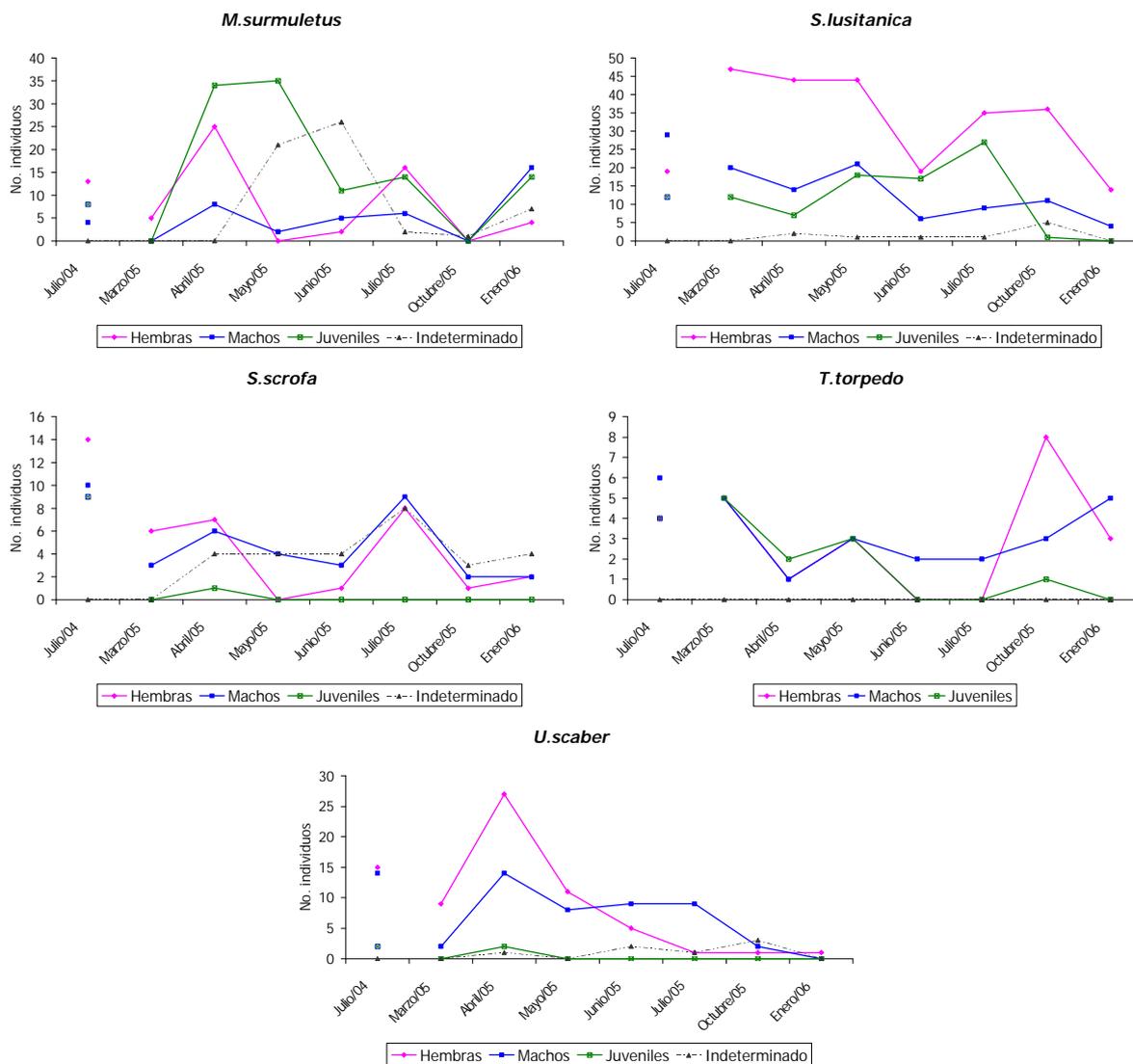


Figura 3.7. Distribución de la muestra por sexos a lo largo de los meses de muestreo

En *S. scrofa* la proporción fue casi de un 50% (1,05:1), se encontraron más hembras en julio de 2004 y entre marzo y abril de 2005. Los machos fueron más numerosos a partir de mayo. Sin embargo, al igual que para *M. surmuletus* hay un número considerable de peces con sexo indeterminado, que podría modificar esta tendencia. Prácticamente no se capturaron juveniles de esta especie. Bradai y Bouain (1991) establecieron para *S. scrofa* una proporción de hembras con respecto a

machos de 1:1,18, asegurando que esta diferencia no era significativa y consideraron la proporción de sexos igual en esta especie.

En cuanto a *T. torpedo*, la proporción de hembras con respecto a machos fue de 1,1:1 la mayoría de peces capturados a lo largo de los meses de muestreo fueron machos, casi la totalidad de las hembras fueron pescadas en los meses de octubre de 2005 a enero de 2006, predominando las hembras en el mes de octubre. Esto podría deberse a una migración de las hembras con el objetivo de permanecer en otras zonas durante una parte del año que correspondería a los meses de gestación. Estos datos son algo diferentes del los aportados en el estudio realizado por Abdel-Aziz (1994) quien examinó 791 individuos, de los cuales el 43,24% fueron hembras. La mayor cantidad de juveniles se presentó en los meses de primavera. En el estudio de Consalvo *et al.* (2007) no se encontraron diferencias significativas en la proporción de hembras y machos; sin embargo, hace referencia a que algunos autores advierten sobre la tendencia de los elasmobranchios a una segregación de sexos de acuerdo a la profundidad, es decir, que los machos tienden a permanecer en zonas más profundas. En nuestro caso, la segregación por sexos parece estar más relacionada con la estacionalidad que con la profundidad, aun cuando harían falta más estudios para confirmar esta apreciación.

En *U. scaber* la proporción de hembras con respecto a machos fue de 1,18:1; hubo más hembras que machos en julio de 2004, marzo, abril y mayo de 2005 y en enero de 2006. Esta proporción se invirtió de junio a julio de 2005. Al igual que lo ocurrido en *S. scrofa*, la presencia de juveniles fue casi nula. En otros trabajos realizados sobre esta especie las proporciones varían con relación a nuestros datos, de tal manera que Sanz (1985) encontró una proporción 1:1 (n=250) en el golfo de Valencia y Boundka *et al.* (1998) encontraron más machos (379) que hembras (304) de un total de 683 individuos capturados en el golfo de Túnez. Además Boundka *et al.* (1998) determinaron que la proporción entre sexos variaba de acuerdo a la talla, es decir que el número de machos fue mayor en tallas pequeñas (8,0 a 11,0 cm), y la proporción de hembras aumenta por encima de los 20 cm.

La proporción de sexos nos da información acerca del potencial de reproducción que tienen las especies, de tal manera que podemos afirmar que las especies que hemos estudiado en este trabajo conforman poblaciones estables, ya que la

proporción entre machos y hembras es equilibrada. Únicamente observamos un desequilibrio en *S. lusitanica*, la cual tenía el doble de hembras que de machos, indicando una tendencia al crecimiento poblacional.

En general para todas las especies podemos observar un aumento en el número de hembras de cara a los meses que coinciden con la maduración sexual y puesta.

3.4.4. DESARROLLO REPRODUCTIVO Y MADUREZ SEXUAL

Mediante el análisis de los cambios en la fase de madurez a lo largo del período de muestreo, se analizaron aspectos de la biología reproductiva de cada especie. Las fases de madurez de los peces en el momento de la pesca, se estimaron según la escala propuesta por Holden y Raitt (1975) y ajustada por nosotros a cuatro fases para los peces como vemos en los ejemplos de la Figura 3.8 y a tres para *T. torpedo* (Figura 3.9).

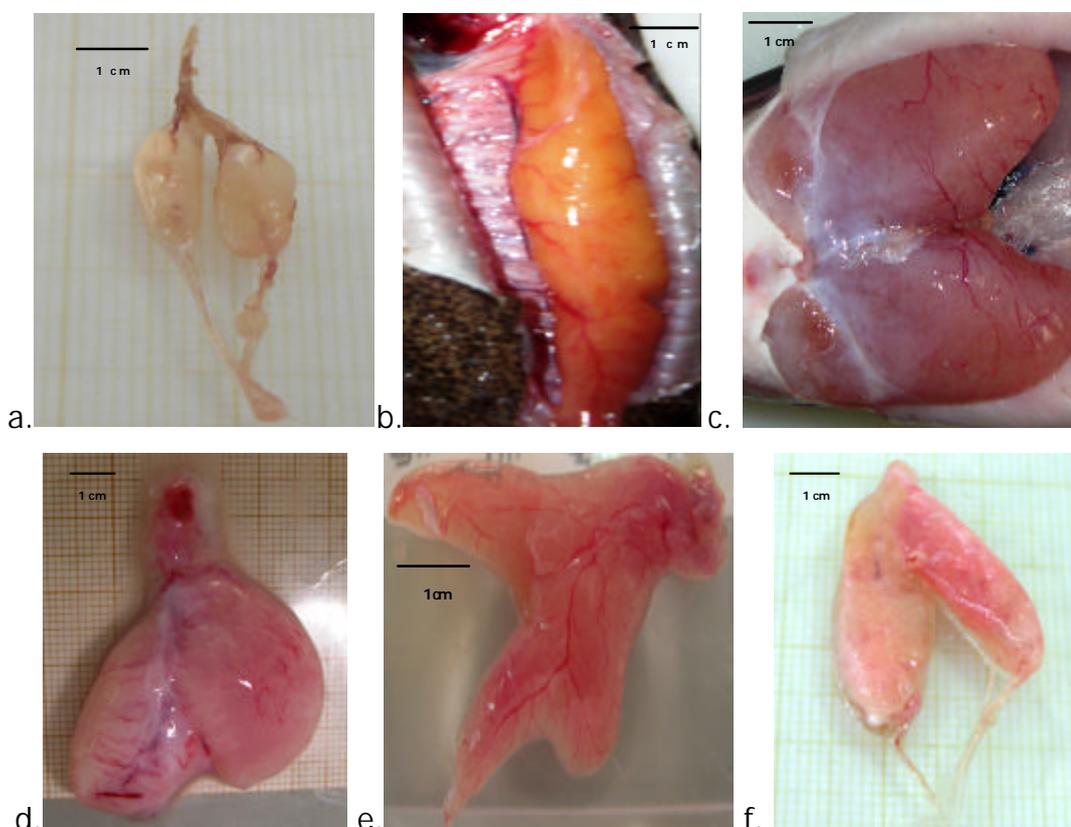


Figura 3.8. Diferentes estados de madurez de las especies estudiadas (a. *S. scrofa* I; b. *S. lusitanica* hembra II; c. *U. scaber* hembra II; d. *U. scaber* macho II; e. *M. surmuletus* hembra III; f. *S. scrofa* hembra IV)

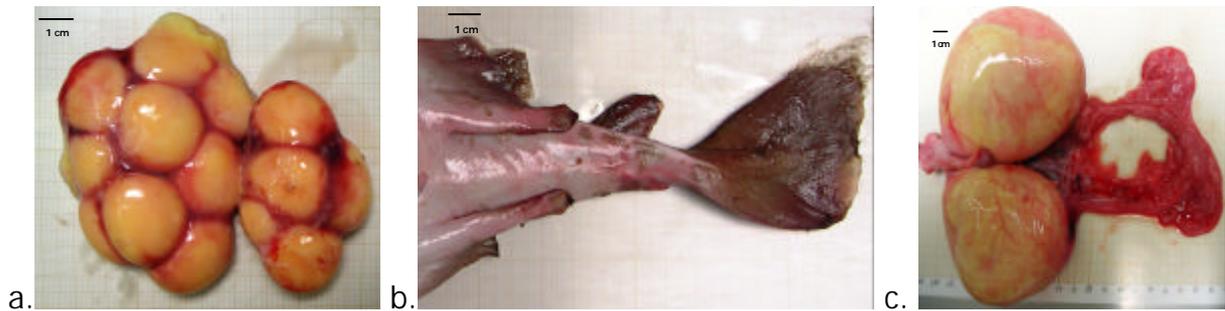


Figura 3.9. Diferentes estados de madurez de *T. torpedo* (a. hembra II; b. macho II; c. hembra III)

Adicionalmente estos resultados se compararon con la evolución del índice gonadosomático (IGS) a lo largo de período de muestreo, el cual puede observarse en las Figuras 3.10 a 3.14.

3.4.4.1. *Mullus surmuletus*

En la Figura 3.10 se representa el ciclo reproductivo de *M. surmuletus*.

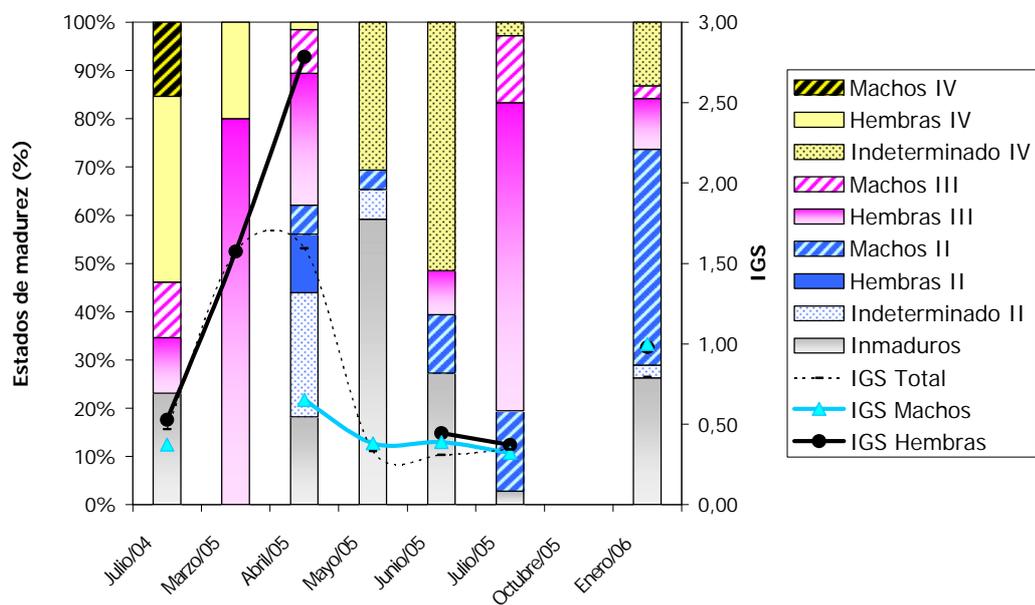


Figura 3.10. Evolución temporal de los estados de madurez de *M. surmuletus* durante el período de estudio

En esta figura se observa que el mayor porcentaje de individuos inmaduros se presentó en mayo; abril y enero fueron los meses con mayor porcentaje de individuos que empezaban a mostrar un desarrollo gonadal. El mes de abril fue el más importante del desove, aún cuando hubo presencia de machos maduros en la

mayoría de los meses del muestreo. Esto coincide con los valores máximos de IGS que fueron de 1,59 en abril y 1,57 en marzo. A lo largo de todo el período de muestreo se presentaron peces adultos en estado IV pero el mayor número de individuos se presentó en julio de 2004 seguido por junio de 2005. Hay que destacar que las gónadas de esta especie, cuando no están en época de desove, presentan un aspecto similar entre hembras y machos lo que hace muy difícil la identificación de sexos.

Mediante un análisis de varianza, se examinaron las diferencias significativas en el valor del IGS debidas a la época del año, la talla y el sexo (Tabla 3.7).

Tabla 3.7. Diferencias de IGS con respecto al sexo, la talla y la época del año en *M. surmuletus*

IGS	F	g.l.	P
Época del año	4,8	2	< 0,05
Talla	1,1	1	0,3
Sexo	3,2	1	0,08
Interacción Época X Talla	1,1	2	0,3
Interacción Época X Sexo	2,4	2	0,1
Interacción Talla X Sexo	1,6	1	0,2
Interacción Época X Talla X Sexo	2,2	2	0,1

Vemos que la época de año fue el único factor que influyó significativamente en la variación en el valor del IGS. No se encontraron diferencias entre sexos, ni entre tallas. Podemos observar que en primavera las hembras de talla 2 fueron las que alcanzaron a tener el mayor índice gonadosomático. En las demás épocas las diferencias entre tallas y sexos fueron muy pequeñas.

Al igual que en nuestro estudio, Reñones *et al.* (1995) también hallaron que los machos tuvieron un período de madurez sexual más amplio que el de las hembras, y describieron el periodo de madurez y desove de las hembras entre marzo y junio, siendo más evidente en abril y mayo, en cambio observó machos maduros a lo largo de todo el año, con un máximo en marzo y abril.

Morales-Nin (1991) asegura que *M. surmuletus* en aguas de Mallorca, realiza la puesta en los meses de abril y mayo, la post-puesta ocurre a finales de verano y otoño y el inicio de la maduración se da en el primer trimestre del año.

Machias *et al.* (1998) establecieron el período de puesta entre marzo y abril para aguas griegas. Aguirre (2000) observó hembras desovantes de abril a junio, marcó el período de desove entre febrero y mayo con un pico máximo en marzo y abril entre las isobatas de 30 y 70 m.

Mahé *et al.* (2005) encontraron para los salmonetes del mar del norte, el período de puesta entre mayo y julio y la post-puesta en septiembre. En ese estudio, al igual que en el nuestro también se hace evidente que la actividad sexual en los machos está más extendida a lo largo del año.

3.4.4.2. *Synaptura lusitanica*

El mayor número de individuos inmaduros se presentó en julio de 2005. El inicio de la maduración se dio entre los meses de abril y junio. Debemos resaltar que se encontraron hembras en período de desove a lo largo de todos los meses del muestreo a diferencia de los machos en época reproductiva, los cuales solo estuvieron presentes en los meses de abril, mayo, junio y julio y en un porcentaje muy bajo en octubre como se presenta en la Figura 3.11.

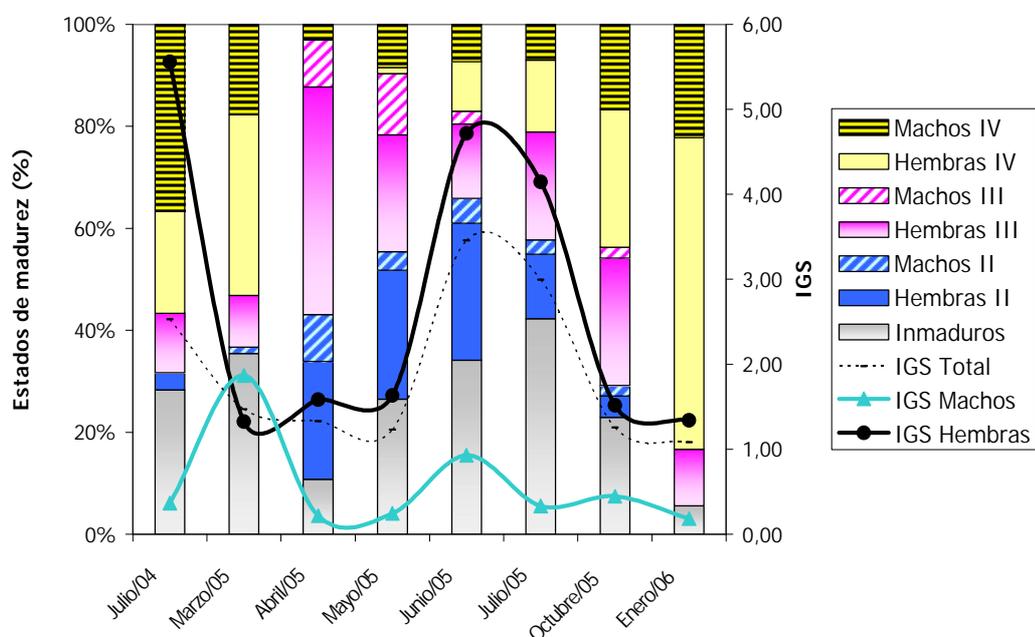


Figura 3.11. Evolución temporal de los estados de madurez de *S. lusitanica* durante el período de estudio

Podemos observar que en enero la gran mayoría de peces adultos se encontraron en período de reposo, seguido por el mes de marzo, lo cual podría

indicar que el periodo invernal es una época de escaso desarrollo reproductivo. El comportamiento del IGS nos indica que el valor máximo (3,46) se presentó en junio, mes en el que ocurre la puesta y el valor más bajo (1,08) en enero, correspondiendo con el período de reposo.

Mediante un análisis de varianza, se examinaron las diferencias significativas en el valor del IGS debidas a la época del año, la talla y el sexo. Se encontraron diferencias significativas entre épocas del año y sexos y además la variación del IGS entre sexos también tuvo un comportamiento diferente entre las épocas del año. Esto es debido principalmente a las diferencias en el IGS de las hembras, ya que en verano el índice gonadosomático de las hembras fue muy elevado en comparación con el de los machos, especialmente en hembras de talla 3 (Tabla 3.8).

Tabla 3.8. Diferencias de IGS con respecto al sexo, la talla y la época del año en *S. lusitanica*

IGS	F	g.l.	P
Época del año	39,1	2	< 0,001
Talla	0,7	2	0,6
Sexo	211,9	1	< 0,001
Interacción Época X Talla	0,8	4	0,5
Interacción Época X Sexo	39,6	2	< 0,001
Interacción Talla X Sexo	0,8	2	0,5
Interacción Época X Talla X Sexo	0,5	4	0,7

El ciclo sexual de esta especie es similar al hallado por Cabral *et al.* (2003a) en las costas Portuguesas, allí el mayor porcentaje de individuos maduros desovando se encontró en los meses de verano.

3.4.4.3. *Scorpaena scrofa*

En la Figura 3.12 se observa el desarrollo reproductivo de *S. scrofa*. En el mes de julio de 2004 el porcentaje de ejemplares inmaduros fue muy alto, sin embargo el comportamiento a lo largo del 2005 fue un poco diferente, el mayor porcentaje de juveniles se dio en junio y a diferencia del año anterior el mes de julio tuvo el porcentaje más bajo, seguido por el mes de octubre en el cual no se capturaron juveniles.

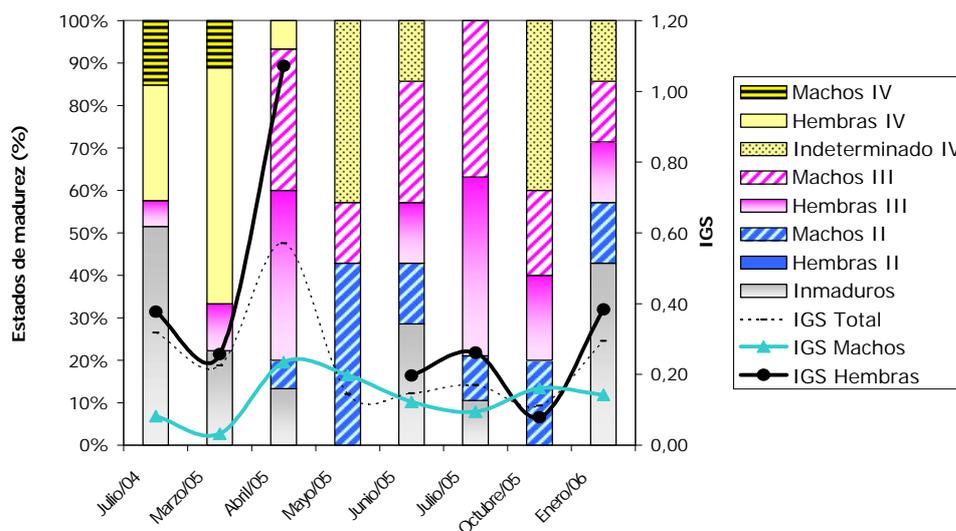


Figura 3.12. Evolución temporal de los estados de madurez de *S. scrofa* durante el período de estudio

En cuanto al inicio de la madurez, no se encontraron hembras maduras o desovando en ninguno de los meses de muestreo y llama la atención que todos los individuos que se encontraron en este estado de desarrollo gonadal eran machos, el mayor porcentaje lo encontramos en mayo. Sin embargo, se encontraron individuos de ambos sexos en período de post-puesta en todos los meses del muestreo, con un porcentaje máximo en julio seguido de abril.

El mayor porcentaje de individuos en período de descanso se dio en marzo. Este perfil basado en la observación macroscópica de las gónadas no coincide exactamente con el perfil hallado en el IGS, con un valor máximo en el mes de abril (0,57) y el mínimo en el mes de octubre (0,11), lo cual puede explicarse por la ausencia de hembras en época de puesta, derivado de una posible migración a otras zonas en este período.

Mediante un análisis de varianza, se examinaron las diferencias significativas en el valor del IGS debidas a la época del año, la talla y el sexo. Aún cuando podemos apreciar que el IGS fue mayor en hembras que en machos, en la talla 3 y en primavera, estas diferencias no fueron significativas. Esto puede explicarse en parte, dado que no se encontraron hembras maduras o desovando en ninguno de los meses de muestreo (Tabla 3.9).

Tabla 3.9. Diferencias de IGS con respecto al sexo, la talla y la época del año en *S. scrofa*

IGS	F	g.l.	P
Época del año	0,3	2	0,8
Talla	1,4	1	0,2
Sexo	2,7	1	0,1
Interacción Época X Talla	0,2	2	0,8
Interacción Época X Sexo	0,1	2	0,9
Interacción Talla X Sexo	0,9	1	0,3
Interacción Época X Talla X Sexo	0,1	2	0,9

Bradai y Bouain (1991) también comentan en su estudio que no encontraron individuos maduros de *S. scrofa*, sin embargo basados en los estudios histológicos de las gónadas y en los valores del índice gonadosomático establecieron que el período de puesta ocurrió entre julio y septiembre y explicaron que la ausencia de reproductores puede ser debida a que el desove se realice en un lugar por fuera de la zonas de pesca o costeras. Además, destacan la dificultad de establecer las diferentes fases de desarrollo gonadal en los machos debido al tamaño pequeño de los testículos.

Otros autores como Muñoz *et al.* (1996) y Muñoz *et al.* (2005) coinciden en que otras especies del género *Scorpaena* tienen su periodo reproductivo entre julio y octubre y también hacen notar la existencia de mayor cantidad de machos, especialmente en época reproductiva, sugiriendo que hay un patrón de distribución diferente entre sexos.

De acuerdo con nuestros datos y con la bibliografía podemos pensar que *S. scrofa* tiene su período reproductivo entre los meses de abril a junio, sin embargo, debido a la ausencia de hembras maduras o desovando es muy probable que el desove se realice por fuera de las zonas de pesca de la bahía.

3.4.4.4. *Torpedo torpedo*

Se encontraron individuos inmaduros casi en todos los meses de muestreo con excepción de junio. Entre abril y mayo tanto hembras como machos se hallaban en período de desarrollo gonadal y es posible que para los machos este período se extendiera un poco más porque se encontraron también en octubre y enero.

En cuanto a la época de madurez sexual y apareamiento, ésta se situó en los meses de otoño e invierno, los meses con el mayor porcentaje de individuos maduros fueron octubre, enero y marzo. En esta especie se encontraron machos maduros en todos los meses de muestreo, pero el mayor porcentaje se produjo en junio. Estas observaciones coinciden con los valores de IGS, el valor más alto fue de 2,46 en enero y el más bajo de 0,15 en abril como vemos en la Figura 3.13.

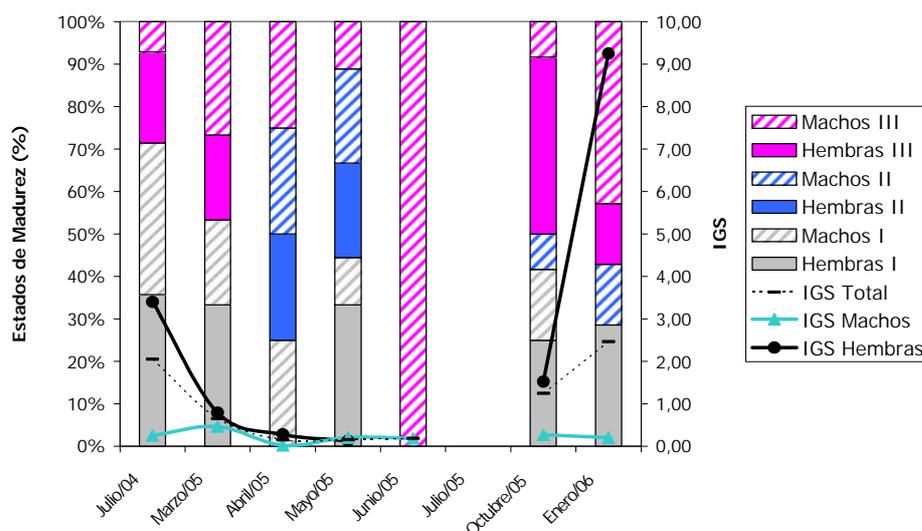


Figura 3.13. Evolución temporal de los estados de madurez de *T. torpedó* durante el período de estudio

De acuerdo con el análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas en el valor del IGS entre épocas del año, y altamente significativas entre tallas y sexos, siendo además significativas las interacciones de estos tres factores. Estas diferencias estuvieron marcadas por valores muy altos de IGS en verano/04 en las hembras de talla 3 (Tabla 3.10).

Tabla 3.10. Diferencias de IGS con respecto al sexo, la talla y la época del año en *T. torpedó*

IGS	F	g.l.	P
Época del año	4,7	2	< 0,05
Talla	16,1	1	< 0,001
Sexo	15,3	1	< 0,001
Interacción Época X Talla	3,7	2	< 0,05
Interacción Época X Sexo	4,7	2	< 0,05
Interacción Talla X Sexo	14,1	1	< 0,001
Interacción Época X Talla X Sexo	4,8	2	< 0,05

Nuestros datos son similares a los descritos por Abdel-Aziz (1994) para *T. torpedo* en aguas de Egipto, quien encontró que la ovulación comienza en marzo, con una época de apareamiento que va de enero a mayo y presencia de embriones con tamaños entre 8 y 9,7 cm hacia finales de agosto, después de un período de gestación que tarda entre 4 y 5 meses. Consalvo *et al.* (2007) afirman que *T. torpedo* en aguas del Mediterráneo central presenta los valores más altos de IGS en invierno y el período de reposo se sitúa en primavera y verano, lo cual se traduce en una época de madurez entre noviembre y marzo y nacimientos entre marzo y comienzos de junio. Entre septiembre y octubre el 80% de la muestra estaba en post-puesta.

3.4.4.5. *Uranoscopus scaber*

Finalmente en *U. scaber* con excepción de julio de 2004 en el cual el porcentaje de individuos inmaduros fue muy alto, en el resto del periodo de muestreo el número de juveniles fue muy bajo, encontrándose solo en octubre y abril. Entre abril y julio de 2005 fueron los meses con mayor porcentaje de peces en estado II de madurez, de abril a junio la proporción de hembras y machos maduros fue similar y en julio sólo hubo machos. El período de reproducción ocurrió a finales de primavera y en verano que fueron los meses con mayor número de individuos maduros y finalmente en marzo se encontraron la mayoría de los peces en reposo. Los valores de IGS confirman lo anterior con un valor máximo en mayo de 5,82 y el mínimo en octubre (0,67) (Figura 3.14).

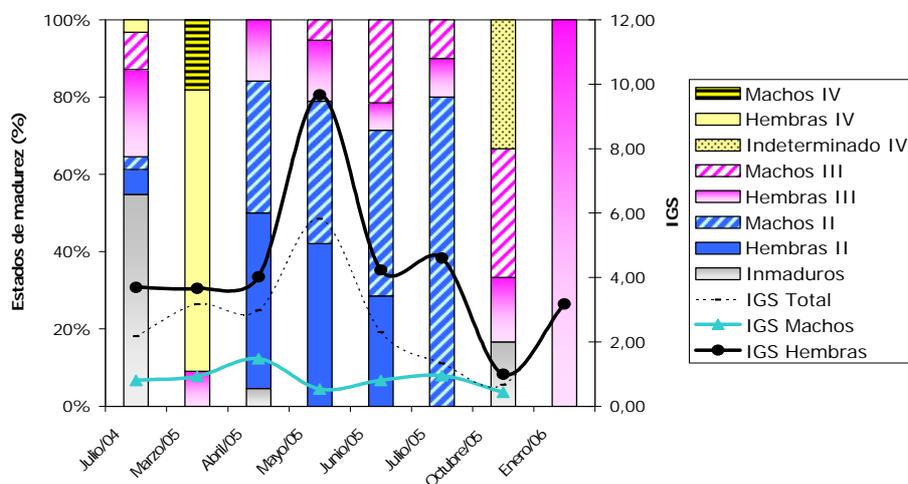


Figura 3.14. Evolución temporal de los estados de madurez de *U. scaber* durante el período de estudio

Según los análisis de varianza que se muestran en la Tabla 3.11, se encontraron diferencias significativas en el valor de IGS entre épocas, tallas y sexos; y además la interacción entre talla y sexo da lugar a cierta incertidumbre sobre su significatividad, al tener un valor de p muy cercano al 0,05, lo cual nos indicaría un comportamiento diferente en los valores de IGS de hembras y machos en cada clase de talla, de tal manera que la primavera fue la época en la cual las hembras tuvieron el mayor IGS y este valor fue mucho más alto para la talla 3 que para la talla 2. En general el valor de IGS de las hembras fue mayor que el de los machos en todas las épocas del año.

Tabla 3.11. Diferencias de IGS con respecto al sexo, la talla y la época del año en *U. scaber*

IGS	F	g.l.	P
Época del año	3,8	2	< 0,05
Talla	8,2	1	< 0,05
Sexo	12,9	1	< 0,05
Interacción Época X Sexo	2,4	2	0,1
Interacción Talla X Sexo	3,9	1	0,06

Nuestros valores son muy parecidos a los encontrados por Sanz (1985) para *U. scaber* en el Golfo de Valencia, con un valor máximo de IGS de 8,8 en junio y el mínimo de 0,26 entre diciembre y enero.

Boundka *et al.* (1998) encontraron el valor máximo de IGS en mayo (8,47) y el más bajo en diciembre (0,91).

Al igual que con los anteriores, la evolución del IGS que hemos presentado está de acuerdo con los resultados obtenidos por Çoker *et al.* (2008) en el mar Egeo quienes aseguran que el período reproductivo de *U. scaber* se extiende entre marzo y septiembre con el valor más alto en mayo (6,3). Estos autores también sugieren que *U. scaber* es un desovador parcial, con base en las observaciones histológicas de las gónadas que muestran, de forma simultánea, oocitos pequeños y oocitos grandes e hidratados.

En conclusión la madurez sexual y el período de reproducción, para las cuatro especies de teleósteos del estudio, ocurre en los meses de primavera y comienzo del verano (de abril a junio); a diferencia de *T. torpedo* la cual se reproduce en invierno (enero).

3.4.5. RECLUTAMIENTO

En el proceso de muestreo, siempre se recolectaron todos los peces pequeños provenientes de las capturas de la pesca; de tal manera que fue posible notar que para especies como *M. surmuletus* y *S. lusitanica*, en casi todos los meses de muestreo se obtuvieron juveniles, con lo cual se trabajó con 121 ejemplares de *M. surmuletus* y 94 de *S. lusitanica*. Sin embargo, no siempre hubo disponibilidad de ejemplares pequeños de las demás especies, tal es el caso de *S. scrofa* en la cual de 12 ejemplares, 11 fueron adquiridos en verano de 2004 y solamente 1 en primavera de 2005. De *T. torpedo* se obtuvieron 5 ejemplares en verano de 2004, 10 en primavera de 2005 y 1 en otoño-invierno de 2005. Finalmente, de *U. scaber* sólo fue posible obtener 2 ejemplares pequeños en primavera de 2005.

La falta de juveniles en la zona de pesca puede deberse a que los peces se desplazan a otras áreas para el desove, tal y como lo han argumentado autores como Bradai y Bouain (1991) y Consalvo *et al.* (2007).

No obstante lo anterior, hemos tratado de analizar la evolución del reclutamiento mediante las tallas en los juveniles, para aquellas especies de las que tuvimos representantes suficientes durante el período de muestreo como se observa en la Figura 3.15.

De acuerdo con esta figura, la talla mínima capturada de *M. surmuletus* fue de 14,7 cm, en el mes de abril. Se detectó un aumento del reclutamiento de juveniles de esta especie en los meses de finales de primavera y en verano, iniciando de forma importante en mayo, lo cual es lógico si se tiene en cuenta que el desove se da en los meses anteriores. Morales-Nin (1991) encontró juveniles de sexo indeterminado, en aguas de Mallorca, a finales de verano-otoño, estableciendo por lo tanto el reclutamiento de *M. surmuletus* en esta época, al igual que Reñones *et al.* (1995). Estos últimos también aseguran que las poblaciones de salmonetes migran a aguas someras en época de reproducción, posteriormente los adultos regresan a aguas más profundas. Aguirre (2000) observó que el reclutamiento al arte de pesca se da entre los 80-90 mm L_T en los meses de otoño e invierno. Lloret y Leonart (2002) realizaron un estudio sobre el reclutamiento de varias especies de peces y

moluscos en el Mediterráneo y concluyeron que a pesar de encontrar juveniles de *M. surmuletus* a lo largo de todo el año, esta especie responde a un reclutamiento estacional en un período bien definido del año, preferiblemente en otoño, lo cual difiere con nuestros resultados.

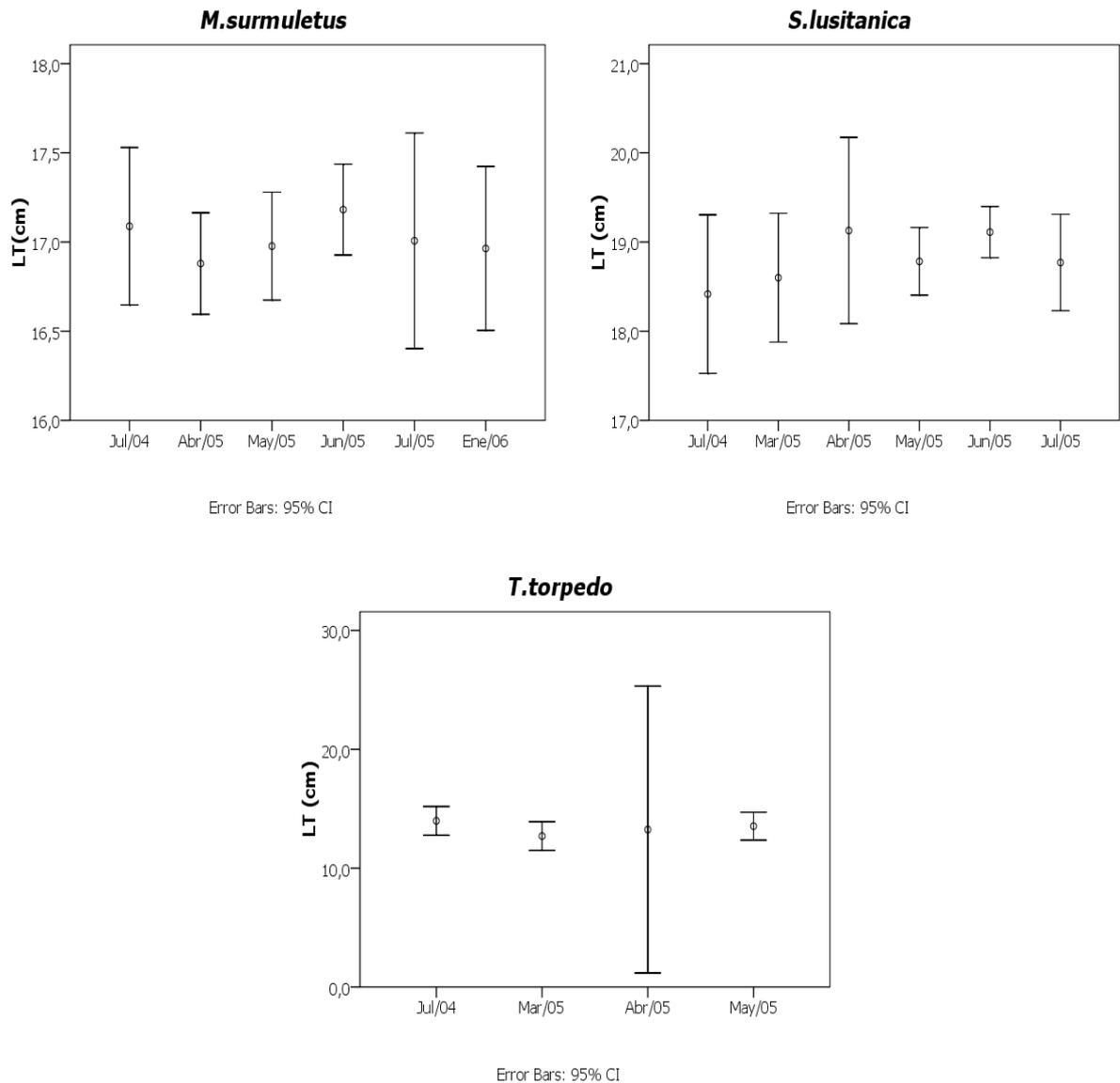


Figura 3.15. Tallas promedio de reclutamiento de juveniles

En *S. lusitanica*, la talla mínima fue de 14,5 cm, obtenida en el mes de julio de 2005. El reclutamiento se extendió por varios meses de primavera a verano y hubo una tendencia en el aumento de la talla media de los juveniles capturados, especialmente entre primavera y verano.

La talla mínima capturada de *T. torpedo*, en este estudio, fue de 11,6 cm en el mes de marzo y de acuerdo con Abel-Aziz (1994), el tamaño con el cual nacen está alrededor de los 9 cm. En el muestreo del año 2005 hubo evidencia de reclutamiento en primavera, en la cual se obtuvieron los individuos de menor tamaño. En 2005 no se capturaron juveniles en verano ni en otoño, pero observando el verano del año anterior vemos que la talla media fue mayor que la de primavera, con una dispersión alta que nos indica que tenemos un rango amplio de individuos que van desde muy pequeños a juveniles de unos cuantos meses de nacidos, coincidiendo con los datos aportados por Abdel-Aziz (1994) y Consalvo *et al.* (2007).

Se hizo un análisis de varianza para cada una de estas tres especies, con el objetivo de determinar la posible variación de la talla entre los diferentes meses de reclutamiento, y no se encontraron diferencias significativas en la talla promedio de los juveniles (*M. surmuletus* $F_{5,117} = 0,3$, $p=0,92$; *S. lusitanica* $F_{6,90}=0,65$, $p=0,69$; y *T. torpedo* $F_{4,13} = 1,37$, $p= 0,31$).

De *S. scrofa* y *U. scaber* no se capturaron casi juveniles, sin embargo los pocos individuos capturados parecen indicar que al igual que para las otras especies el reclutamiento se da en las épocas de primavera y verano.

3.4.6. RELACIONES BIOMÉTRICAS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

3.4.6.1. Estudio de la variación de las reservas corporales mediante índices biométricos

Se utilizaron los índices de condición (K) y hepatosomático (IHS) para estimar las modificaciones temporales de las reservas energéticas del cuerpo, relacionadas con la alimentación y el desove.

En la Figura 3.16 podemos observar el comportamiento del índice de condición (K) y del índice hepatosomático (IHS) con respecto al comportamiento del IGS, en las 5 especies del estudio, a lo largo del período de muestreo.

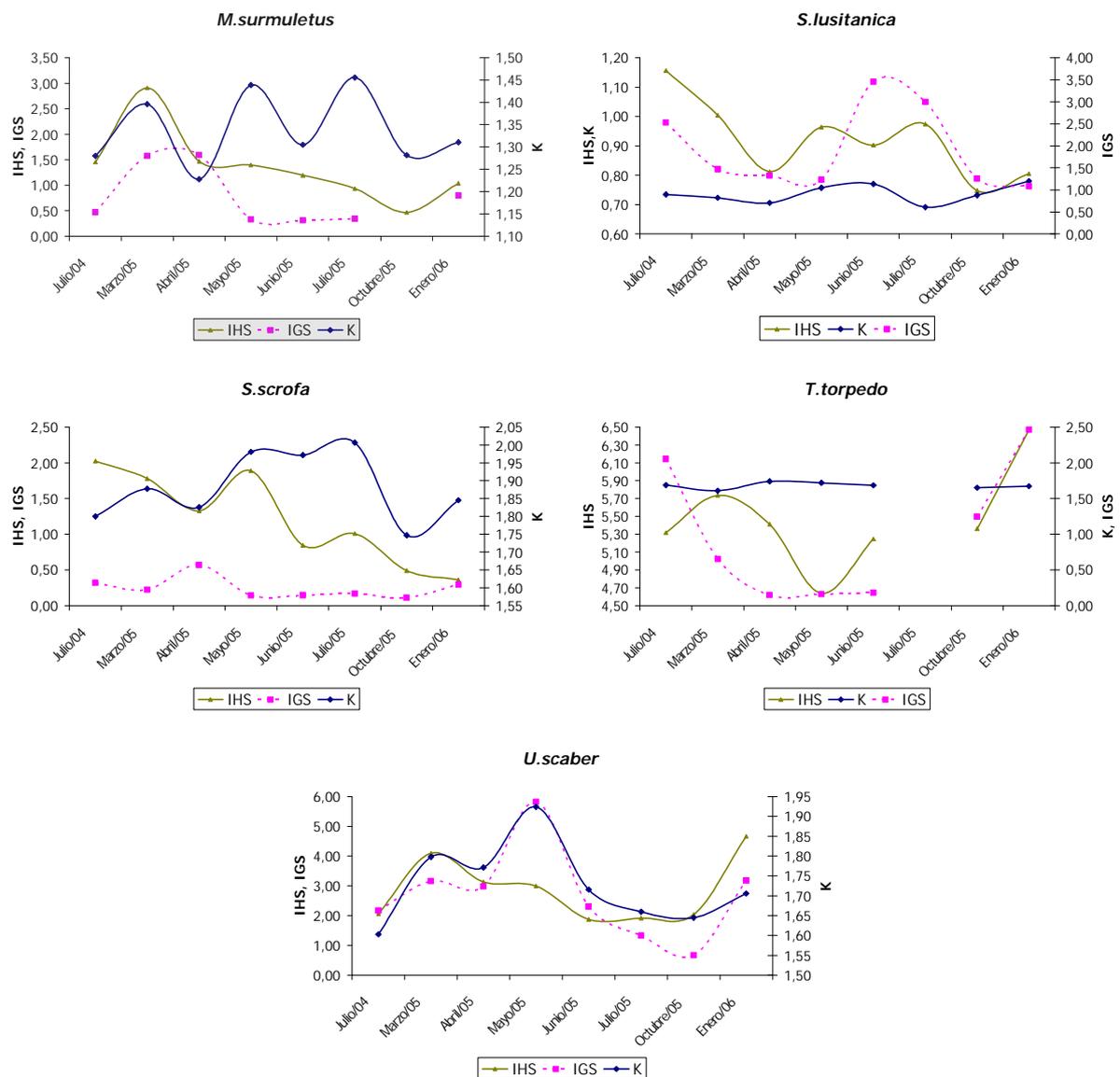


Figura 3.16. IHS y K en las especies estudiadas a lo largo de la época de muestreo con respecto al IGS

En la figura vemos que en cuanto a K, todas las especies presentaron periodos de bienestar en los meses que corresponden a primavera y verano; y hacia otoño e invierno se presentaron épocas menos favorables, en las cuales los peces perdieron peso con relación a su tamaño, debido posiblemente a un cambio en su alimentación, sin embargo estas fluctuaciones no son muy marcadas en comparación con los cambios en el peso del hígado y de las gónadas.

En las cinco especies, el IHS presentó unos máximos marcados que indicarían el momento en el cual el hígado tenía la mayor acumulación de reservas. En todas las especies estos máximos iban acompañados de un aumento en el IGS, y además

lo podemos relacionar con la época de reclutamiento, la cual para la mayor parte de las especies se dio entre primavera y verano. Esto lo explica Wootton (1999) indicando que en algunas especies un ciclo de almacenamiento y movilización de lípidos se asocia al ciclo reproductivo y así la madurez sexual y el desove tienen lugar en un tiempo favorable para la progenie.

M. surmuletus: presentó tres máximos de K en los meses de julio de 2005 (1,46), mayo (1,44) y marzo (1,40); el valor más bajo estuvo en abril (1,23); lo cual nos indica que en esta especie tuvo su mejor condición finalizando la primavera y en el verano. Según el análisis de varianza, vemos que el valor de K presentó diferencias altamente significativas entre las diferentes épocas del año y también fue significativamente diferente entre tallas (Tabla 3.12).

Tabla 3.12. Diferencias de K con respecto al sexo, la talla y la época del año para *M. surmuletus*

K	F	g.l.	P
Época del año	11,8	2	< 0,001
Talla	5,0	1	< 0,05
Sexo	0,1	1	0,72
Interacción Época X Talla	0,8	2	0,44
Interacción Época X Sexo	0,6	2	0,56
Interacción Talla X Sexo	0,1	1	0,78
Interacción Época X Talla X Sexo	0,8	2	0,44

Tanto en el verano/05 como los individuos de mayor tamaño tuvieron el mayor índice de condición. No hubo diferencias entre hembras y machos.

Por su parte el comportamiento del IHS estuvo dado por un máximo en marzo de 2,91 y un mínimo en octubre de 0,47; y en general las hembras tuvieron fluctuaciones más marcadas. El aumento en el IHS ocurrió un poco antes que el aumento del IGS, con lo cual podemos afirmar que el ciclo reproductivo en esta especie está asociado al almacenamiento de reservas en el hígado y su posterior movilización a las gónadas de cara al desove.

En la Tabla 3.13 se presentan los resultados del análisis de varianza para el IHS.

Tabla 3.13. Diferencias de IHS con respecto al sexo, la talla y la época del año para *M. surmuletus*

IHS	F	g.l.	P
Época del año	5,6	2	< 0,05
Talla	11,2	1	< 0,05
Sexo	2,8	1	0,1
Interacción Época X Talla	1,1	2	0,3
Interacción Época X Sexo	0,8	2	0,4
Interacción Talla X Sexo	0,1	1	0,8
Interacción Época X Talla X Sexo	1,1	2	0,3

Aquí también podemos observar, mediante los resultados del análisis de varianza, que los factores que más influencia tuvieron sobre el IHS fueron la época del año y la talla, de tal forma que las tallas pequeñas tuvieron valores más bajos, además la primavera fue la época de mayor IHS, especialmente en hembras de talla 2 que son aquellas con mayor actividad reproductiva. Aún cuando las diferencias entre sexos no fueron significativas, las hembras tuvieron niveles un poco más altos de IHS que los machos, debido a un mayor estrés reproductivo.

S. lusitanica: el mayor valor de K se encontró en enero (0,78) el siguiente valor alto se dio en junio (0,77), y el valor más bajo en julio (0,69), con una fluctuación casi imperceptible.

El valor más alto de IHS ocurrió en julio de 2004 (1,16), seguido por los meses de marzo (1,00), julio (0,97), mayo (0,96) y junio (0,90) Los mayores valores de IHS se dieron en los meses de julio (1,16 y 0,97), al tiempo con el valor más alto de IGS que se presentó en junio. El valor más bajo de IHS fue de 0,75 en octubre, coincidiendo con el nivel más bajo de IGS. En esta especie las hembras alcanzaron valores más altos de IHS.

En la Tabla 3.14 se pueden observar los resultados del análisis de varianza para el índice de condición y el hepatosomático.

El índice de condición en esta especie, estuvo afectado de manera significativa por la talla y el sexo, el valor de K aumentó con la talla del pez, siendo mucho mayor en la talla 3. Así mismo las hembras tuvieron un índice mayor que los machos.

Tabla 3.14. Diferencias de K e IHS con respecto al sexo, la talla y la época del año para *S. lusitanica*

	K			IHS		
	F	g.l.	P	F	g.l.	P
Época del año	0,04	2	0,9	14,3	2	<0,001
Talla	3,6	2	<0,05	0,9	2	0,4
Sexo	7,6	1	<0,05	49,1	1	<0,001
Época X Talla	1,4	4	0,2	0,4	4	0,8
Época X Sexo	0,7	2	0,5	8,4	2	<0,001
Talla X Sexo	0,2	2	0,8	0,6	2	0,5
Época X Talla X Sexo	1,2	4	0,3	0,5	4	0,7

En cuanto al IHS, la época del año y el sexo marcaron diferencias altamente significativas, especialmente debido al verano/04 donde el IHS fue muy alto, principalmente en hembras y en tallas grandes.

S. scrofa: tuvo dos máximos de K entre mayo (1,98) y julio (2,01) y luego un descenso en el mes de octubre (1,75). El IHS más alto se midió en julio de 2004 (2,03) y en el año 2005 el valor más alto ocurrió en mayo (1,89). El valor más bajo se dio en enero (0,36).

Al igual que con las especies anteriores el comportamiento del IHS a lo largo del año estuvo sincronizado con las fluctuaciones del IGS, aún cuando en esta especie, el pico más alto de IGS ocurrió en el mes de abril, es decir el mes anterior al máximo de IHS. Sin embargo en apartados anteriores ya habíamos comentado la ausencia de hembras en época de desove, lo cual puede sesgar el resultado obtenido en la medición de estos índices.

Según el análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas en el índice de condición debidas a la estacionalidad, talla o sexo.

En cuanto a las variaciones del IHS, estas se debieron principalmente a la época y a la talla, con los valores más altos correspondientes a la talla 3 y verano de 2004 (Tabla 3.15).

Tabla 3.15. Diferencias de K e IHS con respecto al sexo, la talla y la época del año para *S. scrofa*

	K			IHS		
	F	g.l.	P	F	g.l.	P
Época del año	2,3	2	0,1	14,3	2	<0,05
Talla	0,3	1	0,6	0,9	2	<0,05
Sexo	0,6	1	0,4	49,1	1	0,6
Época X Talla	0,6	2	0,5	0,4	4	<0,05
Época X Sexo	1,9	2	0,1	8,4	2	0,7
Talla X Sexo	0,1	1	0,7	0,6	2	0,8
Época X Talla X Sexo	0,5	2	0,6	0,5	4	0,9

T. torpedo: el valor más alto de K estuvo en abril (1,74), pero no sufrió muchas variaciones a lo largo del periodo de muestreo, presentando el valor más bajo en marzo (1,61).

El comportamiento del IHS indica que el valor más alto se midió en enero (6,47), lo cual coincide con el valor más alto de IGS y el más bajo en mayo (4,64). Las fluctuaciones en este índice no fueron tan marcadas como en los peces. En la Tabla 3.16 se observan los resultados del análisis de varianza.

Tabla 3.16. Diferencias de K e IHS con respecto al sexo, la talla y la época del año para *T. torpedo*

	K			IHS		
	F	g.l.	P	F	g.l.	P
Época del año	0,003	2	0,9	0,8	2	0,4
Talla	3,1	1	0,1	15,6	1	<0,001
Sexo	5,1	1	<0,05	0,01	1	0,9
Época X Talla	0,3	2	0,7	1,4	2	0,3
Época X Sexo	1,4	2	0,3	6,7	2	<0,05
Talla X Sexo	0,9	1	0,4	4,5	1	<0,05
Época X Talla X Sexo	0,5	2	0,6	1,6	2	0,2

En esta especie el valor de K tuvo diferencias significativas entre sexos, especialmente en las hembras más grandes y en las épocas de verano/04 y primavera.

Con respecto al IHS, las diferencias fueron altamente significativas entre tallas, y las interacciones del sexo con la talla y la época también fueron significativas debido a que el IHS entre machos y hembras tuvo un patrón diferente, de tal forma

que en otoño y en verano/04, en la talla 2 los machos tuvieron un IHS mayor que las hembras, y en talla 3 fue a la inversa.

U. scaber: tuvo un valor de K alto en mayo (1,92) y los valores más bajos en julio de 2004 (1,6) y octubre (1,64). El IHS se comportó de manera similar que para las anteriores especies de peces, con los niveles más altos en los meses de enero de 2006 (4,66) y marzo de 2005 (4,10), este último justo antes del nivel más alto de IGS y el mínimo en junio (1,87). Al igual que para las otras especies las hembras alcanzaron los valores máximos de IHS.

Mediante un análisis de varianza, se verificó si existían diferencias significativas en el factor de condición e índice hepatosomático debidas al sexo, a la clase de talla o a la época de muestreo (Tabla 3.17).

Tabla 3.17. Diferencias de K e IHS con respecto al sexo, la talla y la época del año para U. scaber

	K			IHS		
	F	g.l.	P	F	g.l.	P
Época del año	19,0	2	<0,001	15,3	2	<0,001
Talla	1,3	1	0,3	21,1	1	<0,001
Sexo	1,3	1	0,3	2,7	1	0,1
Época X Sexo	0,1	2	0,9	2,2	2	0,1
Talla X Sexo	0,9	1	0,3	0,8	1	0,4

Sólo se encontraron diferencias significativas entre las épocas del año para K, ya que la primavera es la época con los valores más altos. En el caso del IHS se encontraron diferencias significativas entre épocas del año y sexo, ya que los valores más altos de la primavera correspondieron principalmente a las hembras.

Son muy pocos los estudios acerca de la evolución de los índices biométricos en las especies seleccionadas, comparando nuestros resultados con los datos de otros autores para las mismas especies encontramos únicamente referencias para *M. surmuletus* y para *U. scaber*.

En *M. surmuletus*, Mahé *et al.* (2005) afirman que el índice de condición de los salmonetes en el mar del norte oscila entre 0,9 y 1,5 y hay diferencias significativas entre sexos.

En el caso de *U. scaber*, Sanz (1985) compara la evolución de los índices de condición y hepatosomático con el gonadosomático, ambos índices presentaron una tendencia a aumentar en los meses de primavera y descendieron después del verano, lo cual confirma nuestros resultados. Boundka *et al.* (1998) también observan el comportamiento de estos índices en *U. scaber*; el IHS en las hembras presentó un valor máximo de 4,64 en mayo coincidiendo con el valor máximo de IGS, el comportamiento es menos acusado en los machos pero se da de igual manera. Este comportamiento se explica porque las grasas almacenadas en el hígado son movilizadas a las gónadas hasta el momento de la puesta. En cuanto al índice de condición, en este trabajo no hay variaciones notables entre los meses de muestreo, con valores medios alrededor de 3, con mínimos entre septiembre y noviembre, similar a los datos hallados en nuestro trabajo.

Con base en nuestros datos y en la bibliografía podemos afirmar que las variaciones en las reservas corporales nos indican el estado de almacenamiento de los nutrientes en el cuerpo y su relación con la alimentación y el período de desove, evidenciando las épocas de mayor estrés en los peces. De esta forma, la época del desove genera una tensión que se refleja en un descenso del índice corporal, así como en el almacenamiento de reservas energéticas por parte del hígado, que se movilizan a las estructuras reproductoras, cuando se acerca la época del desove. Lo que nos permite asumir, para casi todas las especies del estudio, que la época de primavera está acompañada de un aumento en los índices IHS e IGS, dentro del proceso de preparación para la reproducción y a su vez, las épocas de reposo reproductivo se reflejan en la recuperación del índice corporal general. En *T. torpedo* el proceso es similar, sin embargo las fechas de estrés reproductivo corresponden al otoño-invierno y por lo tanto la primavera es la época de descanso y en la cual el índice corporal se ha recuperado.

Como hemos podido observar, los factores que influyeron en las variaciones del índice de condición fueron diferentes para cada una de las especies estudiadas, así en *M. surmuletus*, se debieron a la estacionalidad y a la talla, en *S. lusitanica* al sexo y a la talla, en *S. scrofa* no se encontraron variaciones significativas, en *T. torpedo* sólo se debió al sexo y en *U. scaber* a la época del año.

En cuanto al IHS, el factor que tuvo menos influencia fue el sexo, que únicamente afectó a *S. lusitanica*. La estacionalidad afectó a todas las especies excepto *T. torpedo* y la talla fue un factor significativo en todas excepto *S. lusitanica*. Con lo cual podemos afirmar que en general tanto hembras como machos tuvieron un patrón similar de acumulación de reservas corporales y este patrón se ve afectado principalmente por la talla ya que en peces de mayor tamaño la capacidad de acumular reservas aumenta y por la estacionalidad, seguramente ligado a la mayor o menor oferta alimenticia del medio.

3.4.6.2. Relación talla-peso

Para las especies estudiadas la relación de talla-peso se puede observar en la Figura 3.17.

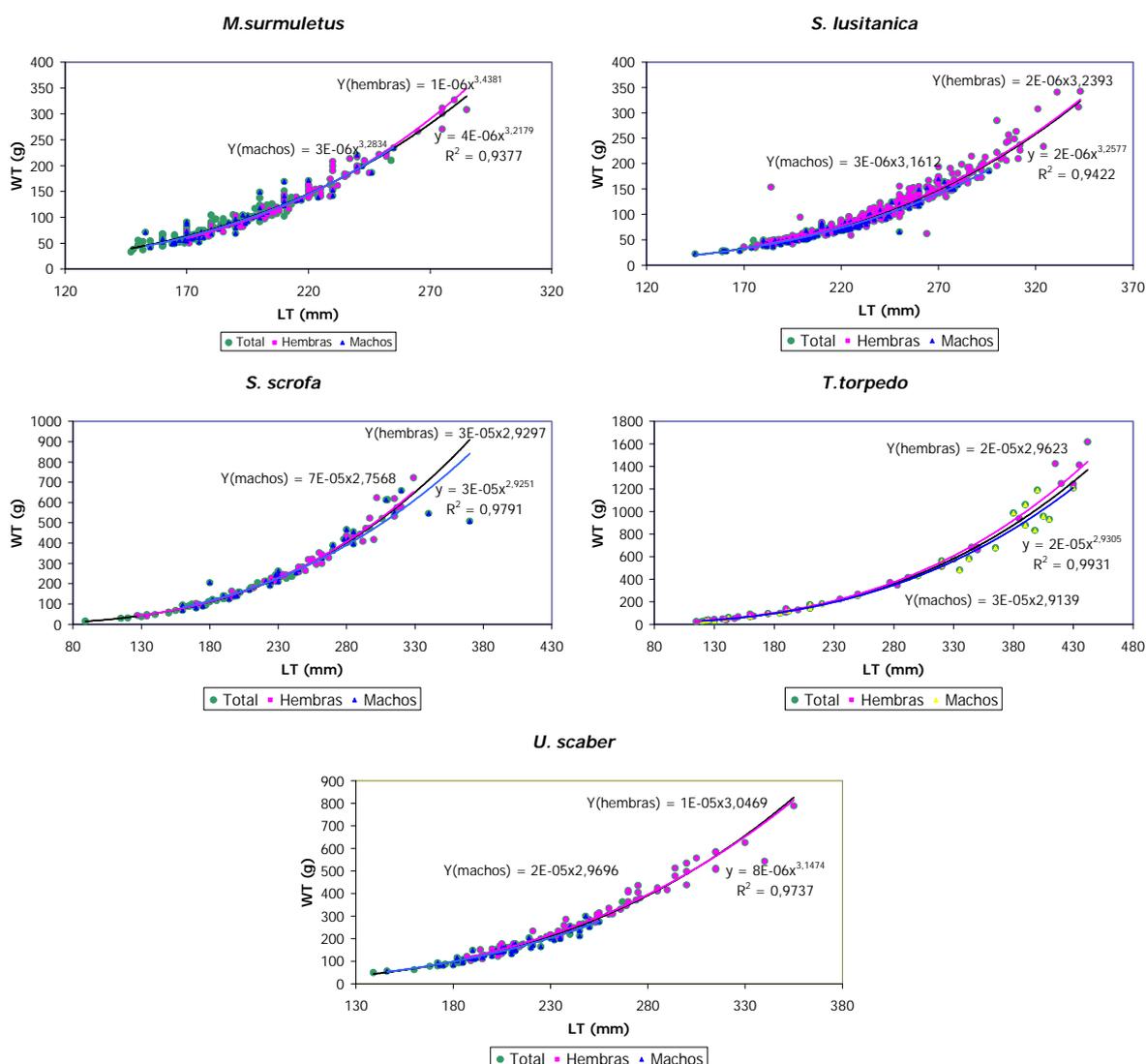


Figura 3.17. Relación talla – peso en las especies estudiadas

La significancia de la relación se comprobó mediante un análisis de varianza, todas las regresiones resultaron altamente significativas ($P < 0,001$) y los valores de r^2 mayores al 0,93. En cuanto a las posibles diferencias entre sexos, mediante la prueba de t-student, no se observaron diferencias significativas en las pendientes de la relación de peso y longitud entre machos y hembras, para ninguna de las especies estudiadas, como se observa a continuación:

	t	g.l.	P
<i>M. surmuletus</i>	1,009	148	0,258
<i>S. lusitanica</i>	0,891	458	0,254
<i>S. scrofa</i>	1,316	76	0,164
<i>T. torpedo</i>	0,797	59	0,374
<i>U. scaber</i>	0,631	125	0,382

Respecto al tipo de crecimiento, vemos en la figura anterior que *M. surmuletus*, *S. lusitanica* y *U. scaber* tuvieron un valor de b mayor de 3, por su parte *S. scrofa* y *T. torpedo* tuvieron un valor de b menor de 3. En las cinco especies estudiadas el valor de b oscila entre 2,92 para *S. scrofa* y 3,26 para *S. lusitanica*.

De acuerdo con Wootton (1999) si el pez mantiene la misma forma quiere decir que crece isométricamente y el exponente de la longitud (b) toma el valor de 3. Un valor diferente indica que el crecimiento es alométrico. Para comprobar si el tipo de crecimiento se ajustaba a un crecimiento isométrico, se utilizó un test de t-student con un nivel de confianza igual o mayor al 95%. Solamente *S. scrofa* presentó un crecimiento isométrico ($t=1,946$, $g.l.=76$, $p=0,252$). Las demás especies se considera que crecen de forma alométrica (*M. surmuletus*: $t=4,6$, $g.l.=150$, $p < 0,05$; *S. lusitanica*: $t= 7,03$, $g.l.=450$, $p < 0,05$; *T. torpedo*: $t=2,3$, $g.l.=61$, $p < 0,05$ y *U. scaber*: $t=0,63$; $g.l.=125$, $p < 0,05$). Si es menor de 3 como es el caso de *T. torpedo*, muestra que el pez se hace menos pesado con relación a su longitud y si es mayor de 3 (*M. surmuletus*, *S. lusitanica* y *U. scaber*) indica que gana más peso que longitud en la medida que crece.

Al comparar nuestros datos con los obtenidos por otros autores podemos observar que:

Para *M. surmuletus*, Morales-Nin (1991) encuentra valores de b de 2,913 en la población total, 2,925 en hembras y 2,669 en machos, sin embargo aclara que debido a que para ese trabajo se tuvieron en cuenta peces de tamaño muy pequeño, los resultados difieren de los presentados por otros autores, en los cuales el crecimiento fue alométrico positivo ($b > 3$) y a su vez estos datos también difieren de los encontrados en esta investigación.

Por el contrario el trabajo de Reñones *et al.* (1995) presentó valores similares a los nuestros. Al igual que en este trabajo tanto hembras como machos presentaron un crecimiento alométrico positivo ($b=3,11$ en hembras, $b= 3,07$ en machos y $b=3,12$ en total). Mahé *et al.* (2005) también encontraron un crecimiento alométrico positivo para los salmonetes del mar del norte ($b=3,18$ hembras, $b=3,25$ machos); lo mismo que Mata *et al.* (2008) en el atlántico ($b=3,2$).

La información acerca de la relación talla-peso en *S. lusitanica* es muy escasa y la única referencia que se tiene es la de Mata *et al.* (2008) para aguas costeras del atlántico al sur de España ($b=3,2$).

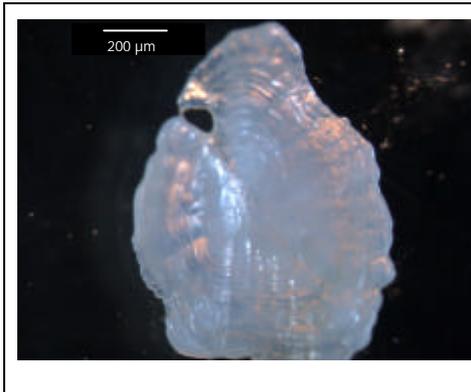
No existe en la bibliografía referencias acerca de la relación longitud-peso para *S. scrofa*, ni para otras especies del género *Scorpaena*.

En *T. torpedo*, Consalvo *et al.* (2007) describieron un crecimiento alométrico negativo tanto en hembras ($b=2,86$) como en machos ($b=2,73$), y trabajos similares realizados en *Torpedo californica* (Neer y Cailliet, 2001) encontraron que la relación longitud – peso era igual a $y = 0,00002 x^{3,0213}$ en hembras y $y = 0,00004 x^{2,8753}$ en machos.

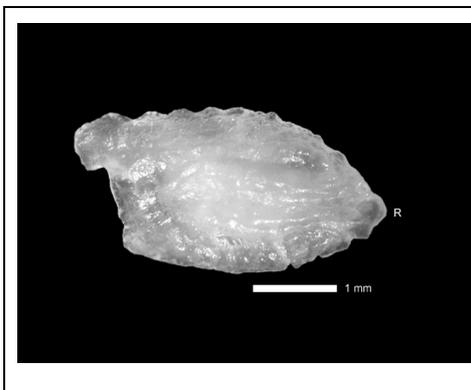
En el caso de *U. scaber*, Sanz (1985) encuentra una relación en la cual el exponente de la longitud (b) para machos es de 2,962 y para hembras $b=3,035$, muy similar a nuestros datos.

3.4.6.3. Edad y crecimiento

A continuación se describen las características morfológicas y morfométricas de los otolitos de cada especie.

M. surmuletus

Otolito oblongo, con extremo anterior prominente, borde ventral y dorsal ligeramente festoneado. Sulcus abierto antero-posteriormente, con crestas dorsal y ventral. Depresión oval dorsal paralela al sulcus. Cara externa cóncava con estrías radiales.

S. lusitanica

Otolito con cara interna convexa. Forma oblonga, con rostro poco marcado, con cisura y antirosto corto. Bordes regulares. Sulcus abierto anteriormente. Una depresión oval en forma de herradura rodeando el sulcus. Cara externa plana con estrías radiales.

S. scrofa

Otolito alargado con cisura y antirrosto no marcados. Borde dorsal regular y ventral irregular. Sulcus dividido en ostium y cauda. La cauda se orienta en su posición distal hacia el borde ventral. Depresión oval dorsal y meseta ventral paralelas al sulcus. Cara externa cóncava con estrías radiales.

U. scaber

Otolito alargado, sin rostro, antirrosto ni cisura. Bordes regulares. Sulcus cerrado anteroposteriormente y en posición mesial. Cara interna y externa ligeramente planas. Cara externa con algunas estrías radiales.

El estudio de la morfología y morfometría de los otolitos puso en evidencia características propias de cada especie, de tal manera que los otolitos *sagittae* de *U. scaber* eran los de mayor tamaño (LO= $9,25 \pm 2,1$ mm; AO= $4,9 \pm 0,9$ mm), seguidos por los de *S. scrofa* (LO= $9,8 \pm 1,6$ mm; AO= $3,8 \pm 0,6$ mm), *M. surmuletus* (LO= $6,3 \pm 0,7$ mm; AO= $4,4 \pm 0,5$ mm) y los más pequeños fueron los de *S. lusitanica* (LO= $5,6 \pm 0,9$ mm; AO= $3,5 \pm 0,6$ mm). Los resultados de la prueba t-student para verificar la igualdad morfométrica entre la *sagitta* derecha e izquierda se pueden observar en la Tabla 3.18.

Tabla 3.18. Valores morfométricos (media \pm DE) de la sagitta y resultados de las pruebas t-student. LO = largo de la sagitta; AO= ancho de la sagitta

Especie	Caracteres morfométricos	Otolito derecho (mm)	Otolito izquierdo (mm)	Valor de t	g.l.	Valor de P
<i>M. surmuletus</i>	LO	$6,3 \pm 0,8$	$6,3 \pm 0,8$	0,054	20	0,9
	AO	$4,5 \pm 0,5$	$4,4 \pm 0,5$	0,705		0,5
<i>S. lusitanica</i>	LO	$6,3 \pm 1,0$	$5,9 \pm 1,1$	2,56	121	< 0,05
	AO	$3,4 \pm 0,5$	$3,7 \pm 0,8$	2,91		< 0,05
<i>S. scrofa</i>	LO	$9,5 \pm 1,7$	$9,1 \pm 2,1$	0,87	24	0,4
	AO	$3,6 \pm 0,9$	$3,6 \pm 0,8$	0,34		0,7
<i>U. scaber</i>	LO	$9,1 \pm 2,1$	$9,1 \pm 2,1$	0,087	24	0,9
	AO	$4,8 \pm 1,0$	$4,8 \pm 0,9$	0,097		0,9

En *M. surmuletus*, *S. scrofa* y *U. scaber* las *sagittae* derecha e izquierda de cada ejemplar resultaron morfométricamente iguales, a diferencia de *S. lusitanica* en la cual, en unos pocos ejemplares se evidenció una diferencia muy clara entre ambos otolitos. Si estos ejemplares no se tuvieran en cuenta en el análisis, para el resto de los peces de esta especie ambos otolitos serían morfológicamente iguales.

Luque y Ramírez (1996) afirman que en algunos peces planos es posible que ocurra este fenómeno de asimetría. Además Gibson (2005) explica que el proceso de crecimiento de los otolitos presenta una mayor complejidad en los peces planos, relacionada con el momento de la metamorfosis. En esta fase la morfología del otolito cambia dramáticamente, formándose centros complementarios de crecimiento sobre la superficie del otolito que harán que su forma definitiva tienda a ser más

rectangular y aplanada de tal manera que durante la metamorfosis y por un período corto después de ella los otolitos son asimétricos, tanto en forma como en tamaño.

Para el caso de *S. lusitanica* no se cuenta con referencias en la bibliografía acerca de la morfología de sus otolitos. Basándonos en nuestras observaciones podemos afirmar que en general ambos otolitos tienden a ser morfológicamente iguales como en las otras especies de peces, sin embargo es posible encontrar ejemplares que presentan una asimetría evidente, probablemente derivada de algún aspecto relacionado con el período en el cual ocurrió la metamorfosis, sin embargo hace falta realizar observaciones en un número mayor de peces.

En *M. surmuletus*, *S. lusitanica* y *U. scaber* se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras. Esto quiere decir que las *sagittae* de las hembras de una talla determinada fueron de mayor tamaño que las de los machos de la misma talla. En *S. scrofa* no se encontraron diferencias significativas entre sexos como se ve en la Tabla 3.19.

Tabla 3.19. Comparación de los valores morfométricos (media \pm DE) de la sagitta entre machos y hembras y resultados de las pruebas t-student. LO = largo de la sagitta; AO= ancho de la sagitta

Especie	Caracteres morfométricos	Hembras (mm)	Machos (mm)	Valor de t	g.l.	Valor de P
<i>M. surmuletus</i>	LO	6,74 \pm 0,6	5,8 \pm 0,5	3,1	20	< 0,05
	AO	4,7 \pm 0,5	4,2 \pm 0,5	2,23		< 0,05
<i>S. lusitanica</i>	LO	6,3 \pm 1,1	5,7 \pm 0,7	3,4	124	< 0,05
	AO	3,7 \pm 0,7	3,3 \pm 0,5	4,03		< 0,05
<i>S. scrofa</i>	LO	9,8 \pm 1,7	9,7 \pm 1,6	0,17	24	0,87
	AO	3,8 \pm 0,6	4,0 \pm 0,8	0,98		0,33
<i>U. scaber</i>	LO	9,9 \pm 2,2	9,1 \pm 1,2	3,01	40	< 0,05
	AO	5,2 \pm 1,0	4,4 \pm 0,6	2,9		< 0,05

Los parámetros de regresión (a y b) y el coeficiente de determinación (r^2) entre los caracteres morfométricos de la *sagitta* y la longitud total del pez se presentan en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20. Parámetros de la regresión lineal de los caracteres morfométricos de la *sagitta* en relación con la longitud total del pez

Especie	Caracteres morfométricos	a	b	r ²
<i>M. surmuletus</i>	LT vs LO	2,76	0,17	0,81
	LT vs AO	1,17	0,13	0,84
<i>S. lusitanica</i> *	LT vs LO	0,19	0,25	0,79
	LT vs LOD	0,36	0,25	0,85
	LT vs LOI	-0,02	0,25	0,62
	LT vs AO	0,96	0,10	0,40
	LT vs AOI	1,15	0,09	0,40
	LT vs AOI	0,83	0,12	0,25
<i>S. scrofa</i>	LT vs LO	3,4	0,26	0,87
	LT vs AO	1,17	0,11	0,88
<i>U. scaber</i>	LT vs LO	-0,43	0,41	0,87
	LT vs AO	0,3	0,19	0,88

* Debido a que en *S. lusitanica* hay diferencias significativas entre los otolitos derecho e izquierdo, se realizaron regresiones para cada tipo.

Como se observa en la tabla anterior, en todas las especies las regresiones resultaron significativas, sin embargo en *S. lusitanica*, debido a que se presentaron diferencias entre los otolitos derecho e izquierdo en algunos ejemplares, el coeficiente de determinación fue más bajo, especialmente en la relación entre la longitud total del pez y el ancho del otolito, además, se observa que el r² es mayor en las regresiones con la *sagitta* derecha que con la izquierda.

En cuanto al análisis de edad, los ejemplares de *M. surmuletus* pertenecían a las clases de edad 1 a 4, siendo las edades más abundantes entre 2 y 3 años. En esta especie la lectura de las edades es difícil debido a la gran cantidad de anillos falsos (de 4 a 5) entre cada par de anillos reales (*anulli*). *S. lusitanica* presentó individuos en clases de edad entre 4 y 12 años, con mayor abundancia de peces entre 5 y 9 años. En *S. scrofa* se encontraron individuos entre 1 y 8 años, siendo los 6 años la clase de edad más abundante aún cuando la muestra estaba distribuida de manera más o menos homogénea. Finalmente *U. scaber* estaba entre 1 y 8 años, siendo las clases de edad 2 y 3 las de mayor abundancia. En la Tabla 3.21 se presentan los resultados del análisis de edad de los otolitos.

Tabla 3.21. Análisis de edades

Especie	Edad	Frecuencia	LT	LT	LT	
			media	Min	Max	
<i>M. surmuletus</i>	1	2	16,2	15,5	17,0	
	2	12	18,7	16,4	23,0	
	3	14	23,4	19,3	26,5	
	4	2	27,8	27,5	28,0	
<i>S. lusitanica</i>	4	8	18,3	15,9	19,8	
	5	23	21,2	17,0	27,2	
	6	24	22,7	17,0	29,0	
	7	23	23,3	20,6	27,0	
	8	24	26,8	22,3	34,3	
	9	15	26,0	20,0	30,6	
	10	1	25,5	25,5		
	11	2	27,0	26,1	27,8	
	12	1	26,0	26,0		
	<i>S. scrofa</i>	1	1	8,6	8,6	
		2	9	13,7	11,5	17,0
		3	5	18,7	17,0	20,1
4		2	24,5	23,5	25,5	
5		6	20,2	17,5	23,3	
6		10	26,9	22,0	34,0	
7		6	30,5	25,0	37,0	
8		1	32,0	32,0		
<i>U. scaber</i>	1	2	20,8	20,5	21,0	
	2	8	20,1	16,0	27,0	
	3	7	21,1	17,3	26,9	
	4	3	27,8	25,0	30,0	
	5	2	23,5	23,4	23,5	
	6	1	31,5	31,5		
	7	1	31,5	31,5		
	8	1	31,5	31,5		

En apartados anteriores afirmamos que en *M. surmuletus*, el 50% de los individuos alcanzarían su primera madurez alrededor de los 20 cm de longitud, con lo cual de acuerdo con los datos de edades, estaríamos hablando de peces por encima de los 3 años, así mismo comparando con la talla mínima de pesca, los peces estarían en una clase de edad por debajo de 1 año.

Para el caso de *S. lusitanica*, el 50% de los peces ya habrán alcanzado su primera madurez alrededor de los 25 cm, es decir peces por encima de la clase de edad de 7 años y la talla mínima de pesca correspondería a peces en la clase de edad 4 o inferior.

En *S. scrofa* el 50% de los ejemplares alcanzan la primera madurez alrededor de los 25 cm de talla lo cual correspondería a una clase de edad de 5 años y

finalmente en *U. scaber*, la talla de 23,5 cm a la cual el 50% de la población ya habría alcanzado la primera madurez correspondería a una clase de edad de 3 años.

La relación talla-edad para machos y hembras y para el total de la muestra de cada una de las cuatro especies de peces se observa en la Figura 3.18.

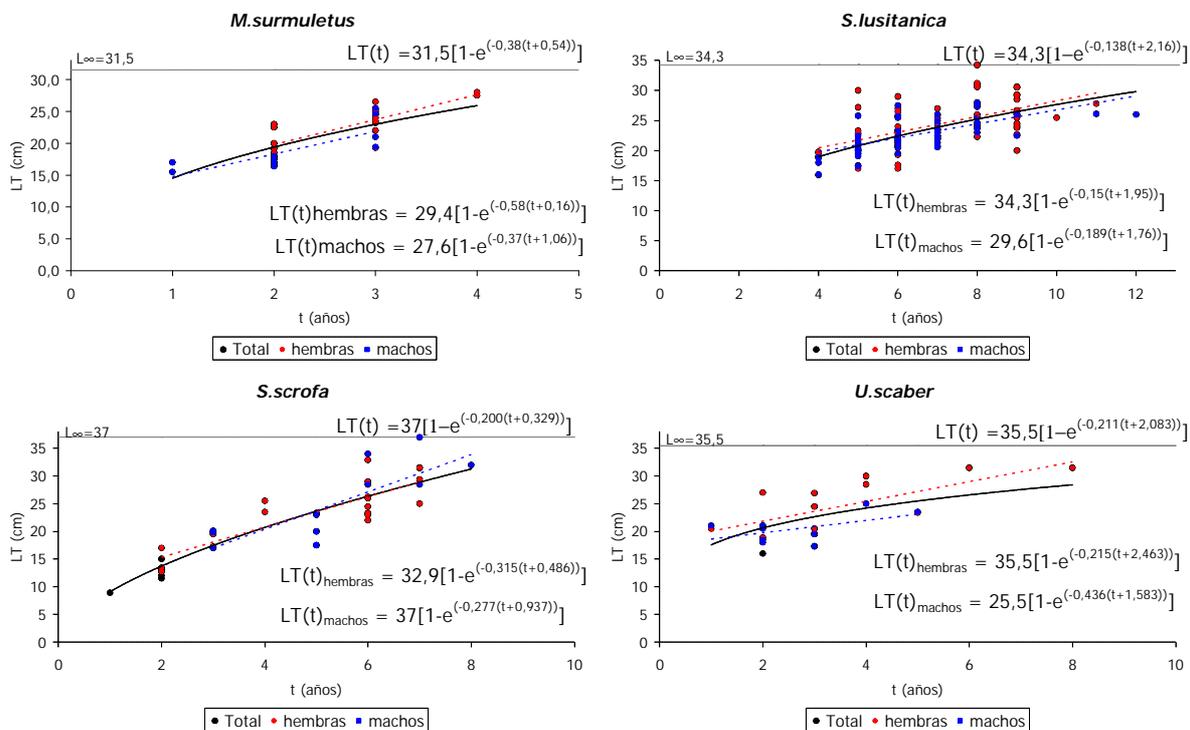


Figura 3.18. Curvas de crecimiento y parámetros de von Bertalanffy

En las figuras se observan los parámetros de crecimiento propios de cada especie, tales como la longitud asintótica (L_{∞}), la tasa instantánea de crecimiento (k) y la longitud del pez en el tiempo 0 (t_0), estimados de acuerdo con la curva de crecimiento de von Bertalanffy. En *M. surmuletus* y en *S. scrofa* los machos tuvieron una tasa instantánea de crecimiento menor que las hembras, en las otras dos especies ocurrió a la inversa. Excepto en *S. scrofa* los machos tuvieron una longitud asintótica menor que las hembras.

S. scrofa y *U. scaber* son especies de mayor tamaño, que llegan a alcanzar longitudes máximas por encima de los 35 cm con tasas de crecimiento más altas con respecto de *M. surmuletus* y *S. lusitanica*.

Comparando nuestros resultados con otros trabajos encontramos datos similares a los nuestros, en el trabajo realizado con *M. surmuletus* por Morales-Nin

(1991), en aguas de Mallorca. En este trabajo la L_{∞} calculada para la especie fue de 29,8 cm, siendo mayor en hembras (34,5 cm) que en machos (23,3 cm). El valor de la L_{∞} de las hembras fue un poco mayor que el nuestro, a su vez los valores total y de machos fueron un poco menores. La tasa de crecimiento ($k= 0,2376$) fue un poco menor que la encontrada en nuestro trabajo ($k=0,379$), con la indicación que es una tasa algo elevada, probablemente debido a la utilización de juveniles en la estimación de la curva.

Reñones *et al.* (1995) también realizaron en aguas de Mallorca un trabajo similar al de Morales-Nin (1991), con resultados muy parecidos. Las tallas de los ejemplares capturados estaban entre los 10 y 32 cm perteneciendo a las clases de edad 0-4. Los parámetros de crecimiento que estos autores encontraron para toda la población, fueron: $L_{\infty} = 31,28$ cm, $k= 0,211$ y $t_0= -2,348$. Estos datos son similares a los nuestros, aun cuando las tasas de crecimiento encontradas por nosotros fueron un poco más altas.

Aguirre (2000), realiza una estimación de la curva de crecimiento de *M. surmuletus* a partir de una progresión modal de las clases de talla, utilizando los parámetros estimados por otros autores, obteniendo una $L_{\infty} = 44,12$ cm, $k= 0,27$ y $t_0= -0,07$. Trabajó con una población con un rango de talla entre 5,5 cm y 29 cm, con individuos de 11 cm correspondientes a 1 año, de 18 cm a 2 años y 25 cm a 3 años. Como vemos la estimación de las edades es similar a nuestros datos, sin embargo la longitud asintótica estimada por nosotros fue menor y la tasa de crecimiento mayor.

Para el caso de *S. lusitanica* podemos comparar nuestros resultados con los encontrados por Cabral *et al.* (2003 a), quienes hasta la fecha son los únicos autores que han publicado información acerca de la biología y ecología de esta especie. Estos autores trabajaron en el Atlántico, con ejemplares entre los 15 y 48 cm de longitud, encontrando individuos con un máximo de 8 años de edad. Nuestra muestra no alcanzó tallas tan altas, sin embargo nuestros individuos se encontraron en la clase de edad entre 4 y 12 años. Debido a que en ese trabajo se contaron con peces de gran tamaño, la L_{∞} fue mucho más alta que la nuestra (56 cm para hembras y 49 cm para machos) con una tasa de crecimiento mayor ($k= 0,21$ para hembras y

$k=0,27$ para machos); sin embargo podemos observar que al igual que nuestros resultados las hembras alcanzaron longitudes máximas mayores que los machos y su tasa de crecimiento fue menor.

Únicamente hemos encontrado una referencia bibliográfica acerca de la edad en *S. scrofa* en el trabajo realizado por Bradai y Bouain (1991), en el cual los autores afirman que la hembra madura más pequeña de su muestra tenía una longitud estándar de 124 mm que correspondía a una edad de 3 años y el macho maduro más pequeño medía 143 mm y una edad de 4 años, sin embargo en este trabajo no se establecen los parámetros de crecimiento con los cuales podamos comparar nuestros datos, solamente podemos establecer, de acuerdo con nuestra curva, que los ejemplares correspondientes a los 3 y 4 años de edad tenían tallas superiores, aún cuando debemos tener en cuenta que esos resultados se mencionaron en el caso de los ejemplares más pequeños, con lo cual cabría suponer que el promedio poblacional sería superior.

Finalmente para *U. scaber*, al igual que para las dos especies anteriores, sólo hemos encontrado un trabajo con el cual comparar nuestros datos. Demirhan *et al.* (2007) determinaron los parámetros de crecimiento de esta especie, en peces en un rango de longitud entre 5,2 cm y 21,9 cm, obteniendo para toda la población una L_{∞} de 26,3 y una $k=0,339$ y una rango de edad entre 1 y 5 años. Con respecto a nuestro estudio, hemos estimado una L_{∞} mayor (35,5 cm), lo cual cabe esperar ya que nuestra población alcanzó tallas mayores y además, se evidencia en una tasa de crecimiento un poco más baja ($k=0,211$). Sin embargo, al calcular el índice de rendimiento del crecimiento (ϕ), nuestro índice ($\phi=2,45$) es similar al de este trabajo ($\phi=2,37$).

3.4.7. IMPACTO SOBRE LA PESCA

El conocimiento de la biología reproductiva de las diferentes especies de peces, así como de su crecimiento somático, establecen pautas para la determinación de las tallas mínimas de captura que permitan la gestión y ordenación de las poblaciones pesqueras, con el objetivo de asegurar su mantenimiento. En el Real Decreto 560/1995, de 7 de abril del ministerio de agricultura, pesca y alimentación, vigente en la actualidad, se encuentran las tallas mínimas autorizadas para el mediterráneo,

sin embargo de las cinco especies de nuestro estudio, sólo figura el salmonete de roca (*Mullus surmuletus*) con una talla mínima de 11 cm. También se habla de lenguado común (*Solea vulgaris*) con una talla de 20 cm, con lo cual se puede tener una referencia para algunos pleuronectiformes, como en nuestro caso *Synaptura lusitanica*. Las otras especies de nuestro estudio no se encuentran reguladas y la vigilancia se hace desde cada autonomía. Para *S. scrofa*, la talla mínima aceptada está entre los 15 y 20 cm y para *U. scaber* y *S. lusitanica* actualmente no hay establecida una talla mínima para su captura.

De acuerdo con nuestros datos, las poblaciones de peces de las especies estudiadas alcanzarían su madurez sexual en tallas mayores a las consideradas por la legislación, con lo cual habría un impacto directo sobre la capacidad de recuperación de estas poblaciones.

En este mismo sentido el ministerio de agricultura, pesca y alimentación, afirma en el libro blanco de la pesca (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2007) que, en el Mediterráneo, las especies demersales como la merluza y los salmonetes muestran un estado de fuerte sobrepesca de crecimiento, lo que quiere decir que los tamaños de los ejemplares capturados son pequeños en relación con el crecimiento potencial de las especies y pueden estar originando tamaños de los stocks de reproductores demasiado débiles para asegurar reclutamientos adecuados. Esto lo hemos comprobado especialmente con las edades del salmonete, las cuales estuvieron entre 3 y 4 años en los individuos de mayor tamaño.

Las otras especies de este estudio no cuentan con una legislación tan clara como si la tienen los salmonetes, pero según nuestros datos, la situación de la pesca no sería muy diferente, con lo cual es posible que se estén capturando en tallas aún pequeñas que garanticen la sostenibilidad en el tiempo. De acuerdo con nuestros datos, pensamos que es importante realizar una revisión de las tallas de pesca con datos actualizados, que permita establecer no sólo las épocas reproductivas sino también tallas a las cuales se alcanza la primera madurez sexual y de reclutamiento, con el fin de idear estrategias que busquen proteger las poblaciones que reciben un mayor impacto pesquero. Así mismo, hemos establecido que las épocas de mayor actividad reproductiva se concentran en los meses de primavera que van de marzo a

mayo, con lo cual se hacen necesarios planes de gestión que contemplen limitaciones de capturas, capacidad y esfuerzo pesquero.

En definitiva, hace falta ampliar los estudios acerca del stock de pesca, el reclutamiento y las épocas reproductivas, especialmente para *S. lusitanica*, *S. scrofa* y *U. scaber*; sin embargo, nuestros resultados apuntan a que debe revisarse la gestión de la actividad pesquera de las cinco especies que componen este estudio, con el objetivo de buscar la sostenibilidad del medio, los recursos y la actividad económica a largo plazo, mediante la implementación de una o varias figuras de gestión dentro de las que se encuentran: establecimiento de áreas marinas protegidas, medidas técnicas de conservación (vedas, mallas y tallas mínimas), limitaciones directas al esfuerzo de pesca (días de pesca, número de barcos) o indirectas (totales admisibles de captura y cuotas), planes de gestión y de recuperación, esquemas de compensaciones y estímulos a la retirada o cambio de técnicas.

3.5. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Aziz, S.H. 1994. Observations on the biology of the common torpedo (*Torpedo torpedo*, Linnaeus, 1758) and marbled electric ray (*Torpedo marmorata*, Risso, 1810) from Egyptian Mediterranean Waters. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 45: 693-704.
- Abdel-Aziz, S.H.; El-Nady, F.S. 1993. Lipid dynamics in the common torpedo, *Torpedo torpedo*, from the Routh Eastern Mediterranean. Journal of Fish Biology 43(2): 155-162.
- Aguirre, H.; Lombarte, A. 1999. Ecomorphological comparisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *Mullus surmuletus*. Journal of Fish Biology 55:105-114.
- Aguirre, H. 2000. Aspectos biológicos y ecológicos del salmonete de fango *Mullus barbatus* L.1758 y del salmonete de roca *Mullus surmuletus* L. 1758, del Mediterráneo Noroccidental. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. 261 pp.
- Aguirre, H.; Sánchez, P. 2005. Repartición del recurso trófico entre *Mullus barbatus* y *M. surmuletus* en el Mar Catalán (Mediterráneo Noroccidental). Ciencias Marinas 31(2): 429-439.
- Allué, R.; Lloris, D.; Rucabado, J. 1981. *Scorpaena stephanica* Cadenat, 1943 (Osteichthyes, Scorpaenidae), primera cita para la ictiofauna europea, localizada en el Mediterráneo Occidental. Inv. Pesq. 45(2):433-439.
- Boundka, B.; Ktari, M.H.; Quignard, J.P. 1998. Sexualité, cycle sexuel et reproduction de L'Uranoscope (*Uranoscopus scaber*) de Tunisie. Vie Milieu, 48 (1):63-69.
- Bradai, M.N.; Bouain, A. 1990. Régime alimentaire de *Scorpaena porcus* et de *S. scrofa* (Teleostei, Scorpaenidae) du Golfe de Gabes, Tunisie. Cybium 14: 207-216.
- Bradai, M.N.; Bouain, A. 1991. Reproduction de *Scorpaena porcus* (Linne, 1758) et de *Scorpaena scrofa* (Linne, 1758) (Pisces, Scorpaenidae) du Golfe de Gabes. Oebalia 17: 167-180.

- Cabral, H.N. 2000. Distribution and abundance patterns of flatfishes in the Sado estuary, Portugal. *Estuaries* 23 (3): 351-358.
- Cabral, H.N. 2002. On the occurrence of some rare flatfish species in south-European Atlantic waters. *Thalassas* 18 (1): 31-38
- Cabral, H.N.; Catarino, A.I.; Figueiredo, J.; Garcia, J.; Henriques, M. 2003 (a). Feeding ecology, age, growth and sexual cycle of the Portuguese sole, *Synaptura lusitanica*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 83: 613-618.
- Cabral, H.N.; Marques, J.F.; Rego, A.L.; Catarino, A.I.; Figueiredo, J.; Garcia, J. 2003 (b). Genetic and morphological variation of *Synaptura lusitanica* Capello, 1868, along the Portuguese coast. *Journal of Sea Research* 50: 167-175.
- Capapé, C.; Guélorget, O.; Vergne, Y.; Quignard, J-P. 2006. An unusual nine-ocellated common torpedo, *Torpedo torpedo* (Linnaeus, 1758) (Chondrichthyes: Torpedinidae), from southern France. *Acta Adriatica* 47(1): 73-78.
- Consalvo, I.; Scacco, U.; Romanelli, M.; Vacchi, M. 2007. Comparative study on the reproductive biology of *Torpedo torpedo* (Linnaeus, 1758) and *T. marmorata* (Risso, 1810) in the central Mediterranean Sea. *Scientia Marina* 71(2): 213-222.
- Corbera, J.; Sabatés, A.; García-Rubies, A. 2000. Peces de Mar de la Península Ibérica. Guía de Campo. Ed. Planeta. 312 p.
- Çoker, T.; Akyol, O.; Özyaydin, O.; Leblebici, S.; Tosunoglu, Z. 2008. Determination of batch fecundity in *Uranoscopus scaber* Linnaeus, 1758 from the Aegean sea, Turkey. *J. Appl. Ichthyol.* 24: 85-87.
- Csirke, J. 1989. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Documentos Técnicos de Pesca No.192. Roma, 87 pp.
- Demirhan, S.A.; Can, M.F.; Seyhan, K. 2007. Age and growth of stargazer (*Uranoscopus scaber* L., 1758) in the southeastern Black Sea. *Journal of Applied Ichthyology* 23:692-694.
- Erzini, K.; Gonçalves, J.M.S.; Bentes, L.; Lino, P.G.; Ribeiro, J.; Stergiou, K.I. 2003. Quantifying the roles of competing static Sears: comparative selectivity of

- longlines and monofilamento gill nets in a multi-species fishery of the Algarve (southern Portugal). *Scientia Marina* 67(3): 341-352.
- ETI-UNESCO. 2001. Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean. Whitehead, P.J.P.; Bauchot, M.L.; Hureau, J.C.; Nielson, J.; Tortonese, T.(Eds). World Biodiversity Database CD-ROM Series. ETI UNESCO, Amsterdam Paris.
- Fernández, R.; Val, M.J. 1966. Contribución al estudio biológico-químico del salmonete de roca (*Mullus surmuletus* L.) y del de fango (*Mullus barbatus* L.), de Málaga. *Boln. Inst. Esp. Oceanogr.* 124: 1-26.
- Fiorentino, F.; Zamboni, A.; Rossi, M.; Relini, G. 1998. The growth of the red mullet (*Mullus barbatus*, L.1758) during the first years of life in the Ligurian Sea (Mediterranean). *Cah. ORSTOM.Options Mediterr.*, 35: 65-78.
- Froese, R.; D, Pauly. Editors. 2008. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2008).
- Gayanilo, F.C. Jr., Sparre, P.; Pauly, D. 1996. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8. Rome, FAO, 126 p.
- Granado, C. 1996. Ecología de Peces. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones. Serie: Ciencias. Num.45: 353pp.
- Gibson, R.N. (Ed.). 2005. Flatfishes. Biology and exploitation. Fish and aquatic resources series 9. Blackwell Science Ltd., Oxford, U.K, 391 pp.
- Gulland, J.A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Manuales de la FAO de ciencias pesqueras. Ed. ACRIBIA. España.
- Harmelin-Vivien, M.L.; Kaim-Malka, R.A.; Ledoyer, M.; Jacob-Abraham, S.S. 1989. Food partitioning among scorpaenid fishes in Mediterranean seagrass beds. *Journal of Fish Biology* 34(5): 715-734.
- Herrera, J.; Muñoz, F. 1963. Composición química del salmonete de fango (*Mullus barbatus* L.) de Castellón y consideraciones biológicas sobre la misma. *Inv. Pesq.* 23: 91-113.

- Holden, M.J.; Raitt, D.F.S. (R). 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Roma. World Wide Web electronic publication. <http://www.fao.org/DOCREP/003/F0752S/F0752S00.htm>
- Huet, L.; Laurence; Goosse, V.; Parmentier, E.; Vandewalle, P.1999. About some skeletal particularities of the first vertebrate related to the mode of prey capture in *Uranoscopus scaber* (Uranoscopidae) *Cybiurn* 23 (2):161-167
- La Mesa, G.; La Mesa, M.; Tomassetti, P. 2007. Feeding habits of the Madeira rockfish *Scorpaena maderensis* from central Mediterranean Sea. *Mar. Biol.* 150: 1313-1320.
- Labropoulou, M.; Machias, A.; Tsimenides, N.; Eleftheriou, A. 1997. Feeding habits and ontogenic diet shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758. *Fisheries Research* 31: 257-267.
- Lloret, J.; Leonard, J. 2002. Recruitment dynamics of eight fishery species in the Northwestern Mediterranean sea. *Scientia marina* 66 (1): 77-82.
- Lombarte, A.; Recasens, L.; González, M.; Gil de Sola, L., 2000. Spatial segregation of two species of mullidae (*Mullus surmuletus* and *M.narbatus*) in relation to habitat. *Marine Ecology Progress Series*, 206:239-249.
- Luque, A.; Ramírez, T., 1996. Otolitos: una introducción a su potencial uso para el estudio de la biología de los peces. *Encuentros en la Biología*, 32. Universidad de Málaga:<http://www.ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/ENCUENTROS32/otolit.html>.
- Machias, A.; Somarakis, S.; Tsimenides, N. 1998. Bathymetric distribution and movements of red mullet *Mullus surmuletus*. *Marine Ecology Progress Series* 166: 247-257.
- Machias, A.; Labropoulou, M. 2002. Intra-specific variation in resource use by red mullet, *Mullus barbatus*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55: 565-578.
- Mahé, K.; Destombes, A.; Coppin, F.; Koubbi, P.; Vaz, S.; Le Roy, D.; & Carpentier, A. 2005. Le rouget barbet de roche *Mullus surmuletus* (L. 1758) en Manche

- orientale et mer du Nord. Rapport de Contrat IFREMER/CRPMEM Nord-Pas-de-Calais, 187pp.
- Mata, A.J.; Morales, J.; Márquez, L. 2008. Weight-length relationships for 26 demersal fish species of the Spanish South-Atlantic coastal waters. *J.Appl.Ichthyol.*24:330-333.
- Mazzola, A.; Lopiano, L.; La Rosa, T.; Sarà, G. 1999. Diel feeding habits of juveniles of *Mullus surmuletus* (Linneo, 1758) in the lagoon of the Stagnone di Marsala (Western Sicily, Italy). *J. Appl. Ichthyol.* 15: 143-148.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2005. REAL DECRETO 1615/2005, de 30 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 560/1995, de 7 de abril, por el que se establecen las tallas mínimas de determinadas especies pesqueras. BOE número 16 de 19/1/2006, 2304-2305.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2007. Libro Blanco de la Pesca. Gobierno de España. 309 pp.
- Morales-Nin, B. 1991. Parámetros biológicos del salmonete de roca *Mullus surmuletus* (L. 1758), en Mallorca. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 7(2): 139 – 147.
- Morato, T.; Afonso, P.; Lourinho, P.; Barreiros, J.P.; Santos, R.S.; Nash, R.D.M. 2001. Length-weight relationships for 21 coastal fish species of the Azores, north-eastern Atlantic. *Fisheries Research.* 50:297-302.
- Motomura, H.; Senou, H. 2008. A new species of the scorpionfish genus *Scorpaena* (Scorpaenidae) from Izu Peninsula, Pacific coast of Japan. *Journal of Fish Biology* 72: 1761-1772.
- Muñoz, M.; Casadevall, M.; Bonet, S. 1996. Primeres dades sobre la reproducció de *Scorpaena notata* (Pisces, Teleosti) en el Mediterrani Occidental. *Scientia gerudensis* 22: 53-58.
- Muñoz, M.; Sabat, M.; Vila, S.; Casadevall, M. 2005. Annual reproductive cycle and fecundity of *Scorpaena notata* (Teleostei: Scorpaenidae). *Scientia Marina* 69(4): 555-562.

- Muus, B.J.; Nielsen, J.G.; Dahlstrom, P.; Nyström, B.O. 1998. Guía de identificación. Peces de Mar del Atlántico y del Mediterráneo. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 337 pp.
- Neer, J.; Cailliet, G. 2001. Aspects of the life history of the Pacific Electric Ray, *Torpedo californica* (Ayres). *Copeia* (3): 842-847.
- Panfili, J.; Pontual, H.; Troadec, H.; Wright, P. (Eds). 2002. Manual of fish sclerochronology. Brest, France: IFREMER-IRD coedition, 464 pp.
- Prager M.H.; Saila, S.B.; Recksiek, C.W. 1987. FISHPARM: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science. Old Dominion University Oceanography technical report 87(10):1-37.
- Reñones, O; Massuti, E.; Morales-Nin, B. 1995. Life history of the red mullet *Mullus surmuletus* from the bottom-trawl fishery off the Island of Majorca (north-west Mediterranean). *Marine Biology* 123: 411-419.
- Riedl, R. 2000. Fauna y Flora del Mar Mediterráneo. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 858 pp.
- Sanz, A. 1985. Contribución al estudio de la biología de *Uranoscopus scaber* Linnaeus, 1758 (Osteichthyes, Uranoscopidae) del Mediterráneo occidental. *Invest. Pesquera* 40 (1): 35-46.
- Sokal, R.R.; Rohlf, F.L. 1979. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Miguel Lahoz León (traductor). H.Blume ediciones. Madrid, 832 pp.
- Sokal, R. R.; Rolf, F.L., 1987. Introduction to biostatistics, 2nd Edition. Freeman, New York, 363 pp.
- Sparre, P.; Venema, S.C. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento técnico de Pesca No. 306.1 Rev.2 Roma, 420 pp.
- Stehmann, M.; Bürkel, D.L. 1984. Torpedinidae. In "Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean". (Eds P.J.P. Whitehead, M.L. Bauchot, J.C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese.) UNESCO:Paris. Vol.3:156-8.

- Suau, L. y Vives, F. 1957. Contribución al estudio del salmonete de fango (*Mullus barbatus*) del Mediterráneo occidental. *Investigación Pesquera*, 9: 97-118.
- Tserpes, G.; Fiorentino, F.; Levi, D.; Cau, A.; Murenu, M.; Zamboni, A.; Papaconstantinou, C. 2002. Distribution of *Mullus barbatus* y *Mullus surmuletus* (Osteichthyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: implications for management. *Scientia Marina* 66 (suppl.2): 39-54.
- Wootton, R.J. (Ed). 1999. Ecology of teleost fishes. Second Edition. Kluwer Academic Publishers. Fish and Fisheries Series 24. Dordrecht, The Netherlands 386 pp.
- Zar, J. 2004. Biostatistical Analysis. Fourth Edition. Prentice Hall International, INC. New Jersey – USA. 663 pp.

4. ESTUDIO DE LOS HÁBITOS ALIMENTICIOS Y DE LA DINÁMICA TRÓFICA

4.1. INTRODUCCIÓN

La supervivencia, crecimiento y reproducción de un pez dependen de la cantidad de energía y nutrientes incorporados por su actividad alimenticia. Una vez finalizada la fase de saco vitelino, la ingesta de alimento existente en el medio es la única entrada de energía para el individuo. Esta se repartirá, dependiendo de las necesidades y período del ciclo de vida, en mayor o menor medida, en metabolismo basal, crecimiento somático y los fenómenos asociados al hecho reproductivo; siendo eliminada la energía no metabolizada a través de la excreción (Granado, 1996).

La capacidad de los individuos de sobrevivir a períodos en los que dejan de alimentarse depende de su habilidad de almacenar reservas, las cuales pueden ser movilizadas cuando la alimentación se detiene. El tamaño de tales reservas reflejará el éxito alimenticio. Un análisis de la alimentación en peces debe responder preguntas básicas tales como qué, cuándo, dónde y cuánto comen (Wootton, 1999).

El análisis de la alimentación de los peces mediante el estudio de las presas encontradas en sus estómagos, es el medio más adecuado para estudiar su dieta. El conocimiento de la alimentación de una especie es un aspecto básico en su biología, ya que depende de adaptaciones anatómicas, fisiológicas y etológicas y además es el medio de conocer sus relaciones tróficas. (Amezaga-Herrán, 1988).

La alimentación en los peces responde a un sistema complejo de adaptaciones, con el fin de rentabilizar los recursos disponibles para el mantenimiento de la especie en el medio. Este proceso se ha ido modelando desde la misma aparición de las especies, realizándose modificaciones anatómicas, fisiológicas, parasitológicas y ecológicas. En el ecosistema acuático vemos, en los peces, la necesidad de alimentarse en un medio con recursos más o menos dispersos y la respuesta adaptativa de la especie para explotarlos sin entrar en conflicto con otras coexistentes (Granado, 1996).

El grupo de los peces presenta un nicho trófico más amplio que los restantes vertebrados y existe un solapamiento alto de la dieta, junto a un solapamiento bajo del hábitat. Ambos patrones, generalizables en los peces, nos resumen en cierta

medida las estrategias y conflictos de la ictiofauna en los distintos ambientes donde viven (Granado, 1996).

En cuanto a los tipos de alimentación, desde un punto de vista evolutivo, la evolución trófica ha conducido a una doble especialización, de una parte mecánica, en lo que concierne a la obtención, manejo e ingestión del alimento y por otra parte bioquímica, ya que las enzimas y disposición anatómica general del tubo digestivo están organizados en relación a un determinado espectro alimenticio o dieta (Amezaga-Herrán, 1988)

Según Wootton (1999) los peces ocupan virtualmente todos los niveles tróficos del ambiente acuático, desde herbívoros que se alimentan de algas unicelulares hasta carnívoros secundarios y terciarios, pasando por algunas especies que forman parte de los descomponedores que se alimentan de detritos. Sin embargo muchas especies muestran una gran flexibilidad en su ecología trófica, esta diversidad y flexibilidad en las dietas de los peces puede generar redes alimenticias bastante complejas.

Partiendo de la base de que todo el alimento, en cualquier especie, se toma por la boca y que el alimento depende de la estacionalidad de los recursos y su rapidez de digestión, Granado (1996), clasifica a los peces en seis categorías:

1. Depredadores: comen animales macroscópicos. Tienen mandíbulas potentes, dientes y una diferenciación del estómago con respecto del tubo digestivo.
2. Raspadores: se alimentan raspando sobre superficies sólidas donde se desarrollan comunidades algales y de microorganismos. Provistos de labios córneos.
3. Filtradores: alimentación a base de organismos suspendidos en la columna de agua, tanto de pequeño tamaño (nanoplancton) como mayores (plancton). Buen desarrollo de las branquiespinas, formando un aparato filtrador.

4. Chupadores: se alimentan de presas del ambiente bentónico. Suelen confundirse con los de hábitos raspadores.
5. Parásitos: no es un tipo muy extendido entre los peces. En la fase parásita se alimentan de los fluidos corporales de sus huéspedes.
6. Detritívoros: no hay muchos representantes en este grupo (algunos ciprínidos, cíclidos y mugílidos), Se alimentan de materia no viva en distinto grado de descomposición que se acumula sobre los fondos. El mayor valor energético se encuentra en la microflora y microfauna asociada.

Adicional a lo anterior, según el hábitat que ocupa el pez, la alimentación puede ser planctófaga o bentófaga. De acuerdo con Granado (1996) los peces bentófagos tienen estructuras y mecanismos de alimentación más variados que el resto de estrategias alimenticias. Así mismo, este autor asegura que dependiendo de la composición cualitativa de las presas o de los hábitats donde viven, los regímenes alimenticios se clasifican en especialistas, generalistas y oportunistas. La diferenciación entre unos y otros no resulta fácil, tanto a nivel de componentes de la dieta como a lo largo del tiempo. Es posible observar especialistas durante una época del año y al variar la disponibilidad de los recursos cambiar a generalistas en otra época.

No obstante la clasificación anterior, los peces establecen en su medio una serie de relaciones tróficas con otros organismos, algunas veces serán depredadores, otras veces presas, también pueden competir por el alimento, parasitar o ser parasitados, establecer relaciones de simbiosis, etc. Cuando consideramos el ciclo vital complejo de un pez, aparece una red de interrelaciones entre depredadores y presas en las que están involucrados varios "phyla" de organismos acuáticos, debido a que los peces van cambiando de alimento y por tanto, también de hábitat en los distintos estadios de su ciclo vital (larval, juvenil, adulto), época del año, etc. (Amezaga-Herrán, 1988).

4.1.1. ANTECEDENTES DE LOS MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA ALIMENTACIÓN Y DINÁMICA TRÓFICA EN PECES

En los años cincuenta los estudios sobre la biología de los teleósteos tuvieron un gran auge, sin embargo, en dichos trabajos la alimentación era tratada de una manera muy superficial, junto con otros aspectos como el crecimiento, la reproducción etc., no realizándose ningún estudio detallado de las presas encontradas en sus estómagos. Así mismo, tampoco se contemplaban las variaciones de la dieta con la talla y las estaciones, ni se trataban estadísticamente los resultados (Morte, 2002).

En la década de los setenta e inicios de los ochenta, los estudios ictiológicos sobre alimentación experimentaron un nuevo impulso, centrándose básicamente en los aspectos anteriores, aun cuando los estudios en las costas valencianas fueron muy puntuales (Penadés y Acuña, 1980; Ramos-Jara, 1981).

De ésta época es importante destacar el trabajo realizado por Pinkas, *et al.* (1971), los cuales, más allá de estudiar la alimentación de los atunes, realizaron un aporte fundamental en los criterios de importancia de las categorías alimenticias, mediante la combinación de los métodos ya existentes, desarrollando un índice al que denominaron "Índice de Importancia Relativa IRI", el cual incorpora el porcentaje del número, del volumen y de la frecuencia de ocurrencia de las presas en la dieta. Posteriormente Hacunda (1981) lo modificó, utilizando en lugar del porcentaje en volumen, el porcentaje en peso.

En 1979, George y Hadley comenzaron a emplear un índice de importancia relativa, el cual denominaron RI, basado en el índice de importancia absoluta (AI) el cual consiste en la sumatoria de los índices numérico, gravimétrico y de frecuencia de ocurrencia. Al igual que el método propuesto por Pinkas *et al.* (1971) y posteriormente la revisión realizada por Hyslop (1980), esta aportación ha sido una de las más utilizadas en todos los estudios actuales sobre alimentación en peces.

En la década de los ochenta Hyslop (1980) comentaba que los estudios de la dieta, basados en el análisis de contenidos estomacales eran una práctica estándar dentro de la ecología de peces, sin embargo hacía referencia a la poca literatura

existente que tratara sobre los métodos empleados. Debido a lo anterior, este autor realizó un trabajo en el cual describió y discutió los diferentes métodos de análisis, comentando las ventajas y desventajas de cada uno, además de categorizar los tipos de estudios de alimentación para de ese modo permitir la comprensión de los objetivos y el tipo de datos que se requieren. En este trabajo el autor concluye que no hay un método que ilustre completamente el esquema alimenticio de una especie y por lo tanto recomienda utilizar al menos un método que tenga en cuenta el número de presas y uno que tenga en cuenta la cantidad en términos de volumen o peso. Podemos afirmar que a partir de este trabajo, cualquier estudio sobre alimentación en peces realizado posteriormente, ha tenido en cuenta las recomendaciones y comentarios de este autor.

Posteriormente, el Instituto Español de Oceanografía, publicó un informe técnico, realizado por Amezaga-Herrán (1988), en el cual se hacía una revisión bibliográfica de los objetivos y la metodología empleada en el análisis de contenidos estomacales en peces. Al igual que en el trabajo de Hyslop (1980), en este documento se resumen los objetivos y métodos que se plantean en los trabajos sobre análisis de contenidos estomacales de peces (enfocado especialmente en túnidos) y sus aplicaciones a la biología pesquera.

En estudios posteriores se han revisado las metodologías existentes y diversos autores han hecho aportaciones muy interesantes o incluso han desarrollado nuevas técnicas de análisis, especialmente orientadas a la clasificación y jerarquización de las presas dentro de la dieta. Dentro de los principales podemos citar a Costello (1990) quien desarrolló un método gráfico de análisis que está basado en la posición relativa que ocupan las diferentes presas en un eje de coordenadas en el cual las abscisas corresponden a la frecuencia de ocurrencia y las ordenadas a la abundancia representada por el índice gravimétrico. Tokeshi (1991) también propuso un método gráfico para indicar la estrategia alimenticia de las especies; ubicando la diversidad de alimentación promedio del individuo (D_i) en el eje de las Y, y la diversidad alimenticia de la población (D_p) en el eje de las X. Amundsen *et al.* (1996), consideraron que el método gráfico de Costello, podría ser mejorado si en lugar de la abundancia se utilizaba una variable que representara la abundancia específica de la

presa, es decir el porcentaje de un taxón comprendido en el total de estómagos llenos en los cuales estuviera presente dicha presa.

Assis (1996), con el fin de comparar los resultados obtenidos en los diferentes índices y además como herramienta para jerarquizar por orden de importancia las presas que componen la dieta de cada especie propuso el índice de importancia geométrica (*GII* por sus siglas en inglés) que también es presentado de forma gráfica.

Marshall y Elliot (1997) concluyeron que para evaluar la diversidad de la dieta de una especie y las interacciones inter e intra específicas es necesario el uso de una variedad de técnicas estadísticas, sugieren tener la información en forma básica respecto a los índices más comunes, visualizar los datos en forma gráfica para facilitar su comparación, utilizar técnicas estadísticas para determinar la significancia y las diferencias observadas y finalmente aplicar técnicas de ordenación y cluster para agrupar cantidades grandes de datos.

Como hemos podido observar las metodologías de extracción, manipulación e identificación de los contenidos estomacales como base para los estudios de la ecología trófica y de los hábitos alimenticios de los peces no han sufrido grandes modificaciones y más bien en los últimos años los estudios han estado encaminados a desarrollar y mejorar el análisis de los datos, con el fin de obtener información más robusta acerca de las interacciones tróficas entre especies y aportar datos sobre la teoría de las relaciones depredador-presa, mediante la utilización de herramientas computacionales que permiten el manejo rápido de grandes volúmenes de información. Podemos citar algunos trabajos como el de Beyer (1998), quien propuso una teoría estocástica para el manejo de información proveniente de los contenidos estomacales. Baldó y Drake (2002), analizaron los hábitos alimenticios de peces pequeños en el estuario del Guadalquivir, valiéndose de diversas técnicas multivariadas de análisis. Link (2004), desarrolló un algoritmo para aplicarlo en un modelo general de selectividad en la alimentación de peces, con el fin de predecir la preferencia de las presas.

También se han realizado algunos estudios acerca de la importancia de las características morfológicas en la selección de las presas (Franco y Bashirullah, 1992;

Labropoulou y Eleftheriou, 1997; Erzini *et al.*, 1997; Karpouzi y Stergiou, 2003; Oñate y Pequeño, 2005)

Ya que los datos de composición de la dieta son la base para la estimación de los niveles tróficos, en este sentido también se han hecho numerosos aportes en los últimos años, destacando los trabajos de Pauly y Christensen (2000 a y b) y Pauly y Sa-a (2000) quienes desarrollaron una metodología para estimar niveles tróficos a partir de ítems alimenticios individuales, la cual denominaron (TROPHs), así como un software (ECOPATH) (Christensen *et al.*, 2004), diseñado para la construcción, parametrización y análisis del balance de masas en los modelos tróficos de ecosistemas acuáticos y terrestres. De tal manera que en la actualidad, estas dos herramientas son de uso extendido por la gran mayoría de investigadores que trabajan en el manejo de recursos pesqueros.

4.1.2. ANTECEDENTES DE LOS ESTUDIOS SOBRE ALIMENTACIÓN Y DINÁMICA TRÓFICA EN LAS ESPECIES SELECCIONADAS EN ESTE TRABAJO

En cuanto a los aportes realizados acerca de la alimentación de las especies estudiadas en esta tesis, encontramos que hay pocas referencias bibliográficas. Incluso para las aguas costeras del Mediterráneo occidental se han hecho pocos estudios acerca de las relaciones alimenticias en las comunidades de peces bentónicos.

A continuación se mencionan los trabajos más relevantes, bien sea porque aportan información sobre las especies del estudio o porque ofrecen contribuciones valiosas sobre la metodología a seguir:

Ramos-Jara (1981) estudió la fisiología de la reproducción y biología del lenguado (*Solea solea*) en el área costera de Castellón, aportando información relevante para el conocimiento de esta especie de alto valor comercial.

Vicent (1998) realizó una tesis sobre la ecología trófica de tres especies de blénidos (*Aidablennius sphyinx*, *Parablennius incognitus* y *Lypophrys dalmatinus*) en el golfo de Valencia y hemos considerado que da unas directrices metodológicas aplicables a nuestro estudio, en cuanto al manejo e interpretación de la información

y a la aplicación de índices. Al igual que la tesis realizada por Cabral (1998) sobre dos especies de lenguado (*Solea solea* y *Solea senegalensis*) y el róbalo *Dicentrarchus labrax* en el estuario del Tajo en Portugal.

Morte (2002) trabajó en su tesis doctoral sobre las relaciones tróficas de algunos peces bentónicos del golfo de Valencia (*Mustelus mustelus*, *Lepidorhombus boscii*, *Lepidorhombus whiffiagonis*, *Trachinus Draco*, *Scorpaena notata*, *Scorpaena porcus*, *Trisopterus minutus capelanus* y *Phycis blennoides*), detallando el régimen alimentario y analizando los cambios de las dietas respecto a las talla y a las estaciones y la amplitud de los nichos tróficos de cada una de ellas.

En cuanto a información específica sobre la alimentación de las especies estudiadas contamos con los siguientes trabajos:

Labropoulou *et al.* (1997); Mazzola *et al.* (1999); Aguirre (2000); Lombarte *et al.* (2000); Aguirre y Sánchez (2005) y Mahé *et al.* (2005), realizaron estudios sobre *M. surmuletus*. Cabral (2002) y Cabral *et al.* (2003), realizaron aportes al conocimiento de la biología y alimentación de *S. lusitanica*. : Harmelin-Vivien *et al.* (1989) y Bradai y Bouain (1990) lo hicieron para *S. scrofa*. Abdel-Aziz (1994) para *T. torpedo* y finalmente Sanz (1985) realizó un trabajo muy completo y único sobre *U. scaber*.

4.1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente trabajo está dirigido a conseguir un mayor conocimiento de la dinámica alimentaria y de los hábitos alimenticios de cinco especies bentónicas de interés comercial en el litoral valenciano como son el salmonete de roca (*Mullus surmuletus*), el lenguado tigre (*Synaptura lusitanica*), la escorpa (*Scorpaena scrofa*), la rata (*Uranoscopus scaber*) y el torpedo común o vaca (*Torpedo torpedo*).

En este estudio hemos adaptado la terminología propuesta por Amezaga-Herrán (1988), en la cual, dentro del término *dinámica alimentaria* tendremos en cuenta el proceso de búsqueda e ingestión del alimento por un organismo. Así mismo, como parte de la evaluación de la dieta, nos referiremos dentro del contexto *alimenticio* a la característica referente al aspecto nutritivo o composición de la dieta,

es decir el conjunto de alimentos que ese organismo ingiere habitual u ocasionalmente en determinada proporción y que le permiten el mantenimiento y desarrollo de sus funciones vitales.

El análisis de contenidos estomacales en peces puede aportar información de naturaleza muy diversa, sin embargo dependiendo de los objetivos de cada estudio, la metodología y el diseño experimental varía considerablemente. Amezaga-Herrán (1988) ha sintetizado en cuatro apartados, los objetivos generales para este tipo de estudios:

1. Objetivos descriptivos: cuando el centro de interés son los organismos presa y se utiliza el estómago del depredador para muestrearlos.
2. Hábitos alimenticios: el interés se centra en el depredador y los organismos presa adquieren importancia en función de que forman parte de la dieta de una especie determinada.
3. Relaciones inter e intra específicas cuando a través del conocimiento de las dietas se estudian las posibles relaciones tróficas, depredación, competencia y canibalismo.
4. Cuantificación de la depredación inter e intra específica, para obtener datos de entrada en modelos multiespecíficos de evaluación de stocks.

De acuerdo con lo anterior, nuestro estudio se enmarca dentro de los objetivos 2 y 3 de Amezaga-Herrán (1988). De tal manera que mediante el conocimiento de los hábitos alimenticios podamos relacionar la alimentación con parámetros biológicos y físicos de las especies estudiadas, así como sus ritmos de alimentación. Así mismo, buscamos establecer relaciones inter e intra específicas al comparar las dietas.

Mediante el conocimiento de los hábitos alimenticios, obtendremos información acerca de la dieta de los peces (aspecto alimenticio), así como el aspecto alimentario, es decir la manera como se alimentan los peces.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.2.1. DINÁMICA ALIMENTARIA

Describir de forma detallada el régimen alimentario de estas especies a partir de un número significativo de ejemplares, provenientes de capturas comerciales.

Determinar el comportamiento alimentario de las especies estudiadas desde el punto de vista de los ritmos seguidos en el proceso de alimentación de los peces y la cantidad de alimento ingerido en función de la estacionalidad, talla, sexo y estado de madurez gonadal.

Estimar la importancia de los estómagos vacíos dentro de la dinámica alimentaria de cada especie, mediante el cálculo del índice de vacuidad y su variación de acuerdo con las épocas de muestreo, talla, sexo y estado de madurez gonadal.

Analizar la intensidad de la alimentación mediante el cálculo del peso de los contenidos estomacales y del índice de llenado o repleción y las posibles variaciones en función de la estacionalidad, talla, sexo y estado de madurez gonadal.

Calcular el número y el peso promedio de las presas en los estómagos de las especies estudiadas.

4.2.2. COMPOSICIÓN DE LA DIETA

Evaluar la composición trófica de la dieta y sus variaciones a lo largo del año para cada una de estas especies.

Analizar las variaciones de la dieta respecto a la talla y sexo de los individuos.

Describir y comparar la dieta y hábitos alimenticios a lo largo del desarrollo ontogénico de las especies de acuerdo con las tres clases de tallas establecidas.

Determinar el tipo y la importancia de las presas en la dieta de cada una de las especies estudiadas mediante los análisis de índices numéricos, de frecuencia, gravimétricos y combinados y las posibles variaciones en función de la estacionalidad, talla, sexo y estado de madurez gonadal.

Con base en el conocimiento de los hábitos alimenticios evaluar la estrategia alimentaria de cada una de las especies estudiadas.

Relacionar las estrategias alimenticias con la morfología de las estructuras involucradas en los procesos alimenticios como son la longitud del tubo digestivo y el área de la boca y como influyen estas en la repartición del recurso.

4.2.3. RELACIONES TRÓFICAS

Estudiar las posibles interrelaciones entre las diversas especies a partir del estudio de la competencia trófica y evaluar la amplitud de su nicho trófico.

Determinar la interacción entre especies y grupos de talla, a partir del solapamiento de nicho trófico.

A partir del conocimiento de los hábitos alimenticios, estimar el nivel trófico que ocupa cada una de las especies estudiadas.

Comparar los resultados con los obtenidos por otros autores en el Mediterráneo.

4.3. MÉTODOS

En el capítulo 2 de esta tesis, se ha explicado el protocolo seguido para la obtención de los peces en campo, su transporte y conservación en el laboratorio hasta el momento del análisis. A continuación explicaremos la metodología específica que se ha seguido en la manipulación y obtención de las muestras utilizadas para la caracterización de la dieta y el análisis posterior de los resultados obtenidos.

4.3.1. EXTRACCIÓN DE LOS ESTÓMAGOS

Para obtener estómagos con contenidos en buenas condiciones se utilizaron ejemplares, dentro de lo posible, que se encontraran al final de un periodo alimentario antes de que la digestión estuviera demasiado avanzada, tal y como lo sugieren autores como Amezcua-Herrán (1988) y Morte (2002). Y por supuesto se

extrajeron lo más pronto después de la captura, para evitar la digestión *post mortem*.

También se tuvo en cuenta si había señales de regurgitación, esto es si había restos de comida en la boca, o bien, el estómago estaba evaginado, es decir si se notaba el estómago vacío, alargado y con las paredes delgadas.

La extracción de los estómagos se realizó siguiendo la metodología sugerida en la mayoría de trabajos sobre alimentación que consiste en abrir la cavidad abdominal mediante incisión longitudinal en la zona ventral y luego cortar el intestino a nivel del píloro y el estómago se saca cortado por el esófago (Amezaga-Herrán, 1988; Morte, 2002).

Una vez extraído, cada estómago era pesado e inmediatamente fijado en una solución de formol al 10% neutralizada con borato de sodio a pH 7, y luego conservado en alcohol al 70%. Una vez el estómago era abierto, se procedía a la identificación, conteo y pesaje de las presas.

Se examinaron 685 estómagos de los cuales 197 eran de *M. surmuletus*, 316 de *S. lusitanica*, 62 de *S. scrofa*, 23 de *T. torpedo* y 87 de *U. scaber*.

4.3.2. TRATAMIENTO DE LOS CONTENIDOS ESTOMACALES

Los estómagos se diseccionaron bajo el microscopio estereoscópico. Los contenidos se depositaron en placas de Petri con agua. Las presas se dividieron en grupos generales, se clasificaron en categorías taxonómicas y se contabilizaron. La determinación de las presas se llevó a cabo mediante el uso de claves específicas para cada grupo: Polychaeta, Crustacea, Stomatopoda, Amphipoda, Cumacea, Isopoda, Mysidacea, Tanaidacea, Decapoda, Cephalochordata, Osteichthyes, Equinodermata, Mollusca, Nematoda y Sipuncula. Las presas se identificaron hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Normalmente la causa de no poder llegar hasta especie era el estado de los especímenes que se encontraban muy digeridos y troceados, lo que dificultaba su correcta determinación. Aquellas partes duras tales como mandíbulas de crustáceos, cefalópodos y poliquetos, sedas de poliquetos, quelípedos, tenazas, urópodos, rostro, fragmentos de telson y pereion de crustáceos y otolitos de peces fueron de gran ayuda en la identificación.

Los individuos de cada taxón identificado eran contados y cuando aparecían fragmentos, se tomaba como número de individuos el más bajo posible que podía haber originado esos fragmentos. En general, las unidades se podían contar gracias a los restos que se encontraban en los estómagos. Los restos duros muy calcificados (moluscos, otolitos de peces etc.) persisten más en el estómago que las presas blandas (poliquetos) y por eso las presas con la primera característica suelen ser sobreestimadas sobre las segundas que probablemente son infravaloradas.

En el apartado "Restos" se incluyen todos los restos de origen animal que por su estado de digestión no se podían identificar con los grupos establecidos.

Después de la identificación se elaboró una colección de muestras de referencia de las presas encontradas en los estómagos. Esta colección estaba compuesta tanto de ejemplares enteros como de fragmentos, otolitos de peces, picos y plumas de cefalópodos, mandíbulas de poliquetos, partes duras en general etc.

Se buscaba obtener de cada estómago un registro tan completo de sus contenidos estomacales, como fuera posible. Los datos que se registraron por cada estómago fueron su peso antes de ser abierto y su peso una vez era vaciado, número de ejemplares y peso húmedo de cada categoría taxonómica de presa.

4.3.3. ANÁLISIS DE LA DINÁMICA ALIMENTARIA

4.3.3.1. Índice de vacuidad

Para estimar la importancia de los estómagos vacíos dentro de la muestra, se calculó el índice de vacuidad (Ramos-Jara, 1981; Cabral, 1998; Vicent, 1998; Aguirre, 2000; Morte, 2002):

$$Iv = \frac{E_v}{E_T} \times 100$$

Donde:

E_v : número de estómagos vacíos

E_T : número total de estómagos analizados

4.3.3.2. Peso del contenido estomacal

Para cada estómago se obtuvo el peso del contenido estomacal (W_{ce}), como la diferencia entre el peso del estómago lleno y el vacío (Aguirre, 2000).

$$W_{ce} = W_T - W_p$$

Donde:

W_T : peso en gramos del estómago lleno

W_p : peso en gramos del estómago vacío

Ambos pesos se midieron con una balanza de precisión ($\pm 0,0001$ g) en los estómagos conservados en alcohol 70%.

4.3.3.3. Índice de llenado o de repleción (I_{LI} ó IR)

Dado que los cambios en el contenido estomacal a lo largo del tiempo indican diferencias en la intensidad de la alimentación, se determinó el ritmo del comportamiento alimenticio, mediante el índice de repleción o de llenado, de acuerdo con la metodología propuesta por Hyslop (1980), Cabral (1998) y Vicent (1998).

$$IR(I_{LI})(\%) = \frac{W_{ce}}{W_E} \times 100$$

Donde

W_{ce} : peso en gramos del contenido estomacal

W_E : peso en gramos del pez eviscerado

4.3.3.4. Peso promedio de las presas por estómago (W_p)

Aguirre (2000) propuso estimar el peso promedio de las presas por estómago (W_p) de la siguiente manera:

$$W_p = \frac{W_c}{N_p}$$

Donde:

W_c : peso en gramos del contenido estomacal

N_p : número de presas por estómago

4.3.3.5. Número promedio de presas por estómago (Nm)

Propuesto por Hyslop (1980) y utilizado por Ramos-Jara (1981) sólo tiene en cuenta los contenidos que pueden ser identificados y se puedan contar.

$$Nm = \frac{Np}{E_{Li}}$$

Donde:

Np : número total de presas ingeridas

E_{Li} : número de estómagos llenos

4.3.4. ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN TRÓFICA DE LA DIETA

Existen diversos métodos para expresar los resultados obtenidos a través del examen de los contenidos estomacales. Son varios los trabajos que realizan una revisión de dichas metodologías, indicando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, siendo los principales el de Hyslop (1980) y Amezcaga-Herrán (1988). A continuación se exponen los métodos que hemos seguido en la elaboración del presente trabajo:

4.3.4.1. Métodos numéricos

Composición numérica (CN%)

Expresa la proporción de cada tipo de presa en relación al número total de presas encontradas en toda la muestra de estómagos analizada (Hyslop, 1980; Amezcaga-Herrán, 1988). Se puede calcular así el número medio de individuos por cada categoría alimenticia y por estómago.

$$CN(\%) = \frac{n_i}{N_p} \times 100$$

Donde:

n_i : número total de representantes de la presa i

N_p : número total de presas consumidas

Para conocer el porcentaje de participación de *i* en toda la muestra, se puede asumir *N* como el número de taxones encontrados.

Este método es útil para evaluar elementos de presa con un rango de tallas similar, y permite estimaciones generales de la disponibilidad de un determinado tipo de alimento y de la selectividad de los depredadores (Hyslop, 1980; Amezaga-Herrán, 1988). La mayor desventaja es que no se tiene en cuenta el tamaño de las presas, con lo que la importancia de cada categoría alimenticia puede quedar enmascarada (Amezaga-Herrán, 1988).

Con este método también se tiende a dar una excesiva preponderancia a los organismos con partes duras, ya que resisten más tiempo y se ven más claramente (Amezaga-Herrán, 1988).

También entraña dificultades en el estudio de aquellas especies planctófagas y herbívoras, debido a la dificultad de contar microalgas y detritus en términos de unidades. Sin embargo este método permite estimaciones generales de la disponibilidad de un determinado tipo de alimento y de la selectividad de los predadores (Hyslop, 1980; Amezaga-Herrán, 1988; Morte, 2002).

Si la dieta está constituida por un gran número de invertebrados que se hallan muy desarticulados por el aparato faríngeo del pez, deben contarse sólo los fragmentos característicos. Para minimizar el tiempo de conteo, es mejor elegir solamente aquellos fragmentos que representan a la presa por aparecer una vez por individuo (por ejemplo, el cefalotorax de crustáceos o piezas mandibulares de poliquetos y cefalópodos). Detritus y grandes algas, de las que sólo se ingieren fragmentos, no se encuentran en unidades discretas de tamaño uniforme, y así, el conteo de estas partículas tiene poco significado. Por último, algunos peces se alimentan de pequeños organismos, apareciendo en gran número en sus estómagos, por lo que contarlos en su totalidad resulta impracticable, por ello se hace necesario la toma de submuestras (Morte, 2002).

Frecuencia de ocurrencia (F%)

Expresa el porcentaje de estómagos que en una muestra examinada contienen una determinada presa. La frecuencia de ocurrencia, por lo tanto, describe la

uniformidad con la que grupos de peces solucionan sus dietas (Hyslop, 1980; Amezaga-Herrán, 1988; Caillet, 1977), pero no indica la importancia de los diferentes tipos de alimento seleccionado.

$$F(\%) = \frac{E_i}{E_T} \times 100$$

Donde:

E_i : número de estómagos con la presa i

E_T : número total de estómagos

Ramos-Jara (1981), en su trabajo con *Solea solea*, sugiere sólo tener en cuenta los estómagos llenos, dado el alto porcentaje en el índice de vacuidad que presenta esta especie.

Como en el método anterior, este procedimiento es en principio útil para evaluar organismos con un rango de talla similar y proporciona de modo aproximado un índice de disponibilidad de un determinado alimento y la posible selectividad alimentaria por parte de un determinado depredador (Amezaga-Herrán, 1988).

Este método tiene las mismas desventajas que el anterior, sirve para conocer de qué organismos se ha alimentado este depredador pero no da información en cuanto al número o talla de las presas, tampoco considera la acumulación de organismos resistentes a la digestión (Hyslop, 1980; Amezaga-Herrán, 1988).

La utilización conjunta de ambos métodos (numérico y de ocurrencia) es muy apropiada cuando el contenido estomacal está constituido por presas que pueden contarse individualmente (Hyslop, 1980). Además el valor obtenido en ambos resultados puede expresarse en términos de dominancia ($D=N$) y frecuencia (F) de tal manera que las categorías tróficas presentes en cada especie y grupo de talla pueden clasificarse en comunes ($N>1\%$ y $F>50\%$) y raras ($N<1\%$ y $F<50\%$) (Aguirre, 2000).

4.3.4.2. Método gravimétrico (G%)

Los pesos de las presas pueden ser medidos directa o indirectamente. Las medidas directas pueden calcular el peso húmedo o seco, estando ambas medidas

directamente relacionadas. Las medidas de peso húmedo, se realizan a un grado estándar de humedad, por ejemplo cuando el ejemplar tras ser enjugado ya no se pega al papel de filtro, pero aún así, la cantidad de humedad que resta en la presa constituye una fuente de error (Morte, 2002).

Los resultados se expresan como porcentaje del peso de cada categoría alimenticia frente al peso total de todos los contenidos estomacales (Morte, 2002).

$$G(\%) = \frac{P_i}{P_T} \times 100$$

Donde:

P_i : peso de la presa i

P_T : peso total de las presas (algunos autores como IEO utilizan el peso del contenido estomacal)

Una desventaja de este método es que sobreestima la contribución de ítems individuales con un gran peso.

4.3.4.3. Métodos combinados

Algunos autores (Hyslop, 1980; Amezaga-Herrán, 1988; Cortés, 1998, entre otros muchos) han discutido los méritos relativos de los métodos básicos de análisis anteriormente descritos. Así, si consideramos únicamente la presencia en número de cada presa no obtendremos una buena visión de su importancia en la dieta, debido a las grandes diferencias de ocurrencia, también cometeremos errores a favor de los organismos más pequeños.

Por otro lado, las medidas de peso y volumen favorecen a los organismos de mayor tamaño porque se digieren más lentamente y son reconocibles en el estómago durante más tiempo. Estas y otras consideraciones han dado lugar al desarrollo de diversos métodos combinados de análisis (Hyslop, 1980; Amezaga-Herrán, 1988; Morte, 2002).

Algunos de los métodos combinados, presentados por Amezaga-Herrán (1988) se resumen en la siguiente tabla.

Autor	Métodos que combina	Explicación	
Tester (1932)	Volumétrico Frecuencia de Ocurrencia	Representación gráfica: en las ordenadas el volumen y la frecuencia en las abscisas. Es necesario fijar una escala para la representación, por ejemplo la escala del eje vertical se puede fijar al 60% de la horizontal, para favorecer la importancia del volumen	
Bogorov (1934)	Media geométrica del peso o volumen y la frecuencia de ocurrencia en %	También lo han llamado "índice de significación".	$\sqrt[3]{G\% \times F\%}$
Pirozhnikov (1955)	Media geométrica del índice numérico y el porcentaje de frecuencia	$\sqrt[3]{CN\% \times F\%}$	
Welsh (1949)	Porcentaje del volumen del un tipo de alimento con respecto al total Porcentaje del número total de ejemplares encontrados en los estómagos Porcentaje de todos los estómagos en el que el citado alimento esté presente	$\frac{V\% + CN\% + F\%}{3}$	
Christensen (1978)	Método de los puntos Frecuencia de ocurrencia	Índice Alimenticio Comparativo (CFI)	$\frac{Puntos \times F}{N} \times 100$

Los índices combinados ofrecen una mejor perspectiva de la importancia de cada tipo de alimento en la dieta, sin embargo, asumen arbitrariamente algunas consideraciones respecto a la importancia relativa en cuanto a número, frecuencia o volumen. Estos estudios deberían complementarse con la determinación de las tasas de digestión de los elementos presa, pero normalmente este aspecto supera las posibilidades de un proyecto en el que se estudian los hábitos alimenticios (Amezaga-Herrán, 1988).

La importancia de una categoría alimenticia dentro de la dieta, puede ser tomada en términos de cantidad (número) y masa (volumen o peso). Aunque la decisión de la utilización de un método para la determinación de la importancia relativa y dominancia de las presas es subjetiva (Hyslop, 1980), uno de los métodos más empleado en los estudios de alimentación de peces es el Índice de Importancia Relativa (IRI) (Pinkas *et al.*, 1971). Se calcula sumando los porcentajes en número y volumen y multiplicando esta suma por la frecuencia de ocurrencia en tanto por ciento para cada tipo de alimento. Hacunda (1981) lo modificó, utilizando en lugar del porcentaje en volumen, el porcentaje en peso.

$$IRI_i = (CN_i \% + G_i \%) \times F_i \%$$

Algunos autores como George y Hadley (1979), Hyslop (1980) y Cabral (1998) proponen calcular el índice de importancia relativa (RI) a partir de la estimación del índice de importancia absoluta (AI)

$$AI = CN\% + G\% + F\%$$

$$RI_i = \frac{AI_i}{\sum_{j=1}^n AI_j} \times 100$$

Donde

n : número de ítems alimenticios (taxones)

Además Cabral (1998) también calcula un índice de preponderancia (IP):

$$IP_i = \frac{G_i \% \times F_i \%}{\sum_{j=1}^n (G_j \% \times F_j \%)}$$

En este trabajo hemos calculado el IRI% propuesto por Pinkas *et al.* (1971), con la modificación realizada por Hacunda (1981), dado que no contábamos con datos de volumen sino de peso, debido al tamaño tan pequeño de las presas; así como el RI% propuesto por George y Hadley (1979) y el IP_i propuesto por Cabral (1998).

Existen muchos métodos para la clasificación y jerarquización de las presas dentro de la dieta, algunas de estas metodologías además condensan la información obtenida de forma gráfica. De esta manera el objetivo es resumir en una figura la información contenida en todos los parámetros utilizados y medir especialmente el grado de contribución de una presa en la dieta de su depredador.

Sin embargo, la heterogeneidad de los índices hace que sea difícil comparar los resultados obtenidos, por tal razón hemos usado el índice de importancia geométrica (GII por sus siglas en inglés) propuesto por Assis (1996), con el fin de comparar los

resultados obtenidos en los diferentes índices y además como herramienta para jerarquizar por orden de importancia las presas que componen la dieta de cada especie.

$$GII_i = \frac{(\sum_{i=1}^n V_i)_j}{\sqrt{n}}$$

Donde:

V_i : representa el valor de cada medición de cantidad relativa de la presa i , es decir el valor de cada índice utilizado (numérico, gravimétrico y de frecuencia)

n : número de índices utilizados

Los valores más altos de GII indican una mayor preferencia por esa presa. Los resultados de este índice jerárquico se presentan gráficamente, mediante una figura en la cual el eje Y corresponde al GII y el eje X a los taxones que componen la dieta. Cada inflexión marcada en la curva nos agrupa las presas en preferentes, secundarias y ocasionales (Figura 4.1)

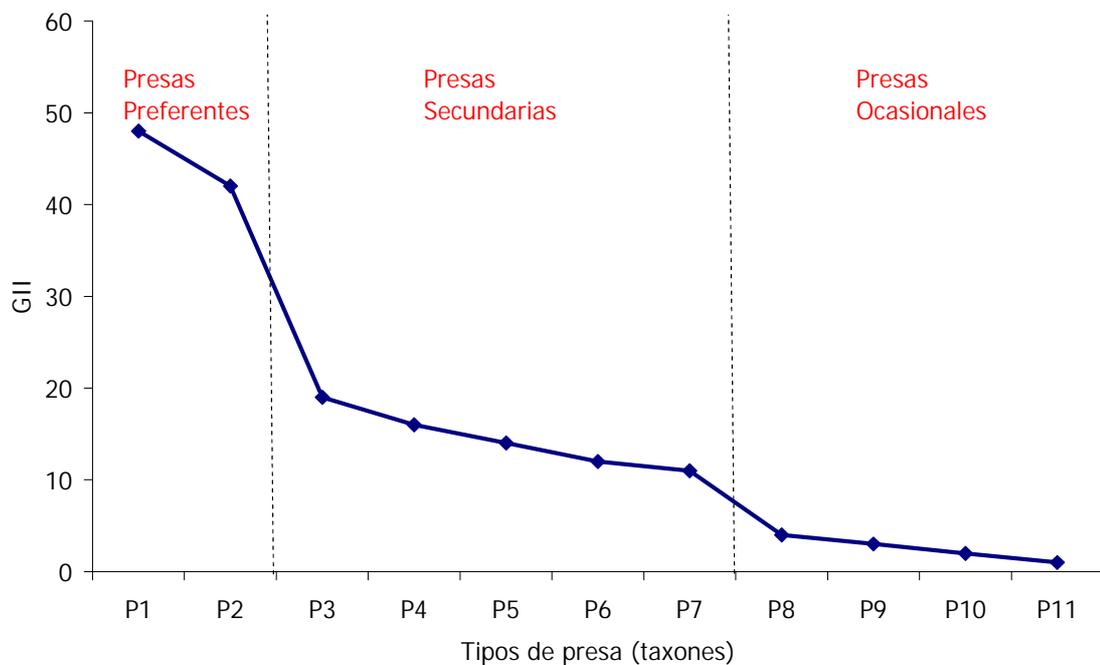


Figura 4.1. Representación gráfica del GII (Assis, 1996)

4.3.4.4. Evaluación de la estrategia alimentaria

Costello (1990), Marshall y Elliot (1997) y Assis (1996) también recomiendan utilizar métodos gráficos, basados en métodos simples o compuestos, para evaluar la estrategia alimentaria.

Entre los métodos más usuales se encuentran el de Costello (1990), que se caracteriza por una gran simplicidad y está basado en la posición relativa que ocupan las diferentes presas en un eje de coordenadas en el cual las abscisas corresponden a la frecuencia de ocurrencia y las ordenadas a la abundancia representada por el índice gravimétrico, como puede observarse en la Figura 4.2.

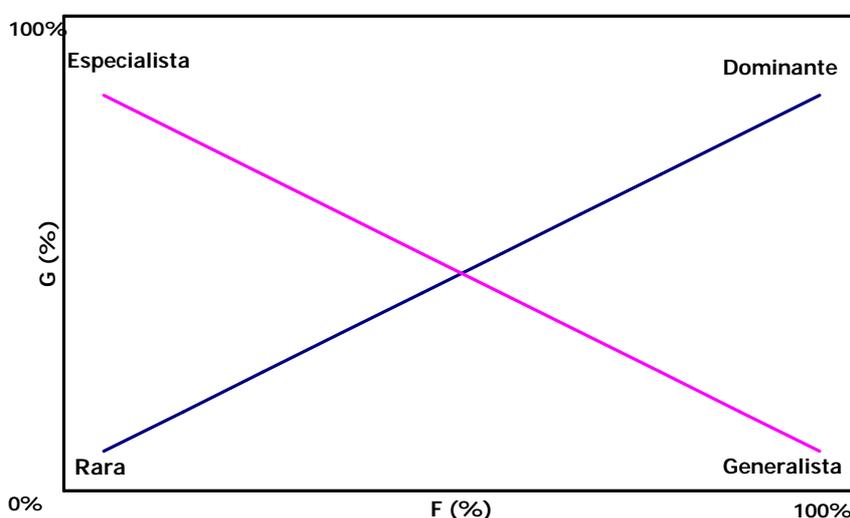


Figura 4.2. Diagrama interpretativo del método gráfico de Costello (Costello, 1990) (G – índice gravimétrico; F – frecuencia de ocurrencia)

Las dos diagonales del gráfico representan la importancia de la presa (dominante – rara) y la estrategia alimentaria del depredador (especialista – generalista). Las presas con puntaje cercano a 100% de frecuencia y 100% de abundancia representan el taxón dominante en la alimentación. Las presas cercanas a un 100% de ocurrencia y 1% de abundancia son indicativas de una dieta generalista y si por el contrario la ocurrencia es cercana al 1% y la abundancia al 100% indican especialización en la dieta. Sin embargo, algunos autores como Amundsen *et al.* (1996), detectan algunos problemas en el uso de este gráfico, uno de ellos es que la localización de las presas de una dieta generalista no necesariamente está en el extremo inferior derecho de la figura, sino que podrían estar distribuida a lo largo de todo el eje X.

Tokeshi (1991) también propone un método gráfico para indicar la estrategia alimenticia de las especies. Ubicando la diversidad de alimentación promedio del individuo (D_I) en el eje de las Y, y la diversidad alimenticia de la población (D_P) en el eje de las X:

$$D_I = \frac{(-\sum P_{ij} \ln P_{ij})}{N}$$

$$D_P = \sum P_i \ln P_i$$

Donde:

N: número total de peces

P_{ij} : proporción de la presa (i) en el pez (j)

P_i : proporción de la presa (i) en el total de la población de peces

A diferencia del gráfico de Costello, en el cual se puede apreciar toda la distribución de las presas que conforman la dieta, el gráfico de Tokeshi resume el comportamiento alimenticio de la especie en un solo punto dentro de la figura, lo cual permite comparar entre especies (Marshall y Elliott, 1997). La representación de los puntos puede verse en la Figura 4.3:

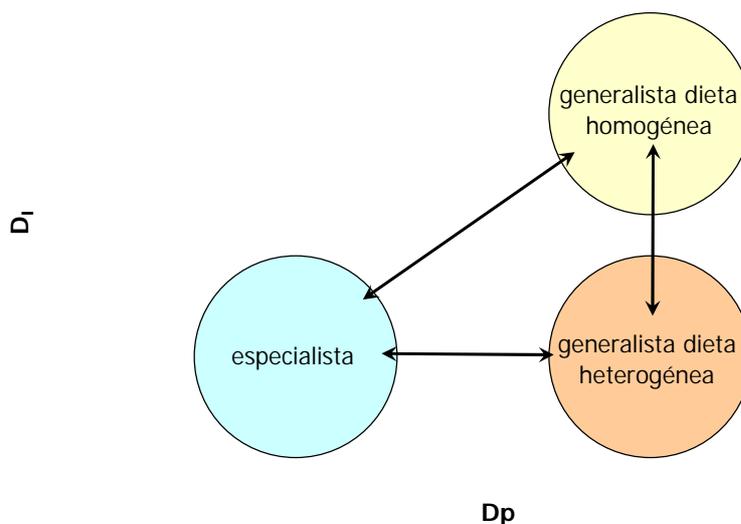


Figura 4.3. Representación gráfica del método propuesto por Tokeshi (1991)

4.3.5. ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS RELACIONADAS CON LA ALIMENTACIÓN

Las características morfológicas, anatómicas y funcionales de las estructuras relacionadas con la obtención y procesado del alimento, se reflejan en los hábitos tróficos de los peces. Con el objetivo de complementar el estudio de alimentación, se analizaron algunos caracteres morfológicos de las especies, relacionados con el aparato digestivo como son la longitud del tubo digestivo y el área bucal.

4.3.5.1. Índice intestinal (I_i)

Dentro del estudio de la ecología trófica de los peces, se considera importante la relación existente entre la longitud del tubo digestivo y la longitud total del pez, la cual se ha denominado índice intestinal (I_i) y da una idea aproximada de los hábitos alimenticios de cada especie. Se usa para comparar los valores de la longitud del tubo digestivo con otras especies, así como dentro de una misma especie para analizar su evolución con la talla de los ejemplares

La longitud del tubo digestivo puede ser estimada como la distancia entre el inicio del esófago y el ano, tal y como se observa en el trabajo de Vicent (1998), quien determina la longitud relativa del tubo digestivo (CD), la cual viene expresada como el cociente entre la longitud del tubo digestivo y la longitud total del ejemplar. Y otros autores, como Nikolski (1963), sugieren considerar la longitud del tubo digestivo solamente como la longitud del intestino con respecto a la talla total del pez.

$$I_i = \frac{L_i}{LT}$$

Donde:

L_i : longitud del intestino

LT : longitud total

La relación con los hábitos alimenticios sería de la siguiente manera:

$I_i < 1$ los peces son carnívoros

$1 < I_i \leq 2$ los peces son omnívoros

$I_i > 2$ los peces son herbívoros

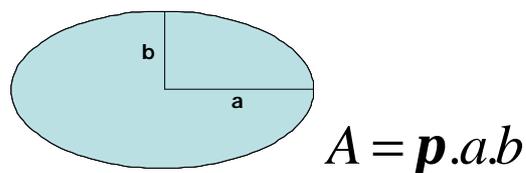
De acuerdo con Wootton (1999) la relación entre la longitud del aparato digestivo (Li) y la longitud del cuerpo (LT) puede ser descrita mediante una relación alométrica $GL=aL^b$.

4.3.5.2. Área bucal

A medida que los peces crecen, tienden a ampliar el rango del tamaño de las presas que ingieren, debido principalmente a un incremento en las dimensiones de la boca, en la agudeza visual, en la capacidad digestiva y una mejora en las capacidades de natación, que entre otros factores, les permiten ingerir presas de mayor tamaño con éxito (Karpouzi y Stergiou, 2003).

Debido a que la morfología de los peces cambia con su desarrollo ontogénico, la estimación del área bucal puede ayudar a explicar las variaciones en la dieta de los mismos, especialmente en peces de diferentes tallas. De esta manera las estimaciones de este tipo de relaciones son de gran importancia en la cuantificación de los patrones alimenticios basados en el tamaño y en la definición del papel ecológico de los organismos dentro de la red trófica.

El área bucal de los ejemplares (A) fue calculada a partir del área de una elipse cuyos radios son la mitad de la medida del ancho (semieje a) y la mitad de la medida del alto de la boca (semieje b), medidos en la máxima abertura funcional de la misma.



Donde: a: semieje del ancho y b: semieje de la altura

4.3.6. ESTUDIO DE LAS RELACIONES TRÓFICAS

El análisis de la dinámica de una comunidad depende en parte de la medición de la forma en la que los organismos utilizan su ambiente y una forma de hacer esto es medir los parámetros del nicho de una población para poderlos comparar con otra población. Ya que la alimentación es una de las dimensiones principales del nicho de

una población, el análisis de su dieta sirve de instrumento para identificar las características de éste (Krebs, 1999).

Los tres parámetros básicos que utilizaremos para medir las características del nicho de cada una de las especies estudiadas son la amplitud del nicho, el solapamiento y el nivel trófico.

El análisis de la amplitud del nicho trófico, a partir de los índices de diversidad y equitatividad, puede ser un indicio de la homogeneidad trófica dentro de una especie (Labropoulou *et al.*, 1997, Aguirre, 2000). Los valores altos en estos índices indican que las especies utilizan el mismo alimento, sirviendo como indicadores de la especialización sobre los hábitos alimenticios dentro de una población (Aguirre, 2000).

La amplitud del nicho trófico está influenciada por muchos factores, entre ellos, la disponibilidad del alimento y/o la actividad alimenticia de los peces. Sin embargo, el espectro trófico se ve influenciado por la interacción entre especies por riesgo a la depredación, cambios en la conducta y la estructura poblacional (Aguirre, 2000).

Los análisis de interacción entre especies que coexisten, usan un índice para evaluar el solapamiento del nicho, lo cual es útil para revelar la importancia de diferentes parámetros de los nichos en la organización de la comunidad y cómo esas dimensiones de nicho son usadas por los peces para reducir la competencia y poder coexistir. Sin embargo existe cierta incertidumbre acerca del papel que juegan los peces en la comunidad y acerca de la importancia de las interacciones de competencia entre especies. Una aproximación hacia la respuesta a dicha pregunta consiste en examinar los patrones alimenticios y usar las estadísticas dietarias para describir la amplitud de la dieta y el solapamiento entre clases de tamaño y/o especies de peces (Marshall y Elliott, 1997).

4.3.6.1. Diversidad alimentaria y la amplitud del nicho trófico

Índice de diversidad de Shannon (H')

Vicent (1998) y Aguirre (2000) proponen determinar la amplitud de la dieta de cada especie y grupo de talla a partir del índice de diversidad de Shannon (Begon *et*

al. 2006), mediante la utilización de los valores de importancia numérica de las presas:

$$H' = - \sum_{i=1}^n (p_i \ln p_i)$$

Donde:

i : tipo de recurso trófico

P_i : proporción de la presa i en la dieta, número de individuos del i ésimo componente trófico por el total de individuos en la muestra.

N : número de presas o recursos tróficos

La homogeneidad de la dieta se calculó estandarizando H' a una escala entre 0 y 1, mediante el cálculo del índice de equitatividad de Shannon:

$$J' = H' / H_{\max}$$

Donde:

H_{\max} : corresponde al logaritmo natural del número de componentes tróficos por muestra

Índice de diversidad de Levin (b_i)

La amplitud alimentaria fue calculada usando el índice estandarizado de Levin (Krebs, 1999). Este índice mide la uniformidad de distribución de las presas en la dieta de los peces.

$$b_i = \left(\frac{1}{n-1}\right) \left(\frac{1}{\sum p_i^2} - 1\right)$$

Donde p_i es la proporción de la presa i en la dieta, y n es el número de grupos o taxones que conforman las presas. El índice tiene un rango entre 0 y 1, β es máximo cuando la dieta está conformada por un número igual de presas de cada categoría taxonómica y es mínimo cuando todas las presas pertenecen a una sola categoría taxonómica, es decir cuando presenta la máxima especialización (Krebs, 1999).

Krebs (1999) sugiere que el índice de Levin puede ser una medida más precisa para hacer comparaciones inter específicas, ya que le asigna más peso a la abundancia del recurso, mientras que Shannon-Wiener es más sensible al recurso "raro" y por lo tanto sería más apropiado para calcular la amplitud del nicho de cada especie.

4.3.6.2. Índice de solapamiento o similitud trófica (a)

El solapamiento del alimento entre las especies se calculó usando el índice de solapamiento de Schoener (1970).

$$a = 1 - 0,5 \left(\sum_{i=1}^n |p_{xi} - p_{yi}| \right)$$

Donde:

n : es el número de componentes tróficos del alimento

p_{xi} y p_{yi} : proporción del *iesimo* componente trófico en la dieta de las especies x y y respectivamente.

El índice tiene un valor mínimo de cero (0), cuando no hay solapamiento, es decir, cuando las dietas no presentan ningún componente en común y un valor máximo de uno (1), cuando todas las presas son compartidas en proporciones iguales por las dos especies.

Morte (2002), sugiere agrupar los valores del índice en tres categorías: nivel bajo (0 – 0,29), nivel medio (0,30 – 0,60) y nivel alto (> 0,60).

También, mediante un análisis de conglomerados (Cluster), se analizaron las similitudes en la dieta inter e intra específicas y se representaron en forma gráfica a través de dendrogramas.

4.3.6.3. Determinación de niveles tróficos

Los peces forman parte de la red de predadores y presas que constituye la trama alimenticia en un hábitat. Esta trama alimenticia comúnmente se simplifica dentro de niveles tróficos tales como productores primarios, herbívoros, carnívoros primarios, secundarios y terciarios. La productividad tiene un efecto directo en los niveles tróficos de un ecosistema. Sin embargo en el caso de las comunidades de peces es difícil asignar a las especies, niveles tróficos establecidos, dada la flexibilidad que demuestran en su dinámica alimenticia y composición de la dieta, dependiente de la cantidad de recurso disponible y aprovechable. Además, muchas especies muestran cambios ontogénicos en sus dietas y hábitats preferentes. Todo esto ha llevado a pensar que es posible que el tamaño de la presa sea de mayor

importancia que el nivel trófico por si mismo dentro de la estructura de una trama trófica (Wootton, 1999).

El término "nivel trófico" se refiere al lugar que ocupa cada especie dentro de toda la trama trófica. Para estimar estos niveles en los peces, se debe considerar tanto la composición de su dieta así como los niveles tróficos de las presas que consumen. Pauly y Christensen (2000a) sugirieron una metodología y desarrollaron una aplicación ("TrophLab") con el fin de determinar los niveles tróficos (TROPH's) de los peces, una vez se conocen los componentes de su dieta, basados en la siguiente ecuación:

$$troph = 1 + \sum_{j=1}^G DC_{ij} \times troph_j$$

Donde:

DC_{ij} : es la fracción de la presa (j) en la dieta del consumidor (i)

$Troph_j$: es el nivel trófico de la presa (j)

G : número de taxones o grupos consumidos por (i)

Los valores pueden estar entre 2,0 para organismos herbívoros/detrítivos y 5,0 para organismos piscívoros/carnívoros (Pauly, 2000 y Stergiou y Karpouzi, 2002).

Así mismo Pauly y Christensen (2000a) también desarrollaron un índice con el cual es posible estimar, en que nivel se encuentran los omnívoros, es decir, si una especie se alimenta de presas situadas en más de un nivel trófico, mediante un índice denominado índice de omnívoros (OI), el cual responde a la siguiente ecuación:

$$OI = \sum_{j=1}^G DC_{ij} \times (troph_j - troph_i)^2$$

Donde:

DC_{ij} : es la fracción de la presa (j) en la dieta del consumidor (i)

$Troph_j$: es el nivel trófico de la presa (j)

$Troph_i$: es el nivel trófico del pez (i)

G : número de taxones o grupos consumidos por (i)

El valor de OI es igual a 0 cuando los peces de una misma especie se alimentan de presas del mismo nivel trófico y se incrementa en la medida que aumenta la

variedad de los niveles tróficos de las presas (Pauly y Christensen, 2000a y Stergiou y Karpouzi, 2002).

Como complemento de lo anterior, Stergiou y Karpouzi (2002) y Karpouzi y Stergiou (2003), proponen una relación que se ajuste a una curva asintótica con los datos del nivel trófico y del área de la boca de todas las especies del estudio, con base en el hecho que la relación entre el nivel trófico y la longitud total es de tipo asintótico y ya que el área de la boca es una función de la longitud total, la relación entre las dimensiones de la boca y el nivel trófico también correspondería a un modelo de este tipo según la fórmula siguiente:

$$TROPH = TROPH_{\infty} \left[1 - e^{(-k(A-A_0))} \right]$$

Donde:

TROPH: nivel trófico

TROPH_∞: nivel trófico máximo que se puede alcanzar

e: base de los logaritmos neperianos

k: tasa a la cual se alcanza el nivel trófico

A: área de la boca

A₀: área de la boca a un nivel trófico de 0

Los coeficientes de la ecuación fueron estimados mediante el algoritmo Marquardt, de ajuste de mínimos cuadrados en regresiones no lineales, usando el Statgraphics Centurion XV, versión 15.2.06

4.3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

En el estudio de la dinámica alimentaria y en el de la composición de la dieta, se utilizaron diversas técnicas de análisis, dentro de las cuales se encuentran técnicas paramétricas como el ANOVA, en los casos en los cuales los datos se ajustaban a una distribución normal (este ajuste se comprobó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov) y presentaban varianzas homogéneas, como en el caso del peso del contenido estomacal (W_{ce}), índice de llenado (IR), peso promedio de las presas (W_p), índice intestinal (I_i) y área de la boca (A). En estos se trató de identificar las diferencias significativas en función de la estación del año, el tamaño, el sexo y el estado de madurez gonadal.

También se utilizaron técnicas no paramétricas (prueba de χ^2 y tablas de contingencia), en aquellos casos en los cuales los datos no cumplieran la premisa anterior como el Índice de vacuidad (I_v).

Las diferencias significativas en el número promedio de presas (N_p), y el índice de importancia relativa de las presas (RI%) con respecto a variables como la estacionalidad, talla, sexo o madurez fueron evaluadas mediante análisis de regresiones múltiples.

La determinación de las presas dominantes en la dieta y la evaluación del comportamiento alimenticio, se hizo mediante métodos gráficos como los propuestos por Assis, Costello y Tokeshi.

Las relaciones existentes entre la talla de los peces y variables como la longitud del tubo digestivo, el índice intestinal y el área de la boca se determinaron mediante análisis de regresión lineal, usando la longitud del tubo digestivo, el índice intestinal o el área de la boca como las variables dependientes, en cada caso. La significatividad de cada regresión fue evaluada mediante un análisis de varianza (ANOVA), probando la hipótesis $H_0: \beta=0$ contra $H_A: \beta \neq 0$ (Zar, 2004). Para comprobar las diferencias significativas que pudiera haber entre sexos y entre tallas ($P < 0,05$), usamos la prueba de t-student para comparar las pendientes (b) (Zar, 2004):

$$t = \frac{b_1 - b_2}{S_{b_1 - b_2}}$$

Donde:

t: valor del t-student

b: pendiente

$S_{b_1 - b_2}$: error estándar de la diferencia entre los coeficientes de regresión

Para identificar el carácter alométrico o isométrico de la variación de la longitud del tubo digestivo con la talla (índice intestinal), se calculó la relación potencial a través de un análisis de regresión lineal entre la longitud del pez y la longitud del intestino.

De la misma manera, mediante análisis de regresión (lineal o log-lineal, con base en los valores del coeficiente de determinación r^2) se estableció el tipo de relación existente entre la longitud total del pez y el área de la boca.

El análisis de la diversidad de la dieta y las interacciones inter e intra específicas, particularmente para evaluar diferentes características y determinar la robustez y tendencia de los patrones observados, requiere el uso de diferentes técnicas estadísticas, las cuales dependen fundamentalmente de los objetivos del estudio y el nivel de análisis requerido (Marshall y Elliott, 1997). De tal forma que la evaluación de la complejidad de la dieta se hizo mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener, el índice de equitatividad y el índice de Levin. La descripción de las similitudes en la dieta inter e intra específicas se hizo mediante el índice de Schoener y un análisis de conglomerados (Cluster), con representaciones gráficas a través de dendrogramas.

El tratamiento estadístico de los datos se hizo con ayuda de los programas estadísticos para ordenador SPSS 16.0 para Windows (SPSS inc.) y Statgraphics Centurion XV, versión 15.2.06.

4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.4.1. DINÁMICA ALIMENTARIA

4.4.1.1. Índice de Vacuidad

Se estimó la importancia de los estómagos vacíos dentro de la muestra mediante el índice de vacuidad. En las cinco especies el mayor número de estómagos vacíos se presentó entre primavera y verano, lo cual coincide, para la mayoría, con las épocas de estrés reproductivo. El mayor índice de vacuidad fue para *S. lusitanica*, el cual osciló entre el 48,1% en el verano de 2004 y el 71,2% en primavera de 2005. En esta especie el número de estómagos vacíos encontrados fue muy alto, lo cual sugiere una dinámica alimentaria baja (Figura 4.4).

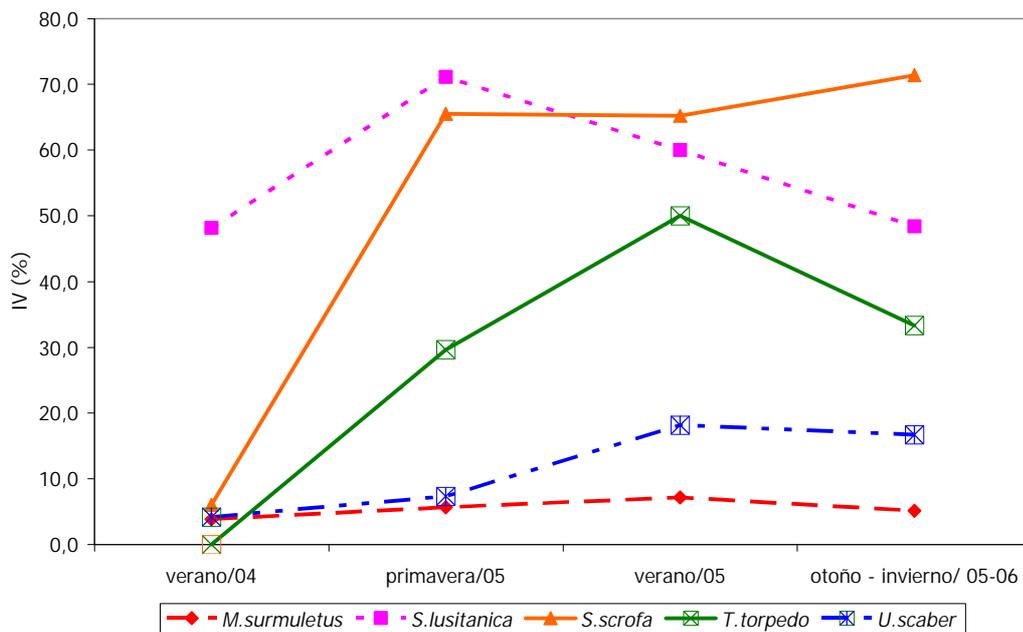


Figura 4.4. Índice de vacuidad en los estómagos de las especies estudiadas y variación con respecto a la época del año

S. scrofa también presentó un índice de vacuidad muy alto a lo largo del año con excepción del verano de 2004 donde sólo un 6% de la muestra analizada tenía el estómago vacío. En las demás estaciones del año el índice osciló entre 65,2% en verano de 2005 y 71,4% en otoño-invierno.

En *T. torpedo* el índice de vacuidad osciló entre 0% en verano de 2004 y 50% en verano de 2005 y valores intermedios en primavera y otoño-invierno.

Las especies con los índices de vacuidad más bajos fueron *M. surmuletus* (entre 3,8% en verano de 2004 y 7,1% en verano de 2005) y *U. scaber* (entre 4,2% en verano de 2004 y 18,2% en verano de 2005). Ambas especies presentaron valores bajos en primavera, coincidiendo con su época reproductiva; así como en otoño-invierno.

En la Figura 4.5 se puede observar el comportamiento del índice de vacuidad con respecto a las tallas, sexos y estados de madurez gonadal. En *M. surmuletus*, *S. lusitanica* y *S. scrofa* los peces más grandes presentaron mayor porcentaje de estómagos vacíos y en *T. torpedo* y *U. scaber* la tendencia fue al contrario.

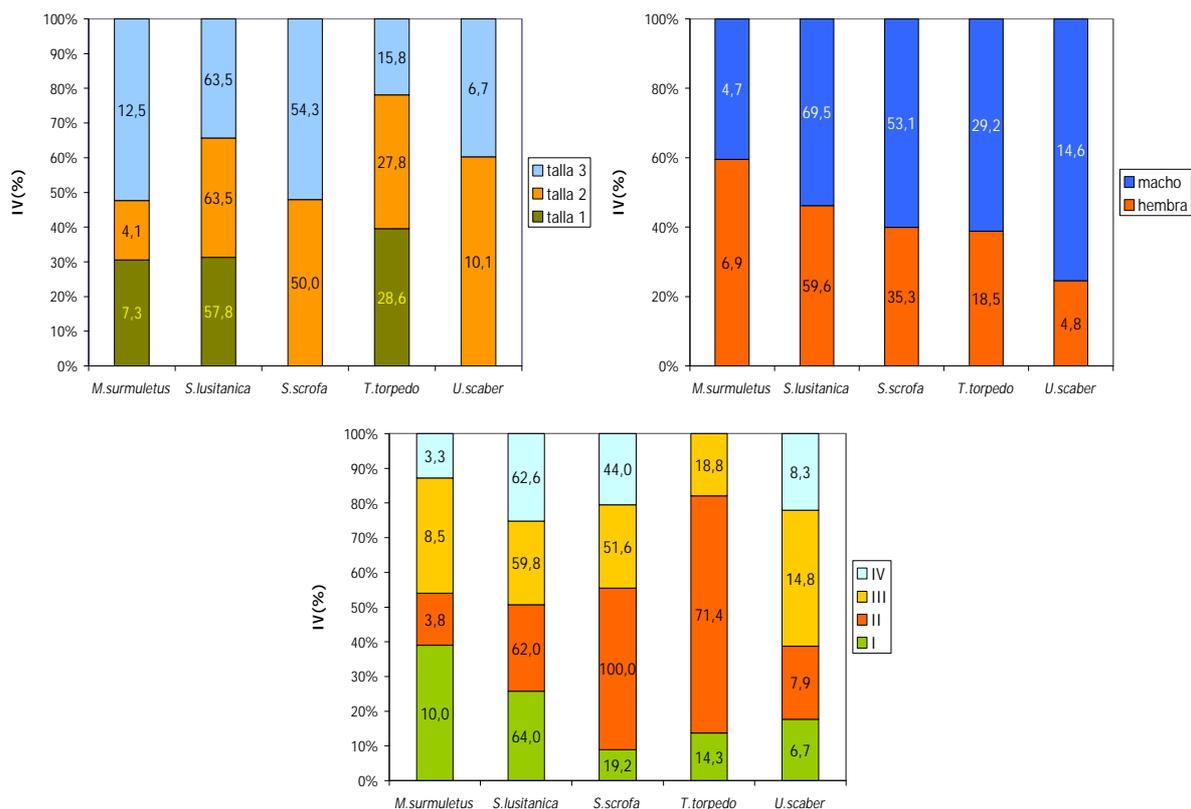


Figura 4.5. Variación del índice de vacuidad en los estómagos de las especies estudiadas con respecto a la talla, el sexo y el estado de madurez gonadal.

En cuanto a los sexos en todas las especies los machos tuvieron más estómagos vacíos que las hembras, excepto en *M. surmuletus* donde este fenómeno ocurrió a la inversa, siendo las hembras las que tuvieron el mayor porcentaje de estómagos vacíos.

Finalmente, en relación con los estados de madurez gonadal no parece haber un patrón determinado, con lo cual las especies estudiadas no parecen seguir la tendencia de muchos otros peces a dejar de alimentarse por completo en época de desove.

Autores como Stoner (2004) y Gibson (2005) afirman que la dinámica alimenticia de los peces está controlada principalmente por factores externos como la temperatura, la intensidad lumínica y la abundancia del alimento, y por factores internos como el hambre y en cierto grado la reproducción, ya que muchas especies no se alimentan durante la temporada de desove.

Con respecto a la influencia de factores como la época del año, la talla, el sexo y la madurez gonadal sobre el índice de vacuidad encontramos que en aquellas

especies en las cuales el índice de vacuidad fue muy bajo, como fueron: *M. surmuletus*, *U. scaber* y *T. torpedo*; no hubo ninguna influencia de estos factores. Por el contrario, en *S. lusitanica* se encontraron relaciones significativas entre algunos de estos factores y el índice de vacuidad como podemos apreciar en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Factores con influencia significativa en el índice de vacuidad, de acuerdo con la prueba de c^2

IV		c^2	g.l.	P
<i>M. surmuletus</i>	Época del año	0,41	3	0,94
	Talla	1,74	2	0,42
	Sexo	0,27	1	0,60
	Madurez	2,27	4	0,69
<i>S. lusitanica</i>	Época del año	17,8	3	< 0,05
	Talla	0,94	2	0,63
	Sexo	4,02	1	< 0,05
	Madurez	0,69	4	0,95
<i>T. torpedo</i>	Época del año	5,82	3	0,12
	Talla	1,01	2	0,60
	Sexo	0,80	1	0,37
	Madurez	9,45	2	0,07
<i>U. scaber</i>	Época del año	3,54	3	0,32
	Talla	0,42	2	0,81
	Sexo	3,2	1	0,07
	Madurez	1,57	4	0,81

En el caso de *S. lusitanica* en primavera las hembras tuvieron un porcentaje bastante alto de estómagos vacíos, posiblemente debido a la influencia de la época de puesta, aún cuando al parecer afecta a cualquier estado de madurez gonadal. Para *S. scrofa*, no fue posible aplicar la prueba de χ^2 dado que se contaba con un número de muestra pequeño y poco representativo con el cual realizar las comparaciones.

Cabral *et al.* (2003) encontraron un índice de vacuidad promedio en *Synaptura lusitanica* en las costas portuguesas de 52%, con valores más altos en el período de primavera-verano (54%) con respecto al período de otoño-invierno (49%), lo cual fue similar a la tendencia encontrada en nuestro trabajo. Estos autores consideran que un índice tan alto de estómagos vacíos puede estar relacionado con una tasa muy alta de evacuación entre el estómago y el intestino, con lo cual la vacuidad de los estómagos no sería una medida real de la actividad alimentaria. Además,

sugieren usar el peso del alimento en todo el tracto digestivo como un estimativo más fiable del consumo de alimento en esta especie.

En numerosos trabajos realizados sobre la alimentación de otros representantes de la familia soleidae, como es el caso del género *Solea*, los resultados del índice de vacuidad coinciden en ser muy elevados. Ramos-Jara (1981) encontró en *Solea solea* valores del 85,4% de media, con un aumento en invierno y un descenso en verano. Cabral (1998) observó un valor medio del 68,9% para diversos representantes de este género e indica que éste índice alcanzó su valor máximo en invierno y el mínimo en verano. Sá *et al.* (2003) encontraron también valores muy altos del índice de vacuidad en *Solea vulgaris* y *Solea senegalensis* y tanto estos autores como Ramos-Jara (1981) justifican estos valores tan altos debido a una tasa alta de digestibilidad de esta especie.

Bradai y Bouain (1990) estudiaron el régimen alimentario de *Scorpaena porcus* y de *Scorpaena scrofa* en el golfo de Gabes (Túnez), encontrando un índice de vacuidad promedio para *S. porcus* de 61,03% y para *S. scrofa* de 59,8%, con variaciones a lo largo del año, de tal manera que *S. scrofa* presentó los valores mínimos al final de primavera y los valores máximos entre octubre y noviembre, lo cual es similar a nuestros resultados. Según estos autores, tal cantidad de estómagos vacíos está ligada a la fisiología de la especie y en particular a su reproducción, ya que este índice generalmente es bajo antes de la época de puesta una vez que los peces se alimentan y almacenan reservas para madurar sus productos genitales. Este índice aumenta después del periodo de reproducción y baja después de la puesta, periodo durante el cual el pez se alimenta para paliar el déficit producido por los fenómenos de maduración y desove.

En el trabajo realizado por Morte (2002), sobre la dieta de *Scorpaena porcus* y *Scorpaena notata* en el golfo de Valencia, los índices de vacuidad fueron muy bajos, de tal manera que en *S. porcus* tuvo una media de 23,5%, con variaciones entre 14,1% en invierno y 42,1% en verano; así mismo, en *S. notata* la media fue de 26,7% variando en un rango entre 10,8% en invierno y 41,2% en verano, ambas especies presentaron los valores más altos en época de desove.

La Mesa *et al.* (2007) encontraron para *Scorpaena maderensis* en las costas de Sicilia, un índice de vacuidad del 43,9%, con variaciones significativas según la época del año de tal manera que el valor máximo se presentó al final del verano (75%) y el mínimo en primavera (6,25%). No observaron diferencias entre sexos. Como en otras escorpas, encontraron que la intensidad de alimentación seguía una tendencia estacional; y mencionan que en otros estudios también han hallado que el porcentaje más alto de estómagos vacíos ocurrió durante la reproducción, debido a una disminución importante en el consumo de alimento en ese período. Sin embargo, en nuestros resultados, a diferencia de esos estudios, el consumo mínimo de alimento en esta especie se observó en verano, cuando los peces estaban lejos del período de desove.

Abdel-Aziz (1994) observó en aguas costeras de Egipto, que en *Torpedo torpedo* el 80% de los estómagos se encontraba con comida, además el número de estómagos llenos disminuyó con el incremento de la talla, coincidiendo con nuestros datos.

Labropoulou *et al.* (1997) encontraron un índice de vacuidad del 17,3% en *M. surmuletus* en aguas costeras de Grecia. Con variaciones significativas entre clases de talla, de tal forma que llegaron a tener un 57,9% de estómagos vacíos en peces mayores de 171 mm y no encontraron diferencias estacionales. Estos resultados difieren de los nuestros al presentar valores del índice de vacuidad más altos que los obtenidos por nosotros.

En el trabajo de Aguirre (2000), *M. surmuletus* presentó un índice de vacuidad de 15,6%, con un máximo de 47,06% encontrado en mayo, coincidiendo con el desove de esta especie, además de mencionar que encontró estómagos vacíos en todo el período de muestreo. Estos valores son más altos que los nuestros.

Sanz (1985), en un trabajo realizado en costas valencianas, encontró que el coeficiente de vacuidad de *U. scaber* fue muy variable a lo largo del año, presentando un máximo en mayo (25%), previo al período reproductivo y un mínimo en febrero (5%), coincidiendo con nuestros datos.

Basándonos en nuestros resultados y en los datos de la bibliografía, podemos afirmar que el índice de vacuidad es un parámetro ligado principalmente a la

estacionalidad y en menor grado a la reproducción y el desove y a su vez, es independiente del tamaño del pez, la madurez gonadal y en la mayoría de los casos del sexo.

4.4.1.2. Peso del contenido estomacal (Wce) y cálculo del índice de llenado o repleción (IR)

Los cambios en el peso del contenido estomacal a lo largo del tiempo, así como su relación con el peso del pez, indican diferencias en la intensidad de alimentación en las especies estudiadas, como se puede observar en la Figura 4.6.

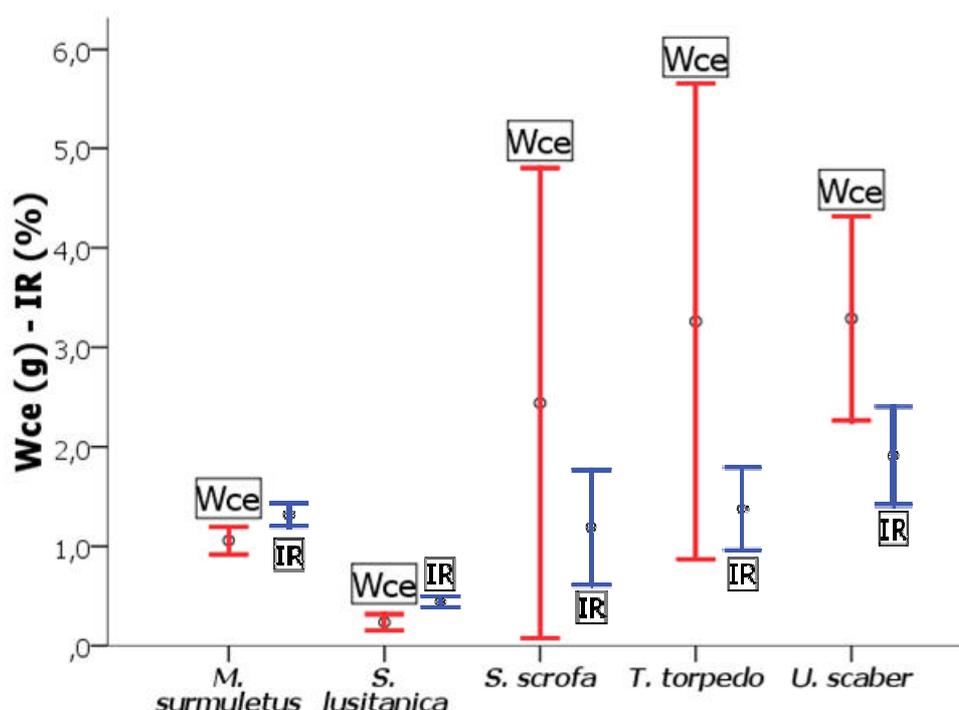


Figura 4.6. Peso del contenido estomacal (Wce) e Índice de repleción (IR) para las especies estudiadas

El peso promedio del contenido estomacal para *M. surmuletus* fue de 1,1g, *S. lusitanica* (0,24 g), *S. scrofa* (2,68 g), *T. torpedo* (3,4 g) y *U. scaber* (3,5 g).

U. scaber fue la especie con el mayor índice de repleción promedio (1,75%) seguida por *T. torpedo* (1,20%) y *M. surmuletus* (1,14%). En *S. scrofa* fue de 1,01% y *S. lusitanica* tenía un valor de 0,25%.

En la Figura 4.7 se presentan las fluctuaciones en el tiempo de los índices de vacuidad y repleción, generalmente, los períodos de mayor alimentación coinciden con una cantidad menor de estómagos vacíos.

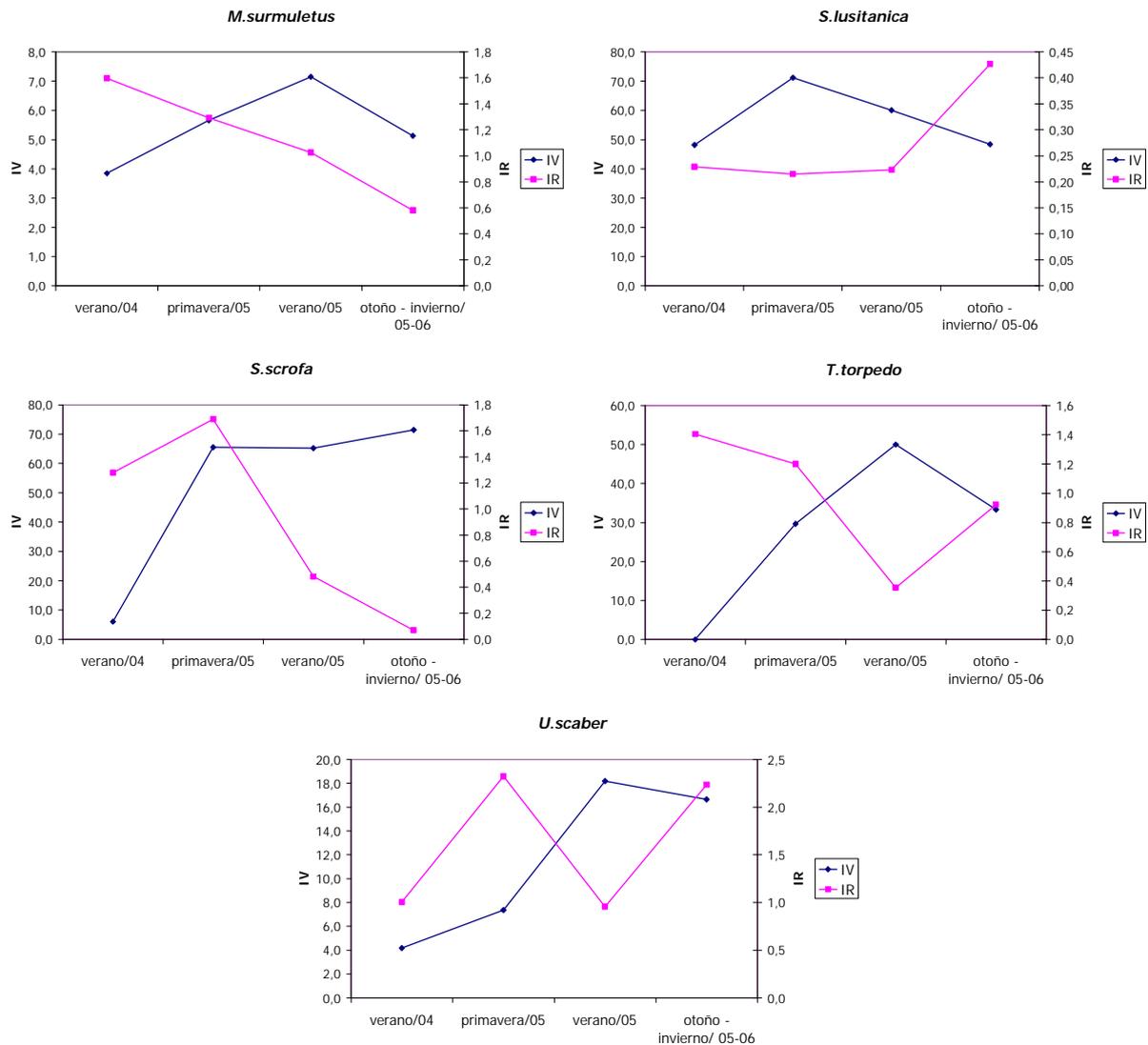


Figura 4.7. Variaciones en los índices de Vacuidad y Repleción en las épocas de muestreo

M. surmuletus y *T. torpedo* tuvieron los mayores índices de repleción en el verano de 2004 (1,6% y 1,4%), seguido por la primavera de 2005 (1,29% y 1,20%), además junto con *U. scaber* son las especies con menor índice de vacuidad, es decir que en la mayoría de los estómagos siempre se encuentra alimento. Para *S. scrofa* y *U. scaber*, la época de mayor alimentación es la primavera (IR%= 1,69 y 2,32), a diferencia de *S. lusitanica*, la cual presenta el índice de repleción más alto entre otoño-invierno (0,43%).

La primavera fue favorable para la alimentación, el invierno fue el caso contrario excepto para *S. lusitanica* que presentó los valores más altos en los contenidos estomacales, pero este caso lo hemos considerado especial ya que en este pez el metabolismo de alimentación es muy rápido, reflejándose en porcentajes muy altos de estómagos vacíos, se piensa que en invierno el ritmo metabólico desciende y por eso es posible encontrar con mayor facilidad alimento en el estómago, lo cual no significa que en esta época coma más sino por el contrario digiera más lentamente las presas (Ramos-Jara, 1981; Cabral, 1998; Cabral *et al.*, 2003 y Sá *et al.*, 2003).

En la Figura 4.8 observamos las tendencias seguidas por el peso del contenido estomacal y por el índice de repleción debido a variaciones en la estacionalidad, talla, sexo y estado de madurez gonadal en *M. surmuletus*. Sólo en esta especie las variaciones tanto del contenido estomacal como del índice de repleción fueron significativas; en las demás especies ninguno de los factores citados anteriormente influyeron de manera significativa en la cantidad de alimento ingerido por los peces.

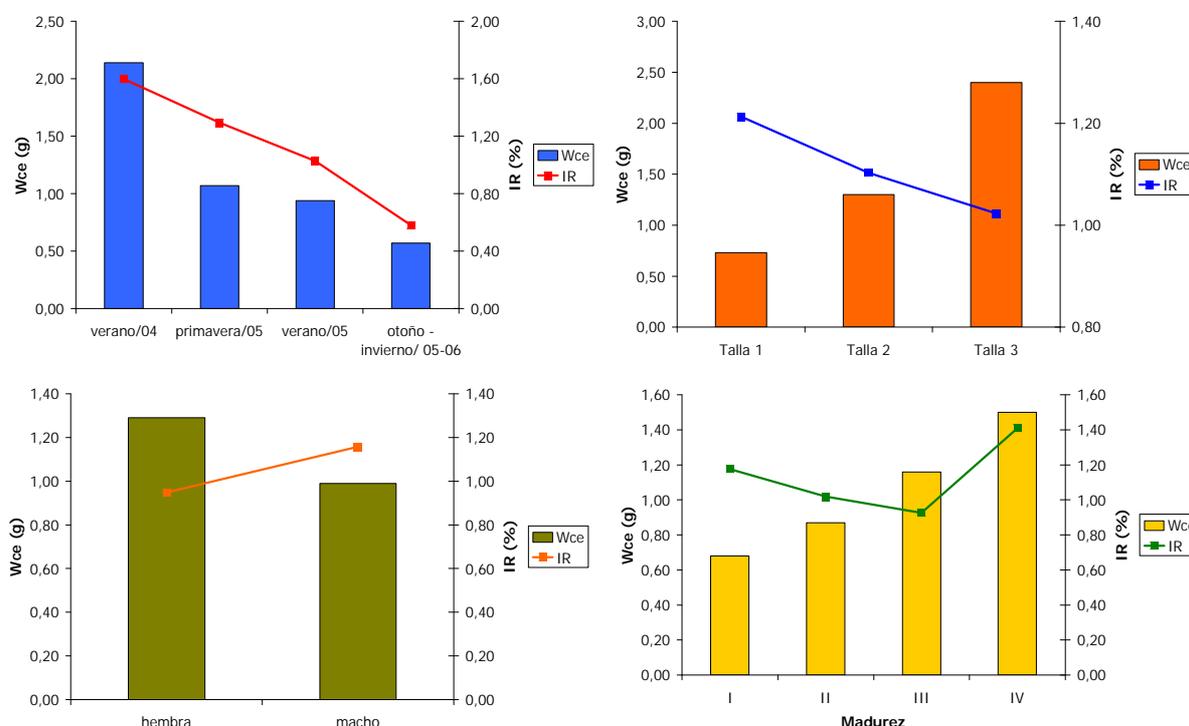


Figura 4.8. Variaciones en el peso del contenido estomacal e índice de repleción en *M. surmuletus* debido a la estacionalidad, talla, sexo y estados de madurez gonadal

Comparando en detalle el peso del contenido estomacal y el índice de repleción, observamos que se encontraron diferencias significativas en la cantidad de alimento presente en los estómagos en las diferentes estaciones del año (**W_{ce}**: $F_{2,93}=3,81$; **p<0,05**; **IR**: $F_{2,93}=2,99$; **p<0,05**). El verano de 2004 fue la época con mayor contenido estomacal, la época de menos consumo fue la de otoño-invierno.

También se encontraron diferencias significativas en el peso del contenido estomacal entre tallas pero no en el índice de repleción (**W_{ce}**: $F_{1,93}=13,99$; **p<0,01**; **IR**: $F_{1,93}=2,66$; $p=0,11$). A mayor talla, mayor contenido estomacal, aún cuando la relación entre la cantidad de alimento presente en el estómago y el tamaño del pez disminuye, como podemos observar en la tendencia que sigue el IR.

No se encontraron diferencias significativas entre sexos (**W_{ce}**: $F_{1,93}=0,68$; $p=0,41$; **IR**: $F_{1,93}=2,18$; $p=0,14$), sin embargo se puede observar que la tendencia es a que las hembras tengan contenidos mayores que los machos, pero su índice de repleción sea menor. Es decir, el contenido alimenticio de los estómagos en las hembras fue mayor en cuanto a cantidad, sin embargo en éstas se encontraron menos estómagos llenos. Además hay una interacción clara entre las épocas del año y el sexo (**W_{ce}**: $F_{2,93}=2,89$; **p<0,05**; **IR**: $F_{2,93}=3,41$; **p<0,05**) debido a que en primavera las hembras tienen menor contenido en sus estómagos y menor índice de repleción con respecto a los machos y a las otras épocas del año.

La tendencia seguida por los estados de madurez no es muy clara, los peces en reposo reproductivo pero que ya son considerados adultos parece que comen más, sin embargo las diferencias entre los diferentes estados de madurez, tanto de los contenidos alimenticios como del índice de repleción, no fueron significativas (**W_{ce}**: $F_{4,93}=1,42$; $p=0,19$; **IR**: $F_{4,93}=1,26$; $p=0,29$).

Labropoulou *et al.* (1997), en un estudio realizado en aguas costeras griegas, observaron que la cantidad de alimento ingerido por *M. surmuletus* varió significativamente entre clases de talla, mostrando dos grupos principales de peces, aquellos menores de 171 mm tuvieron un peso medio del contenido estomacal de 0,42g, mientras que el peso promedio del contenido estomacal en peces de mayor tamaño fue de 0,92g. Estos autores aseguran que la intensidad en la dinámica alimentaria de esta especie es alta y está condicionada básicamente por el índice de repleción o llenado de los estómagos más que por el índice de vacuidad el cual es

poco importante en esta especie. Además afirman que la intensidad de la dinámica alimentaria es mayor en peces de tallas pequeñas debido posiblemente a una mayor velocidad de digestión de las presas pequeñas. Los peces grandes pueden llegar a saciarse más rápidamente por la ingestión de presas de gran tamaño. Otra explicación es que los juveniles habitan aguas menos profundas y con mayor temperatura a diferencia de los adultos que prefieren aguas más profundas y frías obteniendo un beneficio de bajo costo metabólico y mayor longevidad. Hay más estómagos vacíos en tallas grandes.

Aguirre (2000), encontró que el peso del contenido estomacal para *M. surmuletus* fue muy variado a lo largo de todo el año, con un valor medio de 0,403 g y el mayor peso en julio (3,9 g). Esto es similar a nuestros datos.

En *S. lusitanica* no se encontraron diferencias significativas en la cantidad de alimento consumido, ni en el índice de repleción entre las épocas de muestreo (**W_{ce}**: $F_{2,375}=0,03$; $p=0,97$; **IR**: $F_{2,375}=0,06$; $p=0,95$), talla (**W_{ce}**: $F_{2,375}=0,45$; $p=0,64$; **IR**: $F_{2,375}=0,38$; $p=0,68$), sexo (**W_{ce}**: $F_{1,375}=1,08$; $p=0,3$; **IR**: $F_{1,375}=2,53$; $p=0,11$) o madurez (**W_{ce}**: $F_{3,375}=0,56$; $p=0,64$; **IR**: $F_{3,375}=0,17$; $p=0,92$) (Figura 4.9).

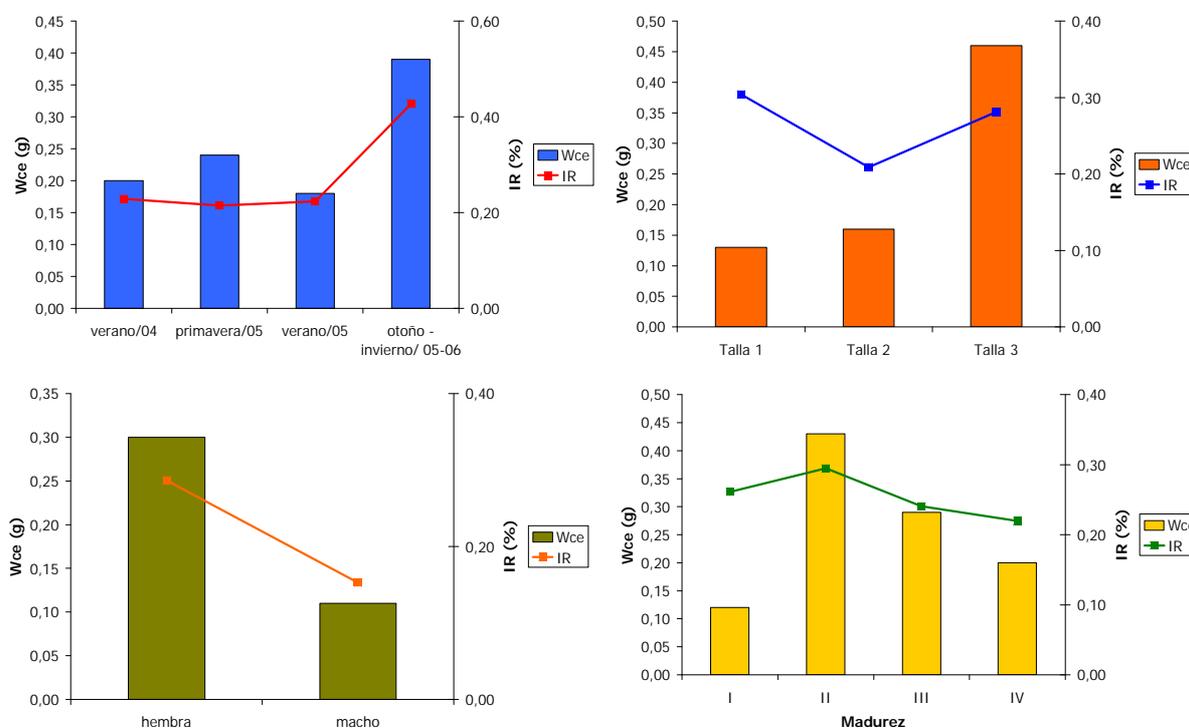


Figura 4.9. Variaciones en el peso del contenido estomacal e índice de repleción en *S. lusitanica* debido a la estacionalidad, talla, sexo y estados de madurez gonadal

La época de mayor consumo fue la de otoño-invierno y la de menor consumo se dio en verano. La talla 3 tuvo el mayor peso de los contenidos estomacales, al igual que las hembras.

Dentro de los estados de madurez gonadal, destaca que el estado II, que es el de reproducción, haya sido el que presentó el mayor contenido estomacal, al igual que el mayor IR, lo que quiere decir que en los estómagos había más alimento con respecto al peso del pez.

En *S. scrofa* las diferencias en el peso de los contenidos estomacales y en el índice de repleción tampoco fueron significativas entre épocas de muestreo (W_{ce} : $F_{1,43}=0,32$; $p=0,57$; IR : $F_{1,43}=0,17$; $p=0,68$), talla (W_{ce} : $F_{1,43}=0,49$; $p=0,49$; IR : $F_{1,43}=0,26$; $p=0,61$), sexo (W_{ce} : $F_{1,43}=0,38$; $p=0,54$; IR : $F_{1,43}=0,31$; $p=0,58$) o madurez (W_{ce} : $F_{4,43}=0,31$; $p=0,87$; IR : $F_{4,43}=0,33$; $p=0,86$).

Como puede observarse en la Figura 4.10, en primavera el contenido estomacal fue mayor, al igual que la relación del IR y en otoño-invierno se presentó el valor más bajo para ambos.

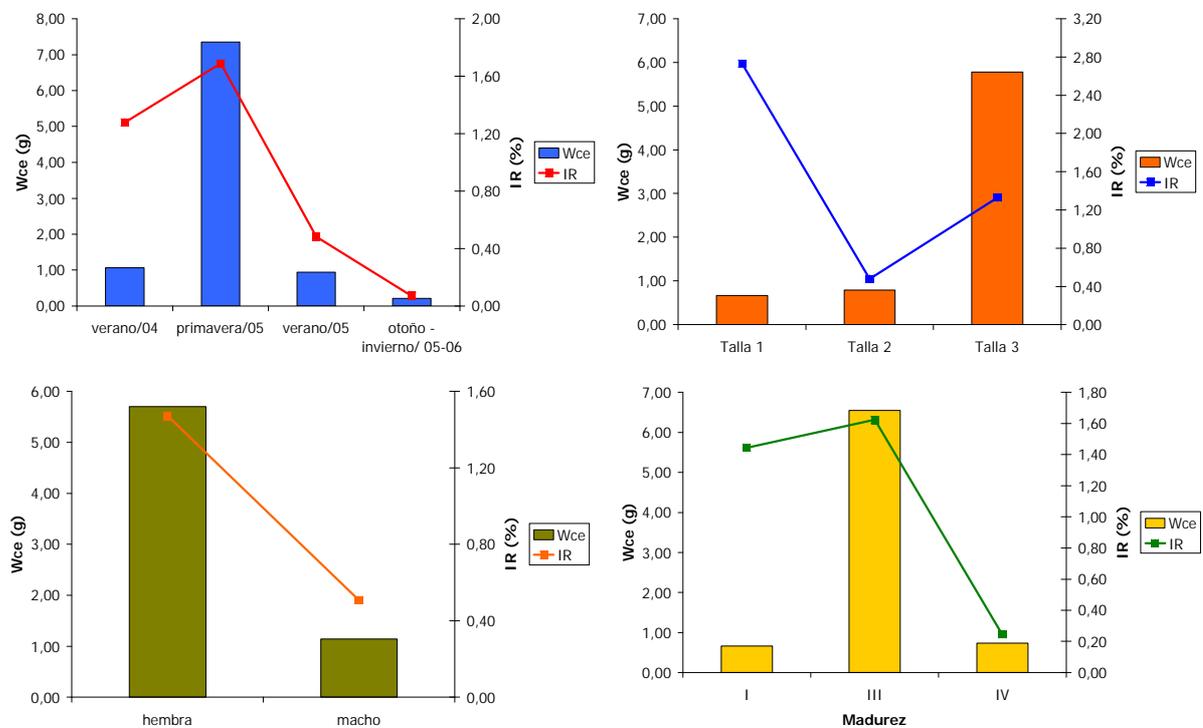


Figura 4.10. Variaciones en el peso del contenido estomacal e índice de repleción en *S. scrofa* debido a la estacionalidad, talla, sexo y estados de madurez gonadal

En esta especie, la mayor variación de los contenidos estomacales se debe a las hembras de tallas grandes.

En cuanto a la madurez gonadal, no se contaron con peces en época reproductiva y puede observarse que los mayores contenidos estomacales correspondían al estado III.

Harmelin-Vivien *et al.* (1989) estudiaron la dieta de tres especies de escorpas (*S. scrofa*, *S. notata*, *S. porcus*). Encontraron que el peso del contenido estomacal aumentó con el tamaño del pez, lo cual implica que con el crecimiento los peces pueden consumir presas grandes aún cuando no dejan de consumir también las presas de tamaño pequeño.

En *T. torpeda* no se encontraron diferencias estadísticamente importantes entre ninguno de los factores que hemos venido considerando como son la estacionalidad (**W_{ce}**: $F_{1,26}=0,16$; $p=0,69$; **IR**: $F_{1,26}=0,14$; $p=0,71$), talla (**W_{ce}**: $F_{1,26}=1,82$; $p=0,19$; **IR**: $F_{1,26}=0,21$; $p=0,65$), sexo (**W_{ce}**: $F_{1,26}=0,47$; $p=0,5$; **IR**: $F_{1,26}=0,46$; $p=0,5$) o madurez (**W_{ce}**: $F_{2,26}=1,05$; $p=0,36$; **IR**: $F_{2,26}=0,37$; $p=0,69$) (Figura 4.11).

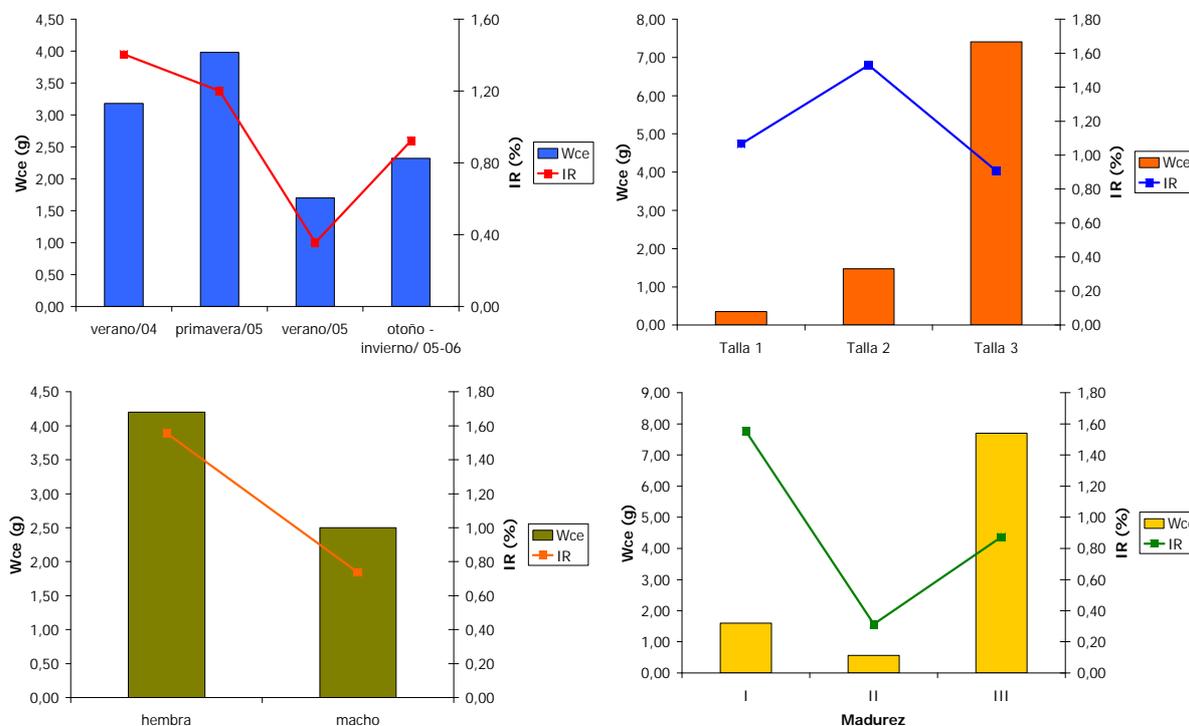


Figura 4.11. Variaciones en el peso del contenido estomacal e índice de repleción en *T. torpeda* debido a la estacionalidad, talla, sexo y estados de madurez gonadal

Sin embargo podemos observar que la primavera fue la época con mayor contenido estomacal y de igual manera, junto con la época de verano de 2004 la relación contenido estomacal y peso del pez fueron las mayores; a su vez el menor contenido estomacal se presentó en verano de 2005 coincidiendo con el menor IR.

En cuanto a la talla y al sexo, la talla 3 fue la de mayor peso en los contenidos estomacales y las hembras al parecer consumieron más alimento. De igual manera parece que los organismos maduros sexualmente tuvieron mayores contenidos estomacales.

U. scaber, como en las tres especies anteriores, no presentó diferencias notables en el peso de los contenidos estomacales ni en el índice de repleción entre las diferentes épocas (**W_{ce}**: $F_{2,80}=1,92$; $p=0,15$; **IR**: $F_{2,80}=1,24$; $p=0,29$), sexos (**W_{ce}**: $F_{1,80}=0,38$; $p=0,54$; **IR**: $F_{1,80}=0,62$; $p=0,43$) o madurez (**W_{ce}**: $F_{1,80}=0,09$; $p=0,76$; **IR**: $F_{1,80}=0,44$; $p=0,51$) (Figura 4.12).

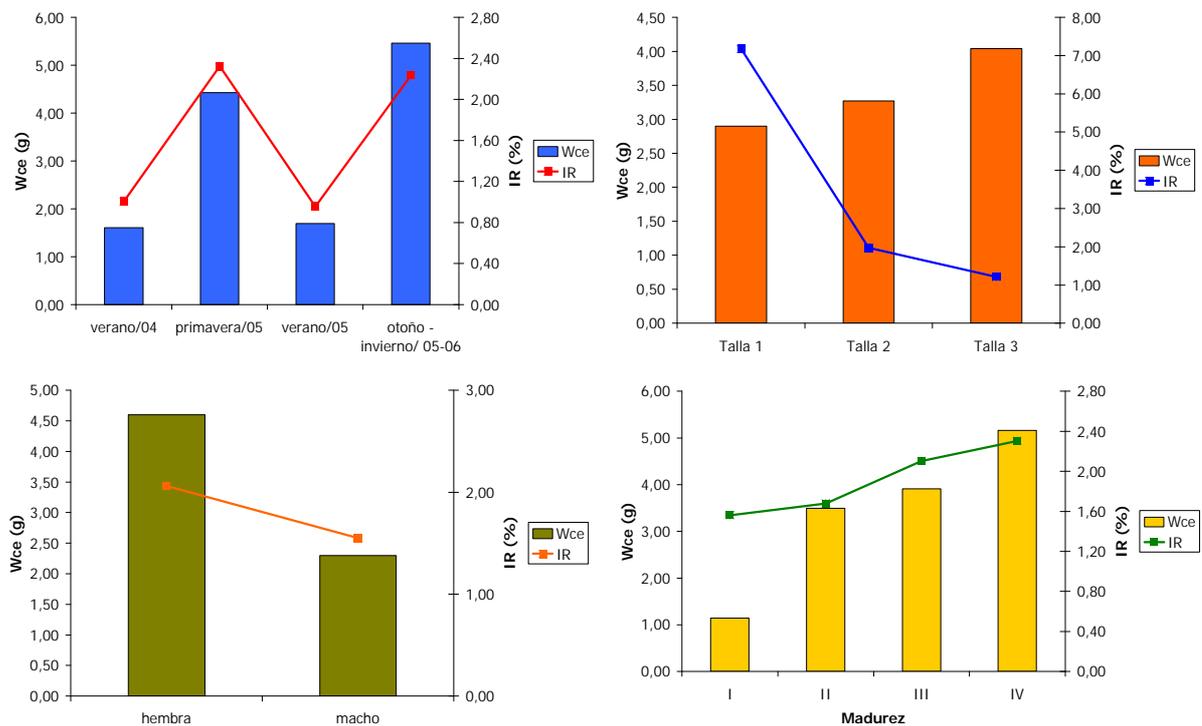


Figura 4.12. Variaciones en el peso del contenido estomacal e índice de repleción en *U. scaber* debido a la estacionalidad, talla, sexo y estados de madurez gonadal

De acuerdo con la figura, los valores más altos estuvieron en otoño-invierno, seguidos por primavera y los más bajos en verano. Los contenidos más altos se presentaron en la talla 3 y en hembras, aún cuando de nuevo aquí volvemos a notar

que la relación entre el peso de los contenidos estomacales y el peso del pez es la más alta en la talla 1, es decir que los peces pequeños parece que tienen una mayor tasa de alimentación que los grandes.

De acuerdo con Stoner (2004) la temperatura puede tener efectos sutiles en las preferencias alimenticias de los peces. Este autor pone como ejemplo la carpa *Ctenopheryngodon idella* en la cual la temperatura influye en la eficiencia en la estimulación de los receptores del gusto para diferentes aminoácidos. Este autor explica que la motivación alimenticia está determinada por las necesidades metabólicas y la cantidad de alimento en el estómago. Ya que la temperatura afecta las tasas metabólicas y la evacuación gástrica en peces ectotérmicos, la búsqueda de alimento y la intensidad de alimentación, por ende también dependen de la temperatura. La ingestión de alimentos se incrementa rápidamente con la temperatura hasta alcanzar un máximo, para después disminuir si la temperatura es excesiva, esto ha sido probado en peces de cultivo. Así mismo, este autor afirma que la intensidad de luz también tiene un efecto sobre la alimentación, de hecho el nivel de luz es usado rutinariamente en acuicultura para influenciar la actividad y la alimentación de los peces.

Wootton (1999) asegura que la cantidad de alimento requerido para saciar un pez está relacionada con el estado de distensión del estómago. La tasa de consumo de alimento depende de la tasa a la cual los contenidos estomacales son evacuados. La tasa de evacuación se incrementa con la temperatura. La calidad del alimento también influye en la tasa de evacuación, los alimentos con un contenido bajo de energía se evacuan más rápidamente que los alimentos con un valor energético alto, sin embargo si la dieta consiste en una mezcla de presas diferentes, la tasa de evacuación de cada tipo de presa no es independiente de los otros ítems. Adicional a lo anterior también debe tenerse en cuenta que la temperatura del agua afecta las tasas de consumo, lo cual se refleja también en la tasa de evacuación gástrica. Finalmente, este autor explica que otro factor que puede afectar la tasa de consumo es el estado fisiológico, en algunas especies, la tasa de alimentación disminuye o se detiene cuando el pez comienza a ser activo reproductivamente.

En nuestro caso vemos que *M. surmuletus* siempre tenía alimento en el estómago, por el contrario, *S. lusitanica* prácticamente nunca lo tenía. La tendencia general, en todas las especies, fue la de tener contenidos alimenticios más abundantes, así como un mayor índice de repleción en primavera y verano. De igual forma las hembras tuvieron mayores contenidos alimenticios e índices de repleción. Con respecto a la talla vemos como los peces más pequeños tuvieron menores contenidos alimenticios, lo cual es lógico dado que sus estómagos son de menor tamaño, sin embargo, el índice de repleción en las tallas pequeñas fue mayor.

Basándonos en estos resultados, podemos decir que los peces se alimentan más en las épocas favorables en cuanto a oferta trófica. Así mismo, las hembras parecen alimentarse más, seguramente por sus requerimientos fisiológicos para la reproducción y además las tallas grandes, al tener un estómago con mayor capacidad también suelen tener contenidos estomacales de mayor peso. Con lo cual podemos concluir que los cambios observados en la dinámica alimentaria de los peces se relacionan directamente con los ajustes metabólicos que cada especie realiza de acuerdo con la temperatura del agua y la intensidad de luz.

4.4.1.3. Peso promedio de las presas por estómago (W_p)

De manera general podemos observar que *S. scrofa* consume las presas más grandes (3,33 g), seguido por *U. scaber* (1,73 g), *T. torpedo* (1,27 g), *S. lusitanica* (0,13 g) y por último *M. surmuletus* (0,09 g) (Figura 4.13).

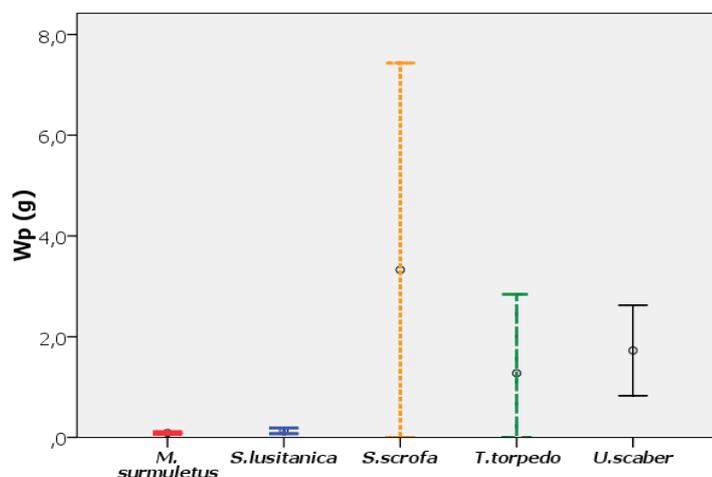


Figura 4.13. Peso promedio de las presas

No se encontraron diferencias significativas entre épocas de muestreo, tallas, sexos o estados de madurez gonadal, en las especies estudiadas (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Resultados del análisis de la varianza del peso promedio de las presas con respecto de la época del año, la talla, el sexo o la madurez, en las 5 especies del estudio

Espece	Comparaciones	F	g.l.	P
<i>M. surmuletus</i>	Época del año	1,35	1	0,25
	Talla	1,97	1	0,17
	Sexo	0,67	1	0,42
	Madurez	0,49	4	0,74
	Ninguna interacción fue significativa			
<i>S. lusitanica</i>	Época del año	0,07	1	0,79
	Talla	0,44	2	0,65
	Sexo	0,46	1	0,50
	Madurez	2,38	3	0,07
	Ninguna interacción fue significativa			
<i>S. scrofa</i>	Época del año	0,24	2	0,78
	Talla	0,53	1	0,48
	Sexo	0,49	1	0,50
	Madurez	0,31	4	0,87
	Ninguna interacción fue significativa			
<i>T. torpedo</i>	Datos insuficientes para realizar un análisis adecuado			
<i>U. scaber</i>	Época del año	0,03	1	0,86
	Talla	0,02	1	0,89
	Sexo	0,59	1	0,45
	Madurez	0,73	2	0,39
	Ninguna interacción fue significativa			

No obstante lo anterior, hay algunas variaciones dentro de cada especie que comentaremos a continuación.

En la Figura 4.14, se observa para *M. surmuletus* que el peso de las presas tiende a aumentar un poco en verano. En general, mientras más grande era el pez, mayor era el peso de las presas que podía consumir. Las diferencias entre sexos sólo fueron notorias en verano, en el cual las hembras consumieron presas de mayor peso que los macho. En cuanto a los estados de madurez gonadal, sólo se nota una diferencia en verano, en el resto de las épocas el peso de las presas no fue muy diferente.

Aguirre (2000) encontró para *M. surmuletus* en el golfo de Valencia un valor medio de 0,13g, con un máximo en agosto de 1,36g. De igual forma encontró que el

peso promedio era mayor en los ejemplares mayores a 100 mm. Estos valores fueron muy similares a los nuestros.

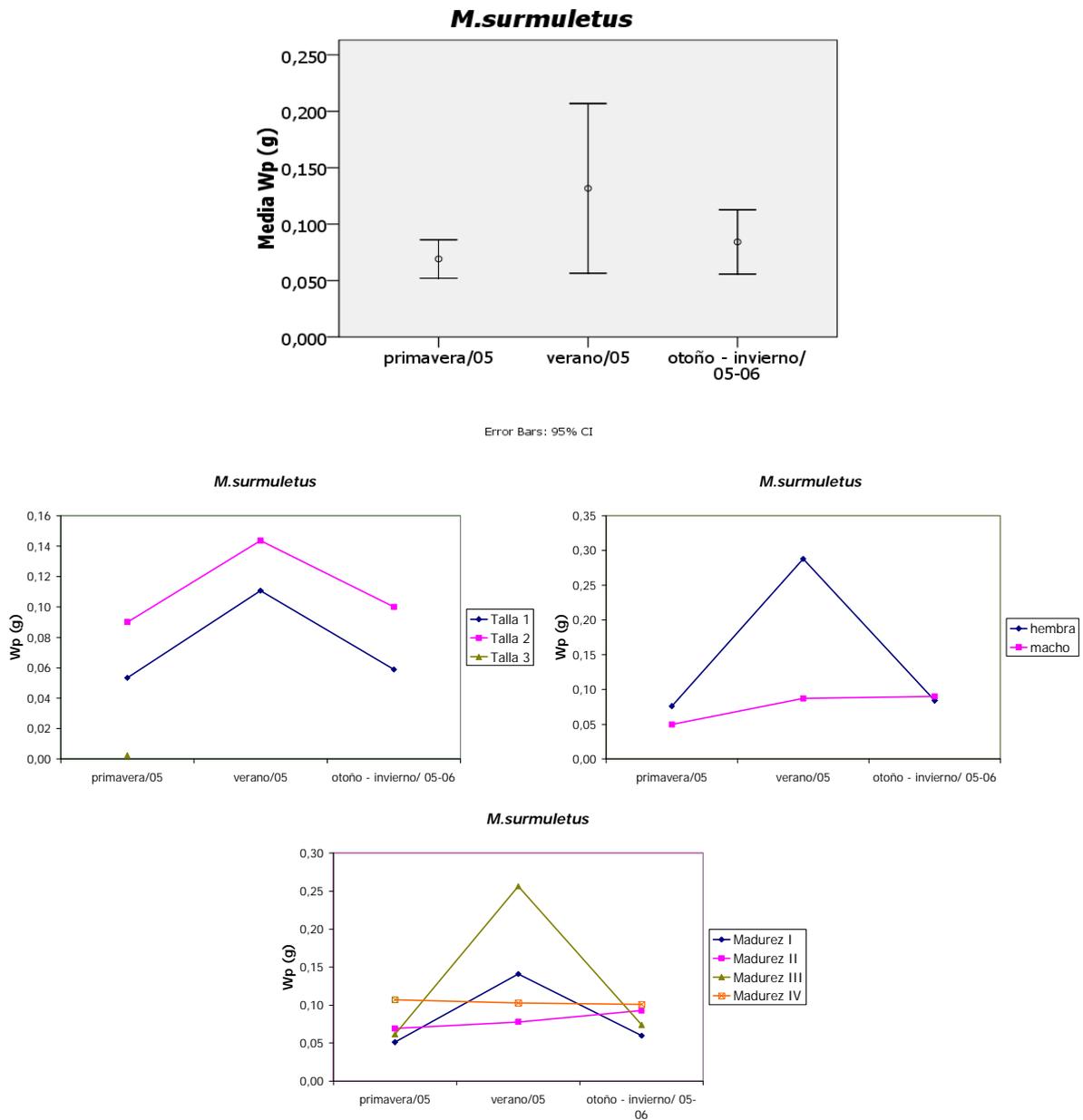


Figura 4.14. Peso promedio de las presas en *M. surmuletus*

En *S. lusitanica* se notó un leve aumento del peso promedio de las presas en otoño-invierno y al igual que en la especie anterior, el peso de las presas varió en función de la talla de los peces. Así mismo, parece que las hembras consumieron presas de mayor tamaño que los machos. En cuanto a los estados de madurez gonadal, en otoño-invierno hubo un aumento en el peso de las presas consumidas

por los peces en estado de madurez III (es decir justo cuando ha pasado la época de desove) (Figura 4.15)

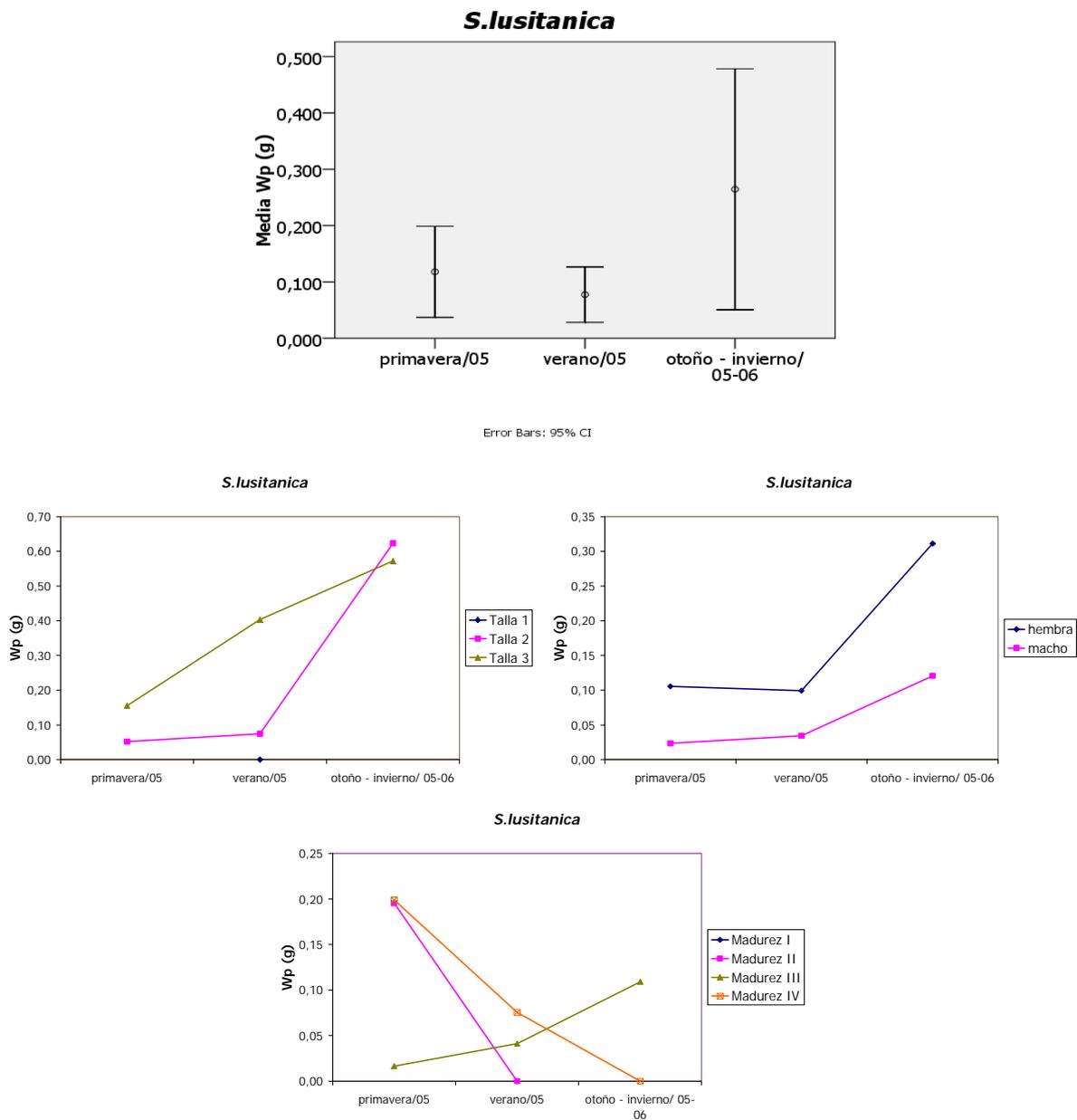


Figura 4.15. Peso promedio de las presas en *S. lusitanica*

En *S. scrofa* tampoco se encontraron diferencias significativas debido a la época de muestreo, talla, sexo o estado de madurez gonadal (Figura 4.16).

Solo es posible observar que en primavera, las hembras de mayor tamaño y estado de madurez gonadal III tenían en el estómago presas de mayor tamaño que el resto de individuos muestreados.

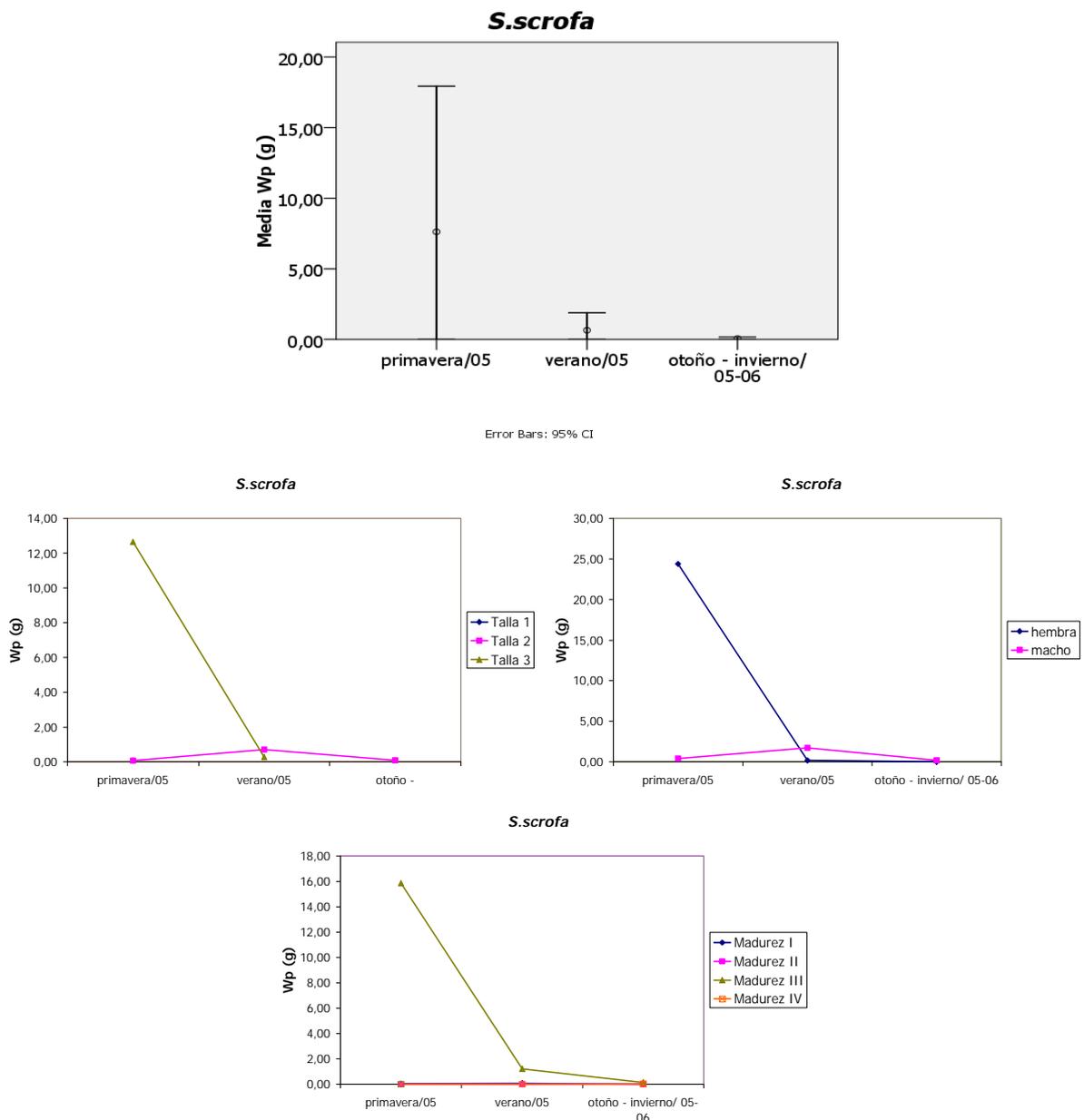


Figura 4.16. Peso promedio de las presas en *S. scrofa*

En el estudio realizado por Harmelin-Vivien *et al.* (1989) en tres especies de escorpas (*S. scrofa*, *S. notata* y *S. pocus*), el peso promedio de algunas presas por estómago (camarones y cangrejos) se incrementó con el tamaño del depredador; sin embargo, no se encontraron relaciones entre el tamaño de la presa y del pez para organismos de tamaño pequeño tales como anfípodos o isópodos.

Bradai y Bouain (1990) encontraron un peso promedio de las presas por estómago para *S. scrofa* de 2,88 g y de 1,2 para *S. porcus*. La Mesa *et al.* (2007)

observaron un patrón similar para *S. maderensis* en las costas de Sicilia. Estos valores fueron un poco más altos que los hallados en este estudio.

En *T. torpedo* tampoco se encontraron diferencias significativas, y no se han incluido las figuras debido a que los datos de las presas fueron insuficientes para graficarlos adecuadamente.

En *U. scaber* hubo un aumento en el peso promedio de las presas en la época de otoño-invierno como se observa en la Figura 4.17.

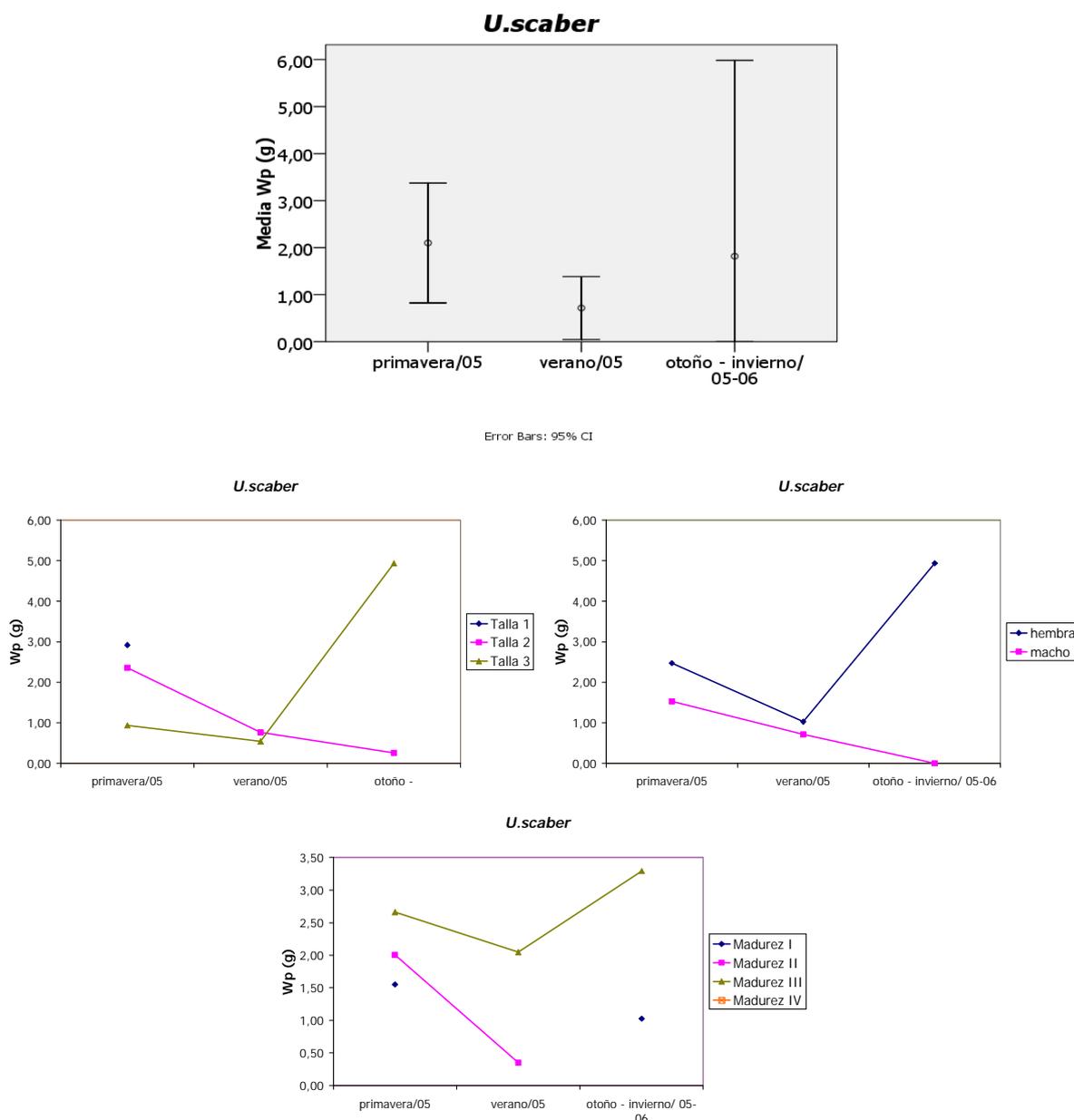


Figura 4.17. Peso promedio de las presas en *U. scaber*

En esta especie vemos que el peso promedio de las presas fue similar en primavera y en otoño-invierno, y fue un poco menor en verano. Con respecto a la talla, observamos que la talla 2 consumió presas de mayor peso que la talla 3, en primavera y verano; pero en otoño-invierno este patrón se invirtió. En general, las hembras consumieron presas de mayor tamaño, así como los individuos en estado de madurez gonadal III.

Podemos afirmar que aun cuando las diferencias en el peso de las presas a causa de variables como la estacionalidad, talla, sexo o estado de madurez gonadal, no sean significativas, es posible observar que en las cinco especies, los peces más grandes suelen consumir presas de mayor peso, las hembras también prefieren presas más grandes así como los individuos que se encuentran en estado III de madurez gonadal, es decir una vez ha pasado el desove. Con respecto a la época de muestreo, el peso de las presas es variable entre las especies, y el patrón general es el de aumentar el peso de las presas en épocas diferentes a las de reproducción.

En cuanto a la talla se refiere, según Wootton (1999), el tamaño del pez es un factor relevante en la dieta ya que la visión de los peces mejora con la edad, con lo cual los peces de mayor tamaño tendrán una ventaja adicional en la selección de las presas de mayor tamaño.

4.4.1.4. Número promedio de presas por estómago (Nm)

La especie que consumió un mayor número de presas fue *M. surmuletus* (11,5), seguida de *S. scrofa* (1,5), *S. lusitanica* (1,2), *U. scaber* (1,1) y *T. torpedo* (0,2) (Figura 4.18). Este índice complementa la información aportada por el peso promedio de las presas en el estómago, lo cual nos permite afirmar que las especies que consumen mayor cantidad de presas, éstas son de tamaños menores y a su vez los peces que se alimentan de presas grandes, el número promedio por estómago es mucho menor.

Esto mismo fue observado por Aguirre (2000), en *M. surmuletus* quien asegura que el número y el peso promedio de los componentes tróficos cambia con el desarrollo del pez; ya que en lugar de consumir un mayor número de presas

pequeñas, los peces capturan un menor número de presas grandes, lo cual puede ser debido al coste energético.

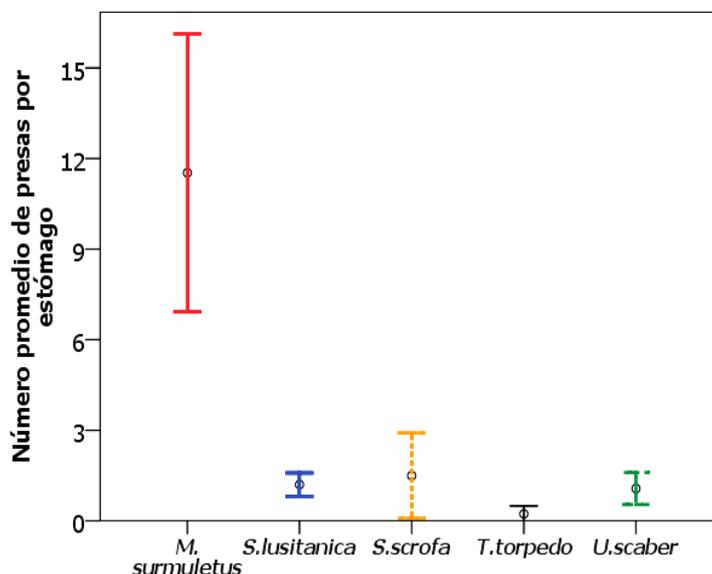


Figura 4.18. Número promedio de presas por estómago

En la Figura 4.19 se presenta el patrón seguido por el número promedio de presas según la época de muestreo, talla, sexo y madurez.

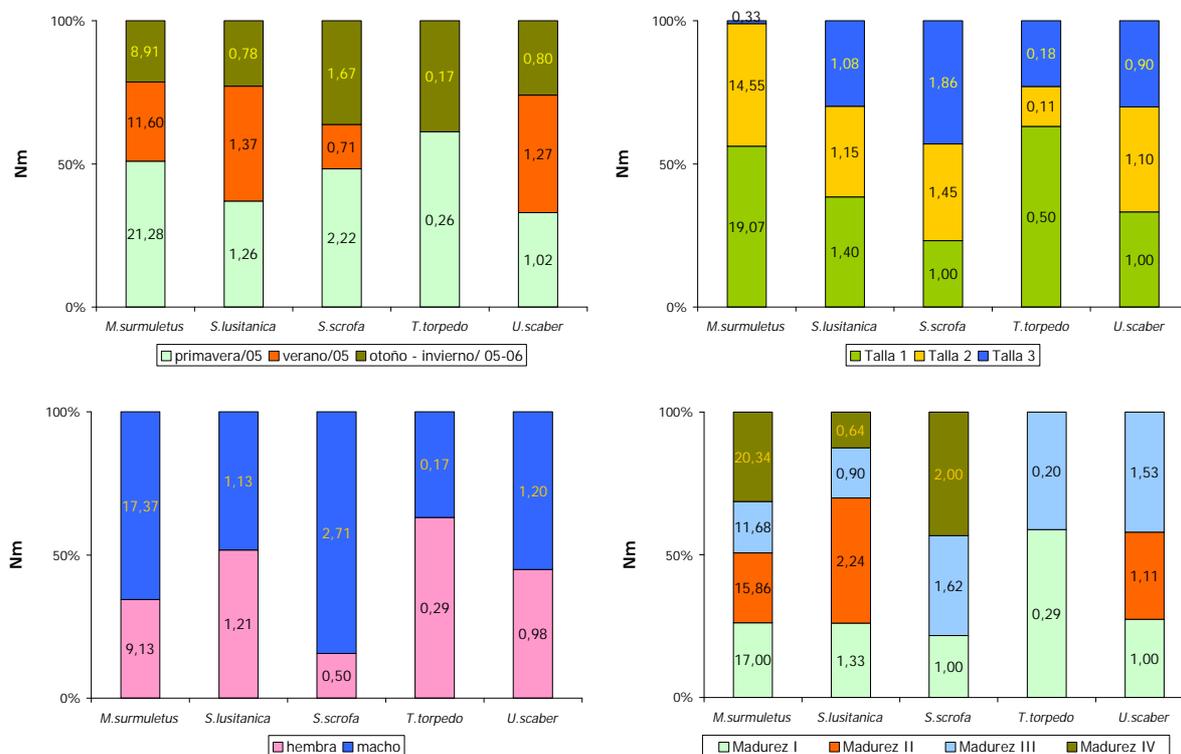


Figura 4.19. Variación del número promedio de presas por estómago y por especie debidas a la época de muestreo, talla, sexo y estado de madurez gonadal.

En la única especie en la que se pueden apreciar más variaciones es en *M. surmuletus*, ya que fue la especie que consumió un mayor número de presas. Según la estacionalidad, se evidenció un mayor consumo en primavera, la talla 1 consumió más presas, las hembras fueron las que menor cantidad consumieron, mientras que no se aprecian grandes variaciones según el estado de madurez gonadal.

En las demás especies las variaciones en el promedio de presas son menores y casi inapreciables, sin embargo podemos comentar algunos aspectos. En *S. lusitanica* el mayor número de presas fue consumido en verano, por la talla 1, las hembras consumieron más, y generalmente, en estado de madurez gonadal II. *S. scrofa* tenía un mayor número de presas en sus estómagos, en primavera, y generalmente fueron las tallas grandes, los machos y el estado de madurez gonadal IV los que tuvieron un mayor número de presas. En *T. torpedo* el mayor número de presas se encontró en primavera, en tallas pequeñas y en hembras en estado de madurez I. Finalmente *U. scaber* consumió más presas en verano, generalmente la talla 2, machos y estado de madurez III.

De acuerdo con los resultados de los modelos de regresión, no se encontró relación entre el número promedio de presas por estómago y la época del muestreo, la talla, el sexo o la madurez gonadal, en ninguna de las especies estudiadas.

En cuanto a los resultados en otros estudios Labropoulou *et al.* (1997) no encontraron para *M. surmuletus* diferencias significativas del número promedio de presas entre las diferentes tallas, sin embargo afirma que sus resultados muestran una tendencia a incrementar el número medio de presas en tallas grandes. Por su parte, Aguirre (2000) encontró un número promedio de 10,54 presas por estómago, lo cual coincide con nuestros resultados, sin embargo este autor encontró un máximo de 86 presas en marzo, una cifra superior a nuestros máximos (21,3 presas).

El número promedio de presas por estómago para *S. scrofa*, encontrado por Bradai y Bouain (1990) en el golfo de Gabes (Túnez) fue de 1,36, y para *S. porcus* de 1,58, esta última se alimenta de presas más pequeñas que *S. scrofa*. Morte (2002) determinó para *S. porcus* una media de 1,9 presas por estómago, con un mínimo de 0,91 presas por estómago y un mayor peso promedio de estas en verano y para *S. notata* 2,1, siendo mayor el número y peso promedio de las presas en

invierno y primavera. Lo cual coincide con nuestros resultados. No se tienen datos en la bibliografía para las otras especies.

4.4.2. COMPOSICIÓN TRÓFICA DE LA DIETA

En la Tabla 4.3 se detalla por cada especie el número de estómagos analizados, número de presas encontradas, número de categorías tróficas de las presas y nivel de análisis que se alcanzó dentro de las categorías tróficas.

Tabla 4.3. Composición trófica de las especies estudiadas

Especie	No. estómagos	No. presas	No. categorías tróficas	Nivel de análisis (%)					
				Phyla	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
<i>M. surmuletus</i>	227	2655	50	12%	6%	16%	16%	32%	18%
<i>S. lusitanica</i>	445	165	8		25%	12,5%	25%	25%	12,5%
<i>S. scrofa</i>	99	30	15	6,7%	26,7%	20%	13,3%	20%	13,3%
<i>T. torpedo</i>	51	6	5		60%		20%		20%
<i>U. scaber</i>	120	87	19	15,8%	31,6%	26,3%	10,5%	5,3%	10,5%

La especie que tiene en su dieta un número promedio mayor de grupos o taxones diferentes es *M. surmuletus* (7,3), seguido por *U. scaber* (2), *S. scrofa* (1,55), *T. torpedo* (1,25) y *S. lusitanica* (1,1) (Figura 4.20).

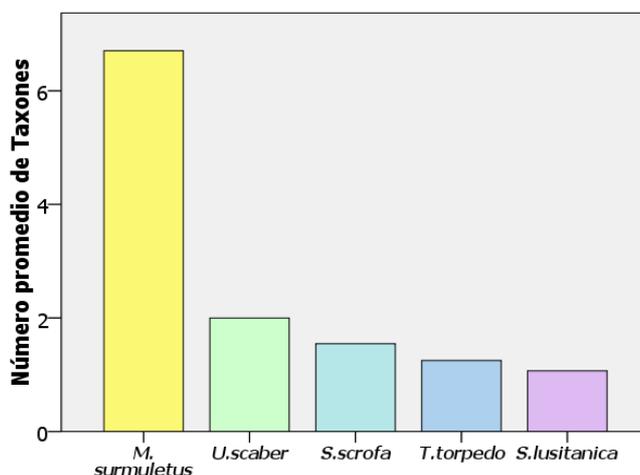


Figura 4.20. Promedio de taxones consumidos por cada especie en la dieta

Con el fin de establecer la composición dietaria de las especies estudiadas y la importancia de las diferentes presas dentro de las dietas, se calcularon diversos índices. En primer lugar se utilizaron los métodos numéricos dentro de los cuales están el Índice de Composición Numérica (N%) y el de Frecuencia de Ocurrencia (F%), a continuación se calculó el Índice Gravimétrico (G%) y finalmente, a partir de

estos tres índices iniciales, se analizaron algunos métodos combinados como son el Índice de Importancia Relativa (IRI) calculado de dos maneras diferentes: la primera, (IRI%) es el análisis propuesto por Pinkas *et al.* (1971) y modificado por Hacunda (1981) y la segunda (RI%) el propuesto por George y Hadley (1979) a partir de estimar el Índice de Importancia Absoluta (AI). Por último se estimó el Índice de Preponderancia (Cabral, 1988). Para complementar lo anterior y poder observar una jerarquización de las presas hemos utilizado el Índice de Importancia Geométrica (GII) propuesto por Assis (1996), el cual es otro método combinado que tiene una representación gráfica.

4.4.2.1. *Mullus surmuletus*

Aún cuando sólo se encontraron diferencias significativas en el número de taxones consumidos debidos a talla ($F=4,19$; $g.l=1$; $P<0,05$), en la Figura 4.21 se puede observar las variaciones de cada uno de los demás factores (estacionalidad, talla, sexo y estado de madurez gonadal).

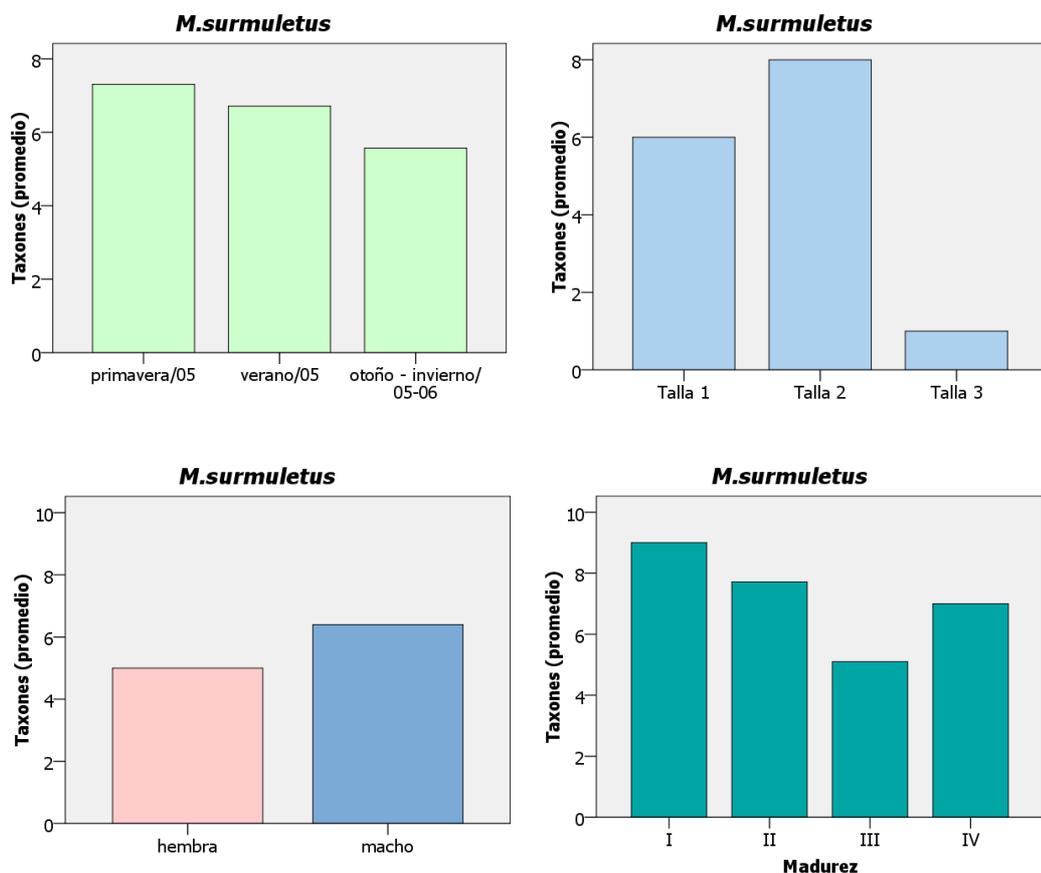


Figura 4.21. Variación del número promedio de grupos taxonómicos consumidos por *M. surmuletus* debidas a la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal

En esta especie, el máximo de taxones diferentes de presa encontrados en un solo estómago fue de 19, de los cuales predominaron los crustáceos (79%), le siguieron poliquetos (17%) y dentro de los grupos minoritarios se encontraron equinodermos, moluscos y cefalocordados (4%).

La época en donde hubo un mayor número de taxones fue primavera, seguida de verano y finalmente, otoño-invierno con el menor número. En cuanto a las tallas, los individuos de talla media se alimentaron de un número mayor de grupos de presas, seguidos por la talla más pequeña. Según el sexo, las hembras se alimentaron de un número menor de grupos de presas que machos. Finalmente, el estado III de madurez gonadal fue el que menos taxones presentó y el estado I el que más.

En la Tabla 4.4 se detalla a nivel taxonómico la composición trófica de la dieta de *M. surmuletus* y el resultado de los índices calculados con el fin de valorar la importancia de las presas dentro de la dieta.

Tabla 4.4. Composición trófica de la dieta de *M. surmuletus*, número de presas encontradas por taxón (Ni), número de estómagos con contenido de la presa *i* (Ei), índice numérico (N%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (G%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)

	Ni	Ei	IN%	F%	IG%	RI%	IRI %	IP%
FILO ANNELIDA								
Clase Polychaeta	446	110	16,80	48,46	7,76	13,31	1190,13	0,090
Subclase Palpata								
Orden Aciculata								
Suborden Eunicida								
Familia Dorvilleidae	6							
Familia Eunicidae	2							
<i>Marphysa bellii</i>	1							
<i>Eunice pennata</i>	1							
Familia Lumbrineridae								
<i>Lumbrineris</i>	18							
Familia Onuphidae								
<i>Onuphis eremita</i>	15							
<i>Hyalinoecia</i>	1							
Suborden Phyllodocida								
Familia Glyceridae								
<i>Glycera</i>	81							
Familia Phyllodocidae	3							
Familia Syllidae	3							

...continuación

	Ni	Ei	IN%	F%	IG%	RI%	IRI %	IP%
Orden Canalipalpata								
Suborden Terebellida								
Familia Pectinaridae								
<i>Pectinaria</i>	6							
FILO ARTHROPODA								
SUBFILO CRUSTACEA	25	30	0,94	13,22	1,62	2,88	33,856	0,005
Clase Malacostraca								
Subclase Hoplocarida								
Orden Stomatopoda								
Suborden Unipeltata								
Superfamilia Squilloidea								
Familia Squillidae								
<i>Squilla</i>	6	5	0,23	2,20	0,49	0,53	1,581	<0,001
Subclase Eumalacostraca								
Superorden Peracarida								
Orden Amphipoda	825	127	31,07	55,95	3,55	16,51	1936,869	0,047
Suborden Gammaridea								
Familia Ampeliscidae								
<i>Ampelisca</i>	96							
<i>A. brevicornis</i>	35							
Familia Leucothoidae								
<i>Leucothoe</i>	12							
Suborden Corophiidea								
Infraorden Caprellida								
Familia Caprellidae	65							
Familia Ischyroceridae	3							
Familia Photidae								
<i>Photis</i>								
<i>Photis longipes</i>	17							
Infraorden Corophiida								
Familia Aoridae								
<i>Leptocheirus</i>	1							
<i>Microdeutopus</i>	1							
Orden Cumacea	2	3	0,08	1,32	0,01	0,26	0,110	<0,001
Orden Isopoda	150	38	5,65	16,74	1,20	4,30	114,747	0,005
Suborden Anthuridea								
Familia Anthuridae								
<i>Anthura</i>								
<i>Anthura gracilis</i>	1							
Suborden Cymothoida								
Familia Cirolanidae								
<i>Eurydice</i>	57							
Suborden Sphaeromatidea								
Familia Sphaeromatidae								
<i>Sphaeroma</i>	55							
Orden Mysidacea	256	59	9,64	25,99	1,39	6,75	286,613	0,009
Orden Tanaidacea	46	16	1,73	7,05	0,37	1,67	14,814	0,001
Superorden Eucarida								
Orden Decapoda								
Suborden Pleocyemata								
Infraorden Anomura								
Superfamilia Galattheoidea								
Familia Galatheidae								

...continuación	Ni	Ei	IN%	F%	IG%	RI%	IRI %	IP%
<i>Galathea</i>	55	20	2,07	8,81	0,69	2,11	24,359	0,001
Infraorden Brachyura	532	110	20,04	48,46	41,51	20,06	2982,688	0,479
Superfamilia Cancroidea								
Familia Pirimelidae	3							
Superfamilia Portunoidea								
Familia Portunidae	126							
<i>Carcinus</i>	2							
<i>C. mediterraneo</i>	1							
<i>Liocarcinus</i>	70							
Infraorden Caridea	113	64	4,26	28,19	4,76	6,78	254,239	0,032
Infraorden Thalassinidea								
Familia Callinassidae								
<i>Callinassa</i>	3	3	0,11	1,32	0,16	0,29	0,363	<0,001
Familia Upogebiidae								
<i>Upogebia</i>	74	41	2,79	18,06	12,56	6,09	277,231	0,054
<i>Upogebia deltaura</i>	8							
<i>Upogebia pusilla</i>	38							
FILO CHORDATA								
SUBFILO CEPHALOCHORDATA	38	3	1,43	1,32	0,18	0,54	2,132	<0,001
(<i>Amphioxus</i>)								
SUBFILO VERTEBRATA								
Clase Osteichthyes								
Subclase Actinopterygii								
Infraclase Teleostei								
Superorden Acanthopterygii								
Orden Perciformes	2	2	0,08	0,88	0,10	0,19	0,153	<0,001
FILO EQUINODERMATA	66	24	2,49	10,57	1,02	2,57	37,080	0,003
Clase Echinoidea	16							
Clase Ophiuroidea	64							
FILO MOLLUSCA								
Clase Gastropoda	15	16	0,56	7,05	0,52	1,48	7,656	0,001
Orden Mesogastropoda								
Familia Turritellidae								
<i>Turritella</i>		2						
FILO NEMATODA	1	1		0,44	0,0002	0,08	<0,001	<0,001
FILO SIPUNCULA	2	1	0,04	0,44	0,01	0,09	0,020	<0,001
Restos		118		51,98	22,09	13,51	1148,306	0,274
No. Presas = 2655								
W presas = 106,07 g								
No.Estomagos = 227								

De acuerdo con Aguirre (2000), las presas se pueden clasificar en comunes ($IN\% > 1\%$ y $F\% > 50\%$) y raras ($IN\% < 1\%$ y $F\% < 50\%$). Según los resultados obtenidos en la tabla anterior, únicamente los anfípodos se pueden considerar dentro de las presas comunes, sin embargo, cangrejos y poliquetos si bien no cumplen la condición de superar el 50% de F%, están muy cerca con un 48,5%, lo que nos indicaría que también pueden ser clasificadas dentro de las presas comunes en la dieta de *M. surmuletus*.

Con el fin de valorar la importancia de las presas en la dieta de *M. surmuletus*, en la Figura 4.22 podemos observar el resultado de los principales índices calculados en la tabla anterior.

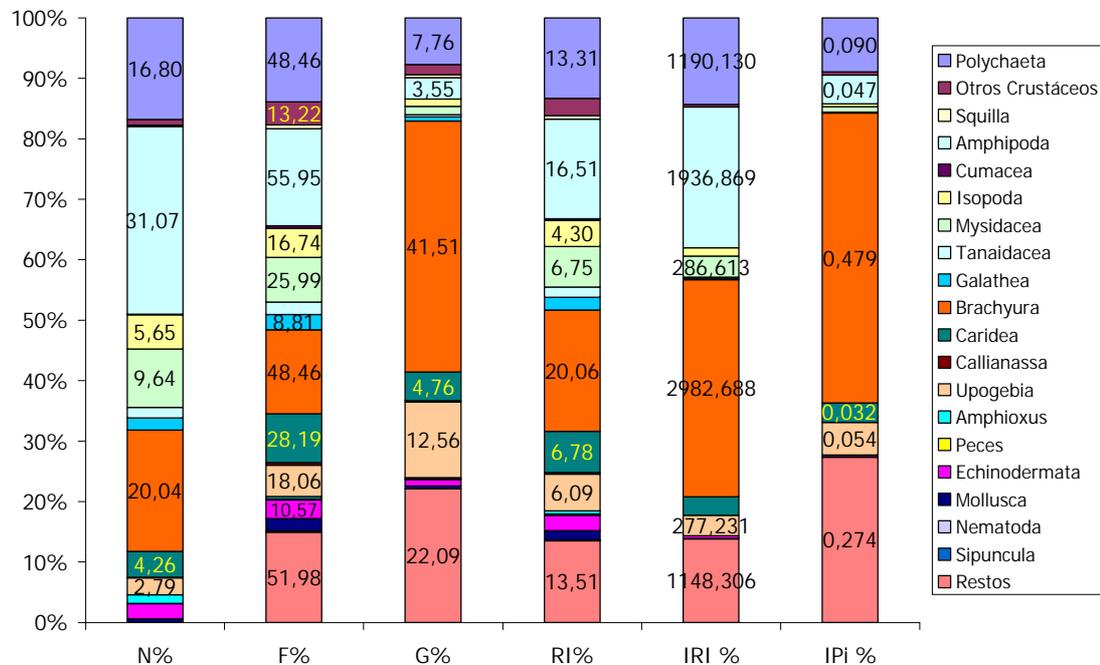


Figura 4.22. Tipos de presas consumidas por *M. surmuletus* de acuerdo con el índice numérico (N%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (G%), índice de importancia relativo propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativo modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)

Según el índice numérico *M. surmuletus* consumió principalmente crustáceos (79%), en especial anfípodos, decápodos brachyura y misidáceos; poliquetos (17%) y el restante 4% fueron equinodermos (erizos y ofiuras), moluscos y *Amphioxus*.

Al igual que en el índice anterior, de acuerdo con la frecuencia de ocurrencia en *M. surmuletus* predominaron los crustáceos, siendo los anfípodos (56%) y los decápodos brachyura (48,5%) los que se encontraron con mayor frecuencia. A los crustáceos le siguieron los poliquetos que tienen una frecuencia de ocurrencia en los estómagos de 48,5% y finalmente equinodermos y moluscos. En esta especie hay que destacar la gran cantidad de restos de organismos que no pudieron ser identificados ni contabilizados, los cuales estuvieron presentes en el 52% de los estómagos.

Observando los resultados del índice gravimétrico, de nuevo vemos que el grupo predominante estuvo conformado por crustáceos (67,3%), pero a diferencia de los índices anteriores los crustáceos predominantes en cuanto al peso son los decápodos brachyura (41,5%) y crustáceos del género *Upogebia* (12,6%). A este grupo le siguen en importancia los restos de diversos organismos (22,1%), poliquetos (7,8%), equinodermos (1%) y moluscos (0,5%).

Los índices de importancia relativa y de preponderancia, coinciden en que la dieta de *M. surmuletus* está compuesta por crustáceos en más de un 60%, estos crustáceos corresponden principalmente a decápodos brachyura y a anfípodos. La siguiente presa con un porcentaje alto en la dieta (entre 10 y 14%) son los poliquetos. Los restos de organismos que no pudieron identificarse también ocupan un lugar importante (entre 13% y 27%) y finalmente el resto de grupos (cefalocordados, equinodermos, moluscos, nemátodos y sipuncula) constituyen, en conjunto, menos del 20% de la dieta.

Las diferencias que podemos encontrar entre estos últimos índices combinados son las siguientes: En los tres, el grupo que predomina en la dieta es el de los decápodos brachyura. Tanto en RI como en IRI el segundo lugar corresponde a anfípodos, sin embargo en el IP, el segundo lugar lo ocupan los restos diversos, y los anfípodos se encuentran en un cuarto lugar junto con los crustáceos del género *Upogebia*. En RI los restos ocupan el tercer lugar y los poliquetos el cuarto, en cambio en IRI es a la inversa.

Podemos concluir de la figura anterior que los índices combinados dan una imagen más equilibrada de la importancia de cada presa dentro de la dieta. De esta manera se trata de minimizar el impacto que producen las presas numerosas y pequeñas en los índices numéricos o las presas grandes de mucho peso, pero escasas, en el índice gravimétrico.

Dentro de los índices combinados, vemos que el RI propuesto por George y Hadley (1979) tiene algunas ventajas sobre los otros. En primer lugar podemos verlo en una escala de porcentaje del 100%, a diferencia de los otros dos, en especial con respecto al IRI sugerido por Pinkas *et al.* (1971) y modificado por Hacunda (1981). En segundo lugar, con respecto al de preponderancia (IP), en el cual para su cálculo

sólo se tiene en cuenta el índice gravimétrico y el de frecuencia de ocurrencia, el RI involucra, además de estos dos, el índice numérico. En tercer lugar, el RI da a los índices numérico, gravimétrico y de frecuencia, igual importancia al realizar una suma simple de los tres, a diferencia del IRI en el cual es la frecuencia la que multiplica la suma de los dos anteriores. Por tal motivo hemos escogido el índice de importancia relativa (RI) para realizar las comparaciones gráficas de la dieta según variables como estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal.

En la Figura 4.23 se presenta el tipo de presas consumidas de acuerdo con las variaciones estacionales, según el índice de importancia relativa (RI%).

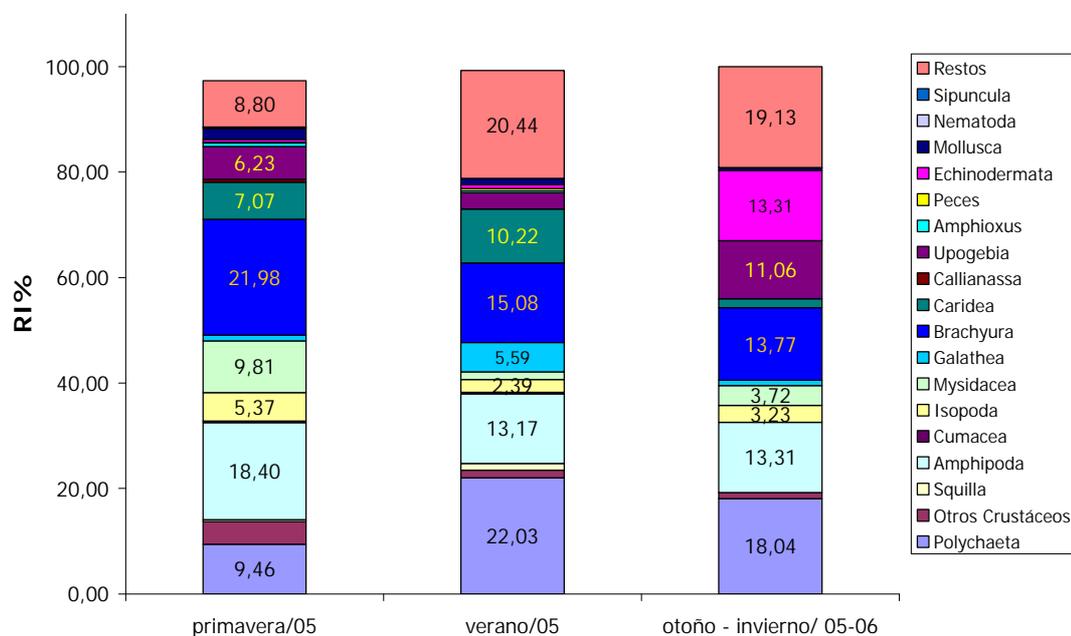


Figura 4.23. Índice de Importancia Relativa de la dieta de *M. surmuletus* de acuerdo con la variación estacional

En esta especie se pueden observar algunas variaciones en la preferencia de las presas de acuerdo con la época en la que se realizó el muestreo. En primavera y en verano hay un mayor número de grupos taxonómicos utilizados como alimento que en otoño-invierno. En primavera se consumieron presas pertenecientes a 19 grupos taxonómicos y las presas más frecuentes fueron los brachyura, seguidos de anfípodos, misidáceos, poliquetos y caridea. En verano se hacen más frecuentes los poliquetos, seguidos por los brachyura y anfípodos; y aumentan considerablemente los restos de organismos que no se identificaron, para un total de 16 grupos

taxonómicos. Finalmente, en otoño-invierno el número de grupos taxonómicos se redujo a 11, predominando los poliquetos seguidos por brachyura y anfípodos, y se nota un aumento considerable en el consumo de equinodermos y en la presencia de restos.

Podemos observar que el consumo de poliquetos fue menor en primavera (9,5%) con respecto a las otras épocas (22,03% en verano y 18,04% en otoño-invierno); anfípodos, misidáceos y brachyura, fueron consumidos más en primavera que en verano o en otoño-invierno y finalmente equinodermos tuvieron un consumo claramente mayor en otoño-invierno (9,5%) con respecto a la primavera (2,8%) y al verano (3,2%). También se encontraron variaciones en la cantidad de restos, los cuales aumentaron paulatinamente entre la primavera (8,8%) y el otoño-invierno (21,8%).

Con respecto al tipo de presas elegidas de acuerdo con la talla del pez, podemos observar que la talla 2 es la que mayor número de taxones consume (17), seguida por la talla 1 con 15 taxones y la talla 3 con 4, como se prenesta en la Figura 4.24.

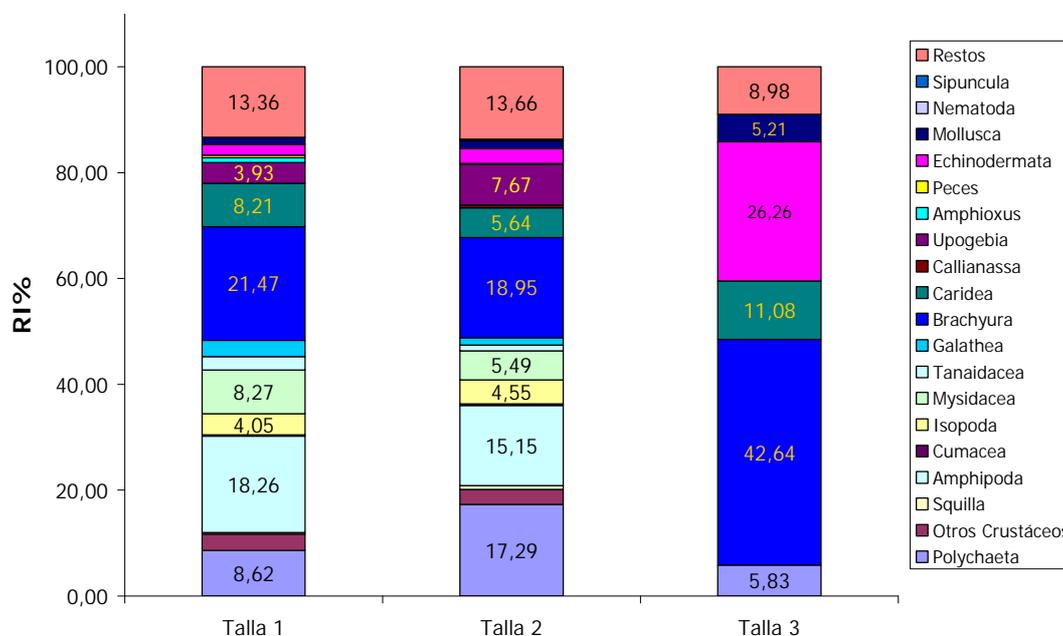


Figura 4.24. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *M. surmuletus* de acuerdo con las tallas

En las tres tallas las presas preferidas fueron los decápodos brachyura, pero la proporción varió en cada talla, de tal manera que el mayor consumo se dio en la talla 3 (42,6%), y el consumo en las tallas 1 y 2 fue similar (21,5% y 19,0% respectivamente). La talla 1 y la talla 2 consumen presas similares, difiriendo un poco en las proporciones ya que en la talla 1 los grupos preferidos fueron brachyura (21,5%), anfípodos (18,3%), poliquetos (8,6%) y misidáceos (8,3%); mientras que en la talla 2 el orden de preferencia es: brachyura (19%), poliquetos (17,3%), anfípodos (15,5%) y *Upogebia* (7,7%). En la talla 3, hay que destacar el elevado consumo de equinodermos (26,3%) por detrás de brachyura.

En esta especie la talla 3 estuvo muy poco representada debido a que son escasos los salmonetes mayores a 250 mm de longitud total y por este motivo se nota una gran diferencia en la dieta con respecto a las otras tallas.

En cuanto al consumo de alimento según el sexo, las diferencias fueron prácticamente imperceptibles de acuerdo con el número de grupos taxonómicos consumidos (Figura 4.25).

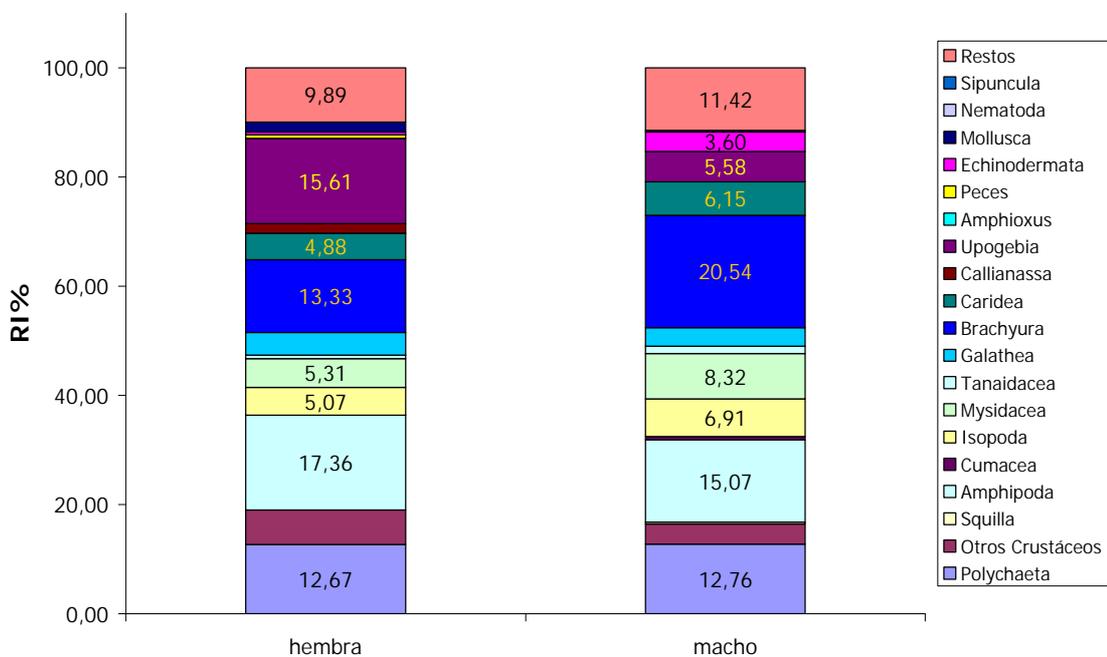


Figura 4.25. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *M. surmuletus* de acuerdo con el sexo

Tanto en hembras como en machos se encontraron 14 grupos taxonómicos dentro de los contenidos estomacales, en juveniles se encontraron 15 grupos y en los peces con sexo indeterminado, el número fue de 17.

La principal diferencia que observamos en la dieta respecto al sexo es la proporción con que son consumidas las presas. En hembras el RI mayor fue para anfípodos (17,4%), seguido de crustáceos del género *Upogebia* (15,6%), brachyura (13,3%) y poliquetos (12,7%) dentro de las presas principales. En machos el orden de preferencia de las presas principales fue: brachyura (20,54%) > anfípodos (15,07%) > poliquetos (12,76%).

Finalmente en la Figura 4.26 observamos que la composición taxonómica de la dieta de *M. surmuletus* prácticamente no varió entre estados de madurez gonadal.

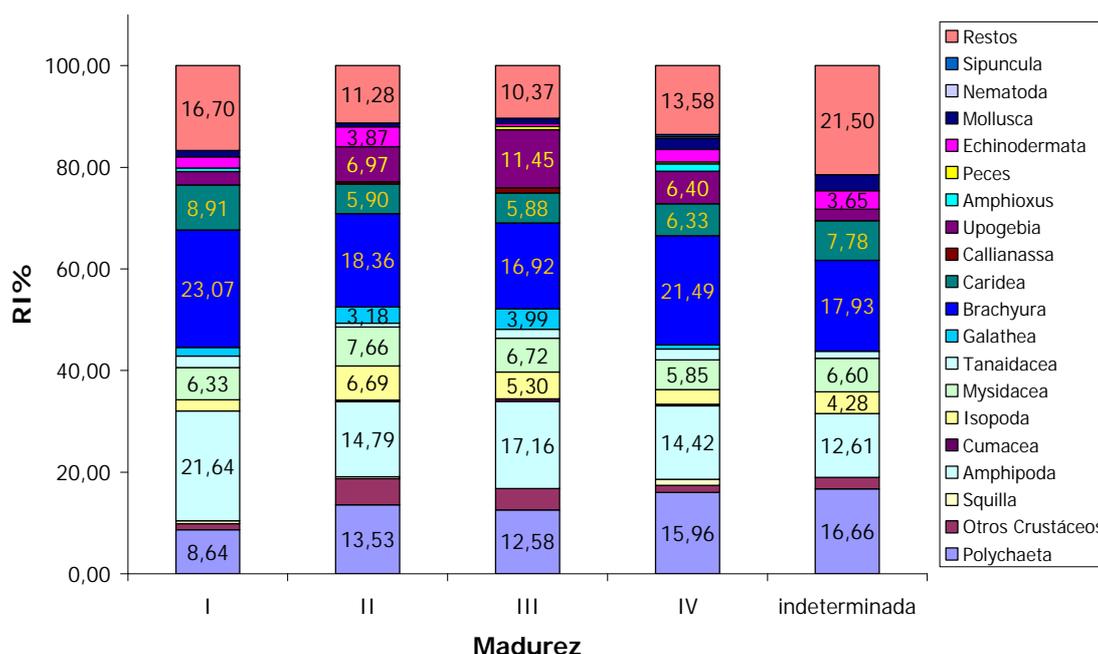


Figura 4.26. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *M. surmuletus* de acuerdo con el estado de madurez gonadal

Los grupos predominantes en los cuatro estados de madurez fueron brachyura, anfípodos y poliquetos. En el estado I estos tres grupos de presa constituyeron el 53,3% de toda la dieta; en el estado II fueron el 46,7%; en el estado III el 46,7%, en el estado IV el 51,9% y en los peces que no fue posible determinar el estado de madurez fueron el 47,1%. Misidáceos y decápodos caridea también fueron importantes en todos los grupos y junto con el porcentaje de restos encontrados

(cuya proporción es más o menos constante), superan el 80% en el índice de importancia.

De acuerdo con los modelos de regresión aplicados para el RI, con el objetivo de observar los factores que más influyeron en la dieta de *M. surmuletus*. Encontramos que el consumo de crustáceos caridea dependió significativamente de la época del año y de la talla ($RI=29,373 - 1,19*LT + 9,06*verano$; $R^2=0,86$, $P<0,01$) debido a un aumento notable del consumo de estas presas en el verano y además las tallas pequeñas tuvieron un porcentaje mayor en su dieta. Además, notamos que el consumo de *Upogebia* dependía del sexo ya que las hembras se alimentaron de esta presa en mayor cantidad con respecto de los machos ($RI=34,42 - 1,14*macho$, $R^2=0,71$, $P<0,05$). Al margen de estos dos resultados puntuales, el consumo de los demás ítems de la dieta no se vio afectado significativamente por la estacionalidad, clase de talla, sexo o madurez sexual.

Para jerarquizar y clasificar las presas que hacen parte de la dieta de *M. surmuletus* hemos condensado la información de forma gráfica, mediante el índice de importancia geométrica sugerido por Assis (1996) (Figura 4.27).

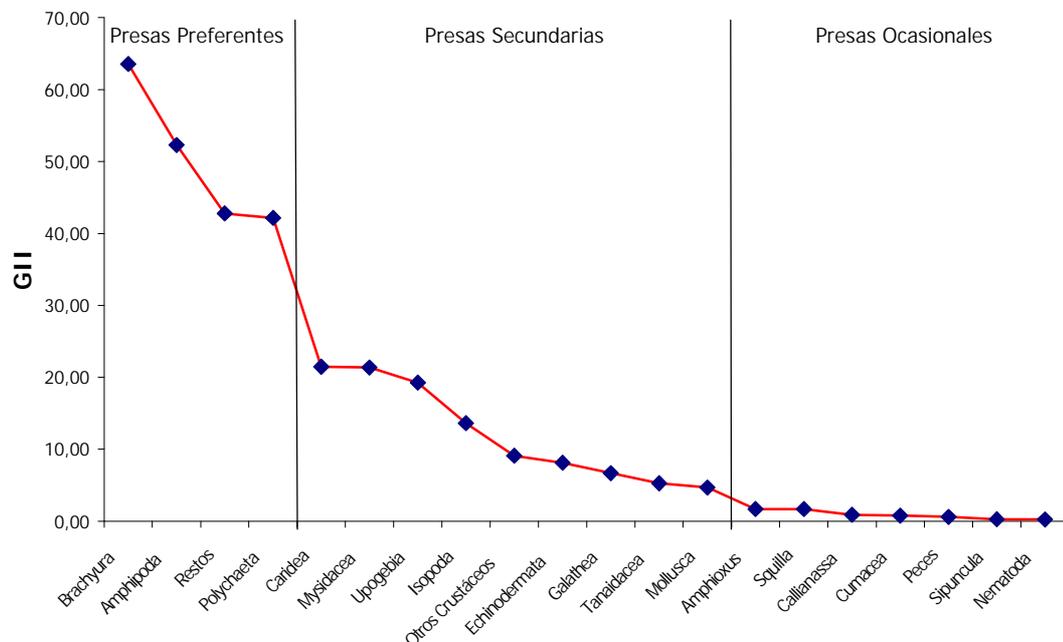


Figura 4.27. Jerarquización y clasificación de las presas en la dieta de *M. surmuletus* de acuerdo con el índice de importancia geométrica

Según este índice *M. surmuletus* consume de forma preferente, brachyura, anfípodos y poliquetos. Dentro de las presas secundarias encontramos principalmente crustáceos tales como caridea, misidáceos, *Upogebia*, isópodos, decápodos del género *Galathea* y tanaidáceos, además de equinodermos y moluscos. El resto de presas se consideraron como ocasionales.

De acuerdo con lo anterior podemos afirmar que esta especie se alimenta de presas que viven en el sedimento, algunas e ellas, como es el caso de los poliquetos, construyen tubos dentro de éste pero a la hora de alimentarse, emergen total o parcialmente de esos tubos. Hay que destacar que no se encontró sedimento en los estómagos de *M. surmuletus* lo cual nos hace pensar que esta especie consume las presas de la superficie del sedimento, seleccionando los individuos que encuentra sobre el sustrato. Esto mismo ya fue anotado en el estudio que realizaron Labropoulou *et al.* (1997) en los salmonetes de las costas griegas.

De las cinco especies consideradas en este estudio, *M. surmuletus* es la única que cuenta con bastantes referencias bibliográficas relacionadas con sus aspectos biológicos y ecológicos. Dentro de la ecología trófica los temas de alimentación en *M. surmuletus* han sido ampliamente tratados por numerosos autores. De tal manera que se conoce a través de estos trabajos que la dieta de esta especie se compone principalmente de poliquetos, isópodos, eufasiáceos, misidáceos, cumáceos, anfípodos, decápodos, moluscos y equinodermos (Labropoulou *et al.*, 1997; Mazzola *et al.*, 1999; Labropoulou y Markakis, 1998; Aguirre, 2000; Machias y Labropoulou, 2002; Aguirre y Sánchez, 2005; Mahé *et al.*, 2005); aún cuando las proporciones de cada grupo trófico cambian según el área de estudio. Con respecto a esto Labropoulou *et al.* (1997), hacen notar que las diferencias con los resultados obtenidos en otros estudios pueden basarse en el tipo de análisis realizado, especialmente si sólo se ha usado el índice de frecuencia y el de composición numérica, ya que estos están influidos por las pequeñas presas que se encuentran en grandes cantidades pero que constituyen una biomasa muy pequeña.

Con el fin de comparar nuestros resultados hemos escogido los trabajos más relevantes por su proximidad con el área de estudio de esta tesis y por haber sido realizados en los últimos años.

Labropoulou *et al.* (1997), estudiaron los hábitos alimenticios de *M. surmuletus* en la isla de Creta (Grecia), examinando sus variaciones con respecto a la estacionalidad y tamaño de los peces. Analizaron 446 especímenes entre 62 y 230 mm de longitud total. Entre los principales resultados que encontraron destaca que la dieta consistió en al menos 59 tipos de presas diferentes, pertenecientes a cinco grupos principales (decápodos, anfípodos, poliquetos, misidáceos y peces). De acuerdo con el IRI, los crustáceos fueron el grupo predominante, constituyendo el 90,1%. Dentro de los crustáceos, los decápodos contribuyeron de forma importante en la dieta (IRI= 45,3%), seguidos por los anfípodos (IRI= 40,1%). La importancia de los poliquetos, misidáceos y peces fue comparativamente baja. En cuanto a las variaciones estacionales encontraron diferencias significativas ya que los decápodos fueron más importantes en verano, mientras que los anfípodos lo fueron durante el invierno y la primavera. Para lo cual explican que los cambios temporales observados probablemente reflejaban las fluctuaciones de la disponibilidad de las presas en el ambiente. La disponibilidad de las presas no solo estaba en función de su abundancia en el hábitat sino también de su tamaño, comportamiento densidad y abundancia relativa en los hábitats.

Con respecto a las tallas, Labropoulou *et al.* (1997), también encontraron diferencias significativas, asegurando que la diversidad de la dieta se incrementaba con el tamaño del pez para especímenes mayores a 161 mm de LT. En ese trabajo los autores opinan que el intercambio de los hábitos alimenticios relacionados con la edad es un fenómeno general en los peces como resultado del incremento de tamaño. La dieta más diversificada, exhibida por los especímenes de mayor tamaño podría sugerir que éstos explotan un rango más amplio de presas. Tales cambios en los hábitos alimenticios relacionados con el tamaño de los peces disminuye la competencia entre individuos pequeños y grandes.

Sin embargo en el caso de *M. surmuletus* tanto en el estudio de Labropoulou *et al.* (1997), como en esta tesis, el análisis de los contenidos estomacales no indicó una tendencia clara en la selección de tipo de presas en relación al tamaño del depredador, ya que todos los especímenes explotaron tipos de presa similares.

Mazzola *et al.* (1999), analizaron los hábitos alimenticios de juveniles de *M. surmuletus* en Sicilia, concluyendo que son organismos estrictamente bentívoros, en contra de lo expuesto por N'Da (1992), quien asegura que el principal componente en la dieta de juveniles de *M. surmuletus* entre 2 y 7 cm tenía aproximadamente un 70% de presas pelágicas en la bahía de Vizcaya. Las presas más importantes en la dieta de los juveniles fueron los poliquetos en términos de número, volumen y frecuencia, seguidos por los copépodos, los cuales fueron importantes en número pero no en volumen. Demostrando de esta forma una diferencia con la dieta de los adultos, en la cual las presas preferentes fueron los decápodos y los moluscos. Concluyeron que en esta fase ontogénica los individuos mostraban unos hábitos alimenticios oportunistas debido sobre todo a la naturaleza del sustrato y a la abundancia de las especies ligadas a él, más allá del tipo de presa como tal. Además demostraron que tienen una alimentación diurna.

Labropoulou y Markakis (1998), realizaron un estudio acerca de las relaciones existentes entre la morfología y la dieta en algunas especies de peces entre los cuales estaba *M. surmuletus*. En este estudio el patrón alimenticio que encontraron para esta especie se componía principalmente de decápodos pertenecientes al suborden pleocyemata, y por poliquetos, anfípodos y cumáceos.

Aguirre (2000), en el golfo de Valencia, mediante el índice de frecuencia de ocurrencia encontró que la dieta de *M. surmuletus* estaba compuesta por presas bentónicas de amplia distribución y además en más de un 80% equivalían a componentes "raros", respecto a la nomenclatura usada según los índices de dominancia y frecuencia. La composición de la dieta constaba de decápodos (23,6%), anfípodos (17,8%), misidáceos (15,6%), poliquetos (9,17%), copépodos (7,8%) y cumáceos (5,58%). En este estudio se tuvieron en cuenta dos clases de talla, organismos menores de 100 mm y organismos de talla mayor. En los organismos de talla mayor a 100 mm la dieta estaba compuesta principalmente por decápodos (24,5%), misidáceos (17,35%) y poliquetos (10,4%). Además encontró que la cantidad de anfípodos consumidos, disminuían con el aumento en la talla, lo cual también pudimos observar en nuestro estudio.

De acuerdo con Aguirre (2000), la dieta de esta especie coincide con los máximos de abundancia de muchas de sus presas, las fluctuaciones en los valores de diversidad a lo largo del año y la ausencia de patrones estacionales, demuestran su capacidad de aprovechar los recursos más abundantes, por lo que el número de presas de las tallas disponibles son el factor principal de la selección del alimento.

Machias y Labropoulou (2002), estudiaron la dieta de *M. barbatus* en las costas griegas, encontrando unas 82 especies diferentes de presas entre las cuales los grupos principales fueron poliquetos, decápodos y crustáceos pequeños, dominando los poliquetos tanto en número como en peso (62% y 43,8% respectivamente). La contribución de los grupos de presas varió en número y en peso de acuerdo con el tamaño del pez pero sólo encontraron diferencias significativas en el grupo de crustáceos pequeños, además la tasa media de consumo se incrementó con el tamaño y así mismo el número medio de presas disminuyó con el tamaño.

La existencia de individuos pequeños y jóvenes en aguas poco profundas y el movimiento hacia aguas profundas durante la ontogenia, tiene una ventaja sustancial, se ha sugerido que al migrar a aguas más profundas los adultos pueden beneficiarse al reducir la tasa metabólica e incrementar la esperanza de vida al disminuir la temperatura del agua (Macpherson y Duarte, 1991).

Por la composición de la dieta, Machias y Labropoulou (2002), sugieren que *M. barbatus* es una especie carnívora que se alimenta de invertebrados bentónicos, principalmente poliquetos. Su dieta es diferente a lo largo del desarrollo ontogénico en cuanto a las proporciones y cantidades mas no a los tipos de presas. Es evidente que las diferencias de tamaño reflejan cambios con la edad en la preferencia del alimento y la habilidad de que los individuos grandes puedan capturar presas más grandes. El tamaño medio de la presa se incrementa con el aumento de tamaño del predador, así la energía adquirida por unidad de esfuerzo es óptima. Además la dinámica alimentaria (intensidad de alimentación) parece incrementarse con el tamaño del pez ya que encontraron más estómagos vacíos en talla pequeñas. Por lo tanto concluyen que las tasas altas de alimentación, exhibidas en términos tanto de intensidad alimentaria como de cantidad de alimento consumido, permiten el incremento en el crecimiento somático y la reproducción de los individuos cuando

alcanzan la madurez. Con respecto de *M. surmuletus*, vemos que ambas especies son muy similares, con pequeñas diferencias en cuanto a preferencia de presas.

En el estudio realizado por Aguirre y Sánchez (2005) sobre *M. surmuletus* y *M. barbatus*, afirman que varios autores han encontrado cambios en sus hábitos alimenticios a lo largo de su ontogenia, lo cual está relacionado con cambios en el hábitat y las interacciones resultantes de estos cambios, limitaciones morfológicas, requerimientos energéticos mayores y la capacidad de asimilar cierto tipo de presas. Comentan que los peces reparten el recurso trófico alimentándose de diferentes presas o utilizando el mismo recurso en diferente estadio del ciclo de vida. Esta segregación trófica la relacionan directamente con la capacidad de cada especie de utilizar cierto tipo específico de presa y con el grado de especialización de sus hábitos alimenticios. En este estudio el cambio en la dieta se dio entre organismos de talla menor a 100 mm, cuya dieta estaba compuesta básicamente por organismos pelágicos (copépodos, poliquetos, y tanaidáceos) haciendo notar que ningún otro autor encontró cambios en la dieta en tallas superiores. En general la dieta encontrada en *M. surmuletus* estaba compuesta por tres grupos de componentes tróficos: (a) animales bentónicos fijos o con movilidad restringida, crípticos o miméticos, por ejemplo poliquetos (*Pectinaria*), cumáceos y anfípodos; (b) animales nectónicos con migraciones diarias a lo largo de la columna de agua, por ejemplo, copépodos, misidáceos y larvas de decápodos; y (c) animales bentónicos de tallas grandes que viven en galerías o enterrados como decápodos caridea y brachyura.

Como podemos observar, nuestros resultados son similares a los de los autores mencionados anteriormente, con lo cual podemos afirmar que *M. surmuletus* se alimenta principalmente de crustáceos, dentro de los cuales predominan los decápodos brachyura (cangrejos) y los anfípodos, estando en segundo lugar el consumo de poliquetos.

Otros grupos taxonómicos como equinodermos y moluscos pueden ser consideradas presas raras que hacen parte de la dieta en la medida que la densidad de este tipo de presas posiblemente aumente en el medio.

Las variaciones de tipo estacional, ontogénico y por sexos encontradas en la dieta de esta especie se basan en proporciones y orden de preferencia, más que en

diferencias entre grupos de presas consumidas, lo que nos lleva a pensar que esta dinámica es el reflejo de la disponibilidad de presas en el medio.

4.4.2.2. *Synaptura lusitanica*

El espectro trófico de *S. lusitanica* es relativamente estrecho, se alimenta de 3 grupos taxonómicos diferentes, los cuales corresponden a poliquetos, equinodermos y decápodos (caridea) (Figura 4.28).

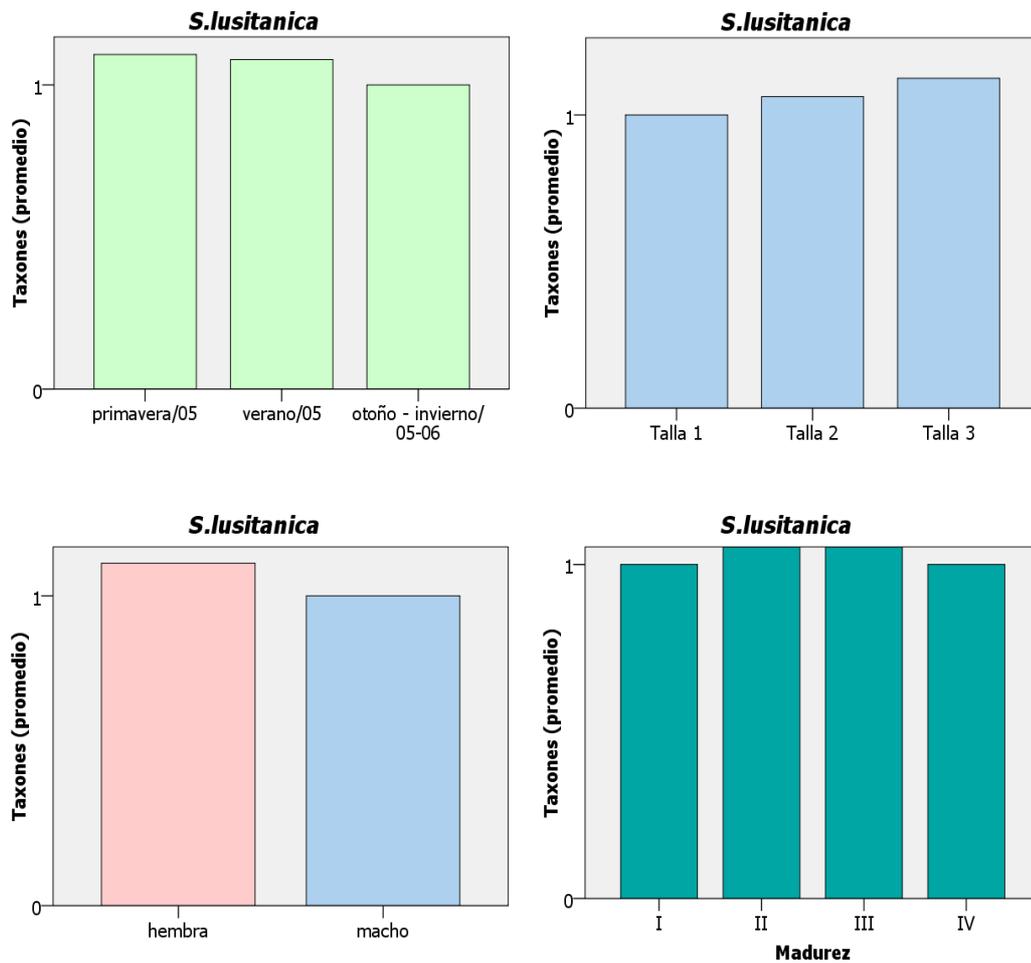


Figura 4.28. Variación del número promedio de grupos taxonómicos consumidos por *S. lusitanica* debidas a la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal

Las variaciones en la dieta fueron prácticamente imperceptibles y consistieron en los siguientes aspectos: hubo una disminución de los grupos de presas hacia otoño-invierno; el consumo por parte de la talla 1 fue menor que en la talla 2 y a su vez éste fue menor que en la talla 3, el consumo fue mayor en hembras que en machos y en cuanto a madurez gonadal, los estados I y IV, consumieron un poco menos que los estados II y III.

En la Tabla 4.5 se detalla a nivel taxonómico la composición trófica de la dieta de *S. lusitanica* y el resultado de los índices calculados con el fin de valorar la importancia de las presas dentro de la dieta.

Tabla 4.5. Composición trófica de la dieta de *S. lusitanica*, número de presas encontradas por taxón (Ni), número de estómagos con contenido de la presa *i* (Ei), índice numérico (N%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (G%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)

	Ni	Ei	N%	F%	G%	RI%	IRI %	IP%
FILO ANNELIDA								
Clase Polychaeta	163	111	98,79	24,94	91,62	93,09	4749,613	0,982
Subclase Palpata								
Orden Aciculata								
Suborden Eunicida								
Familia Eunicidae	1							
Familia Onuphidae	7							
<i>Onuphis eremita</i>	48							
Suborden Phyllodocida								
Familia Glyceridae								
<i>Glycera</i>	8							
Subclase Scolecida								
Orden Orbiniida								
Familia Orbiniidae								
<i>Orbinia</i>	2							
FILO ARTHROPODA								
SUBFILO CRUSTACEA								
Clase Malacostraca								
Subclase Eumalacostraca								
Superorden Eucarida								
Orden Decapoda								
Suborden Pleocyemata								
Infraorden Caridea	2	2	1,21	0,45	0,04	0,73	0,561	<0,001
FILO EQUINODERMATA								
Clase Ophiuroidea		1		0,22	0,91	0,49	0,204	<0,001
Restos		25		5,62	7,54	5,69	42,362	0,018
No. Presas = 165								
W presas = 60,5 g								
No.Estomagos = 445								

De acuerdo con la clasificación de las presas propuesta por Aguirre (2000), todas las presas tendrían que ser clasificadas como raras pues ninguna cumple con la condición de tener el índice numérico mayor de 1% y la frecuencia mayor al 50%. En el caso de los poliquetos el índice numérico es bastante alto, pero la ocurrencia es baja, esto es debido al alto índice de vacuidad de los estómagos en esta especie.

En la Figura 4.29 podemos observar una comparación de los índices de alimentación calculados para esta especie.

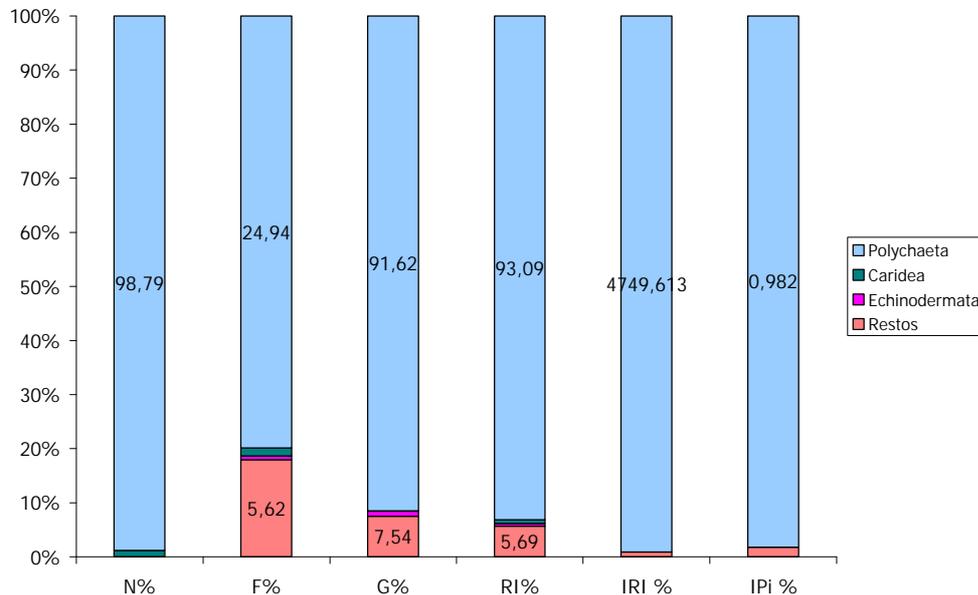


Figura 4.29. Tipos de presas consumidas por *S. lusitanica* de acuerdo con el índice numérico (IN%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (IG%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)

Según el índice numérico, la dieta estaba compuesta de poliquetos (99%) y decápodos (caridea) (1%). De acuerdo con la frecuencia de ocurrencia, aun cuando los poliquetos seguían dominando la dieta, la frecuencia fue de un 25%, principalmente debido al alto índice de vacuidad de los estómagos de esta especie. En el índice gravimétrico los poliquetos constituyeron el 92%, y la influencia de los crustáceos del infraorden caridea no se alcanzó a reflejar debido a que son presas con un peso extremadamente bajo.

En cuanto a los métodos compuestos, únicamente el RI% considera todos los tipos de presa consumidas por *S. lusitanica*. Vemos que hay coincidencia entre índices sobre el tipo de presa que domina la dieta, que consiste en poliquetos, siendo la única diferencia el porcentaje que se le asigna según el método. De tal manera que según la frecuencia de ocurrencia, los poliquetos corresponden al 80% de la dieta y según el IRI% sería el 99%. De nuevo, así como ya vimos para la especie anterior, el RI% tiene en cuenta las presas consumidas en menor medida y esto nos lleva a pensar en la idoneidad de este índice para la valoración de la dieta.

Las variaciones estacionales, por tallas, sexo y madurez sexual, se evaluaron mediante el RI% como se observa en la Figura 4.30. Según los resultados obtenidos de los modelos de regresión, no se encontraron relaciones significativas en el índice de importancia relativa para esta especie respecto de la época de muestreo, tallas, sexo o madurez gonadal.

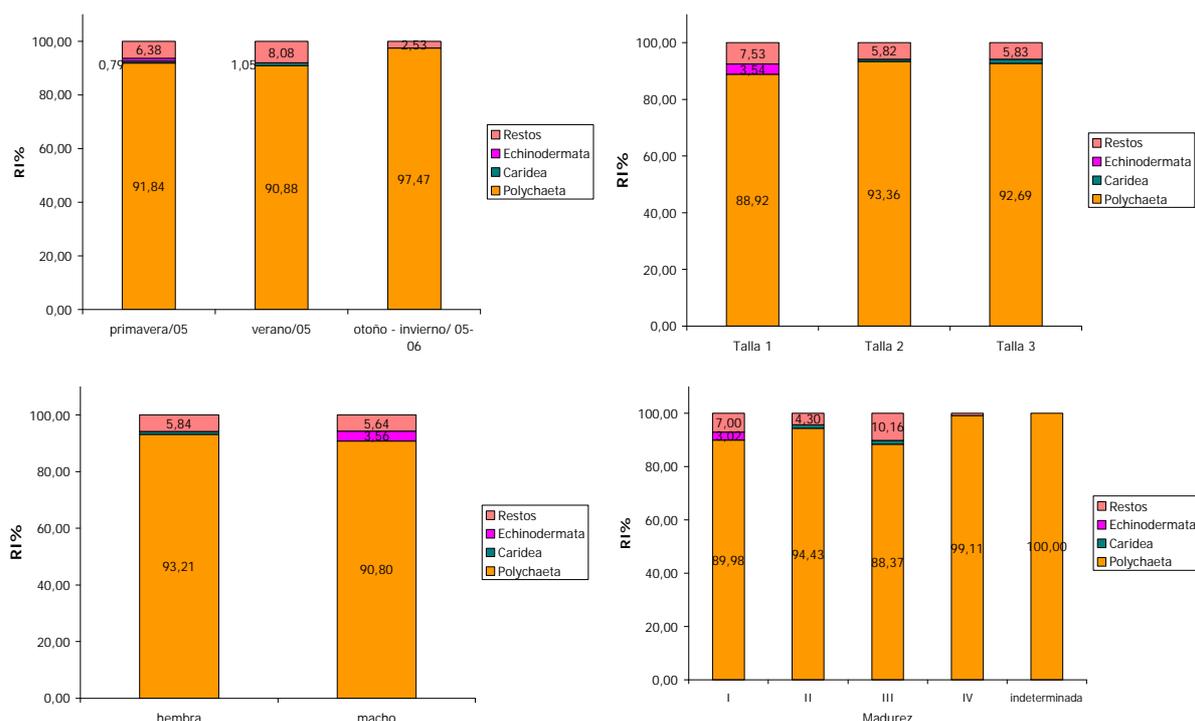


Figura 4.30. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *S. lusitanica* de acuerdo con la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal.

Con respecto a las variaciones debidas a la estacionalidad, se observa que en primavera y verano esta especie diversificó un poco su dieta mediante el consumo de decápodos (caridea) y equinodermos. Vemos que el verano fue la época de mayor ocurrencia de restos de individuos que no pudieron ser contabilizados ni identificados.

En cuanto a tallas, únicamente podemos apreciar que en la talla 1 hubo presencia de equinodermos y en las tallas 2 y 3 hubo decápodos (caridea).

Observando las variaciones debidas al sexo, podemos apreciar que en las hembras hay un consumo más diverso de presas que en los machos, especialmente en lo que a poliquetos se refiere. También es posible observar que sólo los machos fueron consumidores de equinodermos.

Finalmente con respecto a la madurez gonadal, podemos comentar que las variaciones son leves, sólo en el estado I hubo presencia de equinodermos y en los estados II y III de decápodos (caridea) y además en el estado III aumenta la presencia de restos en los estómagos.

En resumen, vemos que el consumo de poliquetos predomina y las diferencias por las variaciones estacionales, de tallas, sexos y madurez, son imperceptibles. Podemos observar que el consumo de poliquetos parece mayor en la época de otoño-invierno, pero esto también puede ser debido a que en esta época hay posiblemente un descenso de las tasas metabólicas del pez que hace que la digestión de las presas sea más lenta y por esta razón fue posible encontrar un mayor número de estómagos con contenidos de presas.

Las mayores diferencias radican en el consumo de las presas consideradas raras como es el caso de decápodos caridea, de tal manera que con respecto a las estaciones del año en el que fue realizado el muestreo podemos observar que únicamente en primavera y verano hay presencia de estos en el contenido estomacal. Según las tallas, los decápodos caridea son consumidos por los peces de tallas 2 y 3 y al parecer en la medida que el pez es de mayor tamaño el consumo de éstas aumenta levemente. En cuanto a los sexos, solamente las hembras presentaron consumo de caridea. Y con referencia a los estados de madurez gonadal sólo los estados II y III las consumen, estando en mayor cantidad en el estado III. En el caso de equinodermos, estos sólo se presentaron en primavera y comparando las figuras de talla, sexo y madurez, todo parece indicar que sólo fueron consumidos por machos en estado juvenil.

De acuerdo con Gibson (2005) los pleuronéctidos consumen dos tipos generales de presas: hay especies consumidoras de poliquetos y pequeños crustáceos bentónicos como es el caso de *Solea solea* y hay especies consumidoras de peces y calamares. Ambos grupos también pueden incluir en sus dietas presas menos dominantes como son copépodos harpacticoides, bivalvos, equinodermos, oligoquetos, larvas de insectos, decápodos, misidáceos, eufasiáceos etc. Según nuestros datos, *S. lusitanica* estaría dentro del primer grupo.

Los resultados obtenidos para *S. lusitanica* en nuestro trabajo también confirman la teoría de Gibson (2005), en la cual asegura que la mayoría de especies de pleuronectiformes exhiben cambios estacionales en la dieta entre especies de presas específicas, pero no sufren cambios drásticos entre un grupo amplio de presas. Y además, en el caso de especies que se alimentan de poliquetos y crustáceos, los cambios ontogénicos son mínimos.

Mediante el índice de importancia geométrica (GII) sugerido por Assis (1996), hemos jerarquizado y clasificado las presas que hacen parte de la dieta de *S. lusitanica* tal y como se aprecia en la Figura 4.31.

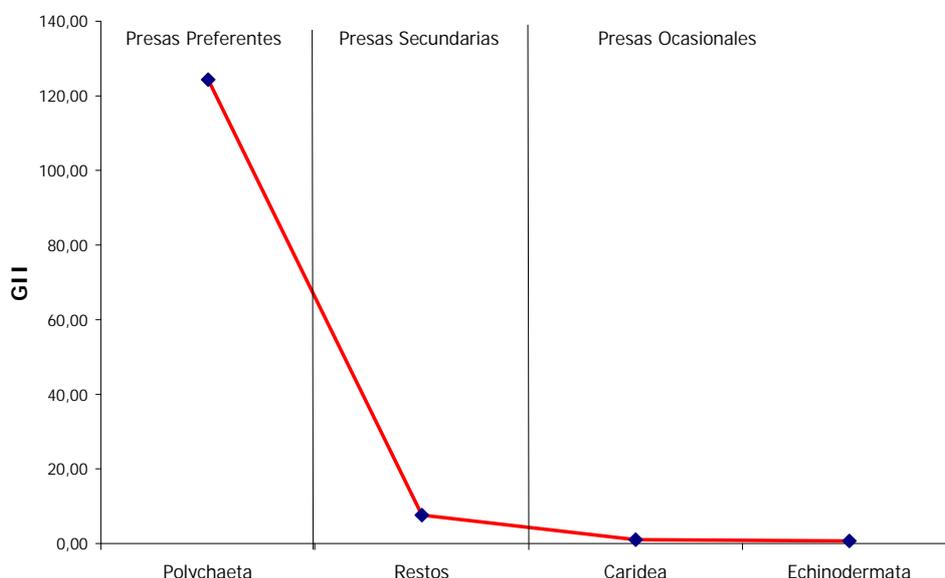


Figura 4.31. Jerarquización y clasificación de las presas en la dieta de *S. lusitanica* de acuerdo con el índice de importancia geométrica

En el caso de *S. lusitanica*, las presas preferentes en la dieta se limitan a los poliquetos, quedando como ocasionales los crustáceos y los equinodermos.

El único estudio previo acerca de la dieta de *S. lusitanica* ha sido realizado por Cabral *et al.* (2003), en costas de Portugal. En cuanto a la alimentación los autores comentan que *S. lusitanica* tiene una dieta basada en pocos tipos de presas, compuesta principalmente de poliquetos, bivalvos y cefalocordados. De acuerdo con la frecuencia de ocurrencia y el índice gravimétrico los poliquetos fueron las presas más importantes con valores del 54% y 75% respectivamente, mientras que mediante el índice numérico los bivalvos presentaron el valor máximo con un 42,1%, así mismo los cefalópodos también tuvieron un índice alto de 14,3%. Encontraron

diferencias significativas entre la proporción de presas según la estación, con un menor consumo de poliquetos en primavera y verano, mientras que los bivalvos se incrementaron en el período de otoño-invierno y también por tallas, de tal manera que los peces más grandes consumieron mayor cantidad de bivalvos y cefalocordados.

Estos autores sugieren que la alimentación de esta especie presenta una amplitud dietaria bastante estrecha, consumiendo casi exclusivamente poliquetos y bivalvos, a diferencia de otras especies del género *Solea* que además de alimentarse de estos grupos de presas cuentan con mayor variación en su dieta al alimentarse de otros grupos de presas. Las diferencias encontradas en la dieta de acuerdo con la estación y la talla reflejaron diferencias en la disponibilidad de las presas según la época del año y al aumento en el consumo de presas de gran tamaño debidas al incremento en la talla de los peces. También destacan que *S. lusitanica* no incluyó en su dieta crustáceos, los cuales son elemento importante en la dieta de otras especies de *Solea*. Estos resultados difieren de los nuestros ya que en las muestras de *S. lusitanica* examinadas por nosotros, no detectamos consumo de bivalvos ni cefalocodados y por el contrario, los crustáceos caridea se presentaron como una presa ocasional.

Así mismo, Cabral *et al.* (2003), aseguran que la dieta de *S. lusitanica* es similar al patrón del comportamiento alimenticio de las familia de Pleuronectiformes: *Bothidae* y *Scophthalmidae*, consistente en depredadores diurnos que detectan el alimento de forma visual, responden principalmente al movimiento de la presa y así se alimentan fundamentalmente de presas activas más que sedentarias, mientras que los representantes de la familia Soleidae son básicamente depredadores nocturnos que consumen preferentemente presas sedentarias o de escasa movilidad.

En nuestro caso, también diferimos de los resultados encontrados por Cabral *et al.* (2003) ya que el mayor porcentaje de poliquetos que encontramos en los estómagos de *S. lusitanica* pertenecían al género *Onuphis*, los cuales son poliquetos tubícolas que se alimentan de detritos y en menor proporción hallamos poliquetos errantes, aun cuando debemos anotar que es posible que en los estómagos los poliquetos tubícolas sean más lentos de digerir.

Dado que los estudios acerca de la dieta de esta especie son prácticamente inexistentes, hemos comparado con estudios que evalúan la dieta de algunos representantes del género *Solea*, ya que los autores indican como grupos predominantes en la dieta de este género a los anélidos, crustáceos y moluscos (Ramos-Jara, 1981; Lagardère, 1987; Molinero y Flos, 1991; Cabral, 1998, Cabral, 2000); sin embargo la importancia relativa atribuida a cada uno de estos ítems alimentarios varía bastante, lo cual puede deberse a la gran variabilidad de los datos dada la heterogeneidad de hábitats y en muchos casos que los trabajos no se realizan sobre peces de los mismos rangos de edad.

De esta manera Ramos-Jara (1981), en las costas de Castellón, encontró que la dieta de *Solea solea* estaba constituida principalmente por anélidos (F%= 67,3) y crustáceos (F%=42,3).

A su vez Molinero y Flos (1991), en el Mediterráneo occidental, registraron una gran variedad de presas en la dieta de *Solea solea*, siendo los crustáceos el grupo más relevante, seguido de poliquetos y moluscos.

Cabral (1998), encontró que la dieta de *S. solea* en el estuario del Tajo se basaba principalmente en anélidos, crustáceos y moluscos.

Sá *et al.* (2003), examinaron los hábitos alimenticios e *S. vulgaris* y *S. senegalensis* en el bajo estuario del río Guadiana. La actividad depredadora de *S. vulgaris* fue escasa y la variedad de presas fue limitada (únicamente poliquetos y tanaidáceos), con una ligera variación estacional en la dieta. *S. senegalensis* también se alimentó de una variedad reducida de presas, aunque con un taxón más (anfípodos), y tenía una actividad depredadora mayor, que varió estacionalmente, sugiriendo una especialización en su dieta.

Vemos como, de manera general, las especies del género *Solea* tienen dietas similares, con variaciones que le restan presión a la competencia entre especies y además, con respecto a *S. lusitanica*, exhiben una mayor amplitud dietaria.

4.4.2.3. *Scorpaena scrofa*

Se alimentó de 8 grupos taxonómicos diferentes pertenecientes a peces, crustáceos y moluscos. Al igual que en las especies anteriores, no se encontró una relación significativa entre los grupos taxonómicos consumidos y la época del muestreo, las tallas, los sexos o los estados de madurez gonadal (Figura 4.32).

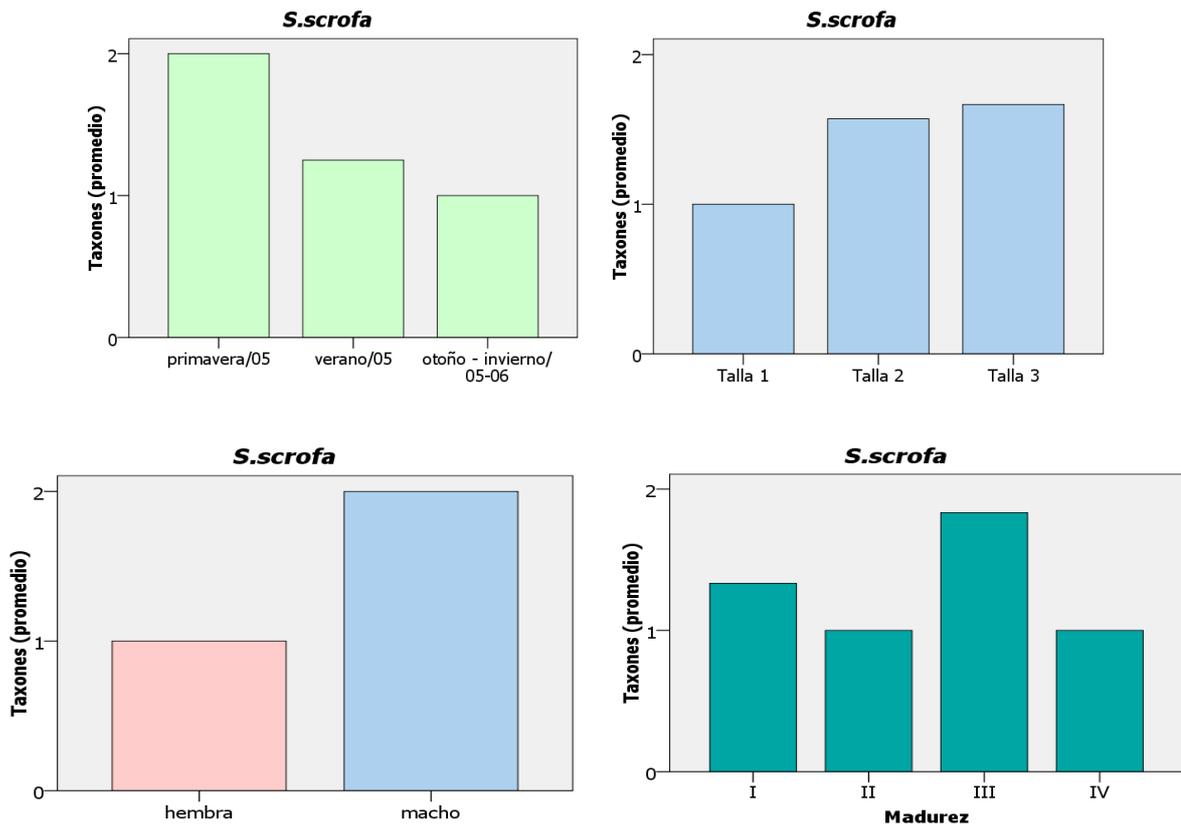


Figura 4.32. Variación del número promedio de grupos taxonómicos consumidos por *S. scrofa* debidas a la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal

El número de grupos taxonómicos consumidos según la época de muestreo disminuyó de la primavera al otoño-invierno, así mismo la talla 1 consumió menos grupos que las tallas 2 y 3. Al parecer los machos consumieron más grupos que las hembras y los juveniles, sin embargo, esto puede ser debido al escaso muestreo de hembras y juveniles. Con respecto al estado de madurez gonadal, en el estado III se presentó el mayor consumo, seguido del estado I y un poco menos los estados II y IV. En la Tabla 4.6 se detalla a nivel taxonómico la composición trófica de la dieta de *S. scrofa* y el resultado de los índices calculados con el fin de valorar la importancia de las presas dentro de la dieta.

Tabla 4.6. Composición trófica de la dieta de *S. scrofa*, número de presas por taxón (Ni), número de estómagos con contenido de la presa *i* (Ei), índice numérico (N%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (G%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)

	Ni	Ei	N%	F%	G%	RI%	IRI %	IP%
FILO ARTHROPODA								
SUBFILO CRUSTACEA	2	2	6,67	2,02	0,05	3,88	13,577	<0,001
Clase Malacostraca								
Subclase Hoplocarida								
Orden Stomatopoda								
Familia Squillidae								
<i>Squilla</i>	1	1	3,33	1,01	0,05	1,95	3,420	<0,001
Subclase Eumalacostraca								
Superorden Peracarida								
Orden Isopoda								
Suborden Sphaeromatidea								
Familia Sphaeromatidae								
<i>Sphaeroma</i>	2	1	6,67	1,01	0,08	3,44	6,811	<0,001
Superorden Eucarida								
Orden Decapoda								
Suborden Pleocyemata								
Infraorden Brachyura	1	1	3,33	1,01	0,12	1,98	3,484	<0,001
Infraorden Caridea	7	2	23,33	2,02	0,25	11,37	47,649	<0,001
Familia Upogebiidae								
<i>Upogebia</i>								
<i>Upogebia deltaura</i>	1	1	3,33	1,01	0,10	1,97	3,465	<0,001
FILO CHORDATA								
SUBFILO VERTEBRATA								
Clase Osteichthyes	10	13	33,33	13,13	98,94	64,55	1736,928	0,998
Subclase Actinopterygii								
Infraclase Teleostei								
Superorden Acanthopterygii								
Orden Perciformes								
Familia Pomacentridae								
<i>Chromis</i>								
<i>Chromis chromis</i>	1							
Familia Sparidae	1							
Orden Pleuronectiformes								
Familia Soleidae	1							
Orden Scorpaeniformes								
Familia Scorpaenidae								
<i>Scorpaena</i>	2							
Superorden Elopomorpha								
Orden Anguilliformes	2							
FILO MOLLUSCA	6	4	20,00	4,04	0,41	10,86	82,468	0,001
Clase Bivalvia	1							
Clase Cephalopoda	3							
Clase Gastropoda	2							
Restos								
No. Presas = 30								
W presas = 173,0 g								
No.Estomagos = 99								

De acuerdo con la clasificación de las presas propuesta por Aguirre (2000), todas las presas se clasificaron como raras pues ninguna cumple con la condición de tener el índice numérico mayor de 1% y una frecuencia mayor al 50%. El valor más alto lo encontramos en peces pero aún así la ocurrencia es muy baja (13,1%).

En esta especie hay que destacar la ocurrencia de canibalismo, se encontraron 2 escorpas pequeñas en los estómagos de dos individuos adultos de talla 3. Según Wootton (1999) el canibalismo puede actuar como un proceso dependiente de la regulación de densidad en una población y por lo tanto no debe ser visto como un comportamiento patológico. Los individuos que se alimentan de sus congéneres reciben alimento de alta calidad, lo cual les permite crecer rápidamente.

En la Figura 4.33 podemos observar una comparación de los índices de alimentación calculados para esta especie.

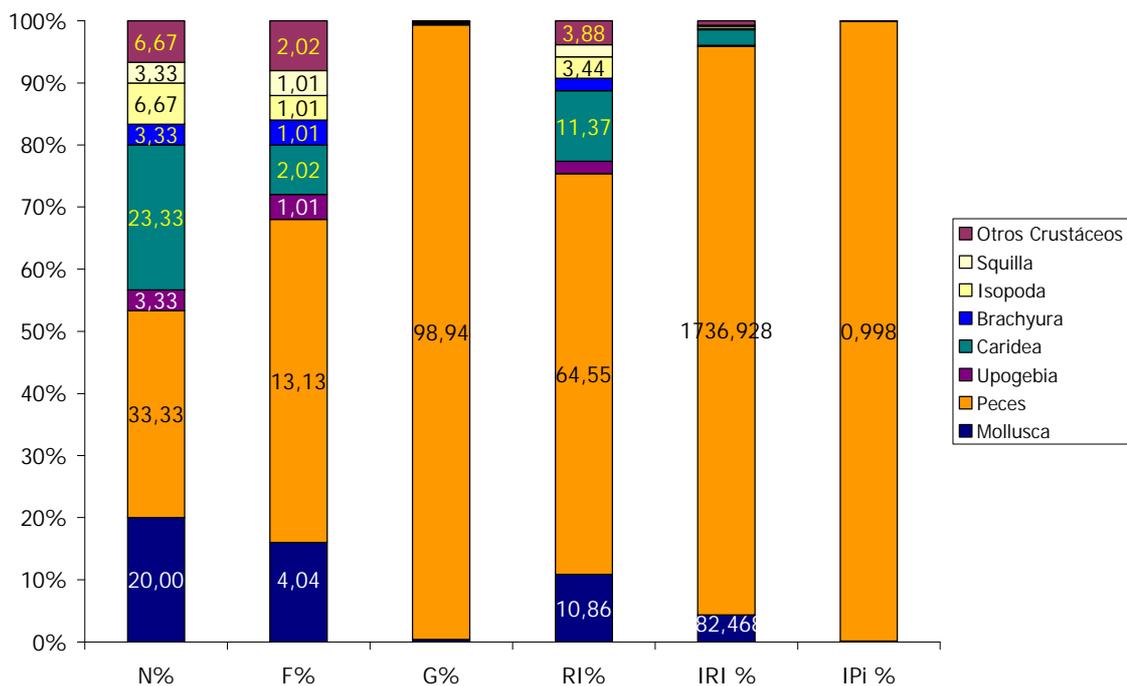


Figura 4.33. Tipos de presas consumidas por *S. scrofa* de acuerdo con el índice numérico (N%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (G%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)

En esta especie se pueden observar claramente las diferencias entre índices, en especial cuando hay una gran diferencia de peso y tamaño entre presas. De tal

manera que si observamos el índice numérico, las presas pequeñas y numerosas tienen una gran influencia y por lo tanto los porcentajes quedan de la siguiente manera: crustáceos (46,7%); peces (33,3%) y moluscos (20%); dentro de los crustáceos destacan principalmente caridea (23,3%); isopoda (6,7%); brachyura (3,3%); *Upogebia sp.* (3,33%); *Squilla sp.* (3,33%) y otros crustáceos (6,7%).

A su vez, mediante el índice de ocurrencia los peces fueron la presa más frecuente en *S. scrofa* con un porcentaje de ocurrencia del 52%, seguida por los crustáceos (32%) y los moluscos (16%). Dentro de los crustáceos se encontraron con mayor frecuencia decápodos caridea (8%) y crustáceos, que no fue posible identificar. En esta especie hay que destacar la ausencia de restos de organismos o sedimento en los estómagos.

De igual manera, al realizar la valoración mediante el índice gravimétrico, vemos como cambia la importancia de las presas hasta el punto que las presas predominantes son los peces (98,9%), dado que son presas de gran tamaño con respecto a otras como crustáceos (0,65%) o moluscos (0,45%). Esto mismo ocurre con el índice combinado de preponderancia, que basa su cálculo en el índice gravimétrico.

En el índice de importancia relativa modificado por Hacunda (1981), sigue dándosele una valoración muy alta a los peces, aún cuando tiene en cuenta las otras presas.

De nuevo aquí observamos un mayor equilibrio en las valoraciones obtenidas mediante el índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (1979), ya que tiene en cuenta todas las presas consumidas y además la valoración se hace bajo una escala de 100% que facilita su análisis.

No se encontró ninguna dependencia significativa de este índice respecto de las épocas de muestreo, tallas, sexos o estados de madurez gonadal. A continuación presentamos de forma gráfica el comportamiento del índice de importancia relativa (RI%), para cada una de las variables anteriormente mencionadas.

Observando los cambios debidos a la época de muestreo (Figura 4.34), vemos como en primavera hubo una mayor variedad de presas, predominando peces y decápodos caridea.

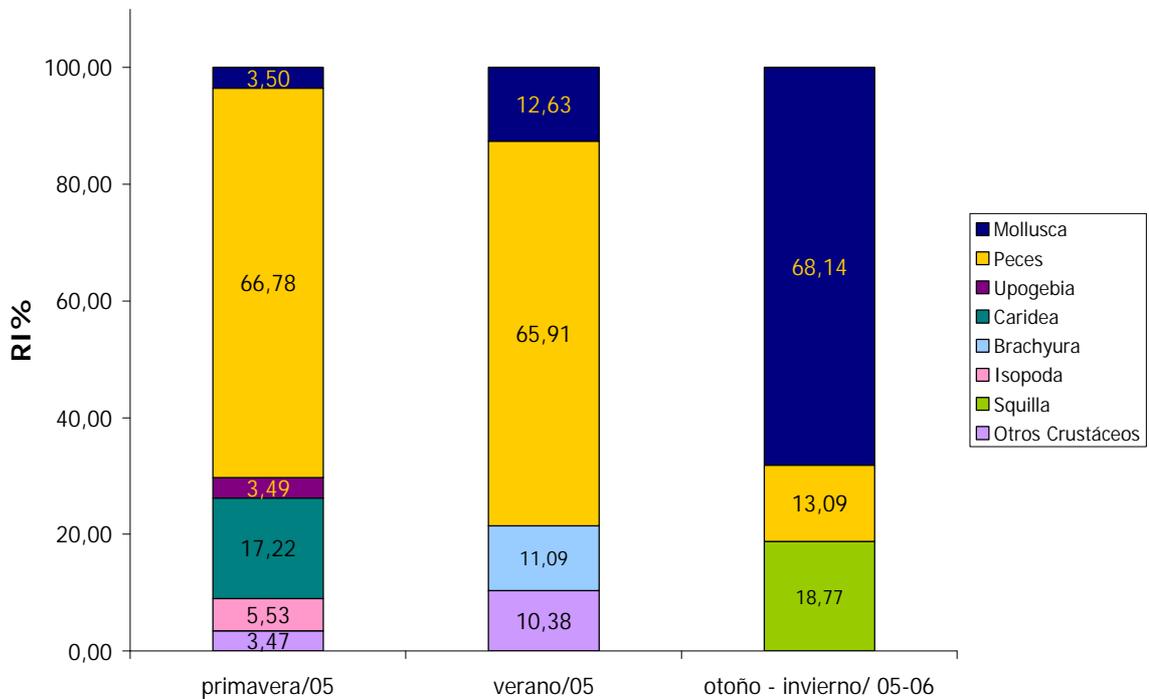


Figura 4.34. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *S. scrofa* de acuerdo con la época de muestreo

En el verano, se consumieron menos grupos y siguieron predominando los peces, pero ya no hubo presencia de decápodos caridea, los cuales parecieron ser reemplazados por los brachyura; con relación a la primavera también aumentó la cantidad consumida de otros tipos de crustáceos y de moluscos.

Finalmente, en la época de otoño-invierno, el tipo de presas se redujo a 3 predominando los moluscos y destacamos la presencia de una presa ausente en las otras épocas como es la *Squilla sp.*; en esta época el consumo de peces se redujo de manera notable.

En cuanto a las tallas, en la Figura 4.35 podemos observar que la talla 2 consumió todos los tipos de presas que componen la alimentación de *S. scrofa* predominando los peces seguidos por los moluscos; en la talla 1 sólo se encontraron peces y en la talla 3 se hallaron peces, caridea y en menor cantidad, moluscos.

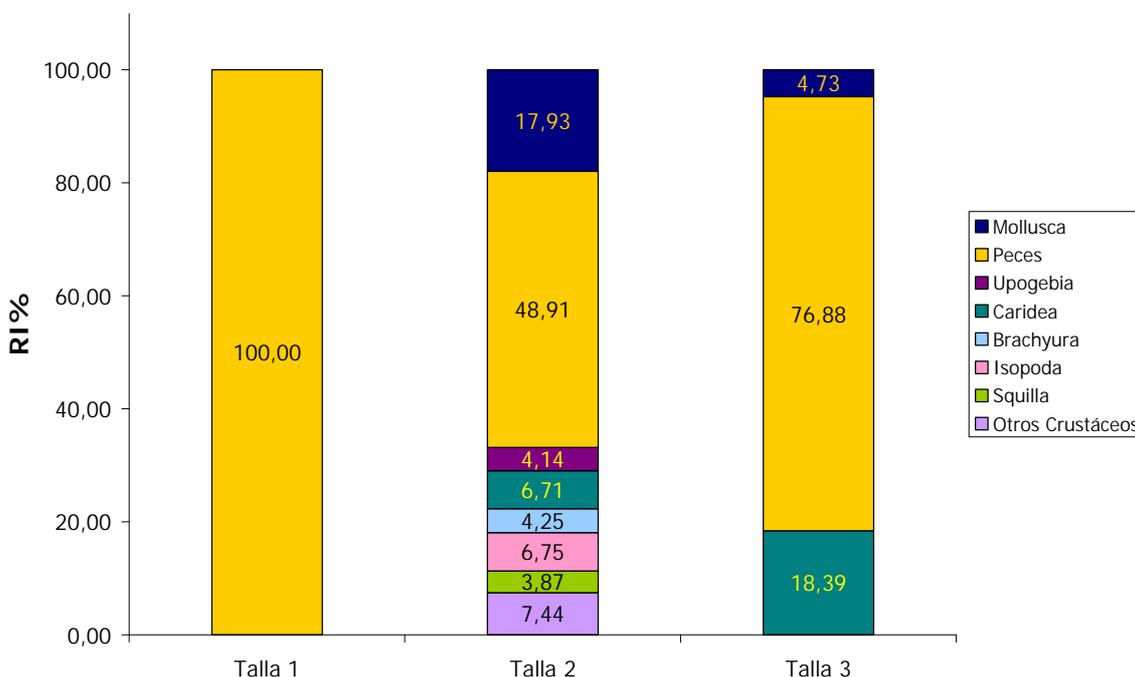


Figura 4.35. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *S. srofa* de acuerdo con la talla

Las hembras se alimentaron únicamente de peces, los machos presentaron una alimentación más amplia con predominio de caridea y peces como se observa en la Figura 4.36.

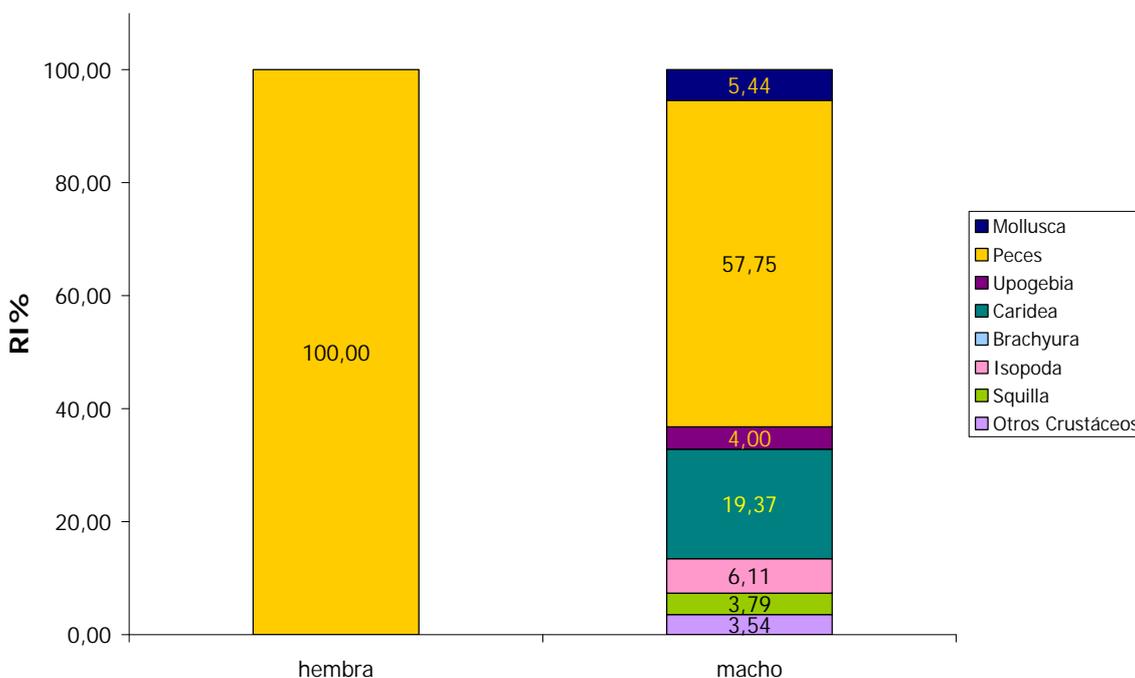


Figura 4.36. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *S. srofa* de acuerdo con el sexo

Los resultados obtenidos sobre la variación de la dieta en *S. scrofa* debida al sexo, están condicionados al tipo de muestra obtenido, ya que se contaba con muy pocas hembras, lo cual puede afectar este patrón de comportamiento del RI%.

Finalmente, las diferencias debidas a la madurez gonadal, al igual que con los sexos presenta un patrón en el cual pareciera tener grandes variaciones, pero puede ser debido al escaso número de individuos que se encontraron en algunos estados de madurez. Hecha esta salvedad podemos observar que los peces fueron más frecuentes en el estado indeterminado, III y I. El estado III presentó varios tipos de presas, con predominio de peces y caridea, seguido por el estado I, con cuatro grupos taxonómicos (peces, brachyura, otros crustáceos y moluscos). Finalmente el estado II sólo tenía otros crustáceos en sus contenidos estomacales y en el estado IV sólo se encontraron moluscos (Figura 4.37).

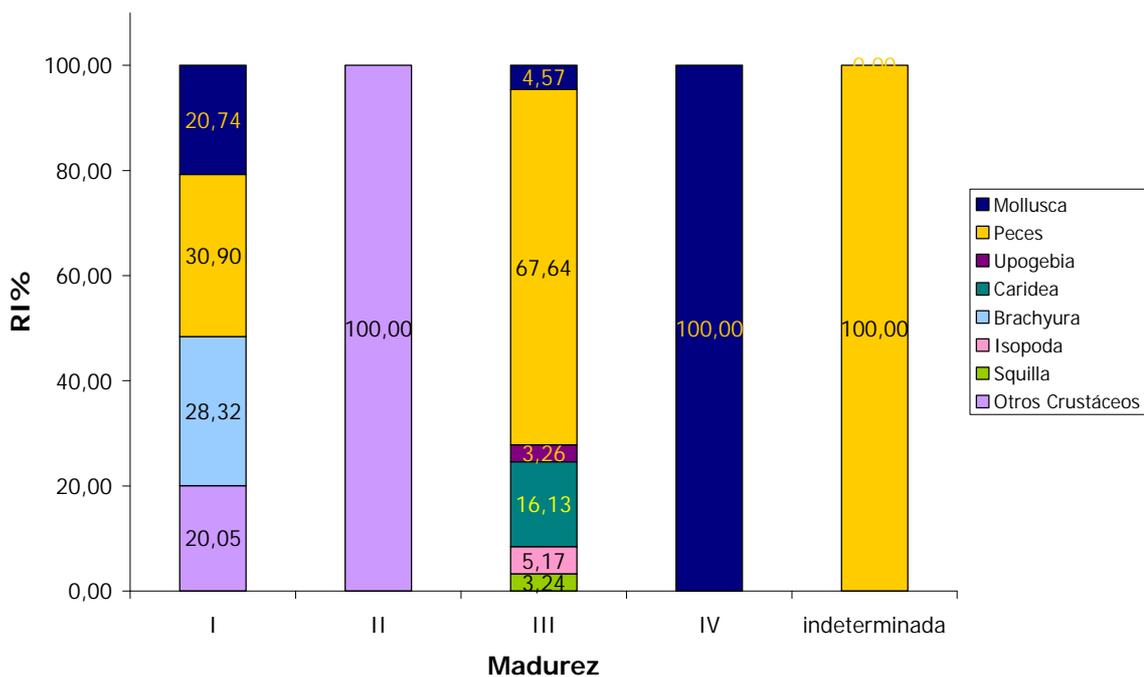


Figura 4.37. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *S. scrofa* de acuerdo con el estado de madurez gonadal

En resumen, vemos que en esta especie las presas dominantes fueron los peces y en menor proporción algunos crustáceos y moluscos, los cuales fueron consumidos preferentemente por machos de tallas 2 y 3. Podemos observar que las variaciones en la dieta estuvieron condicionadas principalmente por el sexo y la talla y en menor medida la estacionalidad.

Mediante el índice de importancia geométrica (GII) sugerido por Assis (1996), se jerarquizaron y clasificaron las presas que hacen parte de la dieta de *S. scrofa* tal y como se aprecia en la Figura 4.38.

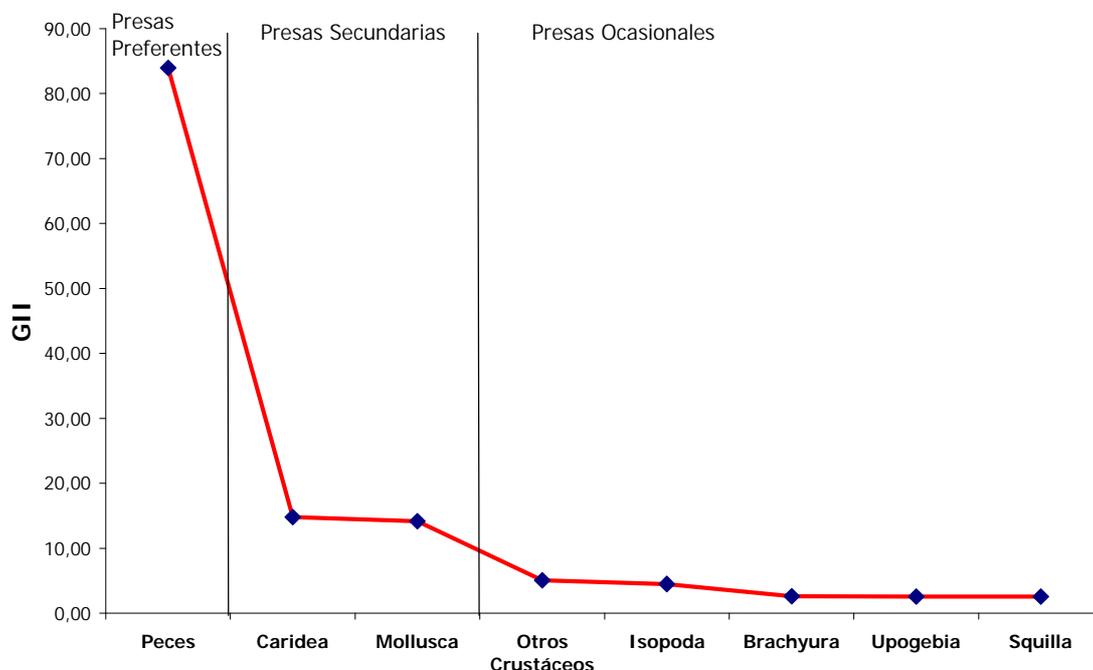


Figura 4.38. Jerarquización y clasificación de las presas en la dieta de *S. scrofa* de acuerdo con el índice de importancia geométrica

En la dieta de *S. scrofa* las presas preferentes fueron los peces, dentro de las presas secundarias se encontraron crustáceos caridea y moluscos; el resto de crustáceos como isópodos, cangrejos, *Upogebia* y estomatópodos como *Squilla* se hallaron en el grupo de presas ocasionales.

Harmelin-Vivien *et al.* (1989) analizaron la dieta de *S. scrofa*, *S. porcus* y *S. notata* en las costas francesas del Mediterráneo. Según estos autores las escorpas son depredadores que esperan quietos a su presa y la atacan por sorpresa, ellos parece que atacan la presa solo cuando ésta se encuentra en movimiento. Acerca de la dieta concluyeron que las tres especies consumían el mismo tipo de crustáceos y peces pero en proporciones diferentes, así *S. scrofa* prefería peces (71% del peso), *S. notata* se alimentó principalmente de decápodos caridea y *S. porcus* de decápodos brachyura. Estos resultados fueron más bajos que los nuestros (98,9% del peso). La dieta de estas especies varió debido principalmente a la talla, en general los juveniles de menos de 50mm se alimentaban principalmente de anfípodos, luego ampliaban su

dieta a isópodos, decápodos caridea y brachyura. Los peces aparecían en la dieta de individuos que habían alcanzado una talla entre 90 y 100 mm. En especímenes de más de 140 mm la dieta estaba compuesta casi estrictamente por cangrejos, peces y camarones. No encontraron variaciones importantes debidas al sexo ni al período de madurez gonadal. Aseguran que son peces que se alimentan principalmente en la noche. En cuanto a las variaciones estacionales, a pesar de alimentarse de presas similares, *S. porcus* y *S. notata* parecen alternar sus preferencias dietarias en el tiempo, ligadas a la variación en la abundancia de las presas y la evolución del tamaño estructural de la población.

Nuestro trabajo coincide con el de Harmelin-Vivien *et al.* (1989) en que las presas ingeridas por las escorpas fueron relativamente grandes y no numerosas y exhibieron una heterogeneidad cualitativa muy fuerte de un individuo a otro, sugiriendo que es necesario un gran número de individuos para estudiar acertadamente la alimentación de estas especies.

La composición trófica de la dieta de *S. scrofa* encontrada por Bradai y Bouain (1990) en el golfo de Gabes (Túnez) estuvo representada por 195 presas, dentro de las que sobresalieron decápodos caridea y peces; además resalta el hecho de que las demás presas tales como decápodos brachyura, moluscos y anélidos sean ocasionales o accesorias. El régimen alimentario no varió cualitativamente demasiado en función de la época del año, esta variación fue más bien de forma cuantitativa, es decir la cantidad de alimento consumido. Las diferencias en la dieta en función de la talla fueron más evidentes, en *S. scrofa* la alimentación de los juveniles esencialmente se compuso de crustáceos y se hace más variada en peces en las tallas más grandes. Estos datos, en cuanto a la preferencia de presas, fueron similares a los nuestros, pero difieren en la diversidad de las presas, que en nuestro caso fue menor.

En el estudio realizado por Morte (2002) sobre la dieta de *S. porcus* y de *S. notata*, mediante el IRI%, encontró que los crustáceos decápodos fueron las presas preferentes en la dieta de estas dos especies, seguidas por anfípodos. Los peces no parecen tener una importancia relevante como presas en la dieta de estas dos

especies. Vemos que en los datos de ese estudio difieren de los nuestros, con lo cual podemos pensar en un comportamiento diferente entre especies.

La Mesa *et al.* (2007) estudiaron los hábitos alimenticios de *S. maderensis* encontrando 50 taxones diferentes de presas, pertenecientes a 5 grupos principales (algas, gasterópodos, crustáceos, poliquetos y peces). Los anfípodos fueron el alimento más importante en términos de número e importancia relativa, seguidos por los decápodos, los cuales dominaron de forma importante debido al peso. El factor que más influyó en las variaciones de la dieta fue la talla del depredador, además en esta especie el sexo sólo influyó como consecuencia de un dimorfismo sexual debido a la talla, ya que los machos son más grandes que las hembras. Los peces pequeños prefirieron anfípodos e isópodos mientras que las tallas grandes se inclinaron por decápodos y los machos por ser de mayor tamaño consumieron más anfípodos y decápodos y las hembras isópodos. Los autores encontraron que la dieta de *S. maderensis* es similar a las de *S. porcus* y *S. notata* debido probablemente al tamaño del cuerpo y a los requerimientos de hábitat. Nuestros datos fueron diferentes a los encontrados por estos autores.

Vemos que nuestros resultados son similares a los encontrados por otros autores para *S. scrofa*, en cuanto a tipos de presas consumidas y a que no existían grandes variaciones estacionales, sin embargo en nuestro caso, encontramos una menor amplitud dietaria que la registrada en otros trabajos, lo cual puede deberse que para obtener un mejor panorama de la dieta de esta especie sea necesario analizar un mayor número de peces.

4.4.2.4. *Torpedo torpedo*

La alimentación en esta especie consistió en tres grupos taxonómicos (peces, poliquetos y moluscos). En primavera el consumo fue más diverso que en otoño-invierno. La talla 1 consumió más cantidad de grupos que la 2 y la 3. Las hembras comieron de forma más variada que los machos; y el estado de madurez gonadal I tuvo más grupos en sus contenidos estomacales que el III. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el número promedio de taxones para ninguno de estos factores (Figura 4.39).

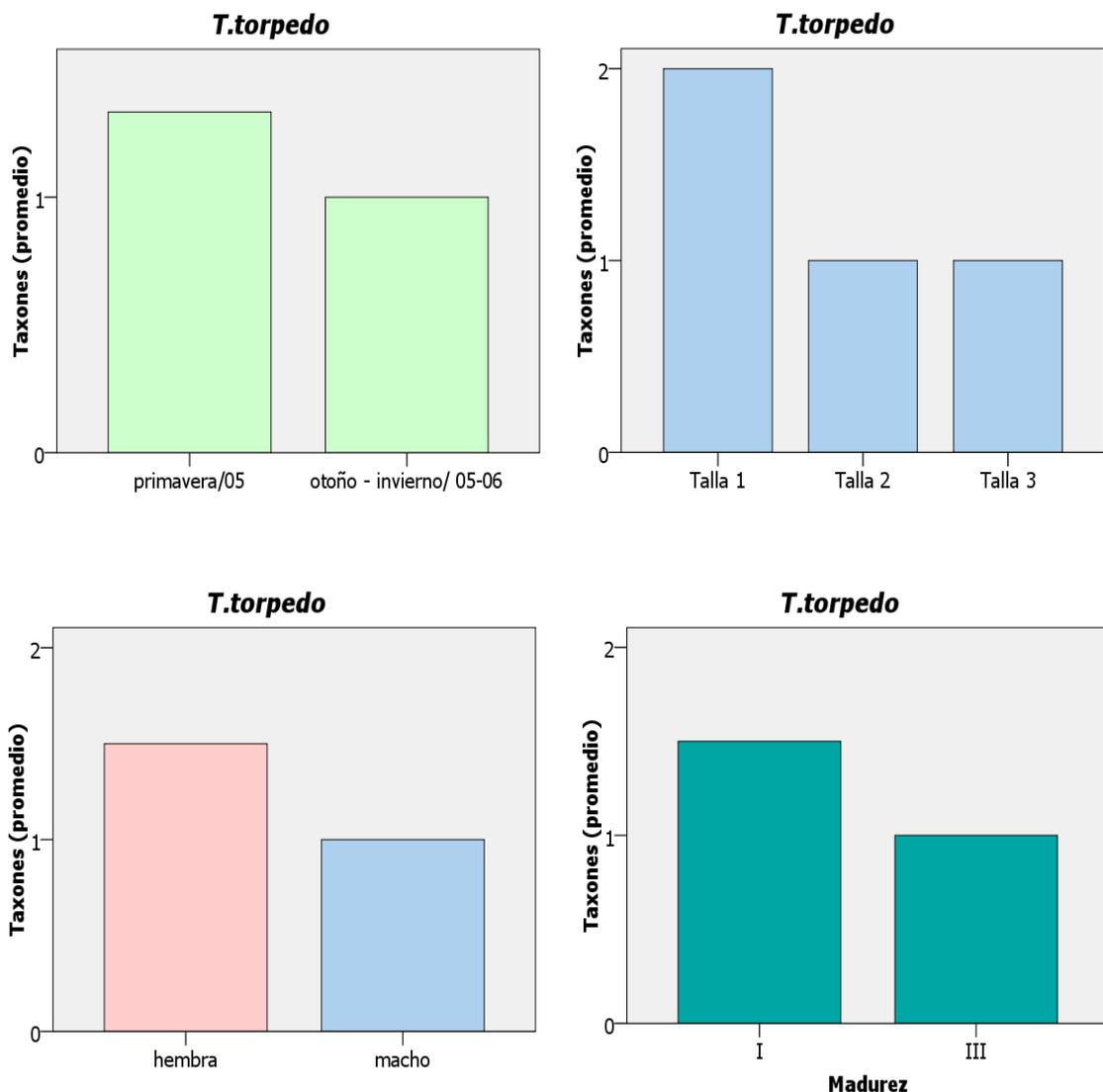


Figura 4.39. Variación del número promedio de grupos taxonómicos consumidos por *T. torpedo* debidas a la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal

En la Tabla 4.7 se detalla a nivel taxonómico la composición trófica de la dieta de *T. torpedo* y el resultado de los índices calculados con el fin de valorar la importancia de las presas dentro de la dieta. De acuerdo con la clasificación de las presas propuesta por Aguirre (2000), todas las presas se clasificaron como raras pues ninguna cumple con la condición de tener el índice numérico mayor de 1% y una frecuencia mayor al 50%. El valor más alto lo encontramos en peces pero aún así la ocurrencia es muy baja (9,8%).

Tabla 4.7. Composición trófica de la dieta de *T. torpedo*, número de presas encontradas por taxón (Ni), número de estómagos con contenido de la presa *i* (Ei), índice numérico (N%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (G%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)

	Ni	Ei	N%	F%	G%	RI%	IRI %	IP%
FILO ANNELIDA								
Clase Polychaeta	2	2	33,33	3,92	3,34	19,81	143,832	0,014
FILO CHORDATA								
SUBFILO VERTEBRATA								
Clase Osteichthyes	3	5	50,00	9,80	92,07	74,12	1392,834	0,948
Subclase Actinopterygii								
Infraclase Teleostei								
Superorden Acanthopterygii								
Orden Perciformes								
Familia Trachinidae								
<i>Trachinus</i>								
<i>Trachinus draco</i>	1							
Orden Pleuronectiformes								
Familia Soleidae	1							
FILO MOLLUSCA								
Clase Bivalvia	1	1	16,67	1,96		8,33	32,68	<0,001
Restos		4		7,84	4,59	6,07	35,978	0,038

No. Presas = 6
 W presas = 26,5 g
 No.Estomagos = 51

En la Figura 4.40 podemos observar una comparación de los índices de alimentación calculados para esta especie.

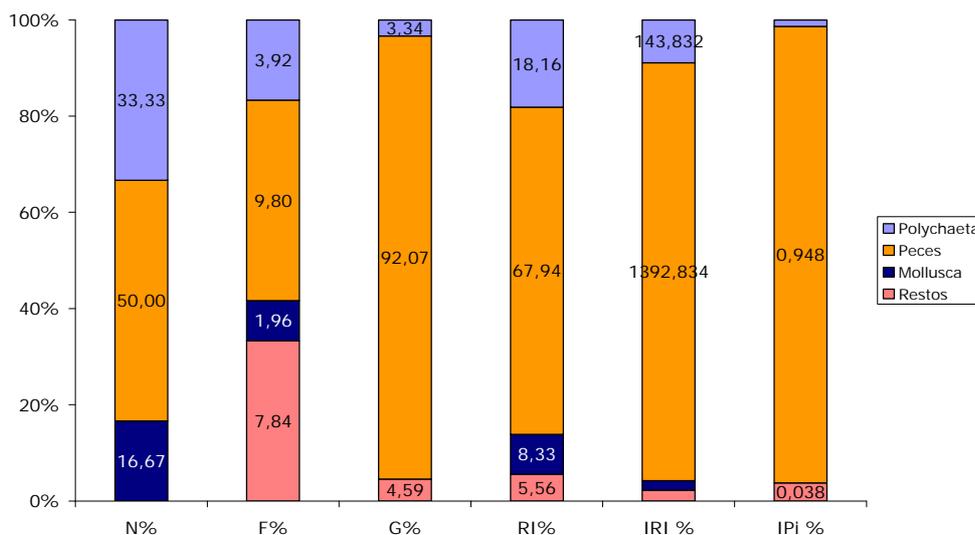


Figura 4.40. Tipos de presas consumidas por *T. torpedo* de acuerdo con el índice numérico (IN%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (IG%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)

Al igual que en la especie anterior, *T. torpedo* consumió de manera preferente peces, pero a su vez la dieta se vio complementada con la presencia de otras especies. Las grandes diferencias en número y peso de estos tipos de presas, determinan la valoración de acuerdo con los distintos índices de alimentación. De esta manera observamos que según el índice numérico, las proporciones de las presas fueron: peces (50%); poliquetos (33%) y moluscos (17%). Según la frecuencia de ocurrencia: peces (42%), poliquetos (17%) y moluscos (8%), además de encontrarse un porcentaje bastante alto de restos en los estómagos (33%) Finalmente según el índice gravimétrico: peces (92,1%), poliquetos (3,3%) y restos (4,6%) y no se tuvieron en cuenta los moluscos debido a su escaso peso.

Los resultados de los índices de preponderancia y de importancia relativa según Hacunda (1981), fueron similares a los del índice gravimétrico. De la misma manera, así como en los casos anteriores, observamos que mediante el índice de importancia relativa de George y Hadley (1979), se encuentran reflejadas todas las presas consumidas por *T. torpedo* (peces, 67,9%; poliquetos, 18,2%; moluscos, 8,3% y restos, 5,6%).

Aún cuando mediante los modelos de regresión, no se encontraron relaciones significativas entre la dieta y las variaciones estacionales, tallas, sexos o estados de madurez gonadal, a continuación, presentamos de forma gráfica el comportamiento del índice de importancia relativa de las presas (RI%), para cada uno de estos aspectos.

En cuanto a la variación estacional hay que mencionar que en verano sólo se capturaron dos individuos, con lo cual no se ha contabilizado esta época en los análisis, por lo que sólo se comparó primavera y otoño-invierno. Tanto en primavera como en otoño-invierno predominaron los peces y aún cuando el consumo fue similar, en primavera fue levemente menor. En el caso de los poliquetos fue a la inversa, en primavera parece que hubo un mayor consumo, y la presencia de restos sin identificar fue baja. Únicamente en primavera se consumieron moluscos. (Figura 4.41).

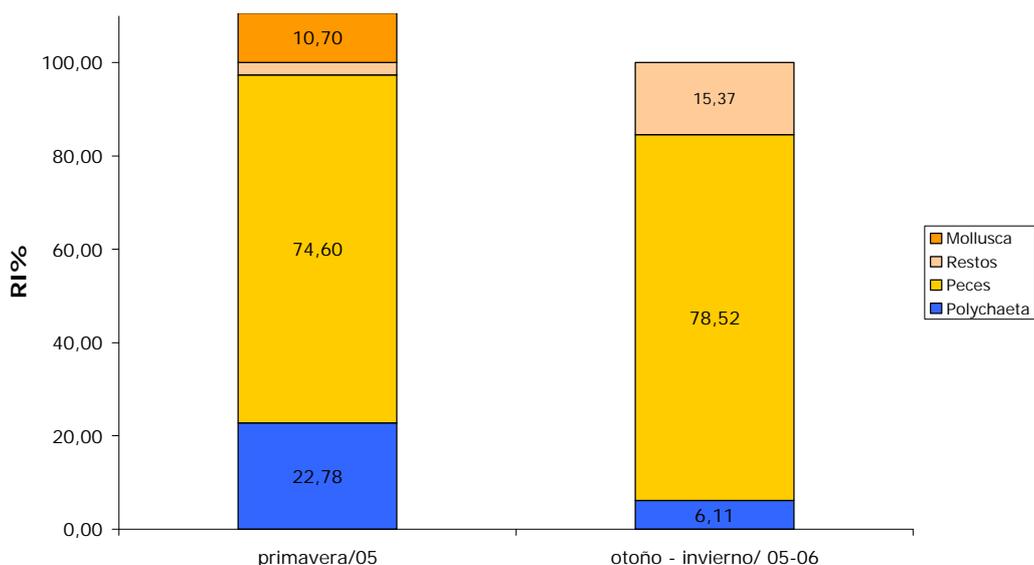


Figura 4.41. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *T. torpeda* de acuerdo con la época de muestreo

En la Figura 4.42 se observan las variaciones debidas a la talla.

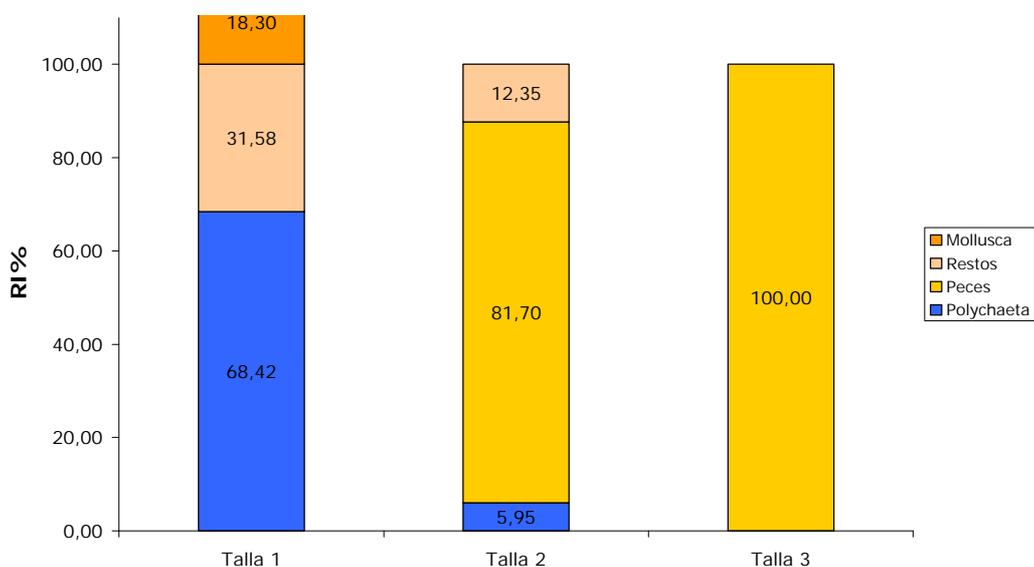


Figura 4.42. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *T. torpeda* de acuerdo con la talla

En la figura anterior observamos que la diferencia más marcada se encontró en la talla 1 en la cual no hubo presencia de peces, los pequeños se alimentaron de poliquetos y moluscos. En la talla 2, predominaron los peces y los restos de presas y se presentaron poliquetos. En la talla 3 sólo se encontraron peces.

En la Figura 4.43 se observan las diferencias entre los sexos.

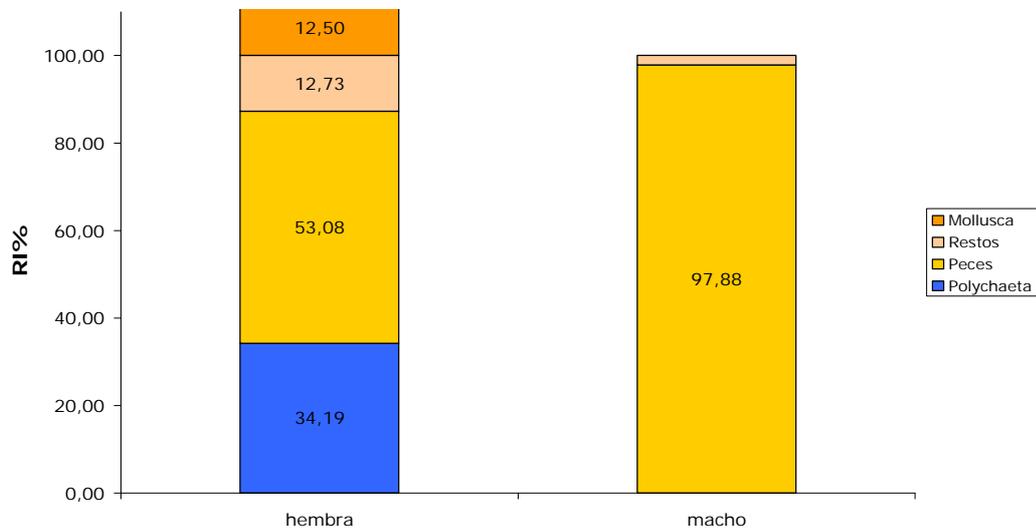


Figura 4.43. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *T. torpeda* de acuerdo con el sexo

En esta figura, se aprecia en las hembras una mayor presencia de presas, destacando peces, poliquetos y moluscos, y una mayor cantidad de restos. Por el contrario los machos solo presentaron peces (en mayor cantidad que las hembras) y restos. Esto puede ser debido al que los machos eran los que tenían los mayores tamaños.

En la Figura 4.44 se observan las variaciones debidas a los estados de madurez.

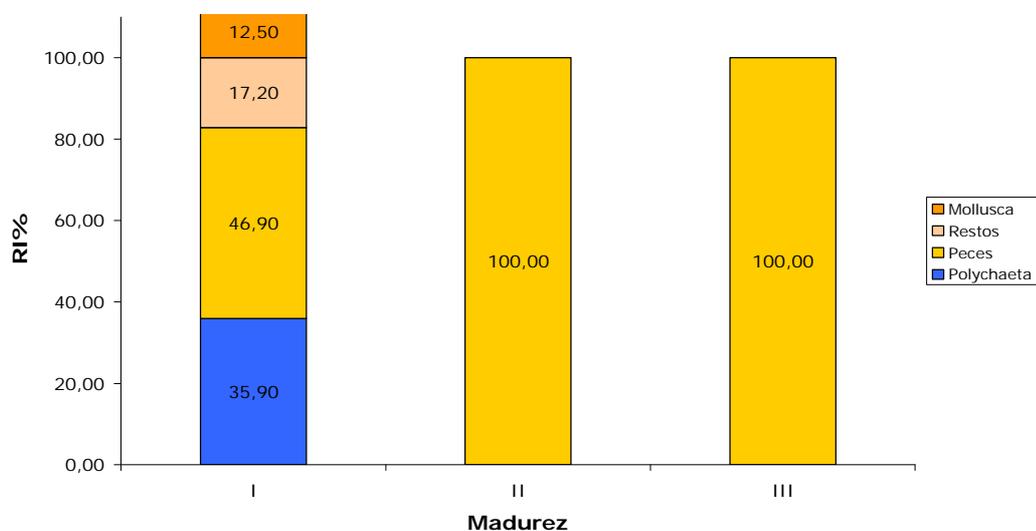


Figura 4.44. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *T. torpeda* de acuerdo con el estado de madurez gonadal

En los estados II y III de madurez gonadal sólo fueron encontrados peces, en cambio en el estado I, los peces, aun cuando fueron la presa más importante, tuvieron el menor índice de importancia relativa con respecto a los otros dos estados le siguieron poliquetos y moluscos.

En resumen, *T. torpedo* se alimenta principalmente de peces y las variaciones en su dieta estuvieron condicionadas por la estacionalidad, siendo la primavera la época con mayor diversidad de presas, así como por el sexo ya que las hembras tuvieron una dieta más diversa que los machos y además, por la talla, dado que los peces pequeños no se alimentaron de peces y su dieta estuvo compuesta por poliquetos y moluscos.

En la Figura 4.45 podemos observar la jerarquización y clasificación las presas que hacen parte de la dieta de *T. torpedo* mediante el índice de importancia geométrica (GII) sugerido por Assis (1996).

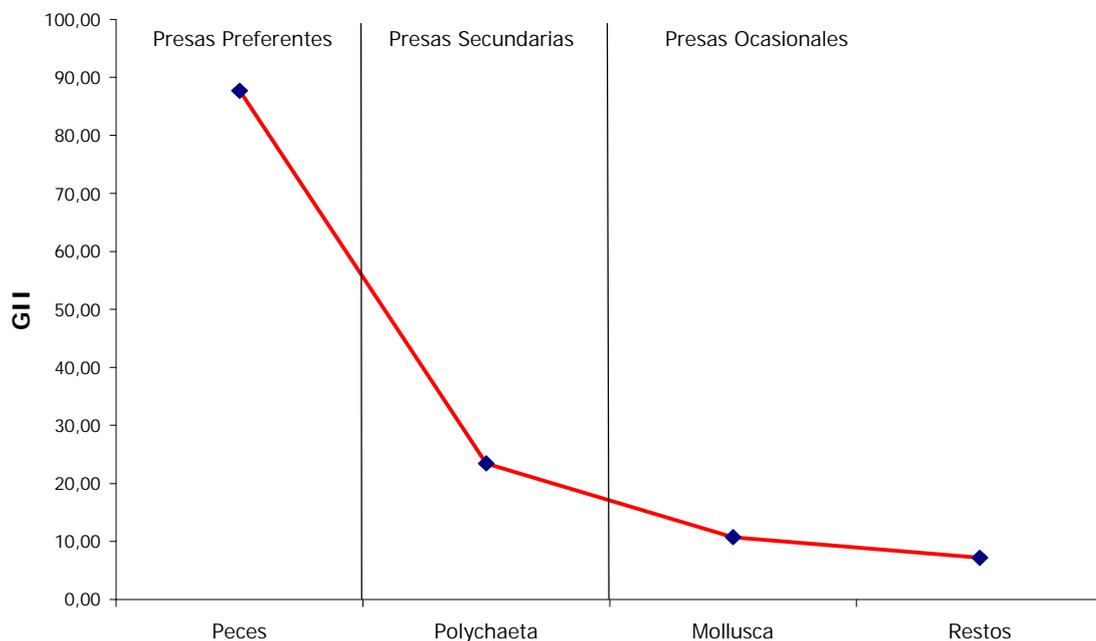


Figura 4.45. Jerarquización y clasificación de las presas en la dieta de *T. torpedo* de acuerdo con el índice de importancia geométrica

De acuerdo con este índice, las presas preferidas en la dieta de *T. torpedo* fueron los peces, los poliquetos se encuentran en el grupo de presas secundarias y los moluscos como presas ocasionales.

No hay muchas referencias acerca de la biología y alimentación de esta especie, lo poco que se conoce es que la dieta de las rayas eléctricas se compone de peces y en menor cantidad invertebrados bentónicos y además algunos autores han mencionado que las rayas jóvenes se alimentan de invertebrados bentónicos, mientras que los adultos son piscívoros.

Podemos contar con las observaciones realizadas por Abdel-Aziz (1994) en aguas costeras de Egipto quien se refiere con algún grado de detalle a la dieta de *T. torpedo* y *T. marmorata*. De acuerdo con este estudio, los peces son el componente más importante en la dieta de ambas especies, seguida en menor grado por los crustáceos. Los juveniles de *T. torpedo* se alimentaron de una amplia variedad de presas, mientras que los adultos comieron solamente peces. Los peces, principalmente teleósteos, fueron las presas más frecuentes estando presentes en casi el 94% de los estómagos de *T. torpedo* y constituyendo cerca del 90% del total de alimento ingerido (en volumen). Encontraron diversidad de peces demersales y semipelágicos (Soleidae, Sparidae, Clupeidae y Mullidae), los elasmobranquios fueron muy raros. Los crustáceos registraron tan sólo un 23% y constituyeron el 7,78% del alimento ingerido, con camarones, cangrejos y galeras como presas principales. Las tallas pequeñas < 20 cm se alimentaron de peces bentónicos junto con invertebrados, mientras que los adultos > 30 cm sólo comieron peces.

Los resultados de ese trabajo coinciden con los encontrados por nosotros en esta tesis, aún cuando en nuestro estudio el segundo grupo preferente en la dieta de *T. torpedo* fueron los poliquetos, y no los crustáceos como plantea Abdel-Aziz (1994).

4.4.2.5. *Uranoscopus scaber*

Esta especie se alimentó de un total de 10 grupos taxonómicos diferentes: peces, crustáceos, nemátodos, moluscos y poliquetos. Al igual que como ocurrió en las especies anteriores no se encontraron diferencias significativas debidas a las épocas de muestreo, tallas, sexo o madurez gonadal. Las variaciones pueden observarse en la Figura 4.46.

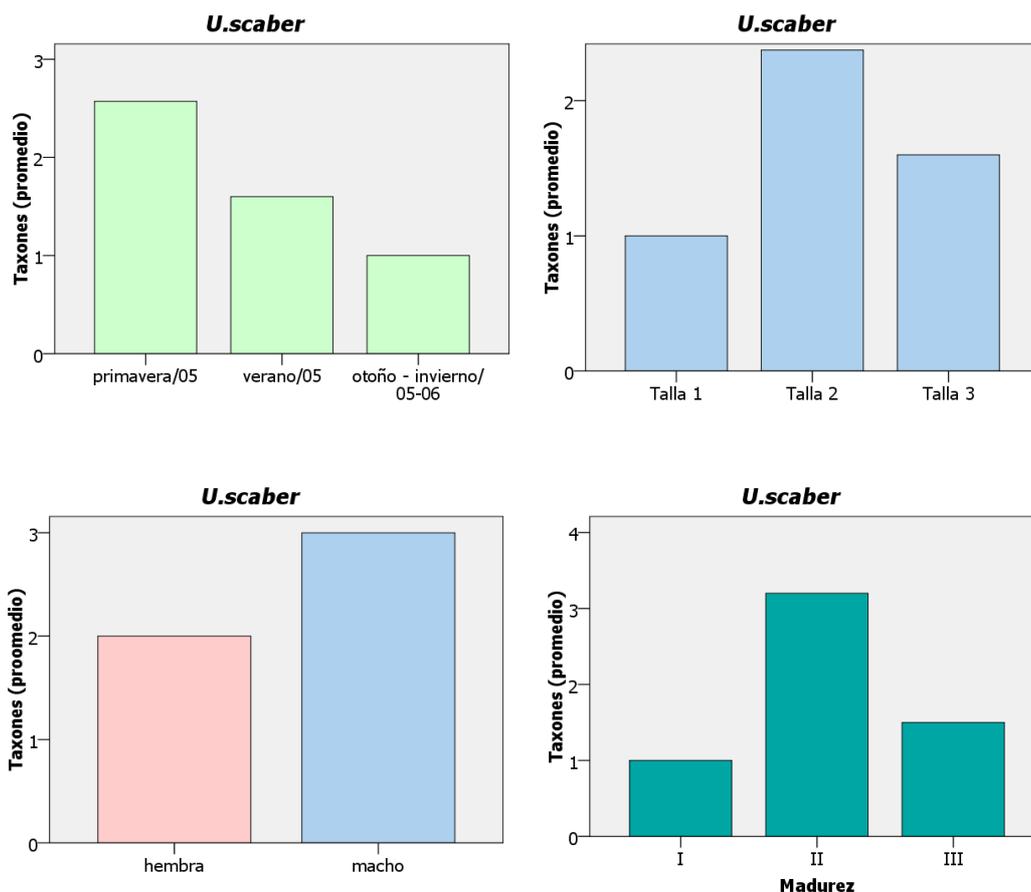


Figura 4.46. Variación del número promedio de grupos taxonómicos consumidos por *U. scaber* debidas a la estacionalidad, talla, sexo y madurez gonadal

En primavera el consumo fue más diverso que en verano y éste a su vez que en otoño-invierno. La talla 2 presentó el consumo más variado, seguida por la talla 3 y finalmente la talla 1. Los machos tuvieron un consumo más diverso que las hembras y los de menor diversidad en el consumo fueron los juveniles y los individuos de sexo indeterminado. En cuanto al estado de madurez gonadal, el consumo más diverso ocurrió en el estado II, seguido del III y finalmente del I.

En la Tabla 4.8 se detalla a nivel taxonómico la composición trófica de la dieta de *U. scaber* y el resultado de los índices calculados con el fin de valorar la importancia de las presas dentro de la dieta.

De acuerdo con la clasificación de las presas propuesta por Aguirre (2000), solamente los peces pueden considerarse como presas comunes, todas las demás presas entrarían en la clasificación de raras al tener una frecuencia de ocurrencia menor al 50%.

Tabla 4.8. Composición trófica de la dieta de *U. scaber*, número de presas por taxón (Ni), número de estómagos con contenido de la presa *i* (Ei), índice numérico (N%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (G%), índice de importancia relativa (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)

	Ni	Ei	N%	F%	G%	RI%	IRI %	IP%
FILO ANNELIDA								
Clase Polychaeta	3	2	3,45	1,67	<0,01	1,71	5,754	<0,0001
FILO ARTHROPODA								
SUBFILO CRUSTACEA		2		1,67	0,04	0,57	0,074	<0,0001
Clase Malacostraca								
Subclase Eumalacostraca								
Superorden Peracarida								
Orden Amphipoda	4	3	4,60	2,50	0,06	2,39	11,647	<0,0001
Orden Mysidacea	4	2	4,60	1,67	0,01	2,09	7,681	<0,0001
Superorden Eucarida								
Orden Decapoda								
Suborden Pleocyemata								
Infraorden Brachyura	1	1	1,15	0,83	2,51	1,50	3,054	<0,0001
Infraorden Caridea	6	3	6,90	2,50	0,20	3,20	17,747	<0,0001
Superfamilia Crangoniodea								
Familia Crangonidae								
<i>Philocheras</i>	1							
FILO CHORDATA								
SUBFILO VERTEBRATA								
Clase Osteichthyes	44	59	50,57	49,17	87,43	62,39	6785,169	0,964
Subclase Actiinopterygii								
Infraclase Teleostei								
Superorden Acanthopterygii								
Orden Perciformes								
Familia Sparidae	4							
Orden Pleuronectiformes								
Familia Soleidae	7							
Orden Scorpaeniformes								
Familia Triglidae								
<i>Trigla</i>								
<i>Trigla lucerna</i>	1							
Superorden Elopomorpha								
Orden Anguilliformes	6							
FILO EQUINODERMATA								
Clase Ophiuroidea		1		0,83	0,01	0,28	0,006	<0,0001
FILO MOLLUSCA	10	12	11,49	10,00	1,65	7,72	131,480	0,004
Clase Bivalvia	1							
Clase Cephalopoda	8							
Orden Teuthida								
Familia Loliginidae								
<i>Loligo</i>								
<i>Loligo vulgaris</i>	1							
Clase Gastropoda	2							
FILO NEMATODA	15	14	17,24	11,67	0,23	9,71	203,796	0,001
Restos		21		17,50	7,85	8,45	137,347	0,031
No. Presas =87								
W presas = 167,0 g								
No.Estomagos = 120								

En la Figura 4.47 podemos observar una comparación de los índices de alimentación calculados para esta especie.

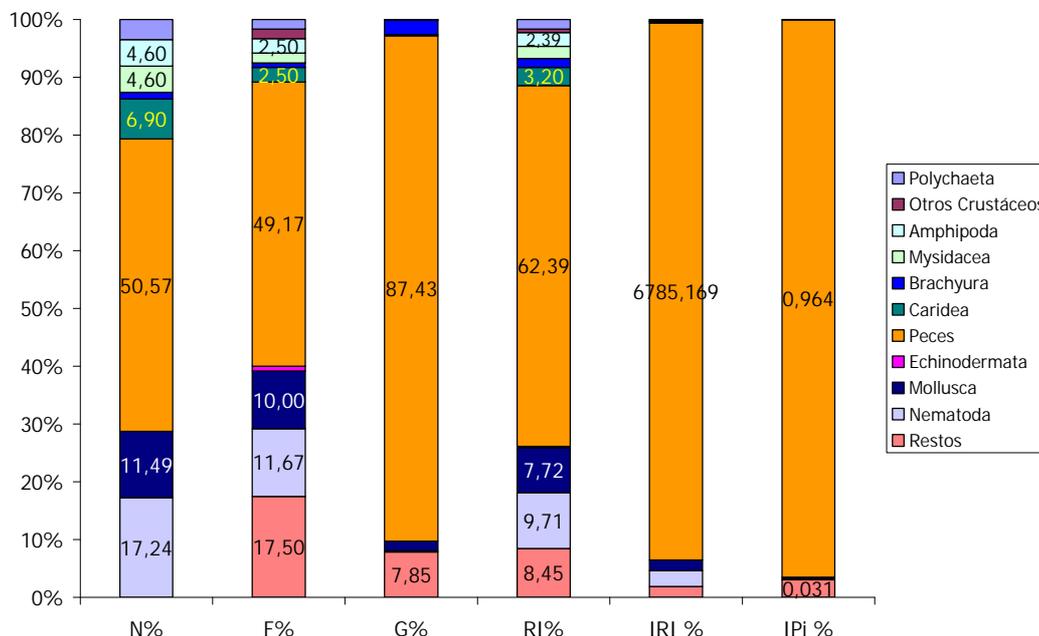


Figura 4.47. Tipos de presas consumidas por *U. scaber* de acuerdo con el índice numérico (N%), frecuencia de ocurrencia (F%), índice gravimétrico (G%), índice de importancia relativa propuesto por George y Hadley (RI%), índice de importancia relativa modificado por Hacunda (IRI), índice de preponderancia (IP%)

Podemos observar que en todos los índices las presas que dominaron la dieta de *U. scaber* fueron los peces, le siguieron nemátodos, moluscos y crustáceos caridea. Sin embargo, al igual que hemos visto en las especies anteriores, el hecho de tener diferencias grandes en el peso de las presas, el tamaño y el número, se reflejó en una gran variabilidad entre índices, como explicamos a continuación:

De acuerdo con el índice numérico la dieta de esta especie estuvo compuesta de unos 9 grupos taxonómicos diferentes, pero con un predominio en peces del 50,6%, el resto de grupos fueron: nemátodos (17,2%), crustáceos (17,2), moluscos (11,5%), poliquetos (3,5%). Dentro de los crustáceos se encontraron: misidaceos (4,6%), caridea (9,6%), amfipodos (4,6%) y brachyura (1,2%).

Según el de frecuencia de ocurrencia las presas más frecuentes fueron los peces (49%), seguidos por nemátodos (12%), crustáceos (11%), moluscos (10%) y equinodermos (1%). Los restos constituyeron el 18% del alimento encontrado en los

estómagos y que no fue posible clasificar ni identificar por tratarse en su mayor parte de restos de tejidos y espinas. En esta especie además, destaca la gran incidencia de nemátodos que nos hace pensar que no constituyen una presa como tal, sino que hacen parte del sistema digestivo de los peces, al tratarse de organismos en su mayoría parásitos, sin embargo las referencias bibliográficas que respaldan esta observación para esta especie son prácticamente inexistentes, ya que en España estas investigaciones son recientes, tal y como afirman los autores Rello Yubero *et al.* (2007). Únicamente se hace referencia a la presencia de nemátodos como parásitos de *U. scaber* en el catálogo de zooparásitos ibéricos de Cordero del Campillo *et al.* (1994).

Comparada con las demás especies piscívoras del estudio, esta especie tuvo, de forma global, la mayor frecuencia de ocurrencia de sus presas, debida en primer lugar a la presencia de peces en la mayoría de los estómagos analizados. De igual manera la presencia de restos también fue bastante alta lo cual nos puede indicar una rápida descomposición de las presas.

Finalmente en el índice gravimétrico, los peces al ser las presas de mayor tamaño, consiguieron tener el mayor porcentaje (87,4%), restando importancia al resto de las presas ya que los crustáceos obtuvieron un 2,8% y los moluscos 1,6%. Esto mismo ocurrió en el índice de preponderancia y en el de importancia relativa (IRI%).

Al igual que hemos venido comentando en las otras especies, mediante el índice de importancia relativa (RI%) de George y Hadley (1979), es posible obtener una valoración del conjunto total de presas, dentro de una escala del 100%, siendo un índice muy equilibrado para realizar comparaciones. Con lo cual para *U. scaber* tenemos que la dieta estuvo compuesta por peces (62,4%), crustáceos (9,8%), nemátodos (9,7%), moluscos (7,7%) y poliquetos (1,7%), además de restos sin identificar que constituyeron el 8,5%. Dentro de los crustáceos se encontraron caridea (3,2%), anfípodos (2,4%), misidáceos (2,1%), brachyura (1,5%) y crustáceos sin identificar.

Aún cuando los resultados de los modelos de regresión no detectaron relaciones significativas entre la dieta y las variaciones estacionales, tallas, sexos o

estados de madurez gonadal, a continuación, presentamos de forma gráfica el comportamiento del índice de importancia relativa de las presas (RI%), para cada uno de estos aspectos.

En la Figura 4.48 se puede observar que al igual que en las especies anteriores, la primavera fue la época con un mayor consumo de tipos diferentes de presa (10 grupos taxonómicos), aún cuando el predominio de los peces siguió siendo muy alto (64,2%). En verano los grupos de presas consumidas se redujeron a 6, predominando peces y moluscos. Finalmente en otoño-invierno la dieta sólo estuvo compuesta por peces.

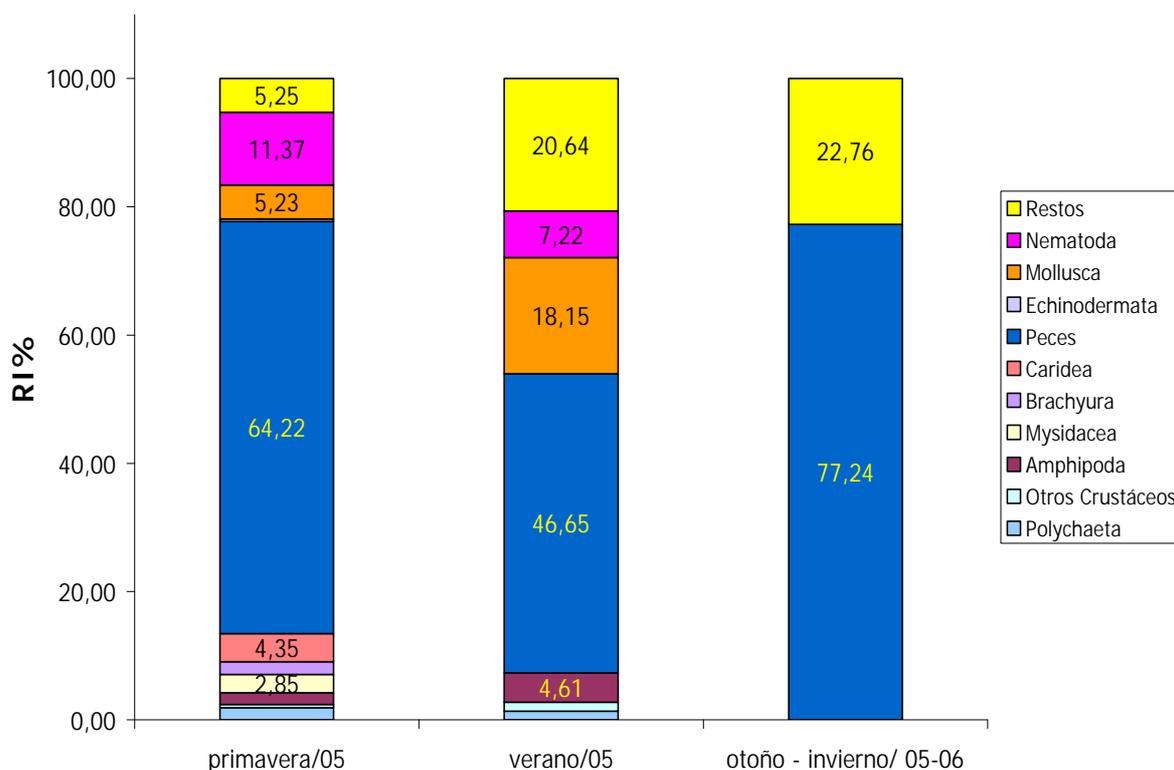


Figura 4.48. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *U. scaber* de acuerdo con la estacionalidad

Se encontraron diferencias en el porcentaje de restos ya que en primavera se tuvieron con la frecuencia más baja, con respecto a las demás épocas.

Podemos observar en la Figura 4.49 que el tipo de dieta más variado en cuanto a grupos taxonómicos se presentó en la talla 2, con 8 grupos; seguido por la talla 3 con 6 grupos y a diferencia de la talla 2 se encontraron decápodos brachyura. En las

tres tallas la presa principal fueron los peces, y en la talla 1 estos constituyeron el único tipo de presa.

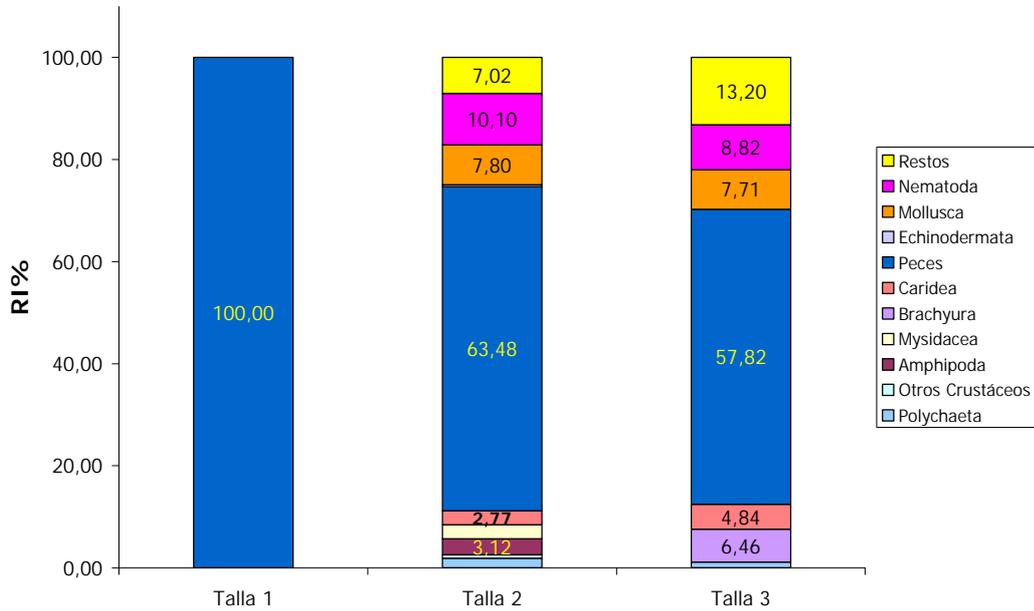


Figura 4.49. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *U. scaber* de acuerdo con la talla

En la Figura 4.50 se aprecia que tanto hembras como machos se alimentaron de una amplia variedad de grupos.

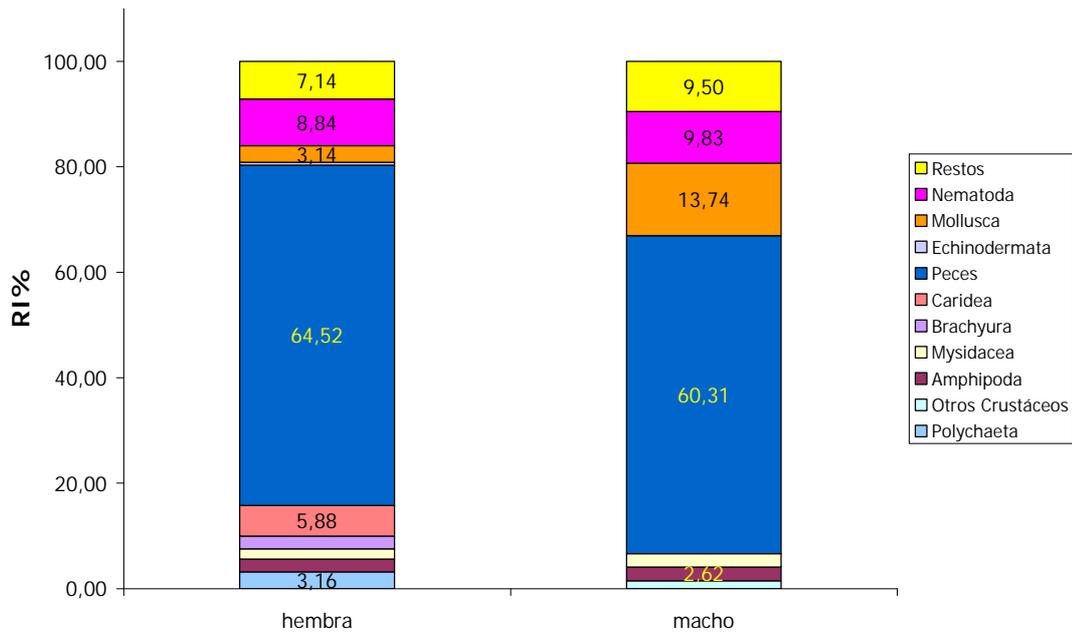


Figura 4.50. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *U. scaber* de acuerdo con el sexo

En las hembras se encontraron representantes de 9 grupos y en machos sólo de 6 grupos. En ambos sexos predominaron los peces, en hembras le siguen los nemátodos y en machos los moluscos.

Finalmente observando el tipo de alimentación de acuerdo con los estados de madurez gonadal, los peces son la presa predilecta en los estados I, II y III. El estado I sólo se alimenta de peces y nemátodos. El estado II se alimenta de gran variedad de presas (peces, nemátodos, moluscos, poliquetos, misidáceos, anfípodos, y caridea), seguido por el estado III (peces, caridea, cangrejos, misidáceos, moluscos y poliquetos). En el estado IV sólo se encontraron restos que no pudieron ser identificados y en los individuos en los que no se pudo determinar el estado de madurez, solo se hallaron moluscos, nemátodos y restos. Los estados I, IV e indeterminado no aportan mucha información dado que la representación de individuos en la muestra fue muy baja (Figura 4.51).

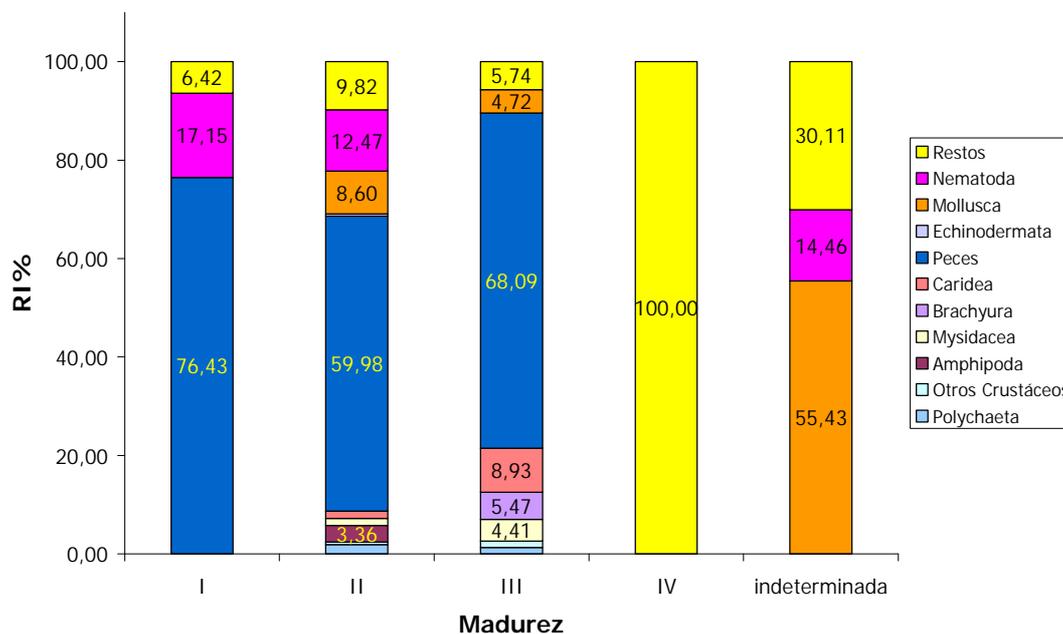


Figura 4.51. Variación del Índice de Importancia Relativa en la dieta de *U. scaber* de acuerdo con el estado de madurez gonadal

Debemos mencionar que en esta especie es importante la presencia de nemátodos, principalmente en primavera y verano, en tallas 2 y 3, tanto en hembras como machos y en los estados de madurez I, II e indeterminado; pero como ya hemos dicho anteriormente, pensamos que forman parte de parásitos intestinales propios de los peces y no constituyen una presa como tal, sin embargo las

referencias bibliográficas que respaldan esta observación para esta especie son prácticamente inexistentes.

Para jerarquizar y clasificar las presas que forman parte de la dieta de *U. scaber* hemos condensado la información de forma gráfica, mediante el índice de importancia geométrica sugerido por Assis (1996) (Figura 4.52).

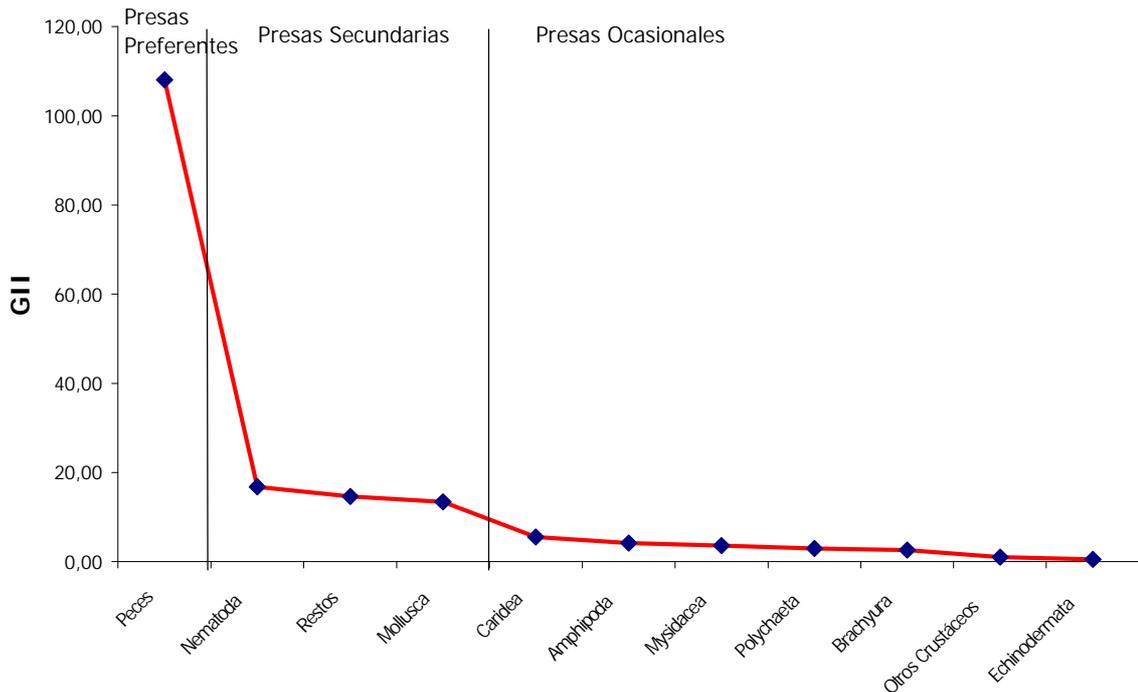


Figura 4.52. Jerarquización y clasificación de las presas en la dieta de *U. scaber* de acuerdo con el índice de importancia geométrica

Observamos que la dieta de *U. scaber* está conformada básicamente por peces como presas preferentes, en segundo lugar, pero bastante alejadas, estarían nemátodos y moluscos y el resto de presas (caridea, anfípodos, misidáceos, poliquetos, brachyura, otros crustáceos diversos que no fueron identificados y equinodermos), se considerarían ocasionales.

Nuestros datos son similares a los resultados encontrados por Sanz (1985) en el golfo de Valencia. En ese trabajo la alimentación de *U. scaber* estuvo conformada principalmente por peces (62,5%) y crustáceos (25,8%), sobre todo decápodos. Entre los peces destacaba *Callionymus maculatus* (Orden Perciformes, Familia Callionymidae) y dentro de los decápodos el carideo *Alpheus glaber*. También se encontraron algunos moluscos, representados principalmente por *Loligo vulgaris*. En este trabajo no se menciona la presencia de nemátodos.

4.4.2.6. Evaluación de la estrategia alimentaria

Para la determinación de la estrategia alimentaria hemos aplicado el diagrama propuesto por Costello (1990), que compara el índice gravimétrico frente a la frecuencia de ocurrencia, de tal forma que en el gráfico se puede observar la importancia de cada presa, en términos de si es dominante o rara y así mismo la estrategia alimentaria en función de si es especialista o generalista como se observa en la Figura 4.53.

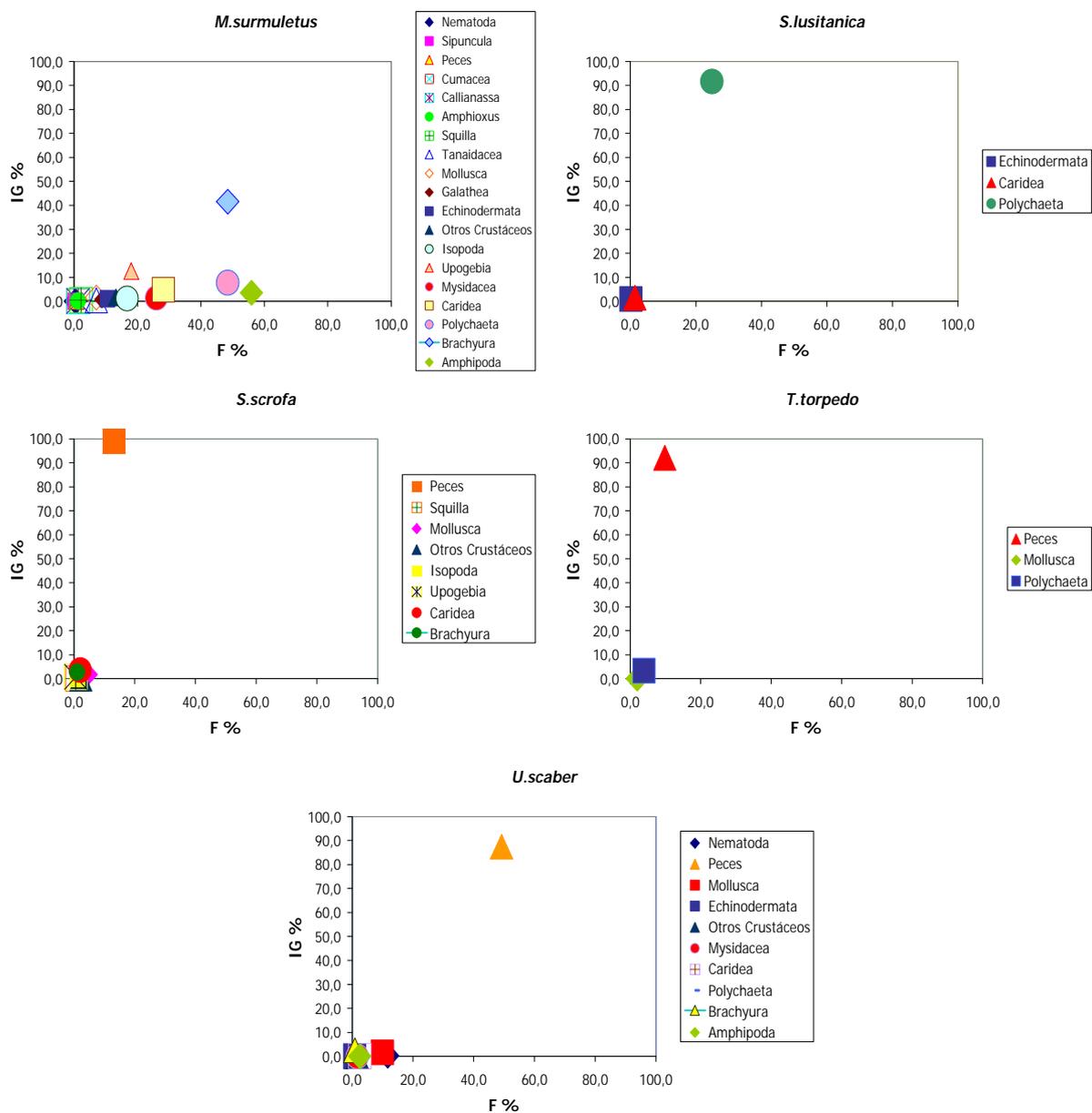


Figura 4.53. Estrategia alimentaria en cada una de las especies estudiadas de acuerdo con el método de Costello (1990)

Podemos observar que en cuanto a la importancia de las presas en la dieta de *M. surmuletus*, únicamente los decápodos brachyura fueron las presas dominantes en su alimentación y dado el índice gravimétrico de las demás presas, podemos pensar que la estrategia tiende a hacer que *M. surmuletus* sea una especie generalista.

Los poliquetos fueron la presa dominante en la dieta de *S. lusitanica* y tanto crustáceos como equinodermos se consideran presas raras. En cuanto a la estrategia alimentaria observamos que si bien el índice gravimétrico de los poliquetos fue alto, su ocurrencia no llegó a un 30% por lo que podríamos considerarlo como especialista. Esta clasificación se apoya en la opinión de autores como Gibson (2005) quien afirma la mayoría de los pleuronectiformes tienen una estrategia especialista.

Las presas que predominaron en la dieta de *S. scrofa* fueron los peces y todas las demás se pueden considerar como raras. La estrategia alimentaria es claramente especialista debido a la escasa frecuencia de las presas.

En cuanto a la estrategia alimentaria de *T. torpedo* y a la importancia de cada presa, vemos que los peces dominaron su dieta y debido a la baja frecuencia tendría una estrategia de alimentación especialista.

La estrategia alimentaria de *U. scaber*, según el diagrama de Costello (1990), muestra que los peces fueron la presa dominante en su dieta, además podemos ver que su frecuencia también fue alta lo que la ubicaría dentro de una estrategia generalista

Dentro de la evaluación de estrategias alimentarias de las especies, hay un método propuesto por Tokeshi (1991) que nos permite comparar las cinco especies estudiadas, ya que se basa en la comparación de la diversidad alimenticia de la población (D_p) y la diversidad promedio de la alimentación del individuo (D_i) de cada especie. En este caso, no se aprecia la distribución de las presas que conforman la dieta de cada especie, únicamente se aprecia el resumen del comportamiento alimenticio de la especie en un solo punto dentro de la figura, como podemos apreciar en la Figura 4.54.

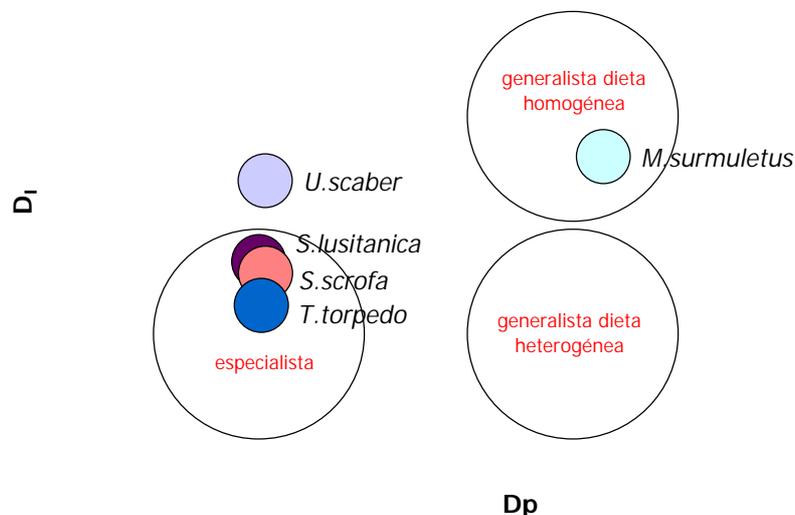


Figura 4.54. Resumen de las estrategias alimentarias de las especies estudiadas según el método propuesto por Tokeshi (1991)

Según este método *S. lusitanica*, *S. scrofa* y *T. torpedo* tendrían una estrategia alimentaria basada en la especialización, ya que a pesar de que pueden comer diferentes tipos de presas, dentro de su dieta hubo una presa dominante, en el caso de *S. lusitanica* fueron los poliquetos y en las otras dos fueron los peces.

La única especie que tendría una estrategia claramente generalista, con una dieta homogénea, basada principalmente en crustáceos es *M. surmuletus*. En este caso la diversidad en la alimentación de los individuos fue muy alta y así mismo la de la población.

Finalmente *U. scaber* pareciera estar a medio camino entre la estrategia especialista y la generalista, ya que aun cuando la diversidad a nivel de individuo fue alta, a nivel de toda la población no lo fue tanto.

Vemos que tanto el método propuesto por Costello como el de Tokeshi coinciden en el tipo de estrategia alimentaria de cada una de las especies estudiadas, aun cuando nos aportan dos puntos de vista diferentes.

Wootton (1999), afirma que el análisis de la dieta de los peces es algo complejo, ya que pueden presentarse muchas categorías alimenticias, algunas de las cuales se presentan sólo en pequeñas cantidades. Los peces muestreados al mismo tiempo y en el mismo lugar podrían tener contenidos estomacales muy diferentes.

Algunas presas son rápidamente digeridas y son difíciles de detectar. Otras presas como los crustáceos que tienen exoesqueletos quitinosos, permanecen identificables por largos períodos de tiempo, por lo tanto las dificultades de analizar datos rigurosamente cuantitativos no han sido aún totalmente resueltas, sin embargo una selección acertada de muestreo y métodos estadísticos puede ilustrar mejor la dieta de una especie.

Amundsen (1995), dice que normalmente los estudios sobre alimentación están basados principalmente en datos poblacionales, mientras que la estrategia alimenticia de los peces a nivel individual apenas ha sido estudiada. Establece que es importante distinguir con claridad entre los nichos de los diferentes individuos y el nicho de la población total. Una población con un nicho estrecho, necesariamente está compuesta por individuos con nichos estrechos y especializados, a su vez una población con un nicho amplio, podría estar compuesta tanto por individuos con nichos amplios como por individuos con nichos estrechos, o por una combinación de ambos.

En cuanto a la estrategia alimentaria de *M. surmuletus*, hay cierta diversidad de criterios entre los diferentes autores, de tal manera que Labropoulou *et al.* (1997), aseguran que los salmonetes exhiben algún grado de selectividad en sus hábitos alimenticios ya que ellos consumen casi exclusivamente decápodos y anfípodos. Afirman que la especialización en la alimentación y amplitud de la dieta es el resultado de un desarrollo evolutivo de un único comportamiento alimenticio, morfología y estructura bucal, lo cual interactúa con las características de tamaño, distribución y abundancia de ciertos tipos de fauna bentónica disponible. Por su parte, Mazzola *et al.* (1999), consideran que el patrón de alimentación de los juveniles de *M. surmuletus* corresponde al de especies oportunistas y finalmente, Aguirre (2000), la caracterizó como forrajera activa generalista, en la cual su alimentación consiste en la recolección casual de sustratos en la que va seleccionando las presas en función de su palatabilidad.

Con respecto a *S. lusitanica*, Cabral *et al.* (2003), aseguran que la aparente especialización alimenticia, o al menos la amplitud de nicho extremadamente estrecha, contradice el estatus de generalistas y oportunistas que se le ha asignado

a muchas especies de la familia Soleidae. Sin embargo Sá *et al.* (2003), estudiaron la dieta de especies como *Solea vulgaris* y *Solea senegalensis* y sugieren una especialización en su alimentación.

No se encontraron datos acerca de la estrategia alimentaria de *S. scrofa*, sin embargo, La Mesa *et al.* (2007), observaron que en *Scorpaena maderensis* la mayoría de las presas fueron raras y por lo tanto la clasifican como una especie generalista en la cual un gran número de presas son normalmente consumidas por un porcentaje bajo de depredadores, aún cuando algunas veces en cantidades enormes. Esta especie cuenta con un espectro trófico amplio a nivel poblacional pero se caracteriza por una alimentación especialista a nivel individual. La gran variedad de alimento y la ausencia de una presa verdaderamente dominante son típicas de un depredador generalista y oportunista el cual es capaz de ajustarse a diferentes tipos de presas de acuerdo con su ontogenia; o evidenciar diferentes preferencias alimenticias entre sexos. Tal plasticidad en la alimentación podría haber jugado un papel importante en la dispersión de las diferentes especies de la familia scorpaenidae en el Mediterráneo. En nuestro caso, *Scorpaena scrofa* presentó una diversidad en sus presas, más o menos alta a nivel individual, pero a nivel poblacional fue muy claro el dominio de los peces como la presa principal, lo que nos lleva a considerarla como especialista.

4.4.3. RESUMEN DE LOS HÁBITOS ALIMENTICIOS EN LAS ESPECIES ESTUDIADAS

En los apartados anteriores hemos ido desglosando paso a paso cada uno de los aspectos que conforman el estudio de la dieta de las especies seleccionadas para este estudio. Con base en estos resultados, a continuación resumiremos de forma global la información principal que describa la dieta tanto desde el punto de vista de actividad alimentaria con la composición dietaria para cada especie.

4.4.3.1. *Mullus surmuletus*

Esta especie se caracterizó por tener una dinámica alimentaria alta, el índice de vacuidad de los estómagos no pareciera tener un efecto importante sobre la

dinámica y por lo tanto los procesos alimentarios dependieron en mayor medida del tipo de alimento que consumieron y del índice de repleción, el cual fue bastante alto.

En la medida que el pez aumentó de tamaño, hubo una mayor incidencia de estómagos vacíos, presentándose de igual manera en las hembras.

A su vez, el índice de repleción varió a lo largo del año, siendo la primavera la época de mayor alimentación. El índice de repleción también disminuyó con la talla del pez, aún cuando los contenidos estomacales fueron más abundantes, al tener estómagos más grandes.

En cuanto al peso y número promedio de presas por estómago, *M. surmuletus* se alimentó de presas pequeñas pero abundantes, con un peso promedio de 0,09 g y un número promedio de 11,5 presas por estómago. A lo largo del año se notó una tendencia a aumentar el peso de las presas en verano y el número en primavera. De igual manera los peces más grandes, al igual que las hembras, consumieron presas de mayor tamaño pero en menor cantidad.

Vemos que en general el tamaño del pez influye en el sentido que a mayor tamaño aumentan sus capacidades de consumir presas más grandes, pero a su vez las consume en menor cantidad, al obtener un mayor beneficio energético.

M. surmuletus se alimentó de una gran variedad de presas, con predominio de los crustáceos y en menor proporción de poliquetos. Dentro de los crustáceos, los grupos principales fueron decápodos brachyura y anfípodos. Los cambios estacionales de la dieta probablemente fueron el reflejo de las fluctuaciones en la disponibilidad de las presas en el ambiente, con lo cual en primavera el consumo de brachyura fue muy alto y en verano y otoño-invierno se alimentaron en mayor medida de poliquetos.

Las variaciones de tipo estacional, ontogénico y por sexos encontradas en la dieta de esta especie se basan en proporciones y orden de preferencia, más que en diferencias entre grupos de presas consumidas, lo que nos lleva a pensar que esta dinámica es el reflejo de la disponibilidad de presas en el ambiente.

Basados en la evaluación de la estrategia alimentaria podemos afirmar que esta especie tiene una estrategia generalista.

4.4.3.2. *Synaptura lusitanica*

Esta especie se caracterizó por tener el índice de vacuidad más alto de las cinco, lo cual, de acuerdo con autores como Ramos-Jara (1981) y Gibson (2005), es debido a una tasa muy alta de digestibilidad del alimento. Esta característica se acentuó en las tallas mayores y en machos. El índice de repleción complementa esta información en el sentido de que tuvo un valor bastante bajo y presentó variaciones estacionales, de tal manera que en la época donde se encontraron estómagos más llenos fue en otoño-invierno, donde se supone que debido a que la temperatura del agua es baja, el metabolismo se hace más lento, lo cual se refleja en las tasas de digestión; sin embargo en Primavera la dieta estaba más diversificada.

S. lusitanica se alimentó de presas pequeñas, con un peso promedio de 0,13 g, y en número escaso, el promedio fue de 1,2 presas por estómago. Al igual que en la especie anterior los peces de gran tamaño y las hembras consumieron presas más grandes, tuvieron contenidos estomacales de mayor peso y mayor diversidad dietaria.

Esta especie tiene una estrategia alimentaria especialista. Las principales presas en la dieta de esta especie fueron los poliquetos que constituyeron más del 90% del alimento consumido y en una proporción mucho menor, crustáceos carideos y ofiuras. Los poliquetos fueron consumidos en todas las épocas del año y por todas las tallas y sexos. Los equinodermos se encontraron en machos pequeños, y los decápodos fueron consumidos por hembras adultas en primavera.

4.4.3.3. *Scorpaena scrofa*

Con respecto a la dinámica alimentaria de esta especie vemos que presentó un porcentaje de estómagos vacíos, muy alto. Este índice fue mayor en tallas grandes y en machos. A su vez, el índice de repleción fue bajo con algunas variaciones estacionales, ya que hubo un mayor consumo de alimento en primavera.

El peso promedio de las presas que consume fue de 3,3 g, siendo el valor más alto de las 5 especies estudiadas y el número promedio de presas por estómago fue de 1,5; el cual fue el más alto de las tres especies que se alimentan de peces.

Esta especie presentó una gran variabilidad en los contenidos alimenticios, también destaca el hecho que se encontraron pocos juveniles y pocas hembras en época de desove en el área de muestreo lo cual nos hace pensar en una posible migración en época reproductiva, lo cual dificultó las comparaciones entre tallas y sexos.

Esta especie tiene una estrategia alimentaria especialista. Su dieta estaba compuesta principalmente por peces, crustáceos y moluscos. Los peces fueron consumidos a lo largo de todas las épocas, pero la proporción fue mucho más baja en otoño-invierno. El tipo de crustáceos consumido varió según la época del año, de tal manera que en primavera fue mayor el porcentaje de decápodos caridea, en verano éstas fueron reemplazadas por decápodos brachyura y en otoño-invierno consumieron estomatópodos del género *Squilla*; lo cual puede estar ligado a la variación en la abundancia de las presas como sugieren autores como Harmelin-Vivien *et al.* (1989). Los peces de talla 2 y los machos fueron los que más variedad dietaria presentaron.

4.4.3.4. *Torpedo torpedo*

Esta especie no presentó índices de vacuidad muy altos, siendo mayores en individuos de talla pequeña y en machos. El índice de repleción fue bastante alto, aún cuando el peso promedio de las presas fue de 1,27 g, siendo el más bajo de las tres especies que consumen peces, y el número promedio de presas por estómago fue el más bajo de las cinco especies del estudio (0,2). Esto quiere decir que esta especie está buscando alimento continuamente ya que sus presas no son de tamaño considerable y consume pocas cada vez.

La primavera fue la época de mayor alimentación, especialmente para individuos pequeños y para hembras. La dieta estuvo compuesta principalmente de peces, poliquetos y moluscos. En esta especie las mayores diferencias se presentaron

a nivel ontogénico, ya que los individuos pequeños se alimentaron de poliquetos y moluscos y los de tallas grandes solamente de peces.

Basados en la evaluación de la estrategia alimentaria, podemos observar que esta especie tiene una estrategia alimentaria especialista.

4.4.3.5. *Uranoscopus scaber*

Esta especie presentó una dinámica alimenticia similar a la de *M. surmuletus* en el sentido en el que el índice de vacuidad de los estómagos fue muy bajo y además su índice de repleción fue bastante alto. Difiere de *M. surmuletus* ya que en *U. scaber*, los peces pequeños y los machos presentaron los índices de vacuidad más altos.

El peso promedio de las presas que consumió fue de 1,73 g, con un número bajo por estómago (1,1).

Esta especie tiene una estrategia alimentaria generalista. Su dieta fue más o menos variada y estuvo conformada principalmente por peces, crustáceos, moluscos y poliquetos. En los estómagos se encontró un número muy alto de nemátodos que no sabemos si considerarlos como presas ya que pensamos que hacen parte de los parásitos digestivos que se encuentran en los peces; sin embargo las referencias bibliográficas que respaldan esta observación para esta especie son prácticamente inexistentes y haría falta un estudio más exhaustivo.

La época de mayor alimentación fue la primavera, debida a los individuos de talla 2 y a los machos. Consumieron peces en todas las épocas y por parte de ambos sexos, sin embargo las hembras presentaron una mayor diversidad en la dieta.

4.4.4. ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS RELACIONADAS CON LA ALIMENTACIÓN

4.4.4.1. Índice intestinal (I_i)

En la Tabla 4.9 se presentan los valores medios del índice intestinal (longitud relativa del intestino con respecto a la longitud del pez), por tallas, sexos y total para cada una de las especies estudiadas.

Tabla 4.9. Índice intestinal de las especies estudiadas

	<i>M. surmuletus</i>	<i>S. lusitanica</i>	<i>S. scrofa</i>	<i>T. torpedo</i>	<i>U. scaber</i>
Talla 1	0,64	0,94	0,64*	0,35	0,41**
Talla 2	0,70	1,17	0,57	0,27	0,63
Talla 3	0,65*	1,40	0,64	0,26	0,68
Hembras	0,67	1,25	0,65	0,29	0,69
Machos	0,70	1,07	0,56	0,28	0,59
rango	0,21-2,19	0,23-2,23	0,03-0,99	0,07-0,69	0,03-2,23
n.peces	148	456	75	63	128
Total	0,68	1,19	0,60	0,28	0,64

* sólo hembras

** sólo machos

De las cinco especies estudiadas *S. lusitanica* fue la especie con el intestino relativamente más largo, y la relación de la longitud del intestino con respecto al tamaño del pez estuvo por encima de 1 excepto para los peces más pequeños. El intestino más corto lo tuvo *T. torpedo*, pero a diferencia de *S. lusitanica*, los individuos más pequeños tuvieron una relación un poco superior a los grandes.

Se encontraron diferencias significativas de este índice con respecto a las tallas y el sexo en *S. lusitanica* (talla: $F_{455,2}=30,5$; $P<0,05$; sexo: $F_{455,1}=10,8$; $P<0,05$) ya que las tres tallas fueron muy diferentes entre sí, de tal manera que el índice aumentó a medida que el pez se hacía más grande y el índice de las hembras fue superior al de los machos.

En *T. torpedo* (talla: $F_{62,2}=3,26$; $P<0,05$; sexo: $F_{62,1}=0,01$; $P=0,9$) únicamente hubo diferencias significativas entre tallas con el índice de la talla 1 mayor que el de la talla 2 y 3, es decir que la relación del intestino con respecto a la talla del pez se hizo menor en la medida que éste aumentó de tamaño; más no entre sexos ya que el índice fue igual para ambos; y no hubo diferencias entre sexos.

En *U. scaber* (talla: $F_{126,1}=4,28$; $P<0,05$; sexo: $F_{126,1}=10,12$; $P<0,05$) la talla y el sexo presentaron diferencias significativas, debido a que la talla 2 tuvo una relación menor que talla 3, y las hembras tuvieron un índice mayor que los machos. En esta especie los individuos de talla 1 fueron muy escasos y no se tuvieron en cuenta para el análisis.

No se encontraron diferencias significativas en *M. surmuletus* (talla: $F_{140,1}=1,13$; $P=0,28$; sexo: $F_{140,1}=0,18$; $P=0,67$), aún cuando podemos apreciar que la talla 1 fue diferente de las otras dos, siendo un poco menor y las hembras tuvieron un índice más bajo que los machos.

En *S. scrofa* tampoco hubo diferencias significativas (talla: $F_{72,1}=0,82$; $P=0,37$; sexo: $F_{72,1}=2,06$; $P=0,16$), aun cuando las variaciones del índice en esta especie fueron leves, se puede apreciar que a medida que aumentó la talla, lo hizo también el índice y además las hembras tuvieron un índice mayor al de los machos; en esta especie no se tenían suficientes individuos de talla pequeña que nos permitiera analizar adecuadamente este aspecto.

En la Figura 4.55 se presenta la relación existente entre la longitud del intestino con respecto a longitud total del pez y a su vez el comportamiento del índice intestinal con respecto a ésta, la cual de acuerdo con Wootton (1999), se podría ajustar a una relación potencial, en la cual si el exponente b es mayor de 1 es indicativo de una alometría positiva, o lo que es lo mismo que la longitud relativa del intestino se incrementa con el tamaño del pez.

Podemos observar en esta figura, que aún cuando la longitud del intestino es mayor en peces grandes, la relación entre la longitud relativa del intestino (I_i) no parece aumentar con la talla del pez, excepto para *S. lusitanica* en la cual el exponente b fue mayor de 1. Por lo tanto, basados en la afirmación de Wootton (1999), esta sería la única especie en la cual la longitud relativa del intestino aumenta de forma alométrica positiva.

Vemos que el r^2 de la relación entre la longitud y el índice intestinal fue muy bajo en todas las especies, lo cual nos indica que el índice intestinal no es una variable que dependa de la longitud del pez. En algunos casos como en *S. lusitanica*, *M. surmuletus* y *U. scaber*, hay una tendencia del índice intestinal a aumentar con el aumento de la talla del pez, pero en *S. scrofa* y en *T. torpedo* la tendencia parece ser inversa.

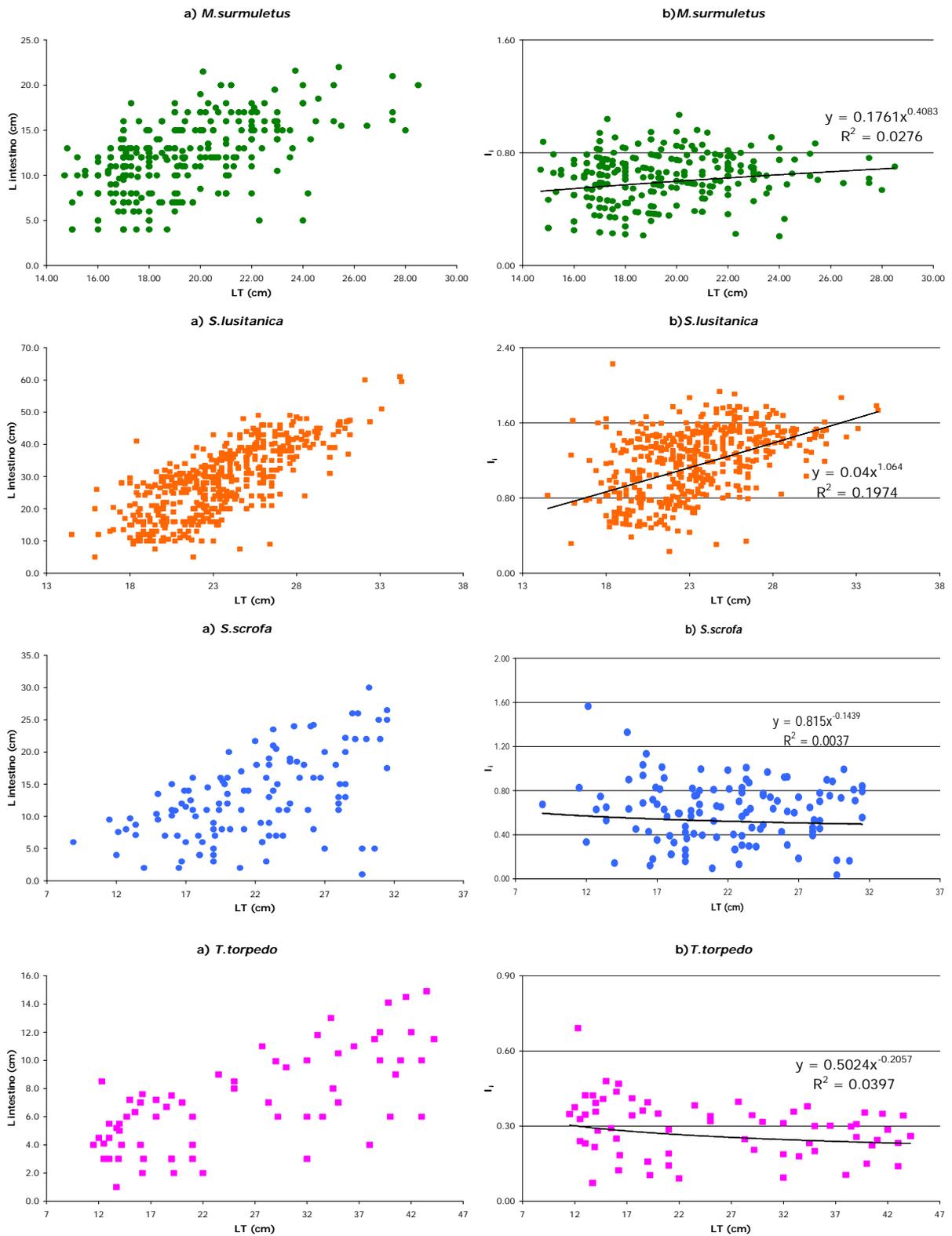


Figura 4.55. Longitud total del pez con relación a: (a) longitud del intestino y (b) índice intestinal (I_i), en las especies estudiadas

...continuación

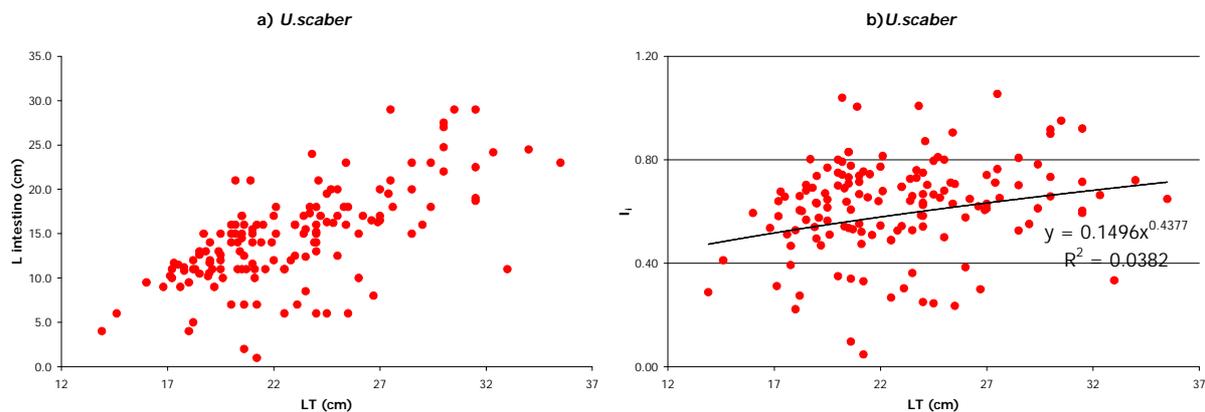


Figura 4.55. Longitud total del pez con relación a: (a) longitud del intestino y (b) índice intestinal (I_i), en las especies estudiadas

En la Tabla 4.10 se observan los parámetros de las regresiones para las relaciones entre la talla de los peces y la longitud del intestino, y así mismo entre la talla y el índice intestinal, para las especies estudiadas.

Tabla 4.10. Regresiones lineales entre la Longitud total del pez y la longitud del intestino y entre la Longitud total del pez y el índice intestinal (I_i)

Especie	Regresión	n	Intercepto (a)	Pendiente (b)	r ²	F	p
<i>M. surmuletus</i>	LT vs Lintestino	266	-3,77	0,81	0,4	117,97	<0,001
	LT vs I _i		0,18	0,41	0,028	6,08	<0,05
<i>S. lusitanica</i>	LT vs Lintestino	473	-26,15	2,33	0,56	596,56	<0,001
	LT vs I _i		0,04	1,05	0,20	125,48	<0,001
<i>S. scrofa</i>	LT vs Lintestino	121	-2,99	0,73	0,36	67,69	<0,001
	LT vs I _i		0,82	-0,14	0,004	0,14	0,71
<i>T. torpedo</i>	LT vs Lintestino	64	1,43	0,22	0,48	59,55	<0,001
	LT vs I _i		0,5	-0,21	0,04	4,68	<0,05
<i>U. scaber</i>	LT vs Lintestino	143	-4,9	0,85	0,44	112,91	<0,001
	LT vs I _i		0,15	0,44	0,04	7,86	<0,05

La significancia de la relación se comprobó mediante análisis de varianza, siendo todas las regresiones significativas (P<0,05), excepto la relación entre la longitud y el índice intestinal en *S. scrofa*. Sin embargo, los valores de r² fueron menores al 0,6, especialmente las regresiones entre la talla y el índice intestinal.

En cuanto a las posibles diferencias entre tallas y entre sexos, sólo se observaron diferencias significativas en las pendientes de la relación de la longitud total y el índice intestinal entre tallas en *S. lusitanica* y en *U. scaber*, y en cuanto a

sexos se encontró una diferencia significativa entre machos y hembras en *U. scaber*, como se observa a continuación:

	Tallas			Sexos		
	F	g.l.	P	F	g.l.	P
<i>M. surmuletus</i>	0,36	2	0,69	2,37	1	0,13
<i>S. lusitanica</i>	3,64	2	<0,05	1,10	1	0,29
<i>S. scrofa</i>	0,16	2	0,85	0,70	1	0,40
<i>T. torpedo</i>	0,04	2	0,96	0,83	1	0,37
<i>U. scaber</i>	14,85	2	<0,001	7,49	1	<0,05

En *S. lusitanica* las pendientes entre tallas fueron significativamente diferentes, ya que la talla 1 tenía una pendiente negativa; es decir que la longitud relativa del intestino disminuyó con la talla del pez. Entre las tallas 2 y 3 no hubo diferencias significativas. En *U. scaber* el comportamiento del índice intestinal en cada clase de talla es diferente, teniendo las tallas 1 y 3 una pendiente negativa. En cuanto a los sexos, la relación del índice intestinal en los machos tuvo una pendiente negativa,

Nikolski (1963) y Wootton (1999) señalan que la longitud relativa del aparato digestivo tiende a disminuir de herbívoros a omnívoros y a carnívoros; pero entre los omnívoros no parece haber relación entre la longitud del sistema digestivo y la proporción de material vegetal en la dieta. De acuerdo con los rangos propuestos por Nikolski (1963) la relación con los hábitos alimenticios sería de la siguiente manera:

$I_i < 1$ los peces son carnívoros

$1 < I_i \leq 2$ los peces son omnívoros

$I_i > 2$ los peces son herbívoros

De esta manera todas las especies de nuestro estudio podrían ser consideradas como carnívoras, excepto *S. lusitanica* que estaría dentro de la categoría de peces omnívoros.

Basados en la afirmación de Wootton (1999), con respecto a que hay una fuerte relación entre la dieta y la longitud del aparato digestivo, en relación con la longitud del cuerpo, de tal manera que los peces que consumen alimentos de alta calidad, pueden procesarlos con un aparato digestivo más corto que la longitud total de su cuerpo; por el contrario aquellos peces que en sus dietas incluyen una proporción alta de material que no es fácilmente digerible, tal como celulosa o

lignina, tiene un sistema digestivo varias veces más largo que la longitud total del cuerpo. En nuestro caso ninguna de las especies estudiadas se alimenta de material vegetal y esto se nota en que las longitudes de su sistema digestivo son menores que el tamaño del pez, excepto en *S. lusitanica* que el tamaño del intestino es ligeramente mayor.

4.4.4.2. Área bucal

En la Tabla 4.11 se presentan los valores medios del área de la boca, estimada a partir del área de la elipse, por especie, talla y sexo.

Tabla 4.11. Valores medios del área de la boca en las especies estudiadas

		n	Media (cm ²) ± d.s	Mínimo (cm ²)	Máximo (cm ²)
<i>M. surmuletus</i>	Talla 1	105	28,7 ± 8,6	11,9	83,6
	Talla 2	136	39,0 ± 9,8	18,8	79,1
	Talla 3	3	51,5 ± 11,1	41,1	63,2
	hembra	52	41,0 ± 12,5	21,9	79,1
	macho	67	32,7 ± 9,4	17,2	67,9
	Total	244	34,7 ± 10,7	11,9	83,6
<i>S. lusitanica</i>	Talla 1	69	9,8 ± 2,7	3,9	19,0
	Talla 2	171	11,6 ± 3,8	4,9	33,3
	Talla 3	87	14,5 ± 4,0	1,4	26,9
	hembra	229	12,6 ± 4,0	1,4	26,9
	macho	90	10,5 ± 3,8	3,9	33,3
	Total	327	12,0 ± 4,0	1,4	33,3
<i>S. scrofa</i>	Talla 1	1	66,7	66,7	66,7
	Talla 2	48	100,1 ± 42,4	4,6	194,3
	Talla 3	23	161,5 ± 86,6	44,0	448,8
	hembra	18	125,7 ± 41,5	44,0	194,3
	macho	26	124,0 ± 63,1	70,5	366,7
	Total	72	119,3 ± 66,2	4,6	448,8
<i>U. scaber</i>	Talla 1	2	35,6 ± 0,7	35,1	36,1
	Talla 2	72	69,5 ± 26,6	16,9	175,4
	Talla 3	21	88,0 ± 31,0	26,5	164,1
	hembra	45	80,0 ± 29,0	26,5	164,1
	macho	42	70,1 ± 27,2	22,3	175,4
	Total	95	72,8 ± 28,8	16,9	175,4

S. lusitanica fue la especie con la menor área bucal (12 cm²), lo cual concuerda con su dieta basada en poliquetos y algunos decápodos caridea y ofiuras. Gibson (2005), afirma que en pleuronectiformes que se alimentan estrictamente de fauna bentónica la captura de las presas se hace por succión, la boca es conducida directamente sobre la presa sedentaria y mientras la presa se aleja del fondo, esta es

engullida por la protrusión de las mandíbulas y el movimiento hacia delante del depredador. Los depredadores que capturan presas enterradas en el sustrato, tienen mandíbulas asimétricas y dientes sólo en el lado ventral o ciego.

M. surmuletus tuvo un área promedio de 34,7 cm², esta especie se alimenta básicamente de invertebrados bentónicos de tamaño pequeño con énfasis en crustáceos. La boca está en posición terminal, ligeramente inferior y oblicua. Nuestros resultados fueron superiores a los de Labropoulou y Eleftheriou (1997), quienes encontraron, en *M. surmuletus*, un área promedio de 18,9 cm², sin embargo, la talla promedio de peces con los que trabajaron fue de 11,9 cm, un poco menor que la nuestra. Estos autores comentan que las diferencias entre las estructuras usadas para alimentarse juegan un papel importante en determinar las diferencias en la dieta.

Vemos que los mayores diámetros de boca los encontramos en las especies que se alimentan principalmente de peces, como son *S. scrofa* (119,3 cm²) y *U. scaber* (72,8 cm²), los cuales tienen bocas mucho más amplias, con mandíbulas fuertes. En el caso de *S. scrofa* la boca se encuentra en posición terminal y en el caso de *U. scaber* la boca se orienta más hacia la parte superior de la cabeza y cuando el pez está en posición de reposo sobre el sustrato las mandíbulas tienen una posición casi vertical (Huet, *et al.*, 1999).

Este análisis nos lleva a pensar que la morfología de la boca como estructura encargada de la obtención del alimento, determina las capacidades potenciales de cada especie para aprovechar los recursos del ambiente. De esta manera las diferencias estructurales de la boca, entre las especies, se relacionan con una mayor eficacia en el aprovechamiento de los recursos. Así, los tamaños de boca pequeños que encontramos en *S. lusitanica* concuerdan con el tipo de presas pequeñas que consume y a su vez las bocas más grandes, con más estructuras y más complejas corresponden a especies que basan su alimentación en presas de grandes tamaños como son los peces.

Según Labropoulou y Markakis (1998), y Wootton (1999), los rasgos morfológicos determinan qué y cómo comen los peces. La posición, forma y tamaño de la boca está relacionada con la dieta. Los peces que se alimentan en la superficie

o en medio de la columna de agua, tienen frecuentemente una boca, dorso-terminal o terminal; aquellos que se alimentan de plancton, crustáceos, moluscos y peces generalmente tienen una boca estrecha terminal, la cual se hace tubular cuando sobresale o es protruida; a su vez los peces principalmente piscívoros tienen bocas amplias y mandíbulas fuertes, y los que se alimentan de detritos e invertebrados sobre el sustrato suelen tener una boca ventroterminal. Los rasgos morfológicos permiten inferir acerca del tipo de dieta de una especie de pez, sin embargo estas evidencias siempre deben ser apoyadas por los estudios de composición dietaria. En nuestro caso, vemos que las características morfológicas de la boca, en cada especie, apoyan el tipo de dieta que tienen.

Con el fin de determinar si había diferencias en el tamaño de la boca entre tallas y sexos se realizó un análisis de varianza por especie. Se presentaron diferencias significativas entre las tallas en casi todas las especies, excepto en *U. scaber*, sin embargo en todos los casos las tallas pequeñas siempre tuvieron un área de boca menor. En *M. surmuletus* hubo una gran diferencia entre la talla 1 y la 2 ($F_{116,1}=20,3$; $P<0,001$); en *S. lusitanica* las tres tallas tenían un área bucal significativamente diferente ($F_{318,2}=12,5$; $P<0,001$); en *S. scrofa* debido a que no se tenían casi representantes de la talla más pequeña, sólo pudo constatarse diferencias significativas entre las tallas 2 y 3 ($F_{43,1}=6,9$; $P<0,05$); finalmente en *U. scaber* no se presentaron diferencias significativas entre las tallas 2 y 3 ($F_{85,1}=0,3$; $P=0,58$); de manera similar a la especie anterior, no se pudo contrastar con la talla 1 por la escasez de representantes. Además, hemos observado que en las especies estudiadas, las presas de mayor tamaño eran consumidas por las tallas más grandes, lo cual apoyaría el hecho que el desarrollo ontogénico de los peces conlleva un cambio en la morfología de las estructuras con las cuales adquiere el alimento, lo que a su vez facilita el acceso a presas de mayor tamaño.

En cuanto a los sexos, no hubo diferencias significativas: *M. surmuletus* ($F_{116,1}=1,9$; $P=0,2$); *S. lusitanica* ($F_{318,1}=2,3$; $P=0,13$); *S. scrofa* ($F_{43,1}=0,8$; $P=0,37$) y *U. scaber* ($F_{85,1}=0,58$; $P=0,45$). Sin embargo hay una tendencia general en la cual las hembras tuvieron un área bucal mayor que los machos, lo cual está ligado con las diferencias de tamaño, que existen entre sexos y que son propias de cada especie (Figura 4.56).

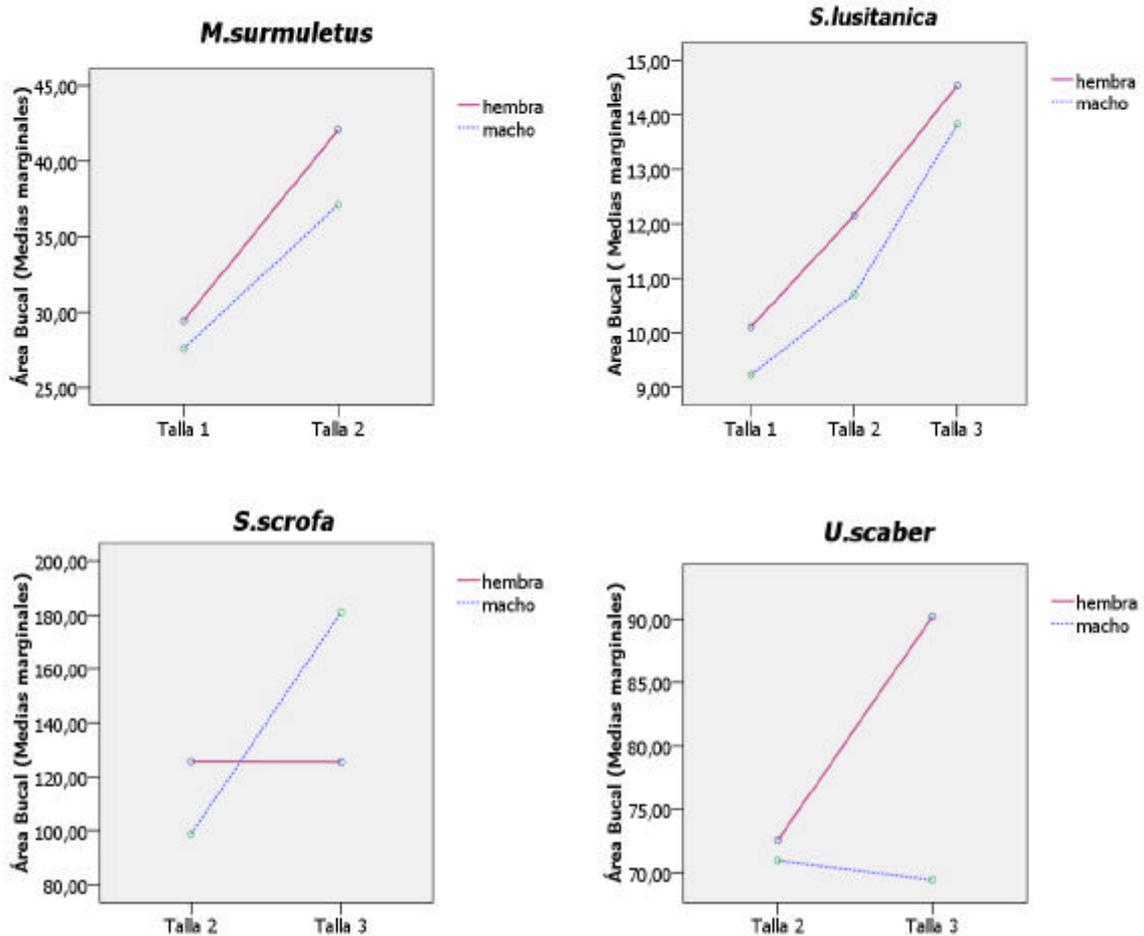


Figura 4.56. Área promedio de la boca por talla y sexo en las especies estudiadas

De acuerdo con lo anterior vemos que el principal factor que influye en el tamaño de la boca es el crecimiento. Lo cual a su vez influirá en la dieta de los peces como hemos venido comprobando en apartados anteriores.

En la Figura 4.57 se observa la relación entre el área de la boca y la longitud total del pez para las cuatro especies estudiadas.

Las relaciones fueron de tipo lineal para *S. lusitanica*, *M. surmuletus* y *S. scrofa*; y de tipo potencial para *U. scaber*. Todas las regresiones fueron estadísticamente significativas ($P < 0,05$), aun cuando los valores del coeficiente de determinación (r^2) estuvieron por debajo de 0,5. No se encontraron diferencias significativas entre las pendientes de las regresiones entre sexos o tallas.

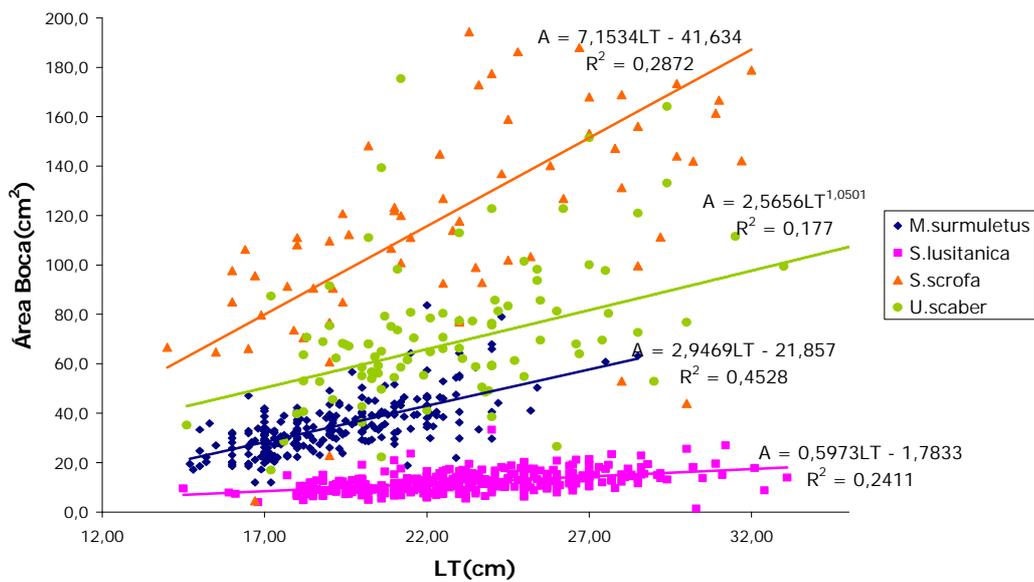


Figura 4.57. Regresión entre la longitud total y el área de la boca para las cuatro especies de peces del estudio

Existen muy pocas referencias en la bibliografía acerca de las relaciones entre las dimensiones de la boca y la longitud en peces marinos, Karpouzi y Stergiou (2003), realizaron un trabajo similar en 18 especies diferentes de peces entre las que se encontraban *M. surmuletus* y *Scorpaena porcus*. En ambas especies encontraron una relación potencial, entre el tamaño de la boca y la longitud del pez. Estos autores señalan que hay pocos trabajos sobre este tema y entre las referencias bibliográficas hay una gran variabilidad en los resultados.

Labropoulou *et al.* (1997), indicaron que el incremento de tamaño de los peces tiene como consecuencia un cambio de los hábitos alimenticios. Los peces de mayor tamaño exhiben una dieta más diversificada, explotando un rango más amplio de presas. En el caso de *M. surmuletus*, los peces más grandes, al tener mayor amplitud de boca, pueden capturar un rango más amplio de tamaños y tipos de presas, lo cual se refleja en una disminución en la competencia entre individuos pequeños y grandes.

Wootton (1999) por su parte apoya lo anterior y opina que la dieta de los peces normalmente cambia cuando ellos crecen debido a los cambios morfológicos que acompañan el crecimiento. Adicional a estos cambios ontogénicos en la dieta, puede haber cambios debidos a la estacionalidad y a los ritmos circadianos de cada especie. Los cambios ontogénicos en la dieta pueden ocurrir gradualmente en algunas

especies o de forma abrupta en otras, pero de una forma u otra reflejan cambios morfológicos y de madurez, especialmente en el incremento del tamaño de la boca y las mejoras en las habilidades locomotoras y sensoriales. Con esas mejoras, el campo de acción aumenta y el tamaño de las presas que pueden ser ingeridas también aumenta.

En el mismo sentido, Karpouzi y Stergiou (2003), también comentan que en las comunidades acuáticas el tamaño tanto del depredador como de la presa se relaciona directamente con la actividad alimenticia, de tal manera que en la medida que el pez crece, éste tiende a ampliar el rango de presas ingeridas y así mismo incrementa la talla promedio de estas.

No obstante lo anterior, la especialización de los mecanismos alimenticios es un tema cuestionado, dada la adaptabilidad observada en numerosas especies, de tal manera que las estructuras usadas para la alimentación muestran tal flexibilidad que se favorece la utilización de un gran número de recursos (Labropoulou y Markakis, 1998).

4.4.5. ESTUDIO DE LAS RELACIONES TRÓFICAS

4.4.5.1. Diversidad alimentaria y amplitud del nicho trófico (índices de diversidad de Shannon (H') y Levin (b_i))

La diversidad de los componentes alimenticios en las especies estudiadas y la amplitud de nicho, se analizaron mediante los índices de diversidad de Shannon, y de Levin, así mismo se utilizó el índice equitatividad de Shannon para determinar que tan homogénea era la dieta en cada especie. A continuación se presentan los valores globales de diversidad y equitatividad para las especies estudiadas (Tabla 4.12).

Tabla 4.12. Valores de diversidad alimentaria de Shannon (H'), diversidad máxima (Hmax), índice de diversidad de Levin (b_i) y homogeneidad de la dieta (J') de Shannon

	n.peces	H'	Hmax	J'	b _i
<i>M. surmuletus</i>	280	2,02	2,94	0,69	0,25
<i>S. lusitanica</i>	476	0,07	0,69	0,09	0,02
<i>S. scrofa</i>	115	1,69	2,08	0,81	0,47
<i>T. torpedo</i>	63	1,01	1,10	0,92	0,79
<i>U. scaber</i>	139	1,54	2,08	0,74	0,33

Según los resultados del índice de diversidad de Shannon, *M. surmuletus* fue la especie con la mayor diversidad alimentaria, es decir es la especie que presentó la mayor amplitud de nicho, con respecto a las cinco especies estudiadas. Le siguen en orden *S. scrofa*, *U. scaber*, *T. torpedo* y por último *S. lusitanica*. En cuanto a la homogeneidad (J'), todas las especies, excepto *S. lusitanica*, presentaron valores superiores a 0,5; los valores más altos los presentaron *T. torpedo* y *S. scrofa*, siendo las especies con una dieta más homogénea, seguidas por *U. scaber*, *M. surmuletus* y finalmente *S. lusitanica*, la cual se alimenta principalmente de poliquetos y ocasionalmente puede consumir otro tipo de invertebrado bentónico.

Los valores del índice de diversidad de Levin (β_i) fueron muy variados entre las especies y confirman la tendencia seguida por el índice de homogeneidad (J'). El valor más alto se presentó en *T. torpedo* lo cual indica una tendencia a alimentarse de forma generalista con mayor homogeneidad en su dieta, le sigue *S. scrofa*, *U. scaber* y *M. surmuletus* con valores por debajo de 0,5 lo cual quiere decir que a pesar de alimentarse de una gran variedad de recursos, hay algunas presas que consume en mayor cantidad que otras y finalmente encontramos a *S. lusitanica* con el índice más bajo, lo cual refleja una tendencia clara hacia la especialización.

No se encontraron diferencias significativas en la diversidad entre las diferentes épocas del año, tallas o sexos, para ninguna de las especies estudiadas. En la Figura 4.58 se aprecian algunas variaciones observadas.

De acuerdo con esta figura, en cuanto a la amplitud de nicho, calculada mediante el índice de diversidad de Shannon (H'), observamos que la mayor amplitud se presentó en primavera, en todas las especies, excepto en *S. lusitanica*. Las diferencias entre tallas fueron muy variadas según cada especie. En *M. surmuletus* y *T. torpedo* la mayor diversidad se dio en la talla 1, en *S. scrofa* y *U. scaber* fue la talla 2 y en *S. lusitanica* se dio en la talla 3, aunque debemos tener en cuenta que no en todas las especies se contaron con representantes de todas las tallas. Finalmente, en aquellas especies en las que había representantes suficientes de ambos sexos para realizar esta estimación de diversidad, parece ser que las hembras presentaron una mayor amplitud de nicho.

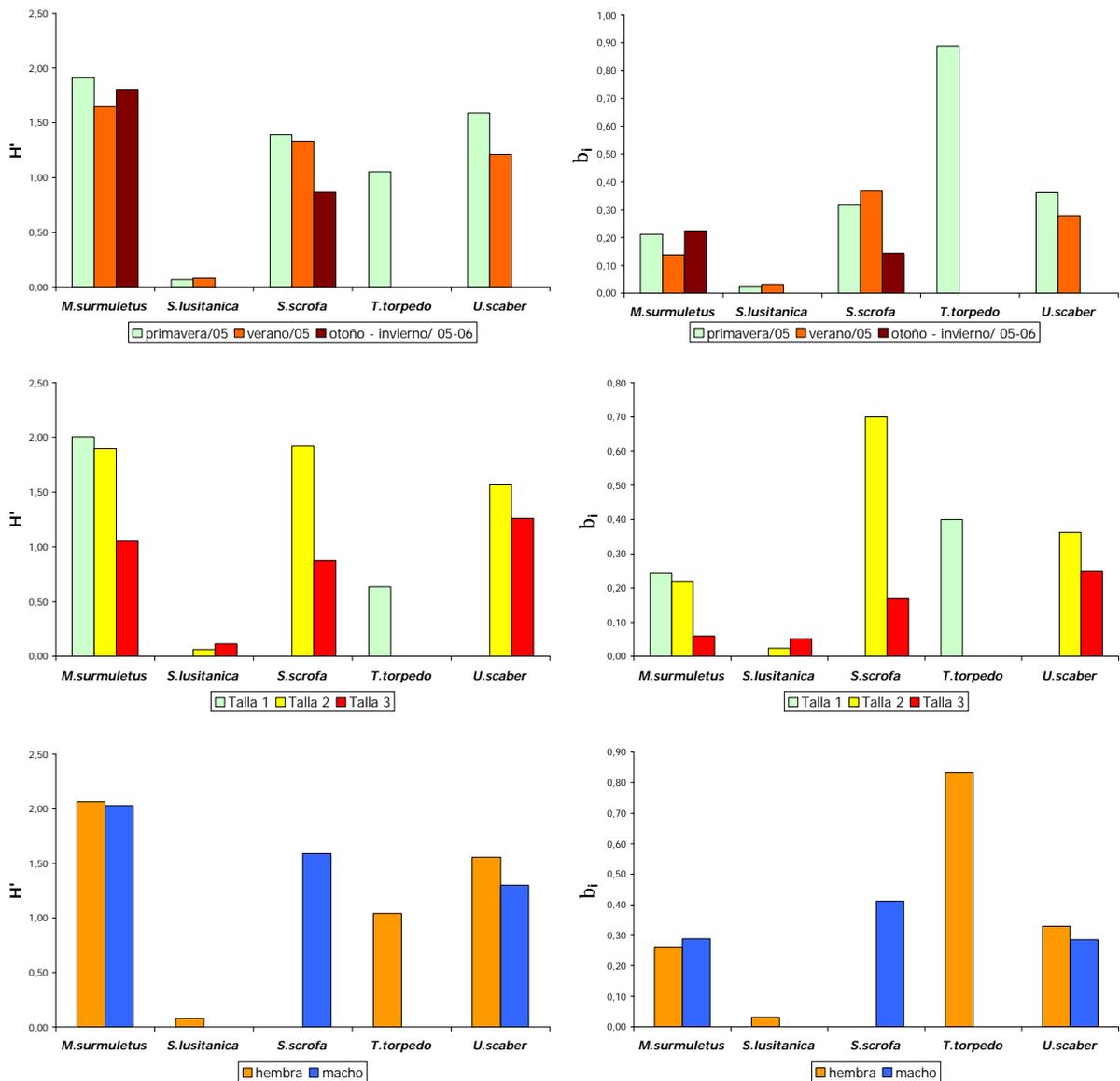


Figura 4.58. Variaciones en la diversidad (H') y (b_i) y en la homogeneidad (J') debidas a la época de muestreo, tallas y sexos en la dieta de las especies estudiadas

Aguirre (2000) asegura que en *M. surmuletus*, las fluctuaciones en los valores de diversidad a lo largo del año y la ausencia de patrones estacionales puede deberse a la heterogeneidad del ambiente que influye en las variaciones en la distribución del alimento y al cambio de hábitos alimenticios, respuesta de estas variaciones. El aumento poblacional de un recurso alimenticio, incrementa la concentración del forrajeo sobre los componentes alimenticios energéticamente más ricos, mientras que la abundancia de los componentes con valores energéticos bajos no influye en la inclusión en la dieta. A medida que la abundancia del alimento declina, los depredadores incluyen en su dieta una gama amplia de tipos y tamaños

de presas, con el consiguiente aumento de la amplitud trófica, la equitatividad y la disminución en la dominancia. Basados en nuestros resultados vemos que esta afirmación también puede ser aplicada en las demás especies.

Al observar las diferencias en la diversidad alimentaria según el índice de Levin entre épocas de muestreo en la figura anterior, vemos que hay una gran variabilidad entre especies. En *M. surmuletus* el índice es mayor en primavera y en otoño-invierno y menor en verano; en *U. scaber* y en *T. torpedo* ocurrió algo similar, teniendo en primavera mayor homogeneidad en la dieta; en *S. lusitanica* las variaciones son mínimas; y en *S. scrofa* el verano fue la época donde se dio un consumo más homogéneo de las presas. Con lo cual podríamos pensar que hay épocas en las cuales las especies no consumen específicamente las presas de mayor preferencia y se hacen un poco más generalistas con respecto a la oferta del medio.

En cuanto a las tallas, en *M. surmuletus*, la talla 1 fue más generalista en la distribución de la dieta, en *S. scrofa* y *U. scaber* fue la talla 2, a diferencia de *S. lusitanica* en donde el mayor valor se presentó en la talla 3. En *T. torpedo* las tallas 2 y 3 sólo se alimentaron de peces con lo cual pueden considerarse especialistas, a diferencia de la talla 1 que se alimentó de otro tipo de presas. Finalmente, en *S. lusitanica*, *T. torpedo* y *U. scaber*, las hembras parecen ser más generalistas y en *M. surmuletus* y *S. scrofa* al parecer son los machos los que presentan menor especialización.

Comparando nuestros resultados con otros estudios, vemos que Harmelin-Vivien *et al.* (1989), con respecto a la amplitud de nicho de *S. scrofa*, *S. porcus* y *S. notata*, encontraron que aún cuando las tres especies consumieron preferentemente las mismas presas, la amplitud de sus nichos alimenticios fue diferente. Fue más amplio en *S. notata*, la especie más pequeña, y más estrecho en *S. scrofa*. La amplitud del nicho disminuyó durante la noche, mientras que esta no varió en *S. porcus*.

Labropoulou y Eleftheriou (1997) al comparar la ecología trófica de *M. surmuletus* y *M. barbatus*, mediante el índice de Levin, encontraron que dichas especies tenían una tendencia a la especialización en las preferencias alimenticias. Entre ambas especies, el nicho estuvo separado debido a que ambas utilizan

diferentes taxones como presas principales. En este estudio comentan que las interpretaciones ecológicas sobre la amplitud de nicho dependen fundamentalmente de la variable usada para calcular los índices, de tal manera que al usar el índice numérico se tiende a enfatizar más en los ítems alimenticios pequeños y por su parte si se usa la biomasa se le dará más importancia a las presas grandes.

Labropoulou *et al.* (1997), estudiaron los hábitos alimenticios de *M. surmuletus* en costas griegas, encontrando que su alimentación se compone de un rango muy estrecho de presas, lo cual se reflejó en un índice de diversidad de Shannon muy bajo, por lo que consideran esta especie como especialista, sin embargo matizan que la amplitud dietaria se incrementó con el tamaño del pez para especímenes mayores a 161 mm de longitud total, lo cual indicaría una tendencia a una alimentación más generalista durante los últimos estadios del crecimiento. Estos datos difieren un poco de los nuestros ya que los peces de menor tamaño tuvieron un índice de Shannon mayor que los adultos de tallas mayores.

Aguirre (2000), encontró valores de diversidad de 3,6 para *M. surmuletus* y 3,3 para *M. barbatus*, un poco mayores que los encontrados en nuestro estudio. En cuanto a las diferencias temporales, en *M. surmuletus* la mayor diversidad la encontró en verano (4,4) y la menor en marzo (2,5) y además los valores de diversidad fueron menores en peces de talla pequeña (<100mm), lo cual también difiere con nuestros resultados.

Sin embargo Machias y Labropoulou (2002), en un trabajo sobre las variaciones intra específicas de los recursos usados por *Mullus barbatus* comentaron que la amplitud de la dieta, calculada con el índice de Levin, presentaba una tendencia a descender con el incremento en el tamaño del pez tanto en abundancia como en biomasa.

Cabral *et al.* (2003), estudiaron la ecología alimenticia de *S. lusitanica* y concluyeron que esta especie se alimenta de muy pocos tipos de presas, con lo cual su amplitud dietaria es extremadamente estrecha, consumiendo casi exclusivamente poliquetos y bivalvos. Nuestros resultados fueron muy similares a los encontrados por estos autores.

Morte (2002) analizó el índice de Levin (β_i) en siete especies de peces bentónicos del golfo de Valencia, encontrando valores de 0,29 en *Scorpaena notata* y 0,61 en *S. porcus*, esta última tuvo el valor más alto de los peces estudiados y por tal razón es considerada como una especie generalista, a diferencia de *S. notata* que puede ser más especialista. Así mismo, La Mesa *et al.* (2007), determinaron para *Scorpaena maderensis* valores de 3,88 de diversidad alimenticia (H') y de 0,69 de homogeneidad (J'). Al comparar estos resultados con los nuestros de *S. scrofa*, vemos que el valor del índice de Levin (β_i) (0,47) es más alto que el *S. notata*, pero menor que el de *S. porcus* y la diversidad alimenticia ($H'=1,69$) fue mayor que la de *S. maderensis*. Lo cual nos indica que incluso dentro del mismo género, tanto la diversidad alimentaria como la amplitud de nicho tienen una variación muy amplia.

No se encontraron referencias bibliográficas sobre trabajos de amplitud de nicho en *T. torpedo* y *U. scaber*.

4.4.5.2. Índice de solapamiento o similitud trófica (a)

Para estimar la similitud de la dieta, tanto a nivel de especies como entre las cinco especies de este estudio, se utilizó el índice de solapamiento de Schoener (1970).

La similitud en el aprovechamiento de los recursos alimenticios se representó de forma gráfica mediante dendrogramas a partir de un análisis de clasificación por conglomerados jerárquicos basado en la distancia euclídea al cuadrado del número de presas consumidas por cada especie y por cada grupo de peces.

Análisis intra específico:

Para cada una de las especies estudiadas se hizo una comparación de la dieta entre épocas del año, tallas y sexos.

M. surmuletus

En la siguiente tabla se presentan los valores del índice de solapamiento para *M. surmuletus*.

Tabla 4.13. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos en *M. surmuletus*

	Primavera	Verano	Otoño-invierno
Primavera	1	0,51	0,54
Verano	0,51	1	0,67
Otoño-invierno	0,54	0,67	1
	Talla 1	Talla 2	Talla 3
Talla 1	1	0,76	0,21
Talla 2	0,76	1	0,29
Talla 3	0,21	0,29	1
	Hembras	Machos	
Hembras	1	0,78	
Machos	0,78	1	

Vemos que las épocas en las cuales la dieta fue semejante fueron el verano y el otoño-invierno ($\alpha=0,67$). Por su parte la primavera fue un poco diferente, ya que como hemos anotado anteriormente, en esta época los peces consumieron una mayor variedad de presas y en mayor cantidad, el nivel de solapamiento sería medio ($\alpha=0,51$ con el verano y $\alpha=0,54$ con el otoño-invierno).

En cuanto a las tallas, la talla 3 está muy alejada de las otras dos ($\alpha=0,21$ con la talla 1 y $\alpha=0,29$ con la talla 2) presentando un solapamiento muy bajo. Esto puede ser explicado en parte ya que fueron muy pocos los ejemplares de *M. surmuletus* mayores de 25 cm, por lo tanto podemos decir que no se contaba con un número representativo de ejemplares para realizar la comparación. Las tallas 1 y 2 presentaron un nivel alto de solapamiento ($\alpha=0,76$), por lo tanto no parece haber evidencia de un cambio de dieta entre los peces pequeños y los adultos.

Si observamos el solapamiento entre sexos, vemos que este fue alto ($\alpha=0,78$), con lo cual no parece haber evidencia que hembras y machos tengan dietas diferentes.

La representación gráfica se presenta en el dendrograma de la Figura 4.59, en el cual se compara las similitudes en la dieta entre épocas, tallas y sexos.

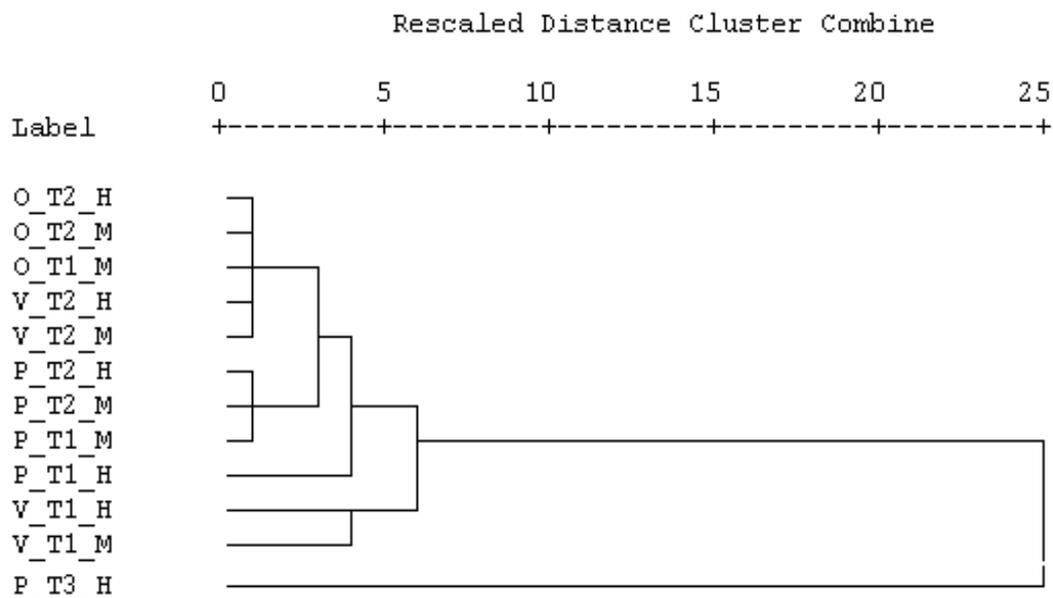


Figura 4.59. Dendrograma del análisis de la composición de la dieta de *M. surmuletus* mediante conglomerados en las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)

Observamos que los factores que más influyeron en la separación de los grupos fueron la talla y la estacionalidad. De tal manera que el primer grupo, que corresponde a los individuos más grandes (hembras de talla 3) fue el que presentó las mayores diferencias con el resto, debido en parte a la poca representación de salmonetes de talla mayor a 25 cm, que puede haber influido en esta clasificación. Luego vemos que la mayoría de individuos pequeños de primavera y verano se encontraban relativamente cerca y un poco más alejados los individuos de talla 2. En cuanto a las épocas primavera y verano fueron grupos cercanos y el más alejado fue el de otoño-invierno. Las diferencias no radicarón especialmente en el tipo de presas que consumieron, ya que en todos los grupos las presas principales fueron los anfípodos, los decápodos brachyura y los poliquetos. Estas diferencias se basaron en la cantidad de taxones y el número de presas que consumió cada grupo.

Aguirre (2000), y Aguirre y Sánchez (2005), comparan la dieta de *M. surmuletus* por grupos de talla, encontrando valores altos de disimilitud (>70% y del 59,8% respectivamente) que evidencian las diferencias en el aprovechamiento del recurso, indicando una repartición adecuada del alimento entre tallas.

S. lusitanica

En la siguiente tabla se presentan los valores del índice de solapamiento para *S. lusitanica*.

Tabla 4.14. Valores del índice de solapamiento (a) de Schoener, por épocas, tallas y sexos en *S. lusitanica*

	Primavera	Verano	Otoño-invierno
Primavera	1	0,99	0,98
Verano	0,99	1	0,98
Otoño-invierno	0,98	0,98	1
	Talla 1	Talla 2	Talla 3
Talla 1	1	0,99	0,98
Talla 2	0,99	1	0,99
Talla 3	0,98	0,99	1
	Hembras	Machos	
Hembras	1	0,98	
Machos	0,98	1	

En esta especie, podemos observar que la dieta fue muy similar a lo largo del año, entre tallas y entre sexos y prácticamente no hubo diferencias, con lo cual el solapamiento de la dieta fue muy alto.

De forma gráfica esto lo podemos ver en el dendrograma de la Figura 4.60, en el cual se compara las similitudes en la dieta entre épocas, tallas y sexos.

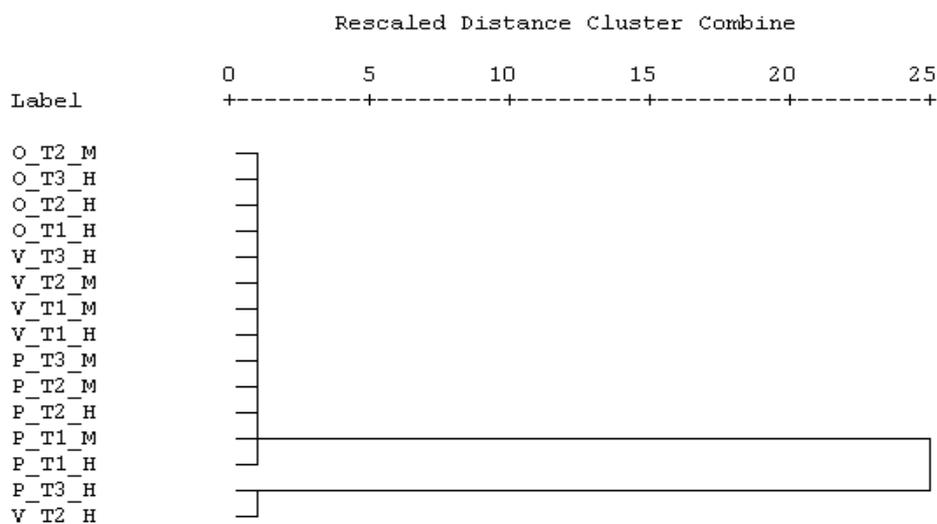


Figura 4.60. Dendrograma del análisis de la composición de la dieta de *S. lusitanica* mediante conglomerados en las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)

Observamos dos grupos o cluster principales, el de la parte superior esta formado por aquellos individuos en los cuales no se encontraron representantes de caridea en su alimento. En la parte inferior a su vez hay dos agrupaciones, la diferencia radica en que las hembras de mayor tamaño, en primavera, aun cuando su alimentación se basó en poliquetos, el porcentaje de representantes de caridea que consumió fue un poco superior con respecto a las hembras de talla 2 en verano.

Estos resultados son consistentes con los publicados por Cabral (1998 y 2000), quien encontró diferencias en la alimentación de *Solea solea* y *S. senegalensis* de acuerdo con el tamaño, de tal manera que los peces de tamaño menor a 10 cm se alimentaban principalmente de poliquetos y los de mayor tamaño se alimentaban de un número más amplio de presas. Encontró solapamiento poco acentuado entre ambas especies dentro del mismo rango de tallas, es decir que los peces pequeños de las dos especies tenían una alimentación similar, así como los peces grandes que se alimentaban de presas similares.

S. scrofa

Vemos que el solapamiento de la dieta entre grupos fue bajo, es decir que al parecer la alimentación fue diferente entre épocas del año, tallas y sexos. En la siguiente tabla se presentan los valores del índice de solapamiento para *S. scrofa*.

Tabla 4.15. Valores del índice de solapamiento (a) de Schoener, por épocas, tallas y sexos en *S. scrofa*

	Primavera	Verano	Otoño-invierno
Primavera	1	0,49	0,21
Verano	0,49	1	0,37
Otoño-invierno	0,21	0,37	1
	Talla 1	Talla 2	Talla 3
Talla 1	1	0,18	0,57
Talla 2	0,18	1	0,37
Talla 3	0,57	0,37	1
	Hembras	Machos	
Hembras	1	0,32	
Machos	0,32	1	

En cuanto a las épocas de muestreo, la alimentación entre primavera y otoño fue bastante diferente ($\alpha=0,21$), al igual que entre verano y otoño ($\alpha=0,37$), las

épocas más similares fueron primavera y verano ($\alpha=0,49$), esto es debido principalmente a que en el otoño la dieta estuvo conformada por menos tipos de presas. Si observamos el solapamiento entre tallas, vemos que este también es bajo, principalmente con respecto a la talla 2 que se caracterizó por una mayor variedad alimenticia ($\alpha=0,18$ entre las tallas 1 y 2 y $\alpha=0,37$ entre las tallas 2 y 3). Entre las tallas 1 y 3 el valor fue de $\alpha=0,57$, indicando una mayor similitud.

El solapamiento en la dieta con respecto a los sexos fue bajo ($\alpha=0,32$) ya que las hembras sólo se alimentaron de peces, aun cuando hay que tener en cuenta que fueron muy pocos los representantes analizados. Los individuos con un mayor número de taxones en su dieta fueron los machos.

La representación gráfica se presenta en el dendrograma de la Figura 4.61, en el cual se compara las similitudes en la dieta entre épocas, tallas y sexos.

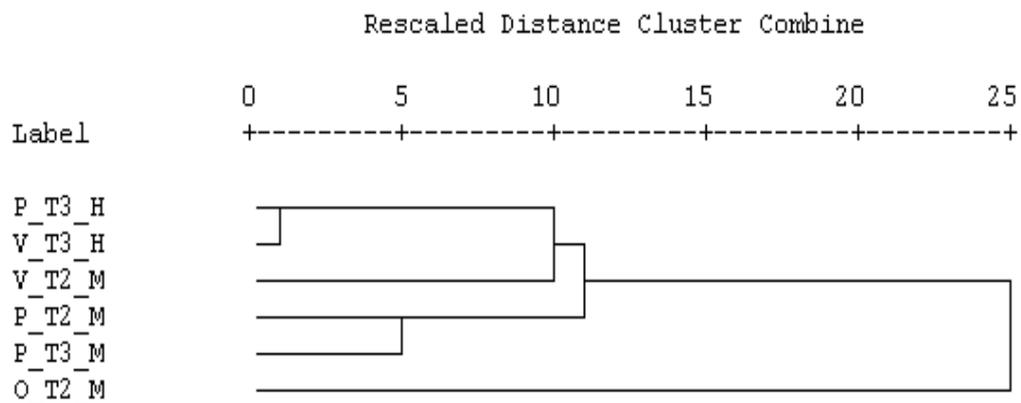


Figura 4.61. Dendrograma del análisis de la composición de la dieta de *S. scrofa* mediante conglomerados en las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)

En el dendrograma se refleja claramente la situación explicada anteriormente. En primer lugar tenemos dos grandes grupos, el de arriba conformado por individuos que en su dieta siempre se encontraron peces y el de abajo correspondió a machos de talla 2 que consumieron crustáceos pero no peces. En la parte superior del dendrograma vemos que se encontraron las hembras de mayor tamaño, las cuales basaron su alimentación únicamente en peces. En la zona media encontramos los machos que además de los peces, tuvieron una dieta más diversa basada en crustáceos y moluscos.

Como hemos venido anotando en otros apartados, son muy pocos los trabajos realizados sobre alimentación y ecología trófica de esta especie. Harmelin-Vivien *et al.* (1989), encontraron una competencia intra específica baja entre juveniles y adultos de *S. scrofa*, *S. porcus* y *S. notata*. Los juveniles no compitieron por el alimento con los peces de otros tamaños de la misma especie. En especímenes menores a 90mm la competencia intra específica fue baja. Para individuos de mayor tamaño, el solapamiento intra específico fue intermedio ($T=0,56$ en *S. porcus* y $T=0,62$ en *S. notata*). Señalan que el solapamiento entre tallas debería ser de hecho más bajo si se considera el tamaño de la presa. Nuestros datos de solapamiento entre tallas estuvieron por debajo de los señalados por estos autores.

Morte (2002), al comparar el solapamiento entre *Scorpaena porcus* y *S. notata* encontro que ambas especies se alimentaron principalmente de crustáceos decápodos, sin embargo el solapamiento de la dieta fue bajo debido a que ambas especies consumieron diferentes géneros o especies de presas de la misma familia, con lo cual la competencia se redujo. Sin embargo anota que para determinar si hay o no competencia entre especies se debe contar con información que establezca si la fuente alimenticia es abundante o escasa.

La Mesa *et al.* (2007), hallaron en *Scorpaena maderensis* que el principal factor que influye en la dieta de esta especie es el tamaño del pez y a su vez el sexo ya que esta especie presenta dimorfismo sexual basado en el tamaño de los peces, con machos más grandes que las hembras, con lo cual el solapamiento de dieta entre tallas, sexos y estaciones fue muy bajo. En nuestro caso, no parece haber evidencias de este dimorfismo y debido a la poca representación de hembras en nuestra muestra, no es fácil explicar el solapamiento tan bajo entre sexos.

T. torpedo

El solapamiento en la dieta de *T. torpedo* entre épocas fue muy bajo, con lo cual podemos pensar que tanto en primavera como en otoño-invierno la dieta fue diferente, en otoño-invierno sólo se encontraron peces en los estómagos analizados, mientras que en primavera hubo una mayor diversidad en las presas. En la siguiente tabla se presentan los valores del índice de solapamiento para *T. torpedo*.

Tabla 4.16. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos en *T. torpedo*

	Primavera	Otoño-invierno	
Primavera	1	0,4	
Otoño-invierno	0,4	1	
	Talla 1	Talla 2	Talla 3
Talla 1	1	0	0
Talla 2	0	1	1,00
Talla 3	0	1,00	1
	Hembras	Machos	
Hembras	1	0,25	
Machos	0,25	1	

Con respecto a las tallas, la alimentación de la talla 1 fue muy diferente a la de las tallas 2 y 3, ya que los organismos pequeños se alimentaron fundamentalmente de poliquetos y moluscos y por el contrario las tallas 2 y 3 solaparon completamente sus dietas al alimentarse únicamente de peces.

En el caso de la alimentación entre hembras y machos debemos indicar que el número de hembras analizado fue muy bajo y en general fueron organismos de tamaño pequeño lo cual pudo haber influido en el resultado del índice de solapamiento ($\alpha=0,25$), ya que la dieta de las hembras estuvo constituida en un porcentaje alto de poliquetos, seguido de peces y moluscos y a su vez los machos sólo se alimentaron de peces.

La representación gráfica se presenta en el dendrograma de la Figura 4.62, en el cual se compara las similitudes en la dieta entre épocas, tallas y sexos.

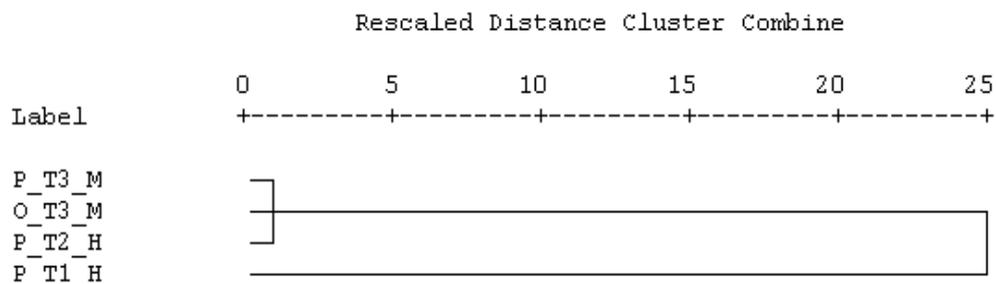


Figura 4.62. Dendrograma del análisis de la composición de la dieta de *T. torpedo* mediante conglomerados en las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)

En el dendrograma vemos con claridad los dos grandes grupos, en la parte superior de la figura están los individuos que sólo se alimentaron de peces y en la parte inferior hembras pequeñas que sólo se alimentaron de poliquetos y moluscos.

U. scaber

En la siguiente tabla se presentan los valores del índice de solapamiento para *U. scaber*.

Tabla 4.17. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos en *U. scaber*

	Primavera	Verano	Otoño-invierno
Primavera	1	0,72	0,47
Verano	0,72	1	0,48
Otoño-invierno	0,47	0,48	1
	Talla 1	Talla 2	Talla 3
Talla 1	1	0,47	0,55
Talla 2	0,47	1	0,81
Talla 3	0,55	0,81	1
	Hembras	Machos	
Hembras	1	0,79	
Machos	0,79	1	

En esta especie podemos observar que la época de otoño-invierno fue la que menos se solapó con las demás ($\alpha=0,47$ con primavera y $\alpha=0,48$ con verano), pero debemos resaltar que el número de peces analizados en esta época fue muy bajo y sólo se encontraron individuos que se alimentaron de peces, el solapamiento en la dieta entre primavera y verano fue mayor ($\alpha=0,72$), ya que consumieron el porcentajes altos peces, moluscos y nemátodos.

En cuanto a las tallas los peces de tallas 2 y 3 tienen un solapamiento de su dieta bastante alto, debido a que coinciden en alimentarse de peces casi en un 50%, además de otras presas que tienen en común. El solapamiento con la talla 1 es menor debido a que se tenían pocos ejemplares y los peces fueron el único alimento encontrado en esta talla. En el caso del sexo vemos hay un solapamiento alto de la dieta entre hembras y machos ($\alpha=0,79$), debido a un alto consumo de peces.

La representación gráfica se presenta en el dendrograma de la Figura 4.63, en el cual se compara las similitudes en la dieta entre épocas, tallas y sexos.

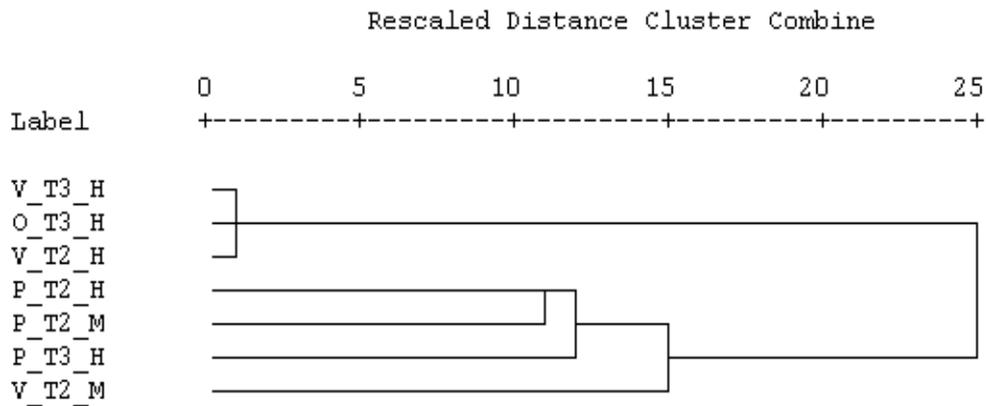


Figura 4.63. Dendrograma del análisis de la composición de la dieta de *U. scaber* mediante conglomerados en las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)

Aquí podemos observar con claridad lo que hemos explicado en el apartado anterior, se forman dos grupos muy diferentes, por un lado individuos que solo se alimentaron de peces (hembras de talla 3 de otoño-invierno y verano) y por otro lado aquellos que tuvieron una dieta más variada. En este último grupo vemos a su vez dos subgrupos, por un lado tenemos las categorías que se alimentaron de forma más variada como son individuos de tallas 2 y 3 en primavera, los cuales se alimentaron de peces casi en un 50% y el resto de la dieta estuvo conformada por decápodos caridea, moluscos, misidáceos, poliquetos, anfípodos y cangrejos y por otro lado los machos de la talla dos en verano, que si bien tuvieron una alimentación variada, ésta estuvo formada por menos taxones, siendo los peces y los moluscos la mayor parte de la dieta (69%), seguidos en menor proporción por los anfípodos.

Análisis inter específico:

En la Tabla 4.18 vemos los resultados del índice de solapamiento de Schoener realizado entre las especies estudiadas.

Tabla 4.18. Valores del índice de solapamiento (a) de Schoener entre especies

	<i>M. surmuletus</i>	<i>S. lusitanica</i>	<i>S. scrofa</i>	<i>T. torpedo</i>	<i>U. scaber</i>
<i>M. surmuletus</i>	1	0,18	0,17	0,18	0,19
<i>S. lusitanica</i>	0,18	1	0,01	0,33	0,05
<i>S. scrofa</i>	0,17	0,01	1	0,54	0,58
<i>T. torpedo</i>	0,18	0,33	0,54	1	0,65
<i>U. scaber</i>	0,19	0,05	0,58	0,65	1

El nivel de solapamiento más bajo se presentó entre *S. lusitanica* y *S. scrofa* ($\alpha=0,01$) debido a que la primera especie tiene una dieta basada en poliquetos, los cuales no son consumidos por *S. scrofa*, y entre *S. lusitanica* y *U. scaber* ($\alpha=0,05$) debido al bajo consumo de poliquetos por parte de *U. scaber*. Para el caso de *S. lusitanica* el valor más alto de solapamiento se dio con *T. torpedo* ($\alpha=0,33$), debido a que los peces pequeños de esta especie consumen poliquetos como presa fundamental en su dieta.

M. surmuletus tuvo un solapamiento de dieta bajo con respecto de las demás especies (valores de α entre 0,17 con *S. scrofa* y 0,19 con *U. scaber*).

En la Figura 4.64 se compara el tipo de presas consumidas, en función del índice de importancia relativa (RI%), entre cada par de especies con un índice alto de solapamiento en su dieta.

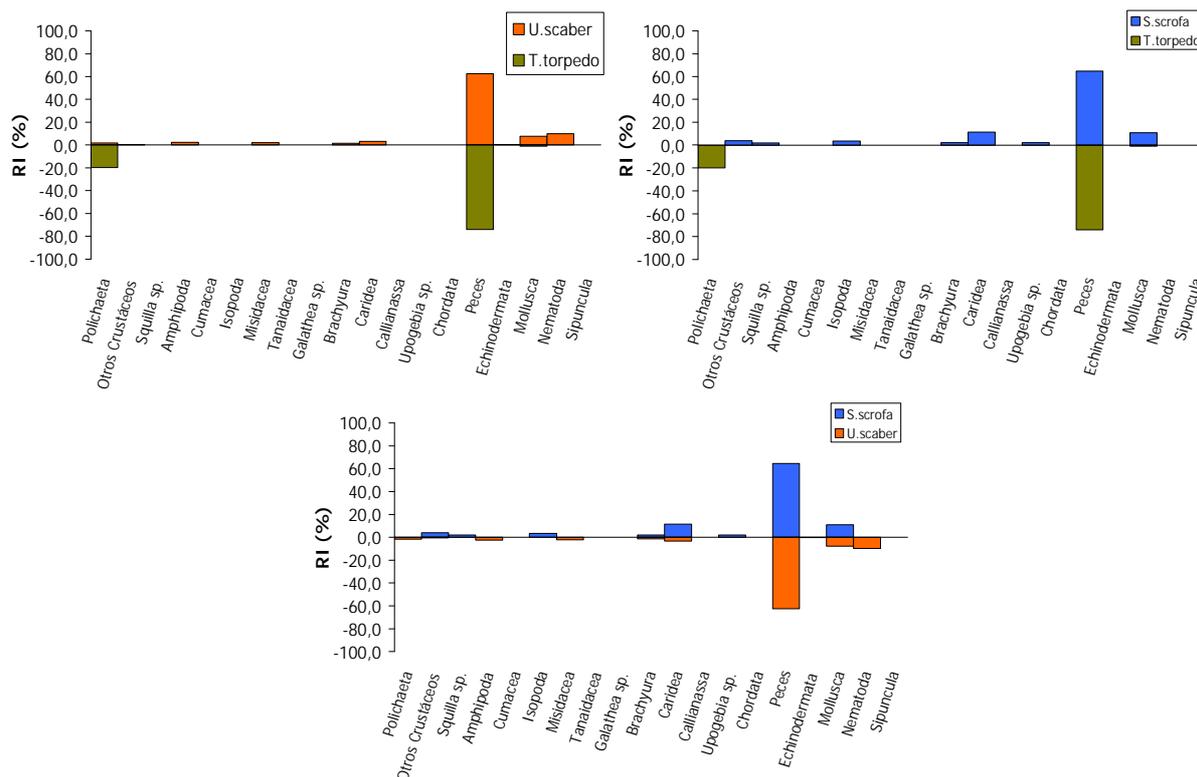


Figura 4.64. Comparación del tipo de dieta entre las especies con un índice alto de solapamiento

El mayor solapamiento en la dieta ocurrió entre *U. scaber* y *T. torpedo* ($\alpha=0,65$), quienes, según se observa en la figura anterior, compartieron en primer lugar una dieta basada en peces, moluscos y poliquetos, sin embargo a un nivel taxonómico menor vemos que la única familia de peces que tuvieron en común fue la

familia soleidae y en cuanto a los moluscos, en *U. scaber* encontramos cefalópodos y en *T. torpedo* bivalvos, lo cual quiere decir que a pesar de obtener un valor de solapamiento alto, a nivel específico ambas especies parece que no hacen uso del mismo nicho.

En un nivel medio de solapamiento están las dietas de *S. scrofa* con *U. scaber* ($\alpha=0,58$) quienes comparten en su dieta el consumo en primer lugar de peces, seguido de decápodos carídea que parecen ser más importantes en *S. scrofa*, moluscos y en último lugar decápodos brachyura. En cuanto a los tipos de peces que comen, encontramos una gran coincidencia (orden scorpaeniformes y anguilliformes y familias sparidae y soleidae), así como en moluscos.

También dentro de este nivel medio de solapamiento están las dietas entre *S. scrofa* y *T. torpedo* ($\alpha=0,54$) debido a que como en los casos anteriores comparten como presa fundamental en su dieta peces y moluscos. Sin embargo igual que en los casos anteriores a un nivel taxonómico más bajo vemos que en cuanto a peces sólo tuvieron en común los de la familia soleidae y en cuanto a los moluscos sólo coincidieron en los bivalvos.

Con base en los resultados de solapamiento de dieta entre las especies, se escogieron aquellas especies con valores altos, para comparar la alimentación entre épocas, tallas y sexos, con el fin de explicar con más detalle el tipo de solapamiento. En primer lugar se encuentran *U. scaber* y *T. torpedo*, en la Tabla 4.19 se pueden observar los valores del índice de solapamiento de Schoener.

Tabla 4.19. Valores del índice de solapamiento (α) de Schoener, por épocas, tallas y sexos entre *U. scaber* y *T. torpedo*

<i>U. scaber</i> <i>T. torpedo</i>	Primavera	Otoño-invierno	
Primavera	0,52		
Otoño-invierno		1,0	
	Talla 1	Talla 2	Talla 3
Talla 1	0	0,17	0,1
Talla 2	1,0	0,47	0,56
Talla 3	1,0	0,47	0,56
	Hembras	Machos	
Hembras	0,35	0,47	
Machos	0,50	0,50	

El mayor solapamiento ocurrió en la época de otoño-invierno y entre la talla 1 de *U. scaber* y las tallas 2 y 3 de *T. torpeda*, debido a que en estos grupos los individuos se alimentaron únicamente de peces, esto puede observarse en el dendrograma de la Figura 4.65.

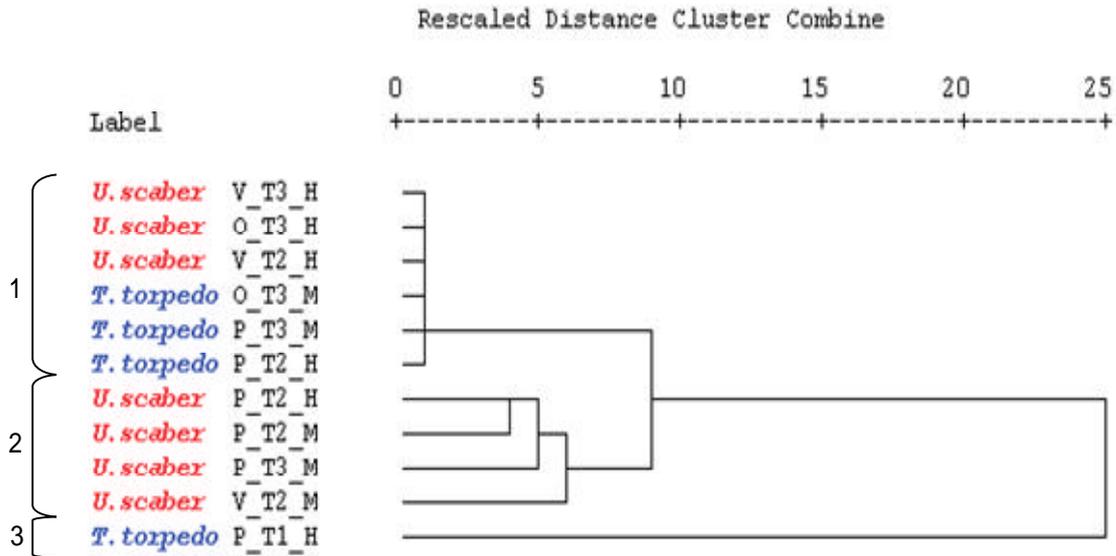


Figura 4.65. Dendrograma del análisis de conglomerados de la composición de la dieta entre *U. scaber* y *T. torpeda* según las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)

Podemos ver que inicialmente se forman dos grandes grupos, el de la parte inferior (3) está compuesto por aquellas hembras de talla pequeña de *T. torpeda* que en primavera sólo se alimentaron de poliquetos y moluscos y el de la parte superior a su vez se divide en dos grupos, el superior (1) corresponde a los peces cuya alimentación estaba compuesta sólo de peces y el de la parte inferior (2) incluye peces con una dieta más variada, y corresponde en su totalidad a *U. scaber*, con lo cual podemos concluir que en este segundo grupo no hay solapamiento de las dietas y el solapamiento sólo se dio en aquellos grupos que se alimentaron exclusivamente de peces.

Una segunda comparación de dietas se hizo para *S. scrofa* y *U. scaber*, los resultados se presentan en la Tabla 4.20.

Tabla 4.20. Valores del índice de solapamiento (a) de Schoener, por épocas, tallas y sexos entre *S. scrofa* y *U. scaber*

<i>S. scrofa</i> <i>U. scaber</i>	Primavera	Verano	Otoño-invierno
Primavera	0,57		
Verano		0,6	
Otoño-invierno			0,18
	Talla 1	Talla 2	Talla 3
Talla 1	1,0	0,18	0,57
Talla 2	0,47	0,37	0,6
Talla 3	0,55	0,43	0,72
	Hembras	Machos	
Hembras	0,5	0,48	
Machos	0,5	0,37	

Entre épocas, el mayor índice de solapamiento de las dietas estuvo en verano, debido a la coincidencia en la captura de peces y moluscos por ambas especies, aunque a un nivel taxonómico más bajo es posible que no sean depredadores de los mismos tipos de presa. En cuanto a las tallas los individuos pequeños y los juveniles de ambas especies sólo tenían peces en sus estómagos, con lo cual el solapamiento parece ser bastante alto. Las similitudes en la dieta las podemos observar con más detalle en la Figura 4.66.

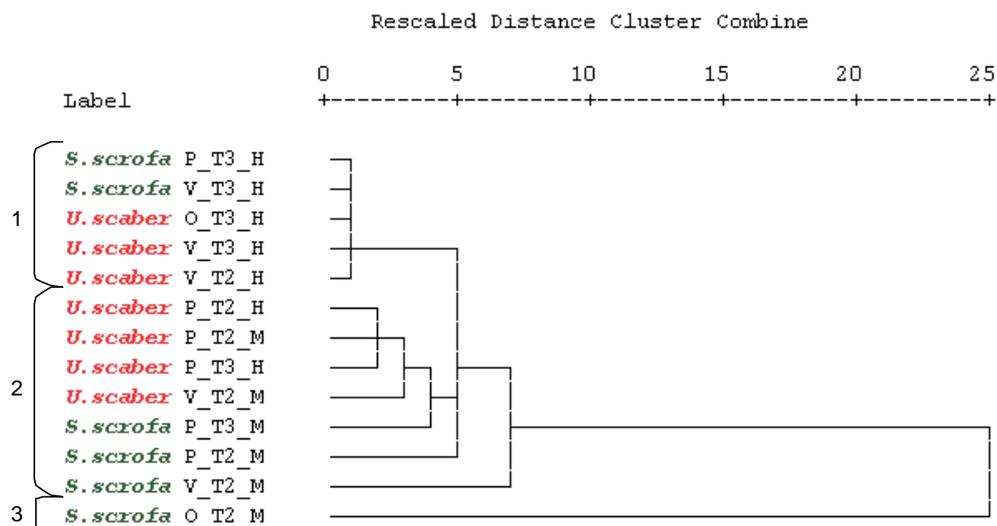


Figura 4.66. Dendrograma del análisis de conglomerados de la composición de la dieta entre *S. scrofa* y *U. scaber* según las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)

Al igual que en el caso anterior, inicialmente tenemos dos grandes grupos, el inferior está compuesto por machos de talla 2 de *S. scrofa* que solamente se alimentaron de crustáceos en el otoño (3), el grupo restante a su vez se divide en dos, el superior (1) conformado por aquellos individuos que sólo tenían en sus estómagos peces, compuesto básicamente por hembras de talla 3 de ambas especies en cualquier época del año; y el de la parte media (2) compuesto por individuos de dieta más variada, aún cuando podemos observar que en este segundo grupo hay una segregación muy clara entre especies con lo cual podemos concluir que en este subgrupo no hay solapamiento de las dietas.

Por último comparamos las dietas entre *S. scrofa* y *T. torpedo*. El solapamiento de las dietas entre épocas del año es muy bajo, entre tallas el mayor solapamiento se dio entre peces de la talla 1 de *S. scrofa* y los de tallas 2 y 3 de *T. torpedo*, al igual que entre hembras de *S. scrofa* y machos de *T. torpedo*. La similitud se basa en el consumo de peces como presa principal en la dieta de ambas especies (Tabla 4.21).

Tabla 4.21. Valores del índice de solapamiento (a) de Schoener, por épocas, tallas y sexos entre *S. scrofa* y *T. torpedo*

<i>U. scaber</i> <i>T. torpedo</i>	Primavera	Otoño-invierno	
Primavera	0,45		
Otoño-invierno		0,18	
	Talla 1	Talla 2	Talla 3
Talla 1	0	0,29	0,07
Talla 2	1,0	0,18	0,57
Talla 3	1,0	0,18	0,57
	Hembras	Machos	
Hembras	0,25	0,3	
Machos	1,0	0,32	

En la Figura 4.67 se puede observar con más detalle la comparación de las dietas.

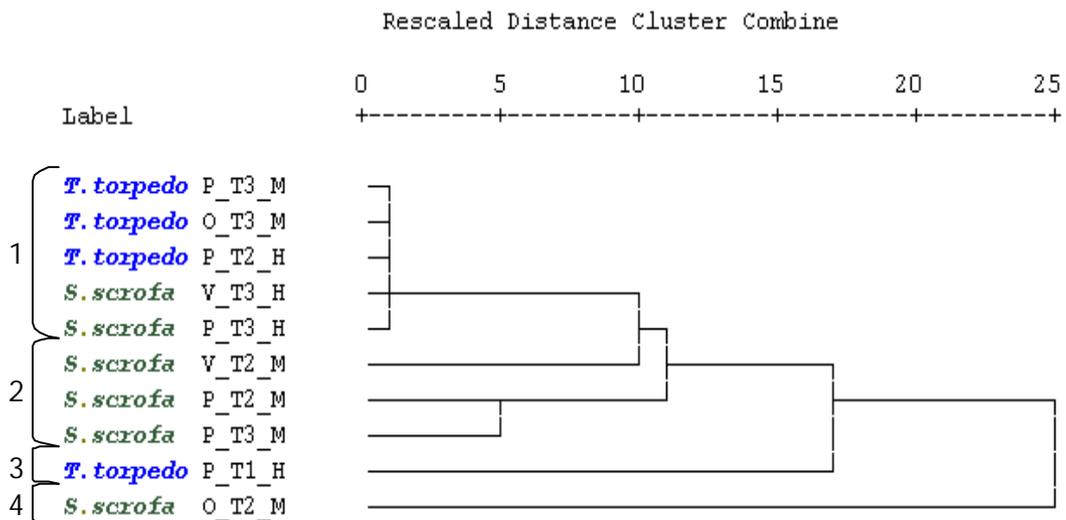


Figura 4.67. Dendrograma del análisis de conglomerados de la composición de la dieta entre *S. scrofa* y *T. torpedo* según las diferentes épocas del año (P=primavera, V=verano, O= Otoño-invierno); tallas (T1, T2 y T3) y sexos (H=hembra, M=macho)

Podemos establecer cuatro grupos principales, en la parte inferior hay dos tipos de individuos cuyas dietas no se ajustaban al promedio, tal es el caso de los machos de talla media de *S. scrofa* que en otoño sólo se alimentaron de *Squilla* (4) y el de las hembras pequeñas de *T. torpedo* que en primavera sólo se alimentaron de poliquetos y moluscos (3). En el resto de nuevo observamos que el solapamiento de las dietas ocurrió a nivel de grupos de individuos que sólo tenían peces en su estómago (1), aun cuando a un nivel taxonómico más bajo es posible que este solapamiento no fuera tan evidente. En el grupo de individuos con dietas más variadas (2) hay una clara segregación entre especies que nos indica que sus dietas no se solapan.

Con respecto a otros trabajos, Harmelin-Vivien *et al.* (1989) hallaron un solapamiento fuerte de nicho inter específico entre juveniles <50mm de tres especies de escorpas (*S. scrofa*, *S. porcus* y *S. notata*). El solapamiento del nicho fue alto y significativo entre *S. notata* y *S. porcus* ($T=0,67$) pero permaneció bajo entre esas dos especies y *S. scrofa* ($T=0,45$ con *S. porcus* y $T=0,32$ con *S. notata*). Para cada especie el solapamiento del nicho con las otras dos especies disminuyó durante la noche. Esta disminución estuvo relacionada con el estrechamiento de los nichos alimenticios durante la noche cuando las presas exhibieron su mayor abundancia y disponibilidad. Este fenómeno también fue observado entre diferentes tamaños, lo

cual permite la disminución de la competencia intra e inter específica durante el período de máxima actividad alimenticia. La competencia inter específica fue muy fuerte entre las clases de la misma talla. En especímenes menores a 90mm la competencia inter específica potencial fue alta. Para individuos de mayor tamaño, el solapamiento inter específico fue intermedio ($T=0,57$). Estos autores señalan que las tres especies estudiadas pertenecen al mismo grupo de carnívoros superiores y afirman que la selección del tipo de presa o tamaño podría no estar relacionada con diferencias morfológicas o con diferentes técnicas de caza en el caso de las escorpas. Atribuyen la utilización de un gran número de recursos y la expansión del nicho trófico a la flexibilidad morfofuncional observada en la mayoría de las especies de peces. Según estos autores, en las escorpas la evolución del alimento y de los hábitos alimenticios con el crecimiento es gradual.

Aguirre (2000) comparó las dietas de *M. barbatus* y *M. surmuletus* encontrando que si bien ambas especies se alimentaron de los mismos componentes tróficos, no existía solapamiento de dietas entre ambas especies ya que cada especie variaba la proporción relativa de sus constituyentes dietéticos, llegando a la conclusión que la repartición del recurso trófico, por tipo de presa, no es limitante entre las dos especies del género *Mullus*.

Morte (2002) estudió las relaciones tróficas de siete peces bentónicos en el golfo de Valencia entre los que se encontraban *Scorpaena porcus* y *S. notata*, encontrando un solapamiento de sus dietas entre las escorpas, más no con otras especies, lo cual lo atribuye al hecho de que ambas especies pertenecen al mismo género, con características morfológicas similares y que se alimentan de los mismos tipos de presas.

4.4.5.3. Determinación de Niveles Tróficos

Utilizando la metodología propuesta por Pauly y Christensen (2000a), una vez conocida la composición de la dieta de cada especie, se calculó el nivel trófico (TROPH) para cada especie y para cada clase de talla, a fin de comprobar si los cambios en la dieta entre tallas pequeñas y grandes comprenden también un cambio en el nivel trófico que ocupan. También se determinó el índice para omnívoros, con

el objetivo de identificar aquellas especies que se alimentan de presas de diferentes niveles tróficos, los resultados se pueden ver en la Tabla 4.22.

Tabla 4.22. Niveles tróficos de las especies estudiadas

	TROPH Total	OI	TROPH Juveniles	TROPH Adultos
<i>M. surmuletus</i>	3,42	1,04	3,44	3,42
<i>S. lusitanica</i>	3,09	1,00	3,11	3,11
<i>S. scrofa</i>	4,20	1,18	4,50	4,24
<i>T. torpedo</i>	4,12	1,33	3,71	4,35
<i>U. scaber</i>	4,14	1,23	4,50	4,07

Nuestros resultados los hemos comparado con la clasificación propuesta por Stergiou y Karpouzi (2002) basada en el análisis de los hábitos alimenticios y niveles tróficos de 146 especies de peces del mediterráneo, en la cual establecen que los peces pueden agruparse en herbívoros ($TROPH = 2,0-2,1$), omnívoros con preferencia de material vegetal ($2,1 < TROPH < 2,9$), omnívoros con preferencia de animales ($2,9 < TROPH < 3,7$) y carnívoros con preferencia por decápodos, cefalópodos y peces ($3,7 < TROPH < 4,5$). Vemos que de las cinco especies del estudio, dos tienen niveles que corresponden a omnívoros con preferencia por animales (*M. surmuletus* y *S. lusitanica*) y tres a carnívoros (*S. scrofa*, *T. torpedo* y *U. scaber*), dentro de estos, las especies que son consumidoras importantes de peces tienen los niveles más altos, encontrándose en primer lugar *S. scrofa*, seguida de *U. scaber* y finalmente de *T. torpedo*. *M. surmuletus* se encuentra en un nivel intermedio, ya que sus presas se componen de crustáceos principalmente y el nivel más bajo lo ocupa *S. lusitanica*.

Estos resultados concuerdan con el índice OI ya que el valor más bajo fue para *S. lusitanica* (1,00), la cual se alimenta de pocas presas, con un nivel trófico bajo. Le sigue *M. surmuletus* que aun cuando fue la especie con la dieta más diversa, todas sus presas están en niveles tróficos bajos. Los valores más altos del índice se presentaron en los carnívoros, en los cuales la base de la alimentación eran peces con niveles tróficos altos además de presas con niveles tróficos más bajos.

Los resultados obtenidos en este estudio para *M. surmuletus*, *S. scrofa*, *T. torpedo* y *U. scaber* son muy similares a los obtenidos por Stergiou y Karpouzi (2002): *M. surmuletus*=3,38; *S. scrofa* 4,19; *T. torpedo*=4,32 en tallas pequeñas y 4,5 en tallas grandes y *U. scaber*=3,9. *S. lusitanica* no estaba dentro de este estudio, sin embargo la podemos comparar con los valores que estos autores obtuvieron para *Solea solea* (3,17 de media y 2,3 en tallas pequeñas y 3,2 en tallas grandes).

En cuanto a las tallas, al parecer no hubo casi diferencias en los valores del nivel trófico entre juveniles y adultos, aun cuando en la mayoría de los casos el nivel trófico de los juveniles fue un poco más alto que el de los adultos, excepto en *T. torpedo*. Esto puede deberse a que en el rango de talla que se hizo el estudio, los peces no sufren cambios drásticos en su dieta ya que el cambio de dieta probablemente ocurrió en tallas menores.

Aun cuando no se encontró ninguna relación estadísticamente significativa entre la talla y el nivel trófico en ninguna de las especies del estudio (*M. surmuletus*: $r=-0,7$, $P=0,11$; *S. lusitanica*: $r=0,3$, $P=0,4$; *S. scrofa*: $r=0,2$, $P=0,7$; *T. torpedo*: $r=0,6$, $P=0,3$; *U. scaber*: $r=-0,05$, $P=0,9$), en general vemos que la tendencia fue la de aumentar el nivel trófico en la medida que el pez se hizo más grande, especialmente en aquellas especies que cuentan con un valor de OI mayor, es decir aquellas que se alimentaron de organismos de varios niveles tróficos (*S. scrofa*, *T. torpedo* y *U. scaber*), en *M. surmuletus* esta tendencia no está muy clara y en *S. lusitanica* al no haber diferencias en el tipo de alimentación entre peces pequeños y de tamaños grandes, parece que permanece a lo largo de su vida en el mismo nivel trófico.

En la Figura 4.68 podemos observar el nivel trófico calculado para cada uno de los rangos de tallas de las especies estudiadas.

Estos resultados son similares con los de Stergiou y Karpouzi (2002), en los cuales los peces de tallas pequeñas tenían un nivel menor que los adultos en casi todas las especies analizadas por ellos.

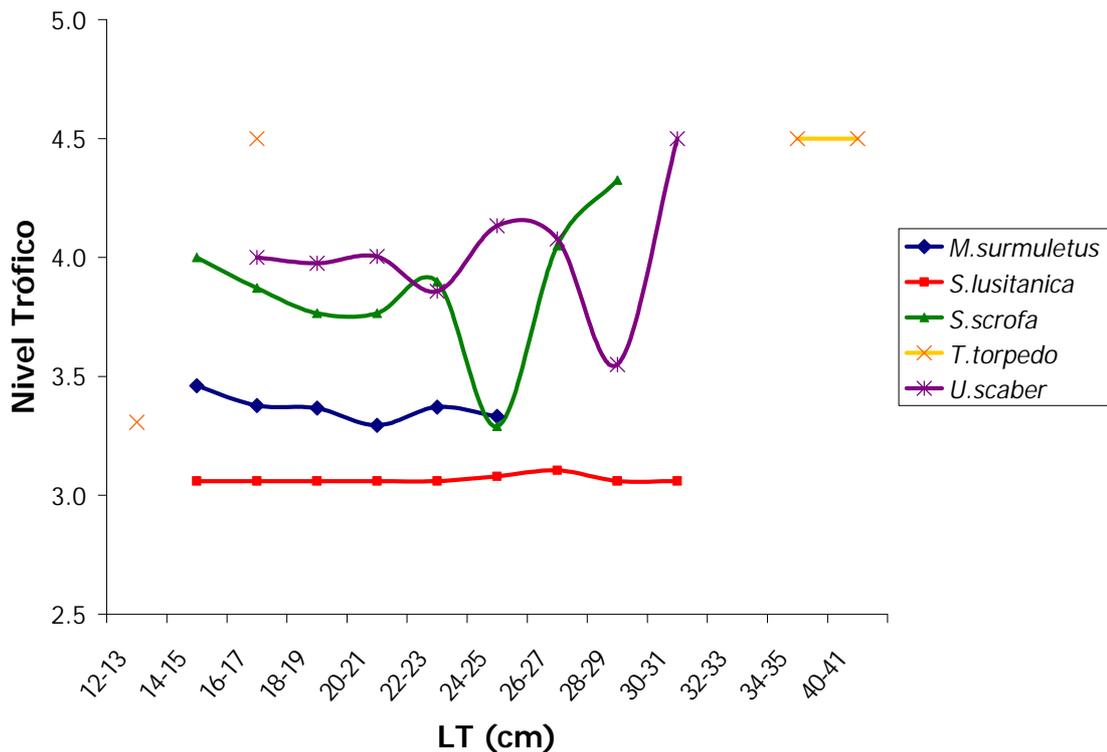


Figura 4.68. Evolución del nivel trófico por clase de talla en las cinco especies estudiadas

Las diferencias en los niveles tróficos encontradas entre tallas y sexos dentro de cada especie y más aún las diferencias ligadas a la estacionalidad puede ser interpretada dentro de una flexibilidad trófica que muchas especies presentan, lo cual dificulta las generalizaciones. Wootton (1999) explica que los cambios ontogénicos, estacionales y circadianos dan una idea de esta flexibilidad, llegándose a presentar que peces de la misma población, muestreados al mismo tiempo y lugar puedan tener diferencias significativas en sus dietas. Además la proporción de ítems en la dieta puede cambiar estacionalmente y tales cambios hacen que sea difícil catalogar muchas especies en términos de niveles tróficos como por ejemplo herbívoros, carnívoros primarios, secundarios o detritívoros. Dentro de las especies las diferencias en la composición de la dieta a diferentes estadios del ciclo de vida o entre poblaciones se puede reflejar en diferencias morfológicas.

Para Harmelin-Vivien *et al.* (1989), la mayoría del tiempo una especie de pez ocupa muchos nichos o subnichos simultáneamente como resultado de cambios ontogénicos en la dieta y el hábitat. Así se hace necesario el uso de "unidades

tróficas ontogénicas" más allá de las especies cuando se estudia la organización trófica de un sistema.

La relación entre el área de la boca (A) y los niveles tróficos (TROPH) para las cuatro especies de peces del estudio se pueden describir con la siguiente ecuación asintótica:

$$TROPH = 4,0142[1 - e^{(-0,0299(A+36,388)}]$$

La r^2 (0,67) indica que el modelo, así ajustado, explica el 66,73% de la variabilidad en el nivel trófico, la representación gráfica del modelo lo podemos observar en la Figura 4.69.

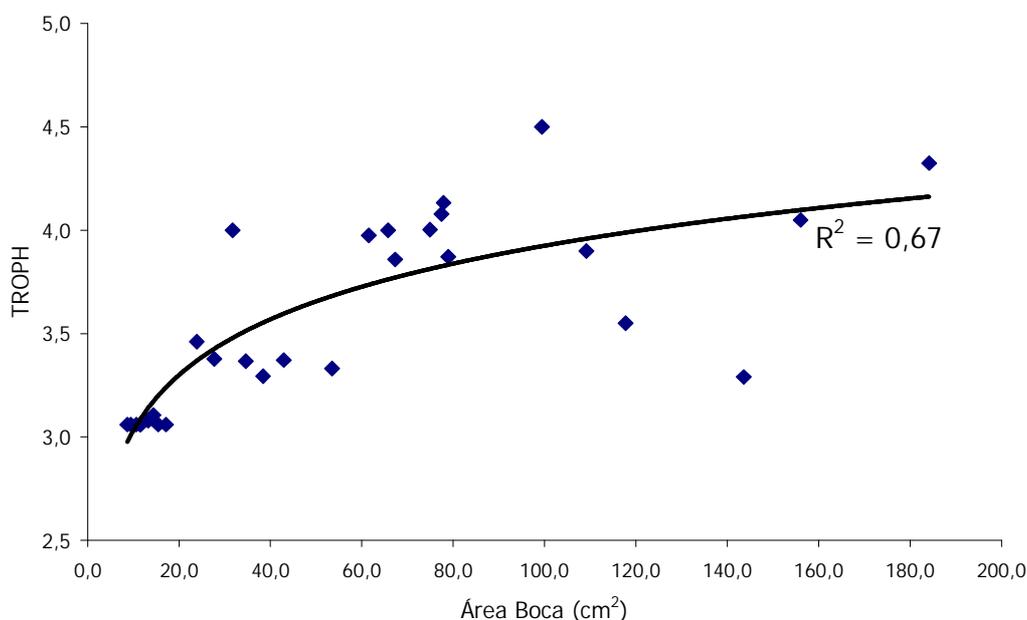


Figura 4.69. Relación entre el área de la boca y el nivel trófico

En esta figura vemos que el nivel trófico es una función del área de la boca. De esta manera podemos afirmar que el tamaño de la boca es uno de los factores más importantes que determina la habilidad alimentaria y por lo tanto la dieta de los peces, condicionando el nivel trófico que puede llegar a alcanzar.

Karpouzi y Stergiou (2003) afirman que la relación entre el área de la boca y el nivel trófico indica una asociación entre los recursos utilizados y los rasgos morfológicos usados para explotar tales recursos.

4.5. BIBLIOGRAFÍA

- Amezaga-Herrán, R., 1988. Análisis de contenidos estomacales en peces. Revisión bibliográfica de los objetivos y la metodología, 63. Informes técnicos Instituto Español de Oceanografía. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 74pp.
- Abdel-Aziz, S.H., 1994. Observations on the biology of the common torpedo (*Torpedo torpedo*, Linnaeus, 1758) and marbled electric ray (*Torpedo marmorata*, Risso, 1810) from Egyptian Mediterranean Waters. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 45: 693-704.
- Aguirre, H., 2000. Aspectos biológicos y ecológicos del salmonete de fango *Mullus barbatus* L.1758 y del salmonete de roca *Mullus surmuletus* L. 1758, del Mediterráneo Noroccidental. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Cataluña.261pp.
- Aguirre, H.; Sánchez, P., 2005. Repartición del recurso trófico entre *Mullus barbatus* y *M. surmuletus* en el Mar Catalán (Mediterráneo Noroccidental). Ciencias Marinas 31(2): 429-439.
- Amundsen, P.-A., 1995. Feeding strategy of arctic charr (*Salvelinus alpinus*): general opportunist, but individual specialist. Nordic J. Freshw. Res. 71:150-156.
- Amundsen, P.-A.; Gabler, H.-M.; Staldvik, F.J., 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costello (1990) method. Journal of Fish Biology. 48: 607-614.
- Assis, C.A., 1996. A generalised index for stomach contents analysis in fish. Scientia Marina, 60 (2):385-389
- Baldó, F.; Drake, P., 2002. A multivariate approach to the feeding habits of small fishes in the Guadalquivir. Estuary Journal of Fish Biology, 61:21-32.
- Begon, M; Towsend, C.R.; Harper, J.L., 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell Publishing, 4th ed. Oxford, U.K. 759 pp.
- Bellan-Santini, D.; Karaman, G.; Krapp-Schickel, G.; Ledoyer, M.; Myers, A.A.; Ruffo, S.; Schiecke,U., 1982. The amphipod of the Mediterranean. Part 1. Gammaridea.

- (Acanthonotozomatidae to Gammaridae). Ruffo, S. (Ed) Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco, n° 13: 1-364.
- Bellan-Santini, D.; Diviacco, G.; Krapp-Schickel, G.; Myers, A.A.; Ruffo, S., 1989. The amphipod of the Mediterranean. Part 2. Gammaridea. (Haustoriidae to Lysianassidae). Ruffo, S. (Ed). Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco, n° 13: 363-576.
- Bellan-Santini, D.; Karaman, G.; Krapp-Schickel, G.; Ledoyer, M.; Ruffo, S., 1993. The amphipod of the Mediterranean. Part 3. Gammaridea. (Melphidippidae to Talitridae) Ingolfiellidea, Caprellidea. Ruffo, S. (Ed) Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco, n° 13: 575-813.
- Bellan-Santini, D.; Karaman, G. Ledoyer, M.; Myers, A.A.; Ruffo, S.; Vader, W. 1998. The amphipod of the Mediterranean. Part 4. Localities and map, addenda to parts 1-3, key to families, ecology, Faunistics and Zoogeography, bibliography, index. Ruffo, S. (Ed) Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco, n° 13 (): 815-959.
- Beyer, J.E., 1998. Stochastic stomach theory of fish: an introduction. Ecological Modelling, 114:71-93
- Bogorov, 1934. Studies of the food of plankton-eating fishes. Byull.vses.Inst.Ryb.Khoz.Okeanogr. 1
- Bradai, M.N.; Bouain, A., 1990. Régime alimentaire de *Scorpaena porcus* et de *S. scrofa* (Teleostei, Scorpaenidae) du Golfe de Gabes, Tunisie. Cybium 14: 207-216.
- Bray, J.R. y Curtis, J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological Monographs 27: 325-349.
- Cabral, H., 1998. Utilização do Estuário do Tejo como Área de Viveiro pelos Linguados, *Solea solea* (L., 1758) e *Solea senegalensis* Kaup, 1858, e Robalo, *Dicentrarchus labrax* (L., 1758). Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Lisboa. 396pp.

- Cabral, H., 2000. Comparative feeding ecology of sympatric *Solea solea* and *S. senegalensis*, within the nursery areas of the Tagus estuary, Portugal. *Journal of Fish Biology*, 57:1550-1562.
- Cabral, H.N. 2002. On the occurrence of some rare flatfish species in south-European Atlantic waters. *Thalassas* 18 (1): 31-38
- Cabral, H.; Catarino, A.I.; Figueiredo, J.; Garcia, J.; Henriques, M. 2003. Feeding ecology, age, growth and sexual cycle of the portuguese sole, *Synaptura lusitanica*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 83:613-618.
- Caillet, G.M., 1977. Several approaches to the feeding ecology of fishes. In *Fish food habits Studies: Proceedings of the 1st Pacific Northwest Technical Workshop*. Edited By C.A. Simenstad and S.J. Lipovsky. Washington Sea Grant publication. Washington Sea Grant Program, University of Washington, Seattle, Wash.:1-13.
- Campoy, A., 1982. Fauna de anélidos poliquetos de la Península Ibérica. Fauna de España. Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra. Serie Zoológica. Eunsa. Ediciones Universidad de Navarra, S.A. Pamplona, 463 pp.
- Castello, J. 1984. Sobre la Fauna de Crustáceos Isópodos Litorales de Cataluña y Baleares. (I): Valvifera; Oniscoidea. *Publ Dep Zool Univ Barc*, 10: 27-37
- Castello, J. 1985. Sobre la Fauna de Crustáceos Isópodos Litorales de Cataluña y Baleares. (II): Asellota; Anthuroidea. *Publ Dep Zool Univ Barc*, 11: 29-35
- Castello, J. 1986. Sobre la Fauna de Crustáceos Isópodos Litorales de Cataluña y Baleares. (III): Flabellifera. *Publ Dep Zool Univ Barc*, 12(6): 59-68
- Christensen, M.S., 1978. Trophic relationships in juveniles of three species of sparid fishes in the South African marine littoral. *Fish. Bull.* 76:389-401.
- Christensen, V.; Walters, C.J.; Pauly, D., 2004. *Ecopath with Ecosim: A user's guide*. Fisheries Centre. University of British Columbia. Vancouver, Canadá. 154 pp.
- Cordero del Campillo, M.; Castañón Ordoñez, L. y Reguerafe, A. (1994). *Índice-catálogo de zooparásitos ibéricos*, 2ª edn. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de León, León.

- Cortés, E. 1998. Methods of studying fish feeding: reply. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55:2708.
- Costello, M.J., 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of Fish Biology*, 36: 261-263
- Erzini, K.; Gonçalves, M.S.; Bentes, L.; Lino, P.G., 1997. Fish mouth dimensions and size selectivity in a Portuguese long line fishery. *Journal of Applied Ichthyology*, 13:41-44
- Fauvel, P., 1923. Polychètes errantes. Faune de France 5. Office Central de Faunistique. Librairie de la faculté des sciences. 45, rue Linné. 488 pp.
- Fauvel, P., 1927. Polychètes sédentaires. Faune de France 16. Office Central de Faunistique. Librairie de la faculté des sciences. 45, rue Linné. 494 pp.
- Franco, L.; Bashirullah, K.M., 1992 Alimentación de la lisa (*Mugil curema*) del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical* ,10 (2): 219-238.
- Froese, R.; Pauly, D. (Eds), 2000. FishBase 2000: Concepts, design and data sources. ICLARM, Manila 344 pp.
- George, E.L.; Hadley, W.F., 1979 . Food and habitat partitioning between rock bass (*Ambloplites rupestris*) and smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*) young of the year. *Transactions of the American Fisheries Society*: Vol.108, No.3. 253–261 pp.
- Gibson, R.N. (Ed) 2005. Flatfishes. Biology and exploitation. Blackwell Science Ltd. Oxford, U.K. 391 pp.
- Granado, C., 1996. Ecología de Peces. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones. Serie: Ciencias. Num.45: 353pp.
- Hacunda, J.S., 1981. Trophic relationships among demersal fishes in a coastal area of the Gulf of Maine. *Fish Bull.* 79:775-788.
- Harmelin-Vivien, M. L.; Kaim-Malka, R. A.; Ledoyer, M.; Jacob-Abraham S.S., 1989. Food partitioning among scorpaenid fishes in Mediterranean seagrass beds. *J. Fish Biol.*, 34:715-734.

- Huet, L. ; Goosse, V. ; Parmentier, E. ; Vandewalle, P., 1999. About some skeletal particularities of the first vertebrae related to the mode of prey capture in *Uranoscopus scaber* (Uranoscopidae). *Cybium*, 23(2):161-167.
- Hyslop, E.J., 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17:411-429.
- Karpouzi, V.S.; Stergiou, K.I., 2003. The relationships between mouth size and shape and body length for 18 species of marine fishes and their tropic implications. *Journal of Fish Biology*, 62:1353-1365.
- Krebs, C. J., 1999. *Ecological Methodology*. Second edition. Addison-Welsey Educational Publishers, Inc. Menlo, California, USA, 620 pp.
- Krebs, C. J., 2001. *Ecology: The experimental analysis of Distribution and Abundance*. Blackwell, Oxford 695pp.
- La Mesa, G.; La Mesa, M.; Tomassetti, P., 2007. Feeding habits of the Madeira rockfish *Scorpaena maderensis* from central Mediterranean sea. *Mar Biol.*, 150:1313-1320.
- Labropoulou, M.; Eleftheriou, A., 1997. The foraging ecology of two pairs of cogenetic demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. *Journal of fish biology*, 50:324-340
- Labropoulou, M.; Machias, A.; Tsimenides, N.; Eleftheriou, A., 1997. Feeding habits and ontogenic diet shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758. *Fisheries Research* 31:257-267.
- Labropoulou, M; Markakis, G., 1998. Morphological-dietary relationships within two assemblages of marine demersal fishes. *Environmental Biology of Fishes* 51: 309-319. (Artículo 96pp.)
- Lagardère, J.P., 1987. Feeding ecology and daily food consumption of common sole, *Solea vulgaris* Quensel, juveniles on the French Atlantic coast. *Journal of Fish Biology*, 30:91-104
- Link, J.S., 2004. A general Model of Selectivity for Fish Feeding: A Rank Proportion Algorithm *Transaction of the American Fisheries Society*, 133:655-673

- Lombarte, A.; Recasens, L.; González, M.; Gil de Sola, L., 2000. Spatial segregation of two species of mullidae (*Mullus surmuletus* and *M. barbatus*) in relation to habitat. *Marine Ecology Progress Series*, 206:239-249
- Machias, A.; Labropoulou, M., 2002. Intra-specific Variation in resource use by red mullet, *Mullus barbatus*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55: 565-578.
- Macpherson, E., 1977. Estudio sobre las relaciones tróficas en peces bentónicos de la costa catalana. Tesis. Universidad de Barcelona.
- Macpherson, E., 1981. Resource partitioning in a Mediterranean demersal fish community. *Mar.Ecol.Prog.Ser.*, 4:183-193.
- Macpherson, E.; Duarte, C.M., 1991. Bathymetric trends in demersal fish size: is there a general relationship? *Marine Ecology*, 121:627-637.
- Mahé, K.; Destombes, A.; Coppin, F.; Koubbi, P.; Vaz, S.; Le Roy, D.; & Carpentier, A, 2005. Le rouget barbet de roche *Mullus surmuletus* (L. 1758) en Manche orientale et mer du Nord. Rapport de Contrat IFREMER/CRPMEM Nord-Pas-de-Calais, 187pp.
- Marshall, S.; Elliott, M., 1997. A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter- and intraespecific feeding relationships in estuarine fish. *Journal of Fish Biology*, 51:526-545.
- Martín Piera, F., 1998. Apuntes sobre Biodiversidad y conservación de insectos: Dilemas, ficciones y ¿soluciones? *Boletín de la S.E.A.*, 20: 25-55.
<http://entomologia.rediris.es/aracnet/num2/biodiv/>
- Mazzola, A.; Lopiano, L.; La Rosa, T.; Sarà, G., 1999., Diel feeding habits of juveniles of *Mullus surmuletus* (Linneo, 1758) in the lagoon of the Stagnone di Marsala (Western Sicily, Italy). *J. Appl. Ichthyol.* 15: 143-148.
- Molinero, A; Flos, R., 1991. Influence of sex and age on the feeding habits of the common sole *Solea solea*. *Marine Biology*, 111: 493-501.
- Morte, S.; María, S., 2002. Estudio de las relaciones tróficas de algunos peces bentónicos de interés comercial del Golfo de Valencia (Mediterráneo occidental).

- Tesis. Departamento de Microbiología y Ecología. Universidad de Valencia. 193 pp.
- N'Da, K., 1992. Régime alimentaire du rouget de roche *Mullus surmuletus* (Mullidae) dans le nord du Golfe de Gascogne. *Cybium* 16:159-167.
- Naylor, E. 1972. British marine isopods, Synopses of the British Fauna 3. Academic Press Inc. London, 84 pp.
- Nikolski, C.V., 1963. The ecology of fishes. Academic Press, London, 352 pp.
- Oñate, J.; Pequeño, G., 2005. Presencia de *Malacocephalus laevis* (Lowe, 1843) en montes sumergidos frente al norte de Chile, con notas sobre su contenido estomacal (Osteichthyes, Gadiformes, Macrouridae). *Investigaciones Marinas* 33(2):201-206.
- Pauly, D., 2000. Herbivory as a low-latitude phenomenon. In: Froese, R. and Pauly, D. (eds.), *Fishbase 2000: Concepts, Design and Data Sources*. ICLARM, Manila, 179pp.
- Pauly, D.; Christensen, V., 2000 (a). Trophic levels of fishes. En: Froese, R y Pauly, D. (eds.), *FishBase 2000: Concepts, design and data sources*. ICLARM, Manila, 181pp.
- Pauly, D.; Christensen, V., 2000 (b). The Ecopath modelling approach and FishBase. En: Froese, R y Pauly, D. (eds.), *FishBase 2000: Concepts, design and data sources*. ICLARM, Manila, 177pp.
- Pauly, D.; Sa-a, P., 2000. Estimating trophic levels from individual food items. En: Froese, R y Pauly, D. (eds.), *FishBase 2000: Concepts, design and data sources*. ICLARM, Manila, 185pp.
- Penadés, M.C.; Acuña, J.D. 1980. Importancia de los moluscos en la dieta de *Lithognathus mormyrus* (linné) (Peces, espáridos) en el litoral valenciano. *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.)*, 78: 127-132.
- Pinkas, L. ; Oliphant, M.S. ; Iverson, I.L.K., 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian Waters. *Calif. Fish Game*, 152 :1-105.

- Pirozhnikov, P.L., 1955. Pitanie i pishcheveye otnosheniya ryb v estuarnykh raionakh morya laptevykh. (Food and food relationships of fishes in the estuarine regions of the Laptev Sea). Vop.Ikhtiol. 3 :140-185.
- Ramos-Jara, J. 1981. Fisiología de la reproducción y biología del lenguado (*Solea solea* L.) Tesis de doctorado. Departamento de Fisiología animal. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. 264 pp.
- Rello Yubero, F. J.; Adroher Auroux, F. J.; Valero López, A. 2004. Anisákidos parásitos de peces comerciales. Riesgos asociados a la salud pública. Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental - vol. 17: 173-197.
- Sà, R.; Bexiga, C.; Vieira, L.; Veiga, P.; Erzini, K. 2003. Diets of the sole *Solea vulgaris* Quensel, 1806 and *Solea senegalensis* Kaup, 1858 in the lower estuary of the Guadiana River (Algarve, southern Portugal): Preliminary results. Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 19 (1-4):505-508
- Sanz, A., 1985. Contribución al estudio de la biología de *Uranoscopus scaber* Linnaeus, 1758 (Osteichthyes, Uranoscopidae) del Mediterraneo occidental. Investigación pesquera, 49 (1):35-48.
- Schoener T.W., 1970. Nonsynchronous Spatial Overlap of Lizards in Patchy Habitats. Ecology: Vol. 51, No. 3, pp. 408-418.
- Sokal, R.R.; Rohlf, F.J. 1979. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Miguel Lahoz León (traductor). H. Blume ediciones. Madrid, 832 pp.
- Steffens, W., 1987. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza, España. 275 pp.
- Stergiou, K.I.; Karpouzi, V.S., 2002. Feeding habits and trophic levels of Mediterranean Fish. Review in Fish Biology and Fisheries, 11:217-254.
- Stoner, A.W., 2004. Effects of environmental variables on fish feeding ecology: implications for the performance of baited fishing gear and stock assessment. Journal of Fish Biology, 65: 1445-1471.

- Tester, A.L., 1932. Food of the small-mouthed black bass (*Microterus dolomieu*) in some Ontario waters. Univ. Toronto Stud. 36, Ontario Fish Res.Expl.Mer. 136: 89-102.
- Tokeshi, M., 1991. Graphical analysis of predator feeding strategy and prey importance. Freshwater Forum 1, 179-183.
- Vicent, J.J., 1998. Ecología trófica de *Aidablennius sphyinx* (Valenciannes, 1836), *Parablennius incognitus* (Bath, 1968) y *Lipophrys dalmatinus* (Steindachnes y Kolombatovic, 1883) en las escolleras de las playas de Nules y Borriana (Golfo de Valencia, Mediterráneo Occidental). Tesis Universidad de Valencia, Valencia España, 321 pp.
- Welsh, J.P. 1949. A preliminary study of food and feeding habits of Hawaiian Kawakawa, mahi-mahi, ono, aku, andahi, Hawaii (Terr.) Div. Fish Game, Fish. Prog. Rep. I (2):26. (En Fish Game Spec. Bull. 2). Hawaii.
- Wootton, R.J. (ed) 1999. Ecology of teleost fishes. Second Edition. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 386 pp.
- Zar, J. 2004. Biostatistical Analysis. Fourth Edition. Prentice Hall International, INC. New Jersey – USA. 663 pp.
- Zariquiey, R., 1982. Crustáceos Decápodos ibéricos. Inv Pesq 32: 1-510.

5. ESTUDIO DEL CONTENIDO DE METALES

5.1. INTRODUCCIÓN

5.1.1. GENERALIDADES SOBRE LOS METALES PESADOS EN EL AMBIENTE MARINO

5.1.1.1. Metales pesados y elementos traza

Los metales forman parte de lo que se consideran contaminantes conservativos, es decir, no son normalmente eliminados de los sistemas acuáticos ya que no están sometidos a ataque bacteriano y no se disipan, pero reaccionan de varios modos con plantas y animales, en ocasiones con efectos nocivos (Clark, 1989).

La definición clásica de metal se refiere casi exclusivamente a las propiedades físicas del estado elemental, tales como maleabilidad, ductilidad, conductividad, etc. También se ha sugerido que los metales podían reconocerse como aquellos elementos que bajo determinadas condiciones biológicas tienden a existir como cationes. Según estas definiciones, cerca de dos tercios de los elementos del sistema periódico se podrían agrupar como metales, con lo que esta clasificación es demasiado amplia y que se necesitan criterios más finos para obtener un tipo de agrupamiento más apropiado y útil (Phipps, 1981).

En la clasificación de los metales se han utilizado ampliamente criterios que hacen referencia a la funcionalidad o la abundancia de estos elementos, utilizándose así términos entre los que destacan: metal pesado, metal esencial, metal traza, y metal tóxico. También se han empleado en menor medida términos como metal disponible, metal beneficioso, abundante, y alguno más. En muchos casos, el uso de alguno de estos términos se ve asociado a alguno de los otros solapándose, de forma que adquieren un significado impreciso.

Una clasificación bastante aceptada de los metales es la que considera que su interacción con los sistemas vivos está dominada por las propiedades de los iones metálicos como ácidos de Lewis, estimando su comportamiento en la formación de complejos. En este sentido, Nieboer y Richardson (1980), proponen que el término metal pesado sea abandonado en favor de una clasificación de iones metálicos, basada en el concepto de ácidos y bases, fuertes y débiles. De este modo, proponen

clasificar los iones metálicos en tres clases que serían: clase A, clase B y los intermedios o fronterizos. Los iones de la clase A, no polarizables, forman complejos con ligandos similares a ellos, particularmente dadores de oxígeno, y la unión es principalmente iónica. Los iones de la clase B, se unen principalmente a ligandos polarizables de modo covalente. Los iones metálicos intermedios tienen una afinidad más amplia. Los metales pesados serían los de la clase B y los intermedios, aunque también proponen que la lista podría aumentar con metales de mayor peso atómico. La utilidad de esta clasificación, radica en la posibilidad de predecir tanto los ligandos preferidos como la tendencia en las propiedades de los complejos. Sin embargo se debe tener en cuenta que por este método cada ión se trata de forma específica, por lo que en casos en los que el metal puede existir en más de un estado de oxidación, cada forma iónica debe ser tratada separadamente. Aunque según esta clasificación, varios autores pueden colocar a un mismo ión metálico en grupos diferentes, en general existe una gran coincidencia.

5.1.1.2. Fuentes y vías de entrada de los metales pesados en el medio marino

En general, entre los elementos que producen la entrada de los metales pesados en el medio marino se pueden distinguir los siguientes:

a) Fuentes naturales

En términos geológicos, los metales pesados pertenecen a un grupo de elementos que en conjunto constituyen menos del 1% de las rocas de la corteza terrestre. Estos se pueden encontrar como impurezas en minerales primarios, que son los que se encuentran en las rocas ígneas. También pueden encontrarse en las rocas sedimentarias donde están absorbidos a los minerales secundarios, que son los productos de la desintegración física y descomposición química de los minerales primarios. Ambas clases de rocas difieren bastante en su contenido en metales pesados (Alloway y Aires, 1993).

Como fuentes naturales de metales pesados hay que considerar los fenómenos erosivos de las rocas de la corteza terrestre, especialmente importantes en la corteza continental, cuyos componentes erosionados pasan al mar principalmente a través de los ríos.

También es muy importante la llegada al mar de metales procedentes de la atmósfera que se encuentran en ella debido a cualquier causa natural como pueden ser los incendios forestales que no son producidos por el hombre, la combustión espontánea de materiales carbonosos en zonas de tundra (Hutchinson *et al.*, 1978), o la actividad volcánica.

La actividad volcánica es especialmente importante en cuanto a la cantidad de metales que pone en circulación en el ambiente, tanto en la atmósfera como en el mar en el caso de volcanes submarinos. Asociada a los estos fenómenos volcánicos habría que destacar la importancia como elemento liberador de metales, de las fuentes hidrotermales profundas. Entre los metales que se ponen en circulación por esta vía, destacan principalmente los relativamente volátiles como es el caso del mercurio.

Los sedimentos marinos profundos constituyen también un depósito importante de metales, aunque de movilización muy lenta.

b) Fuentes artificiales

Las principales causas de origen humano que producen contaminación por metales pesados son:

- Extracción industrial de metales, y los procesos posteriores de producción de éstos.
- Procesos de extracción de minerales en general, y explotaciones petrolíferas.
- Actividades industriales que representen la utilización o desgaste de productos metalíferos, como es el caso de fundiciones, industrias de galvanizados, curtidos, pinturas, componentes y equipamientos eléctricos, etc. También se considerarían en este apartado industrias que utilizan sistemas de conducción metálicos que sean susceptibles de corrosión.
- Combustión de carbón, y derivados del petróleo. Un amplio rango de metales pesados contenidos en los combustibles fósiles se emite al ambiente como partículas durante la combustión, o es acumulado en cenizas que pueden ser transportadas por diferentes medios. Algunos de los principales elementos contenidos en los combustibles fósiles son Pb, Ni, Cd, Zn, As, Sb, Se, Ba, Cu, Mn, y V.

- Contaminación por pinturas antióxido y antiincrustantes de los cascos de embarcaciones.

- Materiales relacionados con la agricultura y ganadería:

* Impurezas en los fertilizantes, que contienen Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn.

* Pesticidas, fungicidas, desecantes, productos para conservar la madera, los cuales pueden contener Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn.

* Explotaciones ganaderas y avícolas, cuyos residuos contienen Cu y As.

* Compost y estiércol en general, que contienen Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, As.

* Aguas residuales, que pueden contener especialmente Cd, Ni, Cu, Pb, Zn, y otros elementos.

* Corrosión de elementos metálicos principalmente constituyentes de estructuras (Cd y Zn).

- Aguas filtrantes de vertederos de basuras.

De menor importancia como fuente de metales, pueden considerarse también las estructuras artificiales sumergidas, y los vertidos directos de combustibles a los cursos de agua o al mar.

5.1.1.3. Comportamiento y lugares de acumulación de los metales en el ambiente

En general, las formas químicas de los metales pesados introducidos en los océanos por la actividad humana, pueden ser diferentes de las producidas por causas naturales, con lo que los flujos y tiempos de residencia de las formas del metal introducidas por las dos causas pueden también diferir. En cualquier caso, en el agua de mar los metales pesados se introducen y se encuentran presentes en tres estados o formas físicas: disuelta, coloidal, y sólida (Goldberg, 1979). Los sólidos incluyen varias formas minerales y metales asociados a partículas, mientras que la fracción disuelta incluye formas iónicas (cationes) y complejos metálicos tanto con materia orgánica como inorgánica disueltas (Juracic *et al.*, 1986, 1987; Persaud y Lomas, 1987; Tessier y Campbell, 1987). Las formas coloidales representan la asociación de metales a hidróxidos de hierro y manganeso, materia orgánica y arcillas. Las

superficies de estos materiales están cargadas negativamente y atraen a los iones metálicos cargados positivamente que quedan unidos principalmente por fuerzas electrostáticas (Wittmann, 1981; Persaud y Lomas, 1987).

La mayor parte de los metales introducidos en el medio acuático, debido a procesos físicos, químicos y biológicos, pasan finalmente al sedimento. Según Förstner y Patchineelam, (1976), las principales sustancias transportadoras de metales al sedimento y los mecanismos de unión son:

- Minerales

Los metales se unen a posiciones inertes de la red. Los cuarzos y feldespatos tienen generalmente bajos contenidos metálicos.

- Precipitados de hidróxidos, carbonatos y sulfatos de metales.

Se forman por precipitación como resultado de sobrepasar el producto de solubilidad.

- Hidróxidos y óxidos de hierro y manganeso.

Producidos por co precipitación al exceder el producto de solubilidad. El metal se une a estos compuestos por adsorción física o química, en ambos casos dependiente del pH.

- Lípidos, sustancias húmicas, residuos orgánicos.

Forman complejos con los metales, también por adsorción física o química bajo el efecto del pH.

- Carbonato cálcico.

Forman coprecipitados con los metales por adsorción física y pseudomorfosis.

Las diversas formas en que se encuentran los metales pesados en agua y sedimentos, y las relaciones que existen entre aquéllas, dependen de variables como son: la naturaleza y concentración de ligandos en el agua, la naturaleza y concentración de las sustancias sólidas del sedimento, Eh, pH, salinidad, y composición textural de los sedimentos, temperatura, y contenido de oxígeno en el ambiente (Prosi, 1981; Tessier y Campbell, 1987; Batley, 1987; Persaud y Lomas, 1987; Martincic *et al.*, 1990, a y b). De acuerdo con esto, Förstner (1981 a), propone

que la removilización de los metales pesados desde el sedimento, está causada principalmente por las siguientes clases de cambios químicos en las aguas:

- Concentraciones salinas elevadas que hacen que los cationes alcalinos y alcalinotérreos puedan competir con los iones metálicos asociados a partículas sólidas.
- Cambios en las condiciones redox, normalmente asociadas a una disminución de oxígeno.
- Descenso del pH que produce una disolución de los carbonatos e hidróxidos, y aumenta la liberación de cationes metálicos debido a la competición con iones H⁺.
- Aumento de agentes sintéticos complejantes que pueden formar complejos metálicos solubles, algunas veces de elevada estabilidad, con metales que están por otra parte unidos a partículas sólidas.
- Procesos de transformación bioquímica por los que los metales pesados pueden ser transferidos desde el sedimento a animales o plantas, y descargados al agua directamente o vía productos de descomposición.

5.1.1.4. Generalidades sobre el comportamiento y la ecotoxicidad de cadmio, cinc, plomo, cobre en el medio marino

Cadmio

El cadmio se encuentra comúnmente asociado con el cinc en las betas de mineral, y se obtiene como subproducto en el refinado de otros metales. El cadmio es un metal "moderno" desde el punto de vista del aumento que se ha producido en su utilización durante los últimos 30 años. La liberación de cadmio al ambiente debido al hombre, está relacionada con la utilización que se hace de este metal y sus compuestos, destacando especialmente:

- Producción de galvanizados.
- Pigmentos utilizados en la industria del plástico, cerámica, pintura y de revestimientos.
- Como estabilizantes en la producción de plásticos.
- Baterías

- Usos diversos como tubos de televisión, lámparas fluorescentes, tubos de rayos catódicos, y otras aplicaciones electrónicas.

-Combustión de carbón.

El cadmio, en el agua de mar se encuentra principalmente como clorocomplejos (CdCl_2 , CdCl^+ , CdCl_3^-), y con un descenso de la salinidad se produce un aumento en la presencia de iones libres (Cd_2^+) (Rainbow, 1985; Courtot-Coupez y Cabon, 1988).

Plomo

El plomo es un elemento que se encuentra presente de forma importante en la corteza terrestre. Se puede encontrar en sedimentos, rocas, agua, atmósfera, y en todos los componentes de la biosfera. Este metal, es uno de los que se conocen desde más antiguo, y desde hace también mucho tiempo ha sido utilizado ampliamente en conducciones, materiales de construcción, soldadura, pinturas, fundición, municiones. Más recientemente se utiliza principalmente en:

- Baterías.

- Productos metálicos: los más importantes son la munición, seguidos de los productos de fundición, elementos atenuadores de sonido, revestimientos anticorrosión y antivibración, sistemas de acondicionamiento de aire, maquinas industriales de lavado.

- Productos químicos: Tetraetilplomo como agente antidetonante en las gasolinas.

- Pigmentos: Pinturas decorativas, anticorrosivas.

- Otros: magnetos en motores eléctricos, elementos protectores frente a la radiación, pinturas antiincrustantes, conservación de madera y algodón, aditivos de aceites lubricantes, agentes antibacterianos, etc.

En la dispersión de plomo en el ambiente, una vía importante la constituye la atmósfera debido a que recibe las emisiones producidas en la combustión de la gasolina. Otras actividades importantes en la emisión de plomo son la minería, combustión de carbón, incineración de residuos sólidos, y vertido de aceites residuales, etc.

En el agua de mar que presenta un contenido bajo en materia orgánica disuelta, el plomo predomina formando complejos inorgánicos lábiles, encontrándose principalmente en las formas PbCO_3 , PbOH^+ , y también PbCl_2 y PbCl^+ (Nürnberg, 1983; Burton y Statham, 1990). Rainbow (1985), señala que además de que la primera de las moléculas anteriores es la forma predominante de plomo en el agua de mar, menos del 2% del plomo disuelto se encuentra en forma de iones Pb_2^+ . En cuanto a la incorporación de este metal en los sedimentos, es importante la presencia en éstos de materia orgánica y de óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso.

Cinc

Este metal es menos abundante en la naturaleza, aunque también ha sido utilizado desde hace más de dos mil años, debido a que se encuentra en depósitos bastante localizados, y de fácil extracción. Se encuentra en gran número de minerales, de los que los más importantes comercialmente son los carbonatos y los sulfuros.

El cinc tiene una amplia aplicación industrial, destacando especialmente los galvanizados, y los recubrimientos resistentes a la corrosión, utilizados en la industria de la construcción y en la fabricación de automóviles entre otras.

Las descargas de cinc al ambiente proceden de todos los estados de producción y procesado del metal, liberándose a la atmósfera, en aguas residuales y en forma de elementos sólidos.

En el agua de mar, alrededor de un 40% del cinc, se encuentra como iones libres Zn_2^+ , pudiendo también ser importantes los cloro, hidroxilo, y carbonatocomplejos. Su asociación con materia orgánica parece ser bastante pobre (Nürnberg, 1983; Rainbow, 1985; Burton y Statham, 1990). En cuanto a su especiación en los sedimentos, se distribuye formando complejos con la materia orgánica, y óxidos de hierro y manganeso (Persaud *et al.*, 1987; Batley, 1987).

Cobre

El cobre está ampliamente distribuido en la naturaleza en estado libre, así como en sulfuros, arseniuros, cloruros y carbonatos de cobre. Este metal también ha sido ampliamente utilizado por el hombre, entre otros como material en la construcción de cañerías, industria eléctrica y electrónica, construcción, industria del automóvil, y agricultura. También ha sido empleado como biocida.

Las descargas de este metal al ambiente por actuación humana, proceden: de la minería, de residuos urbanos e industriales, utilización de fertilizantes, combustión de carbón, madera y gasolinas, y de la incineración de residuos.

En el ambiente acuático, el cobre puede encontrarse disuelto, particulado y en forma coloidal. Concretamente en el agua de mar, los iones libres Cu_2^+ , representan una parte despreciable respecto al total de las formas disueltas que principalmente son $\text{Cu}(\text{OH})_2$ y CuCO_3 , aunque también se ha señalado que este metal tiene una gran afinidad por formar complejos con materia orgánica (Langston y Bryan, 1984; Rainbow, 1985; Hanson *et al.*, 1988; Burton y Statham, 1990). En general el cobre se incorpora rápidamente en los sedimentos, dependiendo principalmente de la textura de éstos y de la presencia de ligandos como óxidos de hierro y manganeso, materia orgánica y sulfuros (Moore y Ramamoorthy, 1984; Batley, 1987; Persaud *et al.*, 1987; Martincic *et al.*, 1990 a).

5.1.1.5. Acumulación de metales pesados en organismos marinos

En las investigaciones sobre contaminación por metales pesados en ambientes acuáticos, se ha demostrado que dependiendo de la distribución estos elementos en los diferentes compartimentos (agua, material particulado y sedimentos), se pueden hacer diferentes interpretaciones acerca de la toxicidad de una determinada concentración de metal, respecto a la biota (Prosi, 1981). La biodisponibilidad en cada uno de los compartimentos depende a su vez de las formas químicas de los metales. Cuando se estudia la incorporación de los metales pesados por los seres vivos, no sólo es importante determinar la concentración total de aquéllos en el ambiente, sino que también interesa conocer su especiación tanto en las aguas como en los sedimentos, ya que de este modo se puede identificar mejor su movilidad,

biodisponibilidad, y efectos en dichos medios acuáticos (Förstner, 1981; Batley, 1987). Así, por ejemplo respecto a la biodisponibilidad de los metales en el agua, se ha evidenciado que hay diferencias según éstos se encuentren como iones libres, especies inorgánicas neutras, complejados con partículas de materia orgánica, o inorgánica con carga (Cross y Sunda, 1982; Langston y Bryan, 1984; Rainbow, 1985).

En la acumulación de metales por los seres vivos, también influyen algunos factores biológicos como son el ciclo vital de la especie, los cambios en la actividad biológica relacionados con la estacionalidad, la variabilidad específica, hábitos alimenticios, modo de respiración, etc. (Prosi, 1981).

Por lo tanto, en los estudios sobre contaminación, los criterios de calidad ambiental, basados solamente en los estudios de toxicidad de los contaminantes disueltos podrían ser inapropiados para la protección de las especies que habitan dicho hábitat ya que la biodisponibilidad del elemento contaminante junto con la ruta de acumulación juegan un papel fundamental (Blackmore y Morton, 2002).

Las vías de penetración de los metales pesados en los organismos acuáticos son variables. En los organismos autótrofos la incorporación se produce desde el agua que los baña (en el caso de las plantas superiores, también desde el agua intersticial de los sedimentos que rodean a las raíces). En la incorporación de metales por parte de estos organismos, se han descrito mecanismos de transporte activo y pasivo, así como adsorción a la superficie de la planta, aunque los metales pesados deben estar en fase soluble para poder entrar en estos organismos.

En los organismos heterótrofos, la incorporación se puede producir a través de epitelios respiratorios (branquias, tegumento), por los alimentos, o por adsorción a la superficie del cuerpo (Peres, 1981; Prosi, 1981; Rainbow, 1988, 1990; Williams, 1981; Clark, 1989).

En los peces, los metales pesados son incorporados al cuerpo por tres rutas posibles: a través de la superficie corporal, a través de las branquias o a través del tracto digestivo. Las branquias son consideradas como la principal vía de incorporación de metales disueltos en el agua, mientras que la superficie corporal juega un papel menor en la incorporación de metales dentro del cuerpo. El alimento,

por lo tanto se constituye en la principal fuente de acumulación de metales (Amundsen *et al.*, 1997).

Respecto a los efectos fisiológicos, las características químicas de los metales son responsables de sus propiedades biológicas, y de que sean tóxicos a bajas concentraciones. Metales potencialmente tóxicos pueden tener poca importancia biológica si son raros o si no son biodisponibles (por ejemplo por la baja solubilidad del hidróxido en el titanio). Algunos de los metales más tóxicos y relativamente disponibles como cobre y cinc, son esenciales. Por otra parte metales no esenciales como mercurio y cadmio son muy tóxicos incluso en muy baja concentración, estando causada su toxicidad probablemente por su parecido químico con los metales esenciales, más biodisponibles (Bryan, 1976; Rainbow, 1985).

En cuanto a los efectos nocivos de los metales pesados sobre los seres vivos, producidos por su acumulación en cantidades superiores a las normales, se deben a su actuación sobre determinados procesos bioquímicos. En general tienen una gran capacidad para unirse a átomos de oxígeno, nitrógeno, azufre y fosfato. Según varios autores (Kabata-Pendias y Pendias, 1984), los principales efectos que producen son los siguientes:

- Desplazamiento de iones metálicos esenciales por metales no esenciales de los lugares activos de los enzimas.
- Bloqueo de grupos funcionales en enzimas y polinucleótidos.
- Modificación de la estructura activa de biomoléculas.
- Destrucción de la integridad de biomoléculas.
- Unión a moléculas de nucleótidos con grupos fosfato (ADP y ATP).

En peces, los efectos tóxicos de los metales pesados tienen influencia en las funciones fisiológicas, en las tasas de crecimiento, reproducción y mortalidad (Amundsen *et al.*, 1997).

En general, la sensibilidad de los organismos a la toxicidad de los metales varía ampliamente entre plantas y animales, y entre los genotipos de una misma especie. Además algunos factores pueden modificar la respuesta ante dosis tóxicas de los metales (Alloway y Ayres, 1993).

No obstante, se ha descubierto la existencia en los organismos de algunos mecanismos para disminuir la toxicidad de los metales pesados. En animales, los principales mecanismos de desintoxicación son los siguientes (George, 1990):

- síntesis de metaloproteínas.
- secuestro de metales en los lisosomas.
- secuestro de metales en gránulos de fosfato de calcio y de magnesio, siendo particularmente importante este mecanismo en moluscos y crustáceos.
- secuestro de metales en células especializadas.
- inmovilización de los metales en órganos como sedas y mandíbulas de poliquetos, túnica e ascidias, caparzones de crustáceos, conchas de moluscos, etc.

Como ya hemos comentado, algunos metales resultan necesarios para los seres vivos ya que desempeñan funciones metabólicas importantes, conociéndose como elementos esenciales. Estos son: vanadio, cromo, manganeso, hierro, cobalto, níquel, cobre, cinc, selenio, molibdeno, yodo y estaño, además del boro en las plantas, que no es realmente un metal pesado pero que en muchos casos se le incluye junto a los otros (Kieffer y Switzerland, 1991). Estos elementos, además de desarrollar funciones metabólicas, por ejemplo actuando como cofactores enzimáticos (Harrison y Hoare, 1980), también juegan un papel estructural, como es el caso del cinc, manganeso y cobre, que tienen una función estructural en algunos invertebrados, formando parte de las mandíbulas en poliquetos nereidos (Bryan y Gibbs, 1979; 1980), o el caso del vanadio que se emplea en la síntesis de la túnica en ascidias debido a sus propiedades antibacterianas, antiincrustantes y antidepredación (Carlisle, 1968; Rowley, 1983; Stoecker, 1978).

5.1.2. ANTECEDENTES DE LOS ESTUDIOS DE ACUMULACIÓN DE METALES EN ANIMALES MARINOS EN EL MEDIO NATURAL

Quizás la circunstancia que ha despertado mayor interés en la contaminación por metales pesados y que es uno de los aspectos más controvertidos de la acumulación de estas sustancias en los organismos marinos, procede del hecho de

que para ellos se han señalado fenómenos de bioacumulación y biomagnificación. El primero de estos términos indica que los metales pesados se incorporan en los organismos y pueden ser retenidos llegando a alcanzar concentraciones elevadas. Por otra parte la biomagnificación consiste en un aumento de la concentración de un metal en los sucesivos niveles de las cadenas tróficas (Connell y Miller, 1984, Gray, 2002). La importancia de estos fenómenos reside en los efectos negativos de tipo acumulativo que se pueden producir en los ecosistemas en cuanto a que las especies predatoras terminales de la red trófica podrían resultar muy afectados por la contaminación, y entre ellas lógicamente la población humana.

Con este fundamento, en las últimas décadas ha habido un interés importante en estudiar la transferencia potencial de contaminantes en diferentes cadenas alimenticias. La biomagnificación a través de las cadenas alimenticias acuáticas ha sido estudiada ampliamente en el caso de sustancias químicas persistentes, halogenadas e hidrofóbicas como DDT y PCB's, y también se ha puesto atención en los metales a partir de incidentes como el de la bahía de Minamata (Japón), ocurrido en los años 50, como consecuencia de la contaminación por mercurio. Este hecho llamó la atención sobre la transferencia de contaminantes metálicos en cadenas alimenticias marinas y su acceso al hombre, y fue un punto de partida para muchos estudios ecotoxicológicos (Wang, 2002).

A partir de los años 80 del siglo pasado comenzaron a realizarse un mayor número de estudios de acumulación de metales pesados en organismos marinos, muchos de ellos en el Mediterráneo (Hernández *et al.* 1990, hacen una buena revisión de ellos). Sin embargo en la década de los 90 se dispuso de una tecnología analítica que proporcionó mayor precisión, al tiempo que se investigó en la puesta a punto de los protocolos analíticos con muestras ambientales. Esto proporcionó resultados más precisos.

A pesar de la importancia que tiene la pesca en general en el Mediterráneo, y de las condiciones ambientales que presenta, ya que es un mar bastante cerrado, son relativamente pocos los estudios de contaminación por metales pesados en organismos de interés pesquero, e incluso animales marinos en general, que se han llevado a cabo en el ámbito de dicho mar. Asimismo, son muy escasos los que se

han realizado en el ámbito del litoral ibérico, que prácticamente se limitan a los de Medina *et al.* (1983), en el litoral de Castellón y Valencia; Hernández *et al.* (1990), en el litoral de Castellón; Pastor *et al.* (1994), en la Comunidad Valenciana, Cataluña y Baleares; y Benedito *et al.* (2006), en la bahía de Cullera (Comunidad Valenciana).

En cualquier caso la mayoría de los estudios de transferencia trófica de metales se han enfocado en herbívoros marinos y hay menos trabajos dedicados a niveles tróficos superiores (Burger *et al.*, 2001; Blackmore y Wang, 2004). Por otra parte son casi inexistentes los trabajos en los que se estudia la acumulación de metales en un número importante de organismos de un área geográfica concreta y en los que además se abarquen diferentes estrategias tróficas. La mayoría de estudios se limita a una o unas pocas especies. De acuerdo con esto son poco conocidas las pautas de acumulación de metales en peces, y su relación con los hábitos alimenticios y nivel trófico que ocupan (Burger *et al.*, 2001). De igual modo no existe información acerca de las variaciones de las pautas de acumulación de metales en peces, con la edad o el tamaño, el estado gonadal, cantidad de lípidos almacenados en el organismo, e incluso con relación a su dieta. Además no hay investigaciones que se dediquen a estudiar con detalle un ambiente concreto como puede ser el bentos y los organismos pelágicos más relacionados con dicho ambiente, y todo ello circunscrito a un área geográfica reducida.

Por último otro aspecto importante reside en el conocimiento de las pautas de acumulación de metales y sus concentraciones, en especies de interés comercial, ya que éstas se incorporan directamente en el consumo humano, y en muchas áreas estos productos constituyen una proporción importante de los alimentos que forman la dieta cotidiana, como el caso referido de la bahía de Minamata.

5.1.3. IMPORTANCIA DEL MEDIO MARINO LITORAL, ESPECIALMENTE EN EL ENTORNO VECINO DE LAS DESEMBOCADURAS DE RÍOS: DESEMBOCADURA DEL JÚCAR (BAHÍA DE CULLERA)

Es obvio que en el medio marino, la franja litoral es la más afectada por las actividades humanas. Muchas de esas actividades están relacionadas con el uso del agua o con la producción de sustancias que acaban en cursos de agua. En cualquier caso el medio litoral es el ámbito del medio marino que resulta afectado por los vertidos de aguas continentales, principalmente a través de cursos naturales, aunque también pueden existir otro tipo de infraestructuras como por ejemplo emisarios.

Por otra parte en la zona litoral también existe una actividad industrial de gran importancia económica, como es la pesca, que además en España y en la Comunidad Valenciana es un pilar importante de la economía de muchas poblaciones costeras. Esta actividad se puede ver repercutida en la calidad de sus productos debido a la existencia de vertidos con aguas contaminadas que deterioren la calidad del medio marino litoral. A este respecto es necesario recordar la prohibición de pesca de tellina en el litoral entre Valencia y Sagunto en el verano de 2004, por contaminación microbiológica de las aguas. Situaciones como estas producen dos efectos, por un lado pérdidas económicas en el sector pesquero, y por otro puede tener efectos negativos en la salud pública.

Como sustancias contaminantes que son los metales pesados, en la legislación de la Comunidad Europea y la propia legislación española, se marcan las concentraciones máximas de estos elementos que deben tener los productos de la pesca para su comercialización. Existe limitación legal de las concentraciones de los metales Cd, Pb, Hg, en los productos de la pesca, y en la última década éstas han sufrido una disminución muy importante.

Las actividades lúdicas ligadas al medio litoral y que son la base de la intensa actividad turística en la costa, son también un aspecto que no hay que perder de vista, como razón adicional del control de la calidad de las aguas que se vierten en el mar.

Aunque los ríos se encuentran muy regulados y los volúmenes de agua que se vierten al mar cada vez son menores, el litoral vecino a las desembocaduras son lugares que están especialmente afectados por los vertidos, antes de que estos se vayan diluyendo en el mar. En este sentido el Río Júcar es uno de los más importantes de la Comunidad Valenciana, y responde a lo que acabamos de comentar. Se trata de un río cuyo caudal está muy regulado, y que en condiciones normales no vierte mucha agua al mar, pero sí que mantiene un flujo de desagüe. Esto es importante además porque las aguas del río están muy afectadas por las actividades que se desarrollan en la cuenca, destacando la industria y la agricultura. Por otra parte el tramo de río desde el último azud hasta la desembocadura es un tramo muy eutrofizado ya que en este último tramo se produce el vertido al río de varias acequias y de la depuradora de Cullera, y prácticamente en la misma desembocadura se encuentra la salida de un emisario que funciona dependiendo de épocas, y que vierte un agua con unas características organolépticas bastante malas. Los vertidos del emisario, y los del río sufren además un enorme incremento durante el verano, cuando la población de Cullera y zonas adyacentes se multiplica de forma espectacular.

Además en Cullera se asienta una flota pesquera bastante importante, tanto de arrastre como artesanal, que tiene cierta importancia en la economía de la ciudad, y que además tiene relevancia podríamos decir turística, porque especialmente en verano abastece de forma importante de pescado a los restaurantes de la zona.

Por todo ello la bahía de Cullera, afectada por la desembocadura del Río Júcar, constituye un lugar interesante para estudiar cuales son los efectos que la presencia del río y los vertidos de agua en la zona, están teniendo sobre el medio marino, y en concreto sobre poblaciones de peces de interés comercial, que se explotan económicamente. Por otra parte en esto reside además un interés de tipo sanitario.

Cuando se realizan estudios de contaminación en los que se trata de evaluar la calidad ambiental o se buscan organismos indicadores, se recurre a organismos bentónicos ya que su íntima relación con el sustrato lleva implícita una movilidad limitada por lo que pueden reflejar más adecuadamente los niveles de contaminantes presentes en un ambiente. Es por ello que en este estudio hemos seleccionado peces

bentónicos, que aunque tienen cierta movilidad, su actividad la desarrollan dentro de un área geográfica limitada.

Finalmente, es importante indicar que además de que la acumulación de metales pesados por seres vivos se encuentra afectada por numerosas variables, la mayor parte de los estudios dedicados a este tema no plantean protocolos detallados a partir de los cuales se obtengan buenas posibilidades de interpretación de las pautas de acumulación en organismos. En general no se suelen considerar variables como tamaño, sexo, además de la dieta.

De acuerdo con todo lo anterior, el presente trabajo se plantea con la intención primera de relacionar los aspectos de tipo ecológico y fisiológico de las cinco especies de peces bentónicos que hemos seleccionado para este estudio, con la concentración de algunos metales pesados. Así mismo se pretende obtener un mejor conocimiento del medio marino litoral de la bahía de Cullera, a través del estudio de las concentraciones de metales pesados en estas especies de peces, que además presentan interés comercial ya que se explotan de forma intensa por una importante industria pesquera.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Determinar la concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn y Cu), en varias especies de peces bentónicos (*Mullus surmuletus*, *Synaptura lusitanica*, *Scorpaena scrofa*, *Torpedo torpedo* y *Uranoscopus scaber*), de interés comercial, de la bahía de Cullera, que se explotan y comercializan para el consumo humano.
- 2.- Conocer la dinámica de acumulación en los diferentes tejidos de los organismos y comparar las pautas observadas entre especies. Estudiar las concentraciones de metales en diferentes órganos como son músculo, hígado y branquias, y en caso de contar con material suficiente, también se estudiarán los niveles en los contenidos estomacales.
- 3.- Disponer de un conocimiento de las concentraciones de metales en varias especies de peces bentónicos en el medio natural, en concreto en una zona con importante influencia antrópica como es la bahía de Cullera, alrededor de la

desembocadura del Río Júcar, dónde además también se localiza el vertido de un emisario.

4.- Determinar las concentraciones de los metales indicados en los sedimentos de la bahía, tratando de establecer posibles relaciones con los niveles obtenidos en peces. Comparar los niveles de metales obtenidos en este estudio con los obtenidos en otros lugares del Mediterráneo de acuerdo con la bibliografía existente, para estimar la situación sanitaria de nuestra costa dentro de la cuenca mediterránea a partir de los datos de que se dispone.

5.- Analizar los patrones de acumulación de los metales, tratando de determinar la posible existencia de fenómenos de biomagnificación, basándonos en las diferencias en los niveles tróficos en que se encuentran las especies estudiadas.

6.- Con base en el conocimiento de la ecología trófica y de algunos parámetros biológicos como son la edad, el sexo y la talla de las especies estudiadas, identificar patrones de acumulación de los metales pesados en diferentes órganos y tejidos

7.- A partir de los resultados obtenidos obtener información sobre la influencia potencial de los contaminantes estudiados en la población humana. De este modo estimar, los riesgos reales que tiene en la actualidad para la población el consumo de algunas especies de peces que se comercializan habitualmente en la Comunidad Valenciana.

9.- Con los datos disponibles, elaborar un modelo matemático de bioacumulación de metales pesados en cadenas tróficas bentónicas, que constituya una herramienta aplicable en programas de seguimiento de contaminación ambiental en sistemas bentónicos costeros.

10.- Valorar los resultados obtenidos de acuerdo con las recomendaciones de la OMS (Organización Mundial de la Salud), respecto a los niveles tolerables de metales pesados en la dieta, y con los límites legales de concentración de metales pesados que impone la legislación estatal y comunitaria para la comercialización de productos de la pesca.

5.3. MÉTODOS

Como ya hemos comentado en el capítulo 2 de metodología al inicio de esta tesis, el trabajo de campo consistió en la obtención de los peces (*Mullus surmuletus*, *Synaptura lusitanica*, *Scorpaena scrofa*, *Torpedo torpedo* y *Uranoscopus scaber*) provenientes de las capturas comerciales de pesca artesanal desembarcadas en el puerto pesquero de Cullera. Los ejemplares de las especies seleccionadas se compraron directamente en los barcos que colaboraron en este estudio. Para el análisis de metales se trabajó con una muestra de 116 peces, en la cual había representantes de las tres clases de talla y de ambos sexos, además se contrastaron las épocas de invierno y verano, para lo cual se escogieron 87 ejemplares de julio de 2004 y 29 de marzo de 2005:

Mes	Especie	No. peces	Total
Jul/04	<i>M. surmuletus</i>	15	87
	<i>S. lusitanica</i>	16	
	<i>S. scrofa</i>	19	
	<i>T. torpedo</i>	16	
	<i>U. scaber</i>	21	
Mar/05	<i>M. surmuletus</i>	5	29
	<i>S. lusitanica</i>	6	
	<i>S. scrofa</i>	6	
	<i>T. torpedo</i>	6	
	<i>U. scaber</i>	6	

5.3.1. PROCESADO DE PECES Y SEDIMENTOS PREVIO A LA DETERMINACIÓN DE METALES

Una vez en el laboratorio los peces se midieron y se pesaron en fresco. Después con ayuda de un bisturí de acero inoxidable se disecaron para obtener muestras de músculo hígado, branquias y contenidos estomacales, en cantidad suficiente para poder llevar a cabo las digestiones sobre las que posteriormente se practicaron las determinaciones de las concentraciones de los metales pesados estudiados. En el caso de las branquias, hígados y contenidos estomacales, cuando se trataba de peces de tamaño pequeño se unió el material procedente de varios peces para poder obtener una muestra suficiente para el análisis, procurando que la muestra fuera homogénea. Todas las muestras obtenidas se almacenaron en un

congelador dentro de botes de plástico, a una temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. A partir de las muestras congeladas, se procedió a su liofilización.

En cuanto a los sedimentos, cuando estos llegaron al laboratorio en primer lugar se almacenaron en congelador. Cuando se iban a procesar, con la muestra aun con cierta consistencia, se separaba la columna de sedimento en secciones de 5 centímetros. Posteriormente con cada sección después de homogeneizarla bien, también se procedía a su liofilización. Una vez liofilizados se tamizaron para obtener la fracción menor de 250 micras sobre la cual se determinó la concentración de metales.

Todos los materiales que se utilizaron en el procesado tanto de los peces como de sedimentos se lavaron previamente en una solución de ácido nítrico para evitar la contaminación por metales.

5.3.2. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES

Una vez el material se encontraba liofilizado se homogeneizaba bien en un mortero de vidrio o en un molinillo. Después se procedía a la digestión en microondas, y con el material una vez digerido se llevaron a cabo las mediciones para determinar las concentraciones de los metales estudiados.

En cada uno de los procesos de digestión se hicieron dos réplicas de cada muestra para tener la seguridad que las concentraciones medidas eran válidas y que durante el proceso no ocurría nada que alterara los resultados. En el caso de obtener resultados dispares entre las dos réplicas de una muestra (mayor a un 10%), se repitió la digestión. En todas las digestiones se incluyeron blancos, con los que se llevó a cabo todo el proceso de igual forma que con los tubos que contenían muestra.

Los equipos e instrumentos que se utilizaron para los análisis fueron los siguientes:

- Digestor Milestone.
- Espectrofotómetro de absorción atómica por llama UNICAM 939
- Espectrofotómetro de absorción atómica PERKIN-ELMER Zeeman 4100ZL

En cuanto a los reactivos, se usaron reactivos de alta pureza (Merck Suprapur, Baker 6080, etc.). Como agua de dilución se usó agua desmineralizada con ayuda de un sistema Milli-Q (Millipore). Las soluciones patrón de metales se prepararon con ayuda de patrones concentrados comerciales, diluidas en ácido clorhídrico 1 mol/l.

Para la determinación de los metales pesados se utilizaron los métodos referenciados en el STANDARD METHODS 19ª edición. 1995. APHA, como se muestra en la siguiente tabla:

PARÁMETRO	REFERENCIA
Cinc	3500-Zn.B
Plomo	3500-Pb.B
Cobre	3500-Cu.B
Cadmio	3500-Cd.B

Previamente a la realización de las determinaciones de las concentraciones de los diferentes metales se realizaron ensayos para determinar la bondad de los métodos analíticos a utilizar para cada uno de los metales.

En primer lugar se realizó una optimización del método de digestión, que consistía en tomar una muestra la cual se dividía en réplicas, una parte de estas réplicas se digería de forma convencional y a la otra mitad se le adicionaba una concentración conocida de metales antes de su digestión, para finalmente determinar el porcentaje de metal recuperado al momento de la medición. Los porcentajes de recuperación obtenidos fueron los siguientes:

Elemento	P ($\mu\text{g/g}$)	A ($\mu\text{g/g}$)	E ($\mu\text{g/g}$)	% R
Cd	-0.03	0.15	0.20	147.02
Pb	0.04	0.15	0.20	104.95
Cu	0.95	3.08	4.53	116.56
Zn	20.80	75.96	95.04	97.74

$$\% R = ((E - P)/A) * 100$$

E = Encontrada: Conc. Total ($\mu\text{g/g}$) en las muestras adicionadas

P = Presente: Conc. ($\mu\text{g/g}$) de las muestras sin adicionar

A = Adicionada: Conc. ($\mu\text{g/g}$) que se añadió

R = Recuperada

A la vista de estos resultados se dedujo que el método de digestión mediante la utilización de ácido nítrico y perclórico era adecuado.

El siguiente paso de la puesta a punto fue la optimización del método de medición, mediante el estudio de las interferencias de matriz, con el fin de determinar si las muestras podían causar alguna interferencia y alterar la medida. Esta prueba se realizó a partir de la comparación de dos rectas de calibrado.

En una medición normal el equipo se calibra mediante la preparación de unos patrones que tienen concentraciones crecientes del metal que se va a medir y cuyas absorbancias representan una recta de calibrado en la que se comparan las absorbancias obtenidas a partir de las muestras. En la preparación de las concentraciones de los patrones para el calibrado, se tiene en cuenta que todas las absorbancias obtenidas en él muestren linealidad, manteniendo el límite superior del calibrado por debajo de los niveles en los que la recta de regresión comienza a disminuir la pendiente. En todos los calibrados, se exige la obtención de valores de r de al menos 0.999 en la recta de regresión.

De acuerdo con lo anterior se preparó una recta de calibrado, basada en patrones acuosos y una segunda recta obtenida con patrones adicionados a una muestra previamente digerida que actuaba como matriz. Ambas rectas se compararon para verificar que las pendientes fueran paralelas:

Elemento	Ecuación de la recta		F	g.l	Significancia al $\alpha = 0.05$
Zn	P.acuosos	$Y = 0.1395x + 0.0061$	0,98	8	P=0,37 paralelas al 95%
		$r = 0.9984$			
	P.matriz	$Y = 0.132x + 0.0291$			
		$r = 0.9934$			
Cu	P.acuoso	$Y = 0.0018x + 0.0161$	1,56	8	P=0,26 paralelas al 95%
		$r = 0.9959$			
	P.matriz	$Y = 0.0017x + 0.0324$			
		$r = 0.9996$			
Cd	P.acuoso	$Y = 0.0486x + 0.0275$	0,2	8	P=0,68 paralelas al 95%
		$r = 0.993$			
	P.matriz	$Y = 0.0476x + 0.0455$			
		$r = 0.9997$			
Pb	P.acuoso	$Y = 0.0039x + 0.0075$	4,5	8	P=0,08 paralelas al 95%
		$r = 0.9919$			
	P.matriz	$Y = 0.0032x + 0.0076$			
		$r = 0.9913$			

De los resultados obtenidos se deduce la ausencia de interferencias de matriz y por consiguiente las determinaciones se pueden efectuar comparando los valores de absorbancia de los elementos con los de los patrones acuosos.

Finalmente, se seleccionaron las condiciones instrumentales para la determinación de cada uno de los elementos de medición, así mismo como el límite de detección y cuantificación, el intervalo de linealidad, la precisión del método, la precisión instrumental y la exactitud; esta última se evaluó mediante ensayos de recuperación, al no disponer de muestras con valores certificados para los elementos objeto de estudio.

La determinación de las concentraciones de Zn se llevó a cabo en un espectrofotómetro de absorción atómica UNICAM para el procedimiento de absorción por llama. Las concentraciones de Cd, Cu y Pb se determinaron con ayuda de un espectrofotómetro de absorción atómica PERKIN-ELMER Zeeman 4100ZL, para el procedimiento en cámara de grafito. Para este último procedimiento normalmente se utilizan modificadores de matriz con el fin de estabilizar el analito a medir y mejorar la etapa de mineralización o pirólisis. El modificador de matriz idóneo para la determinación de cadmio, plomo y cobre es una mezcla de paladio y nitrato de magnesio ($5 \mu\text{g Pd} + 3 \mu\text{g Mg(NO}_3)_2$).

La descripción de las etapas, tiempos y temperaturas que hacen parte de este procedimiento se presentan a continuación:

Determinación de Cadmio

Etapas	Temperatura (°C)	Tiempo de Rampa (seg)	Tiempo de estancia (seg)
Secado	90	3	5
	120	5	20
Mineralización	600	15	10
Atomización	1600	0	8
Limpieza	2500	1	2

Determinación de Plomo

Etapas	Temperatura (°C)	Tiempo de Rampa (seg)	Tiempo de estancia (seg)
Secado	110	1	30
	130	15	30
Mineralización	850	10	20
Atomización	1800	0	5
Limpieza	2500	1	3

Determinación de Cobre

Etapas	Temperatura (°C)	Tiempo de Rampa (seg)	Tiempo de estancia (seg)
Secado	110	1	30
	130	15	30
Mineralización	1200	10	20
Atomización	2000	0	5
Limpieza	2500	1	3

Como fuente de radiación lumínica se utilizó, para cada metal, una lámpara de cátodo hueco cuyas características son las siguientes:

Metal	Longitud de Onda (nm)	Intensidad (mA)	Abertura (nm Low)
Cd	228,8	4	0,7
Pb	283,3	10	0,7
Cu	324,8	15	0,7
Zn	213,9	15	0,7

Después de haber efectuado la puesta a punto del método y de los equipos, se procedió a las mediciones de las muestras. En cada una de las sesiones de medida, se realizó el calibrado del equipo. Durante una sesión de medida se realizaron dos o tres calibrados dependiendo del número de muestras, y para realizar los cálculos se utilizaron los valores medios de todos los calibrados.

Generalmente la calibración se preparó a partir de patrones con concentraciones de 1000 mg/l de metal. Por lo tanto debían diluirse para obtener las concentraciones deseadas en la recta de calibrado. La dilución normalmente se hacía con ácido nítrico al 2%.

Debemos anotar que para algunas muestras, las concentraciones de metales podían llegar a ser bastante altas con lo cual debía realizarse una dilución de tal manera que la lectura estuviera dentro del rango de calibración, para luego multiplicarse por el factor de dilución utilizado.

A continuación se presentan algunas de las calibraciones utilizadas en las mediciones y los límites de detección:

Metal	Calibración						Recta	Límite de Detección µg/g
Cd	µg/l	0	0,5	1,0	2,0	4,0	Y = 0,049X + 0,0031 r ² = 0,999	0,07
	Abs	0,02	0,031	0,058	0,107	0,199		
Pb	µg/l	0	0,5	1,0	5,0	10,0	Y = 0,0048X - 0,0011 r ² = 0,998	0,16
	Abs	0,001	0,002	0,003	0,024	0,047		
Cu	µg/l	0	10,0	20,0	50,0	100,0	Y = 0,0017X - 0,0004 r ² = 0,999	0,6
	Abs	0,01	0,0173	0,0344	0,0855	0,171		
Zn	mg/l	0	0,25	0,5	1,0	2,0	Y = 0,1298X - 0,0004 r ² = 0,999	2,9
	Abs	-0,001	0,034	0,067	0,13	0,265		

Finalmente, con el fin de controlar que el método de digestión y la fiabilidad de la determinación instrumental de las concentraciones de metales se mantienen iguales que como han sido calibrados al principio, periódicamente se realizaron ensayos de recuperación, los cuales consisten en añadir sobre blancos y muestras cantidades conocidas de los metales que se van a determinar, siguiendo el proceso de digestión y medición idéntico al que se lleva a cabo con las muestras. Las cantidades de metal que se adicionan se calculan de forma que al realizar la medida de absorbancia en el espectrofotómetro, estos ensayos de recuperación ofrezcan un valor situado dentro del intervalo lineal del calibrado. En promedio los porcentajes de recuperación obtenidos se presentan en la tabla siguiente:

Metal	% Recuperación
Cd	98,1
Pb	99,78
Cu	98,76
Zn	98,48

Los resultados fueron expresados en microgramos de metal por gramo de peso seco (µg/g p.s.) y la concentración (C_{Me}) del elemento metálico es obtenida por la fórmula:

$$C_{Me} (mg / kg) = \frac{C_E \times V}{M}$$

C_E = Concentración (µg/l)

V = Volumen de la solución final después de la digestión (ml)

M = Masa mineralizada (g)

5.3.3. MODELACIÓN DE LA BIOACUMULACIÓN

En la actualidad, se considera que en el campo de la bioacumulación de sustancias tóxicas en organismos, tanto los modelos empíricos como los de tipo mecanicista juegan un papel importante (USEPA, 1996a). Los primeros son más precisos, mientras que los segundos, adecuadamente calibrados y validados, pueden ser empleados en algunos casos, para predecir procesos de bioacumulación y biomagnificación. Ambas metodologías de trabajo son complementarias ya que los modelos mecanicistas requieren datos de campo, cuyo primer análisis da lugar a los modelos empíricos. A su vez los resultados de los modelos mecanicistas arrojan luz sobre la selección de los datos de campo a recopilar.

En cualquier caso, la validez y utilidad de cualquier modelo depende en gran medida de la calidad de los datos de entrada y del grado de incertidumbre aceptable en los resultados. El tipo de modelo a seleccionar depende según Boese y Lee (1992), de:

- Objetivos del estudio
- Escenario de trabajo.
- Precisión requerida.
- Disponibilidad de datos.
- Recursos disponibles.

En este estudio queremos determinar la existencia de una relación entre la concentración de algunos metales pesados en el sedimento (cobre, cadmio, plomo y cinc) y su concentración en las especies de peces seleccionadas de la bahía de Cullera. Así como también la relación entre la concentración de metales pesados en el alimento, a partir de los contenidos alimenticios presentes en los estómagos, y la concentración en hígado, branquias y músculo. Se trata de una primera aproximación al estudio de la bioacumulación y por ello y a partir de los datos disponibles, se pueden plantear modelos empíricos de bioacumulación.

El factor de bioacumulación (FBA) es definido como (USEPA, 1995b): *La relación entre la concentración de una sustancia en el tejido de un organismo*

acuático y la concentración en el medio, siempre que tanto el organismo como su fuente de alimento estén expuestos y dicha relación no cambie sustancialmente con el tiempo. En función del ámbito en el cual se determine la concentración de contaminante, agua, sedimentos, alimento, se definen el factor de bioacumulación (USEPA, 1995b; Boese y Lee, 1992), de la siguiente manera:

$$FBA_x = \frac{C_t}{C_x}$$

Donde:

FBA_x : Factor de bioacumulación, bien sea agua (L/kg peso seco de tejido); sedimento (kg de sólido seco sedimento/kg peso seco de tejido) o alimento (kg de sólido seco contenido estomacal/kg peso seco de tejido).

C_t : concentración de contaminante en el tejido del organismo (mg/kg peso seco de tejido).

C_x : concentración de contaminante, bien sea en el agua (mg/L); en sedimento (mg/kg sólido seco); ó en alimento (mg/kg sólido seco).

A partir de estos conceptos generales, en el presente trabajo se plantea el desarrollo de los modelos matemáticos de acumulación de metales en órganos de peces basados en el concepto de Factor de Bioacumulación en sedimento y en los contenidos alimenticios, con respecto a tres tipos de órgano para cada uno de los peces estudiados: hígado, branquias y músculo. Ello nos permitirá saber para cada especie, además de cuál es el metal que más se bioacumula, en qué órgano se produce en mayor medida.

5.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

En el estudio del contenido de metales en peces y en sedimentos se utilizaron análisis de varianza (ANOVA), previa comprobación del ajuste de los datos a una distribución normal, mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, con el fin de encontrar diferencias significativas de las concentraciones de cada metal, en función de la estación del año, el tamaño, la edad y el sexo, para el caso de los peces y para el caso de los sedimentos estas diferencias se evaluaron en función de las época del año, de las estaciones de muestreo y de la fracción de sedimento analizado.

La relación entre la concentración de cada metal y la estacionalidad, la talla, la edad y el sexo de los peces se determinó mediante un análisis de regresión, usando la concentración como la variable dependiente. La significatividad de la regresión fue evaluada mediante un análisis de varianza (ANOVA), probando la hipótesis $H_0: \beta=0$ contra $H_A: \beta \neq 0$ (Zar, 2004). El tratamiento estadístico de los datos se hizo con ayuda de los programas estadísticos para ordenador SPSS 16.0 para Windows (SPSS Inc.) y Statgraphics Centurion XV, versión 15.2.06.

5.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.4.1. CONTENIDO DE METALES EN SEDIMENTO

Una parte importante del trabajo está constituida por el análisis de los sedimentos, los cuales son usados para evaluar el grado de contaminación de ambientes acuáticos debido a su capacidad de atrapar y concentrar contaminantes y mantenerlos en el tiempo.

Con el fin de caracterizar el contenido de metales pesados en los sedimentos de la bahía de Cullera y así mismo poder relacionar estas concentraciones con las encontradas en peces, se eligieron 15 puntos de muestreo que cubrieran toda la bahía, para la determinación de cadmio, plomo, cobre y cinc. Estos análisis fueron hechos en invierno y en verano en la sección más superficial, y en este último, además se analizó un perfil en profundidad, compuesto de 3 secciones cada una de 5 cm hasta una profundidad de 15 cm. En el Anexo II se puede consultar con detalle las concentraciones de metales en el sedimento.

Adicionalmente, a nivel general dentro de la bahía, se caracterizó el sedimento de acuerdo con su textura y composición. El porcentaje de arena supera el 90% (92% en verano y 90% en invierno), las gravas conformaron en verano el 5,6% y en invierno el 0,2% y finalmente los limos y arcillas corresponden en verano al 2,3% y en invierno al 9,7%. En cuanto al porcentaje de materia orgánica encontrado en el sedimento, éste fue de 2,2% en verano y 1,7% en invierno. En la Figura 5.1 se pueden apreciar las concentraciones de metales en el sedimento en la época de verano.

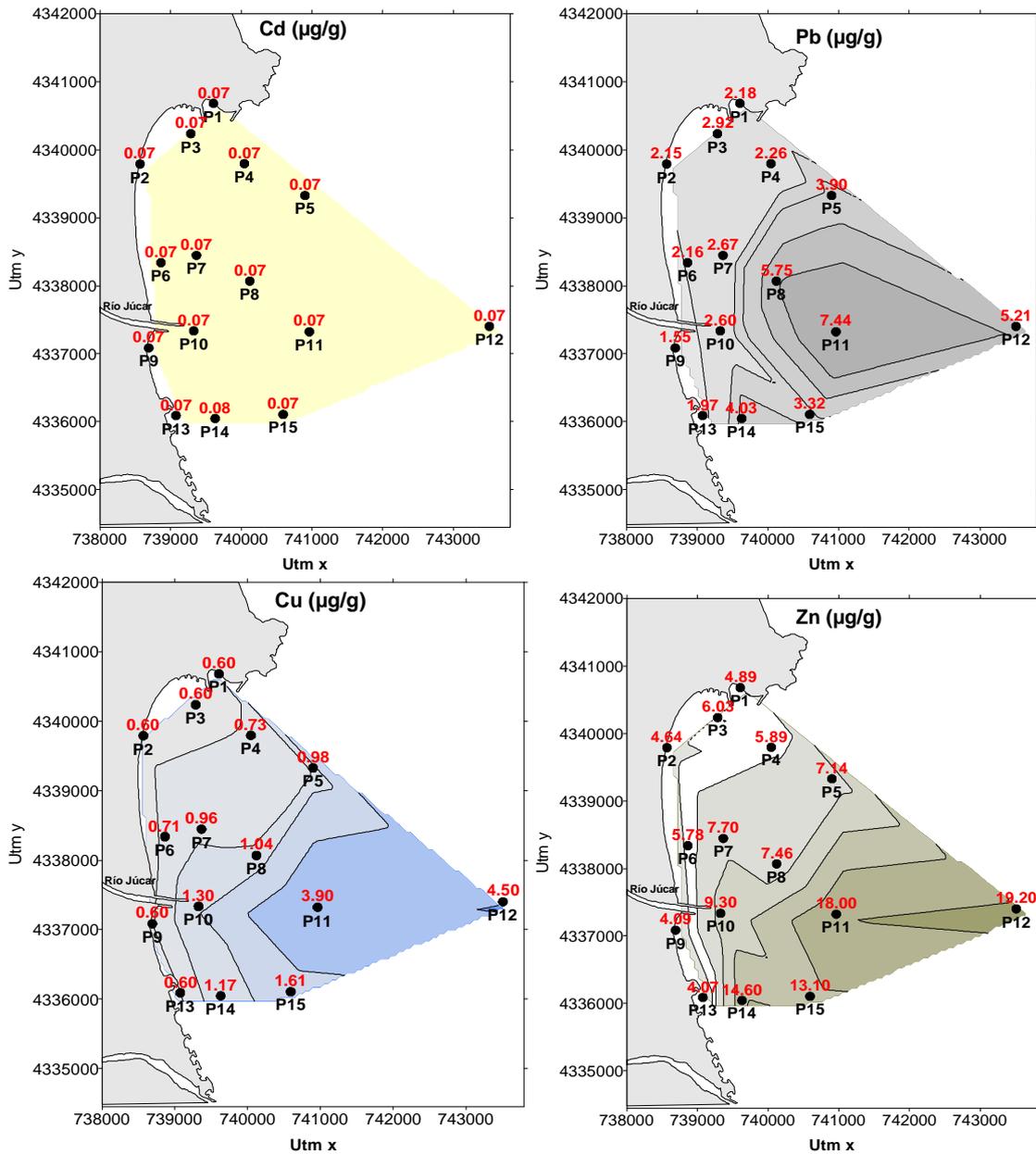


Figura 5.1. Distribución de los metales en el sedimento (Verano)

En general, la distribución de los sedimentos dentro de la bahía parece seguir un patrón similar para todos los metales. Entre las estaciones de muestreo no se encontraron diferencias significativas en el contenido de cadmio ($F_{14,29}=0,39$; $P=0,97$), el cual fue homogéneo dentro de la bahía, sin embargo, las diferencias fueron significativas en las concentraciones de plomo ($F_{14,29}=9,54$; $P<0,001$), cobre ($F_{14,29}=3,83$; $P<0,05$) y cinc ($F_{14,29}=6,22$; $P<0,001$) las cuales tuvieron tendencia a aumentar en la zona del emisario que corresponde a los puntos de muestreo P11 y P12. Las zonas más cercanas a la línea de playa fueron las que presentaron las menores concentraciones. La mayor abundancia la presentó el cinc, seguida por el

plomo, el cobre y finalmente el cadmio que se encontraba por debajo de los límites de detección.

La pauta de distribución vertical de los metales no presentó diferencias significativas en las concentraciones de cadmio ($F_{2,41}=2,3$; $P=0,11$) y cobre ($F_{2,41}=0,86$; $P=0,43$) halladas en las diferentes secciones, pero si en las de plomo ($F_{2,41}=12,06$; $P<0,001$) y cinc ($F_{2,41}=5,14$; $P<0,05$). A nivel general se observa una tendencia al aumento en las concentraciones de la fracción más profunda (Figura 5.2).

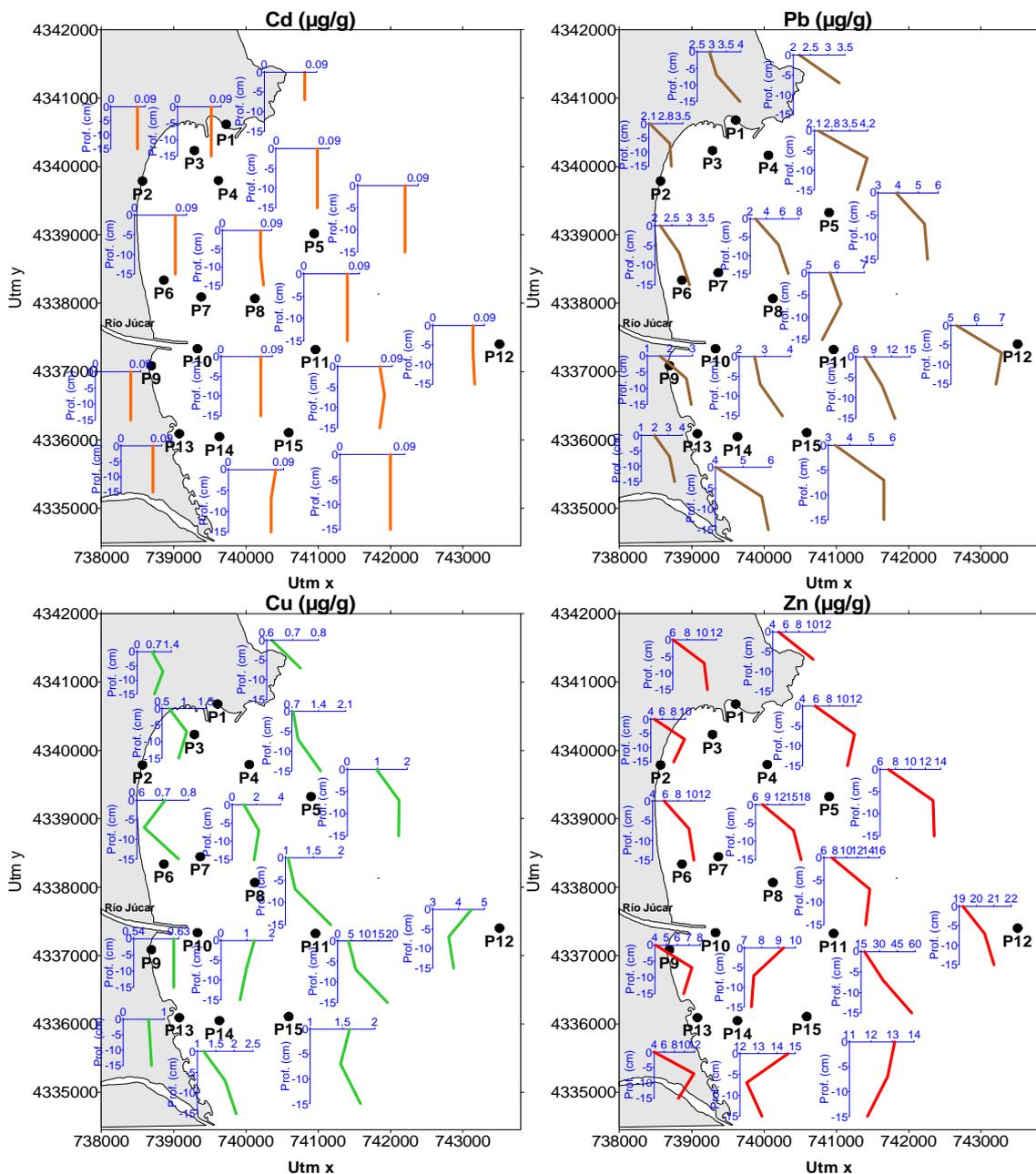


Figura 5.2. Perfil vertical de la concentración de metales en el sedimento para el verano.

Al comparar las épocas de invierno y verano, se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de cadmio ($F_{1,28}=10,87$; $P<0,05$), cobre ($F_{1,28}=28,08$; $P<0,05$) y cinc ($F_{1,28}=10,20$; $P<0,05$), ya que fueron significativamente mayores las de invierno que las de verano. En el caso del plomo, aun cuando el promedio del invierno fue un poco mayor que el del verano, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($F_{1,28}=0,09$; $P=0,76$). En invierno, el patrón de distribución dentro de la bahía siguió teniendo las concentraciones más altas en la zona del emisario y en zonas profundas (Figura 5.3).

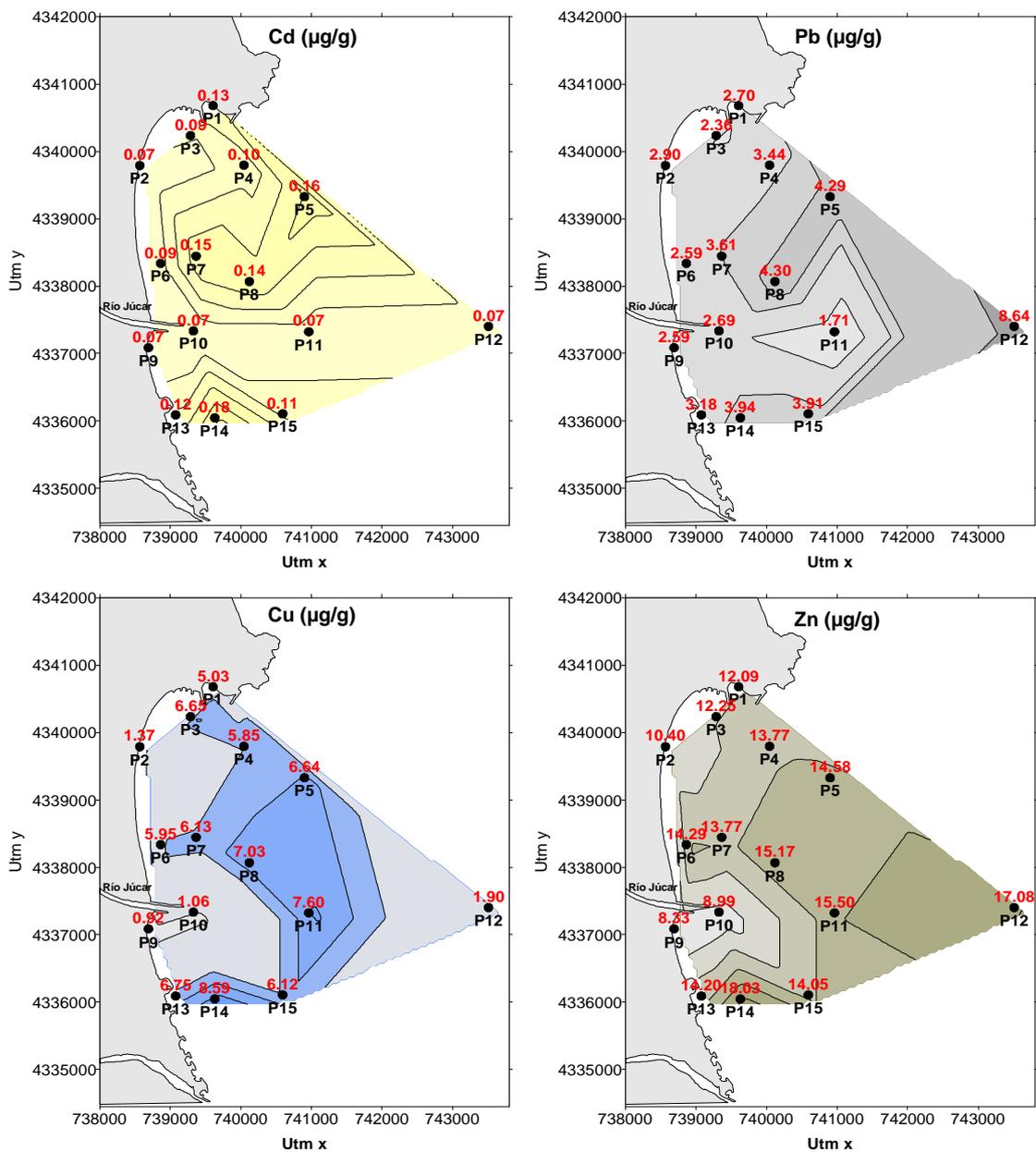


Figura 5.3. Distribución de los metales en el sedimento (Invierno)

Las concentraciones de cadmio aumentaron respecto a las de verano. En el caso del plomo las concentraciones fueron menores en algunos puntos, aún cuando se mantuvo la pauta de acumulación hacia el punto de muestreo P12. El cobre estuvo en mayor concentración que en el verano y además el patrón de distribución demuestra una mayor extensión de concentraciones altas por toda la bahía y no sólo en la zona del emisario. Finalmente, el patrón de distribución del cinc fue similar en ambas épocas, siendo las concentraciones en invierno más altas que en verano.

A partir de los niveles de metales que hemos observado en el sedimento de la bahía de Cullera, podemos señalar que en general se distribuyeron de una forma más o menos homogénea en toda el área estudiada. El cadmio presentó siempre niveles muy bajos, y para cobre, plomo y cinc se aprecia que pudo haber cierta influencia de la desembocadura del río y la salida del emisario. En nuestra opinión, dicha influencia es posible que se deba a la fracción más fina de los sedimentos ya que la textura que presentó en las estaciones P11 y P12 incluyó un mayor porcentaje de dicha fracción. Así pues, en cuanto a los metales pesados, considerando que pudiese haber algún efecto contaminante del vertido de aguas del río o del emisario a la bahía, este no lo detectamos de una forma localizada en un punto o puntos o un sector, sino que la concentración de metales en sedimentos se distribuyó de una forma bastante homogénea en el área estudiada. Hay que destacar en estos resultados el hecho de que la parte norte (zona de "El Racó"), que queda más confinada y que podía pensarse en principio que podría estar más afectada por contaminación, mantuvo niveles que están entre los más bajos de los que hemos registrado en la zona de estudio. En general las estaciones de muestreo más superficiales mostraron las menores concentraciones de todos los metales.

El análisis de las diferentes secciones del sedimento por separado nos muestra que la distribución vertical de metales no fue muy variable. Constatamos un patrón predominante por el que parece que existía un ligero aumento hacia las secciones más profundas. Sin embargo la pauta es muy variable. A este respecto son numerosas las referencias en las que se constata la existencia de una relación entre la acumulación de metales en los sedimentos, con un aumento en ellos de las fracciones más finas.

En cuanto a la estacionalidad, en general los niveles de metales fueron bastante similares aunque si que se apreciaron algunas variaciones, que también afectaron a la distribución. Hay que destacar que para el cobre las concentraciones de invierno fueron bastante más altas, y se distribuyeron más ampliamente por la bahía. En otros estudios (Benedito, 1996), en sedimentos costeros en la Comunidad Valenciana, para los mismos metales, se obtuvieron niveles que aunque eran prácticamente idénticos, siempre se mostraron un poco superiores en verano respecto a invierno. En cualquier caso es posible que las pautas de acumulación de metales en sedimentos puedan mostrar comportamientos distintos dependiendo de las concentraciones existentes. En este estudio los niveles encontrados fueron bastante bajos.

De nuestros resultados se desprende que a lo largo de todo el ciclo anual no parece haberse producido ninguna circunstancia que haya representado una alteración de las condiciones normales y por lo tanto una contaminación por metales. Únicamente señalar que nos llama la atención el aumento observado para el cobre en invierno, pero incluso estos valores siguen siendo bajos.

Consideramos que en estudios de control de la contaminación por metales pesados, sería interesante estudiar al menos dos muestras anuales, concretamente a finales de verano y de invierno. Además, después de estudiar las concentraciones en varias secciones de sedimentos y de observar las variaciones que se producen, y de los resultados obtenidos en otros estudios (Martincic *et al.*, 1990 a), consideramos que en investigaciones de control de contaminación por los metales pesados (al menos los que se tratan en este trabajo), es suficiente con el estudio de los sedimentos superficiales, ya que estos reflejan bien las condiciones recientes. Además la capa superficial del sedimento es la que mantiene a la mayor parte de los organismos bentónicos. Sin embargo, para estudiar condiciones pasadas o ver efectos de las condiciones ambientales del sedimento, si que es interesante recurrir a las secciones más profundas.

Las concentraciones que hemos encontrado para los metales estudiados en los sedimentos de la bahía de Cullera, se encuentran entre los más bajos de los que se refieren en la bibliografía para el Mar Mediterráneo.

Los niveles de Cd que obtenemos se sitúan en 0,07 µg/g P.S. En la Tabla 5.1 se muestran datos de referencia de contenido de cadmio en sedimentos. Entre estos datos los que nos importan son los del Mediterráneo, aunque se han introducido otros correspondientes a otras áreas geográficas para tener una visión más amplia.

Tabla 5.1. Niveles de cadmio presentes en los sedimentos marinos de diferentes localidades.

Autor	Conc. (µg/g PS)	Localidad
Whitehead (1984)	0.15*	Sedimentos costeros del Mediterráneo
Ward (1982)	0.1*	Golfo de Spencer. Australia
Pulich (1980)	0.06*	Laguna Madre. Golfo de Méjico.
Brix y Lyngby (1983)	0.02-0.06*	Áreas rurales. Limfjord (Dinamarca).
Martincic (1990 a y b)	0.1-0.2*	Islas Kornati (Adriático Central. Grecia.)
Benedito (1996)	0.1 – 0.2	bahía de Altea
Ballester <i>et al.</i> (1980)	0.39-1.59	Diversas localidades del litoral catalán.
Hernández <i>et al.</i> (1985)	0.07- 0.22	Varias localidades del litoral valenciano.

Los datos con asterisco corresponden a áreas donde se considera que no existe contaminación por el metal, por lo que representan niveles de base para estos lugares. Los datos de Martincic *et al.* (1990), corresponden a nuestros cálculos a partir de los datos del autor.

Nuestros resultados de cadmio son de los más bajos de los obtenidos para otros puntos del litoral valenciano, y están por debajo de los referenciados para el litoral catalán.

Las concentraciones de Zn que hemos obtenido se sitúan entre 8,3 y 19,20 µg/g P.S., que son inferiores a los 20-60 µg/g P.S. obtenidos por Benedito (1996) en Altea. Martincic *et al.*, (1990), en un lugar exento de contaminación del Adriático Central encuentran en esta fracción concentraciones de 23-30 µg/g PS. Nuestros resultados también se encuentran por debajo de los 50 µg/g P.S., que se proponen como niveles de base de cinc para sedimentos costeros del Mediterráneo (Whitehead *et al.*, 1984), y en el rango inferior (10 y 152 µg/g PS) de los que Chabert *et al.* (1983), encuentran en Port Cros (Francia). En otros ámbitos geográficos, Taylor

(1976), obtiene 24.8 - 65 $\mu\text{g/g}$ en sedimentos estuáricos que asume como no contaminados. Asimismo, nuestros resultados son similares a los que ofrecen Ward (1987), y Pulich (1980), para lugares no contaminados en el Golfo de Spencer (Australia), y el Golfo de Méjico respectivamente.

En cuanto al cobre, hemos obtenido valores que van desde 0,92 a 8.59 $\mu\text{g/g}$ P.S. Son bastante similares a los 5 - 9 $\mu\text{g/g}$ P.S. obtenidos por Benedito (1996), en Altea, e inferiores a los de Ballester *et al.* (1980), en el litoral catalán. Estos valores están ligeramente por debajo de los 15 $\mu\text{g/g}$ P.S. que proponen Whitehead *et al.* (1984), como nivel de base para el Mediterráneo, y son también inferiores a los observados por Martincic *et al.* (1990), en zonas sin contaminación del Adriático Central. Concentraciones similares a las obtenidas por nosotros, las encuentran Chabert *et al.* (1983), en zonas no contaminadas de Port Cros. Asimismo nuestros resultados están dentro del rango de los propuestos por Taylor (1976), para sedimentos de ambientes estuáricos no contaminados.

Los niveles de plomo de la bahía de Cullera van de 1,5 a 8,6 $\mu\text{g/g}$ P.S. Los niveles obtenidos por Benedito (1996) en Altea oscilan entre 20 y 40 $\mu\text{g/g}$ P.S., y los de Hernández *et al.* (1985), para sedimentos superficiales del litoral de Valencia y Castellón utilizando la fracción <250 micras, fueron de 19,5 $\mu\text{g/g}$ PS, y los toman como niveles de base. Ballester *et al.* (1980), en el litoral catalán obtienen niveles de plomo en los sedimentos del mismo orden de magnitud que los nuestros.

Whitehead *et al.* (1984), proponen 25 $\mu\text{g/g}$ P.S. como nivel de base para sedimentos costeros del Mediterráneo. Martincic *et al.* (1990), en las islas Kornati (Adriático Central) que toman como lugar de referencia, obtienen 12.4 $\mu\text{g/g}$ P.S. en la fracción de sedimento <63 micras. Los valores más bajos que Chabert *et al.* (1983), obtienen en Port Cros, se sitúan entre 6,5-19 $\mu\text{g/g}$ P.S., y los más elevados entre 37,5 y 108. Estos autores reconocen que en Port Cros existe una contaminación de plomo principalmente procedente de los carburantes de las embarcaciones que transitan la zona. También en el litoral mediterráneo francés, Cristiani (1980), en varias localidades, obtiene valores que van desde 26 a 40,9 $\mu\text{g/g}$ P.S. a excepción de una estación que alcanza una media de 77,7 $\mu\text{g/g}$ P.S.

Como conclusión de la comparación de los niveles de metales obtenidos por nosotros en la bahía de Cullera, podemos afirmar que se trata de un área con unas concentraciones muy bajas que pueden estar dentro de los que serían niveles de base para áreas costeras de Mediterráneo en general.

5.4.2. CONTENIDO DE METALES EN PECES

El medio marino de la bahía de Cullera se encuentra influenciado por los aportes que recibe de la desembocadura del río Júcar y de los vertidos de agua de la zona, pudiendo ambos afectar a las comunidades de peces que allí habitan, siendo de especial consideración las especies de interés comercial, ya que una de las actividades económicas de relevancia en Cullera es la actividad pesquera, la cual se desarrolla por parte de una flota relativamente importante, tanto de arrastre como artesanal.

Los organismos bentónicos, por estar en contacto directo con el sustrato y además caracterizarse por una movilidad menor que las especies pelágicas, pueden estar más influenciados por niveles de contaminantes presentes en el ambiente del fondo. Es por esto que las especies de peces seleccionadas en este estudio son bentónicas, obtenidas a través de la pesca artesanal. Además, las vías que en general se han señalado para la entrada de metales en los organismos acuáticos son: desde el agua por efecto baño, y a través de la alimentación, especialmente en el caso de los peces (Rainbow, 1997; Rainbow 2002; Wang 2002).

En los siguientes apartados se describe el contenido de metales en el hígado, músculo, branquias y contenidos alimenticios encontrados en los estómagos de cada una de las especies estudiadas.

En el Anexo III se puede consultar con detalle las concentraciones de metales en peces.

5.4.2.1. *Mullus surmuletus*

En total se analizaron 20 peces de los cuales 15 se capturaron en la época de verano y 5 en invierno. En la Tabla 5.2 se presentan las longitudes y pesos medios y la distribución entre machos y hembras.

Tabla 5.2. Longitud y peso medio en *M. surmuletus*

	Verano			Invierno		
	N	Lt media (cm)	W medio (g)	N	Lt media (cm)	W medio (g)
Total	15	20.9	131.9	5	24.6	219.5
Machos	7	19.0	95.1			
Hembras	8	22.4	158.9	5	24.6	219.5

Como se observa en la Figura 5.4, en *M. surmuletus* el hígado fue el órgano con los niveles más altos de metales, seguido de las branquias y el músculo con valores alrededor del límite de detección. Los niveles en los contenidos digestivos han sido muy elevados para cadmio y plomo, siendo en este último, superiores a los de cualquier órgano. Los niveles del contenido digestivo para cobre y cinc fueron mayores que en músculo y branquias. En la pauta de acumulación por metales, el cinc es el metal que presentó las mayores concentraciones, seguido por el cobre, plomo y cadmio.

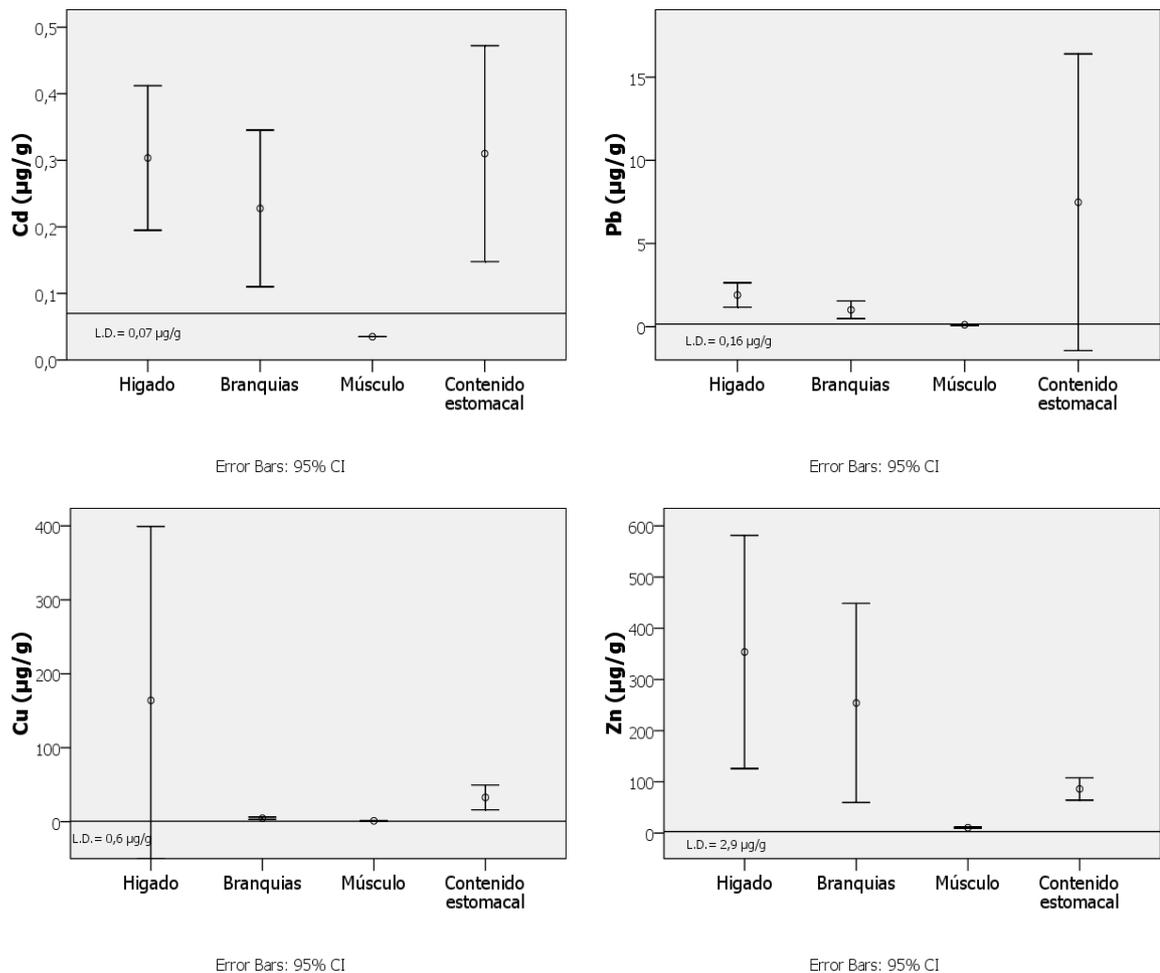


Figura 5.4. Contenido de metales por órganos en *M. surmuletus*

Las diferencias en la concentración de metales entre órganos fueron significativas para el cadmio ($F_{3,12}=42,4$; $P<0,05$), ya que el hígado y el contenido estomacal tuvieron valores altos ($0,32 \mu\text{g/g}$) en comparación con los encontrados en branquias ($0,08 \mu\text{g/g}$) y músculo ($<0,07 \mu\text{g/g}$). También se encontraron diferencias significativas para el plomo ($F_{3,12}=6,35$; $P<0,05$) debido a los niveles muy bajos encontrados en el músculo ($<0,16 \mu\text{g/g}$) con respecto a los demás órganos; así mismo para el cobre ($F_{3,12}=12,8$; $P<0,05$), con las concentraciones en hígado ($164,02 \mu\text{g/g}$) y en contenido estomacal ($40,8 \mu\text{g/g}$) más altas que las de branquias ($5,9 \mu\text{g/g}$) y músculo ($0,61 \mu\text{g/g}$); y finalmente para el cinc ($F_{3,25}=4,75$; $P<0,05$) con las concentraciones más altas en hígado ($353,7 \mu\text{g/g}$) y las más bajas en músculo ($10,6 \mu\text{g/g}$).

Como se observa en la Figura 5.5, hay una gran variabilidad en la acumulación de los metales según la época de captura.

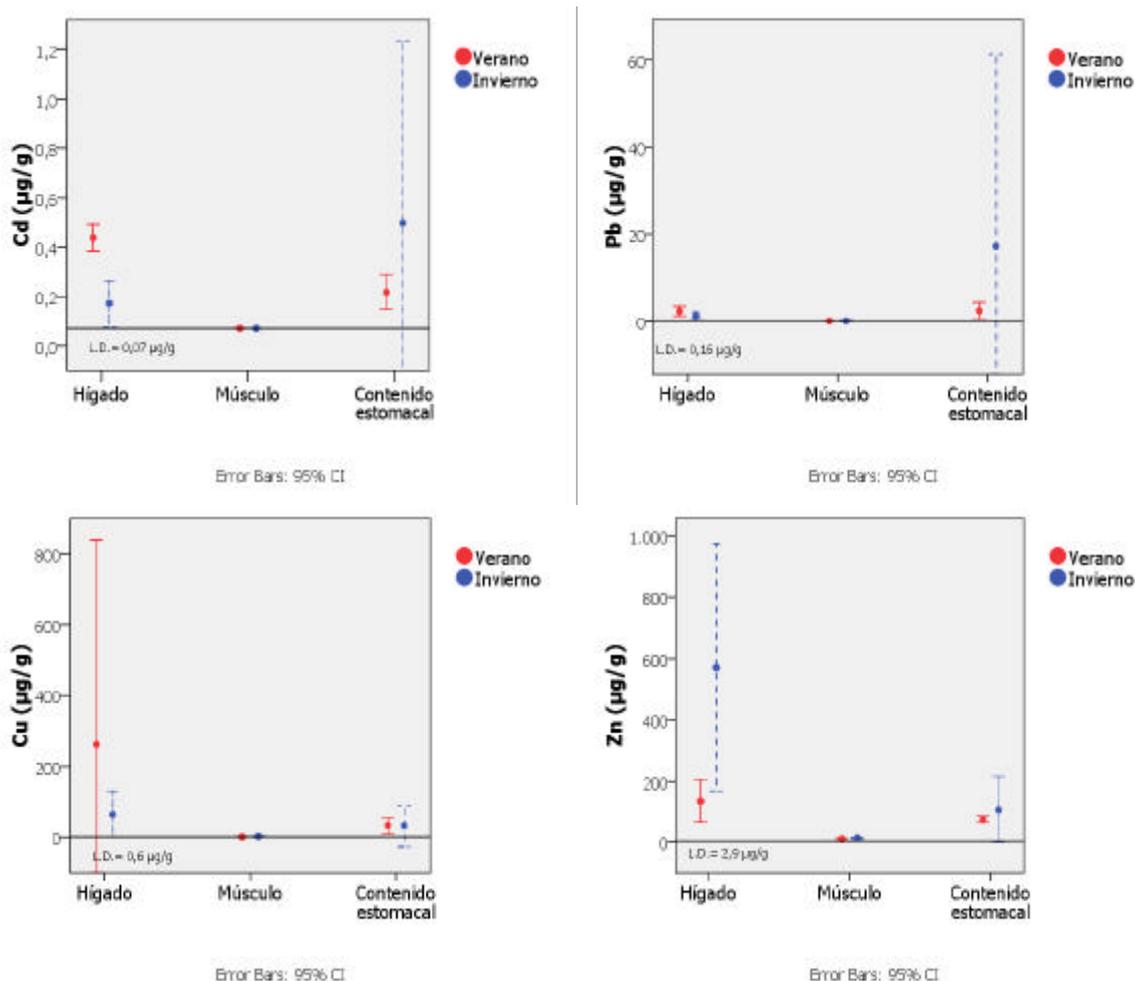


Figura 5.5. Comparación del contenido de metales en verano e invierno en *M. surmuletus*

Se encontraron diferencias estacionales significativas en el hígado para cadmio ($F_{1,7}=20,55$; $P<0,05$), plomo ($F_{1,7}=10,24$; $P<0,05$) y cinc ($F_{1,7}=14,09$; $P<0,05$) y en el músculo para cobre ($F_{1,7}=11,1$; $P<0,05$) y cinc ($F_{1,7}=36,3$; $P<0,05$). El cadmio y el plomo se acumularon en mayor proporción en el hígado en verano, sin embargo, esta pauta se invierte en el contenido estomacal, ocurriendo una mayor acumulación en invierno. La pauta de acumulación que se observa en el cobre y el cinc fue mayor en invierno para el hígado. En el caso de los contenidos estomacales había mayor acumulación de cobre en verano y mayor acumulación de cinc en invierno. Las concentraciones en los músculos fueron muy homogéneas entre ambas épocas.

Como se observa en la Figura 5.6, en *M. surmuletus*, las hembras tuvieron tendencia a acumular mayor cantidad de metales que los machos, aun cuando no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos.

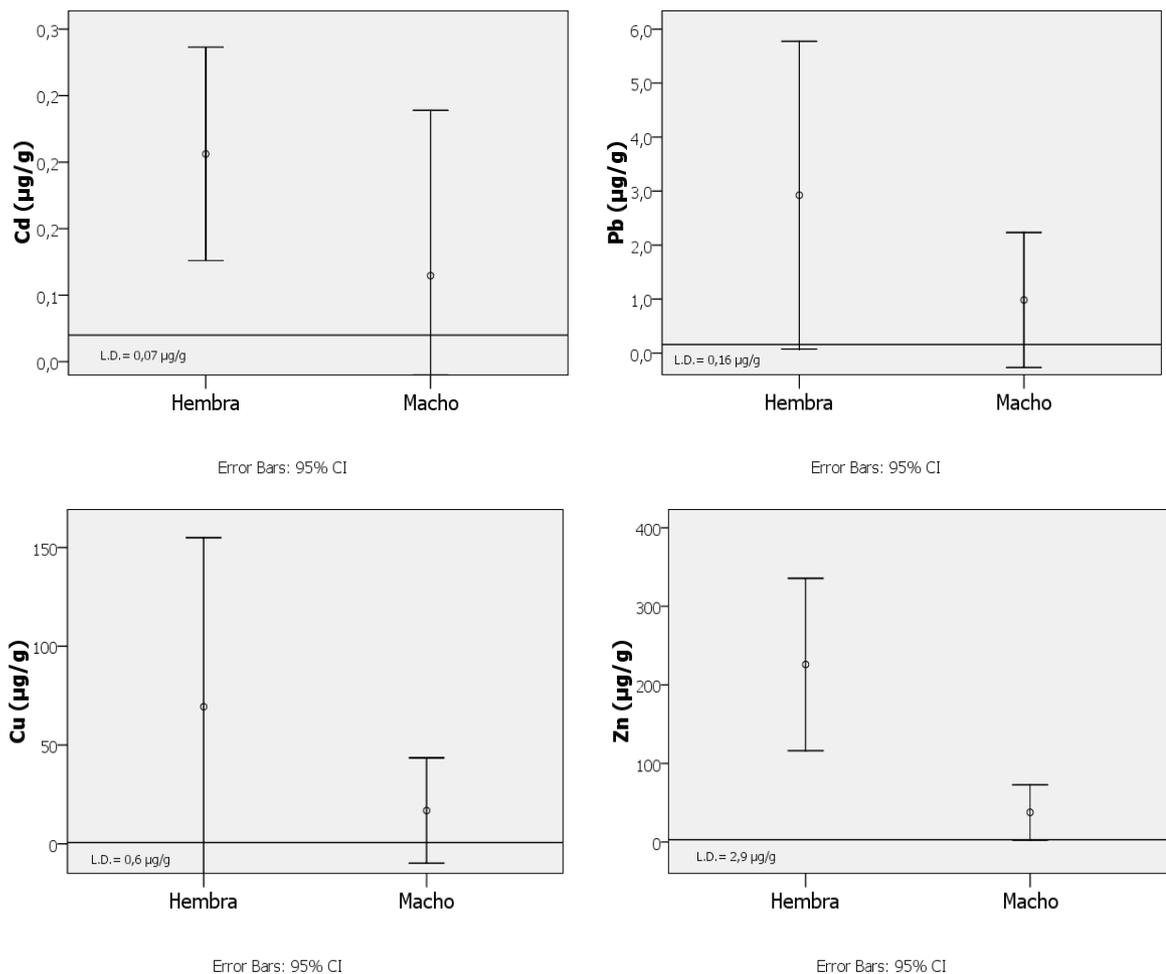


Figura 5.6. Comparación del contenido de metales entre machos y hembras en *M. surmuletus*

La concentración de metales en *M. surmuletus* parece responder muy poco a factores como la talla o la edad del pez (Figura 5.7).

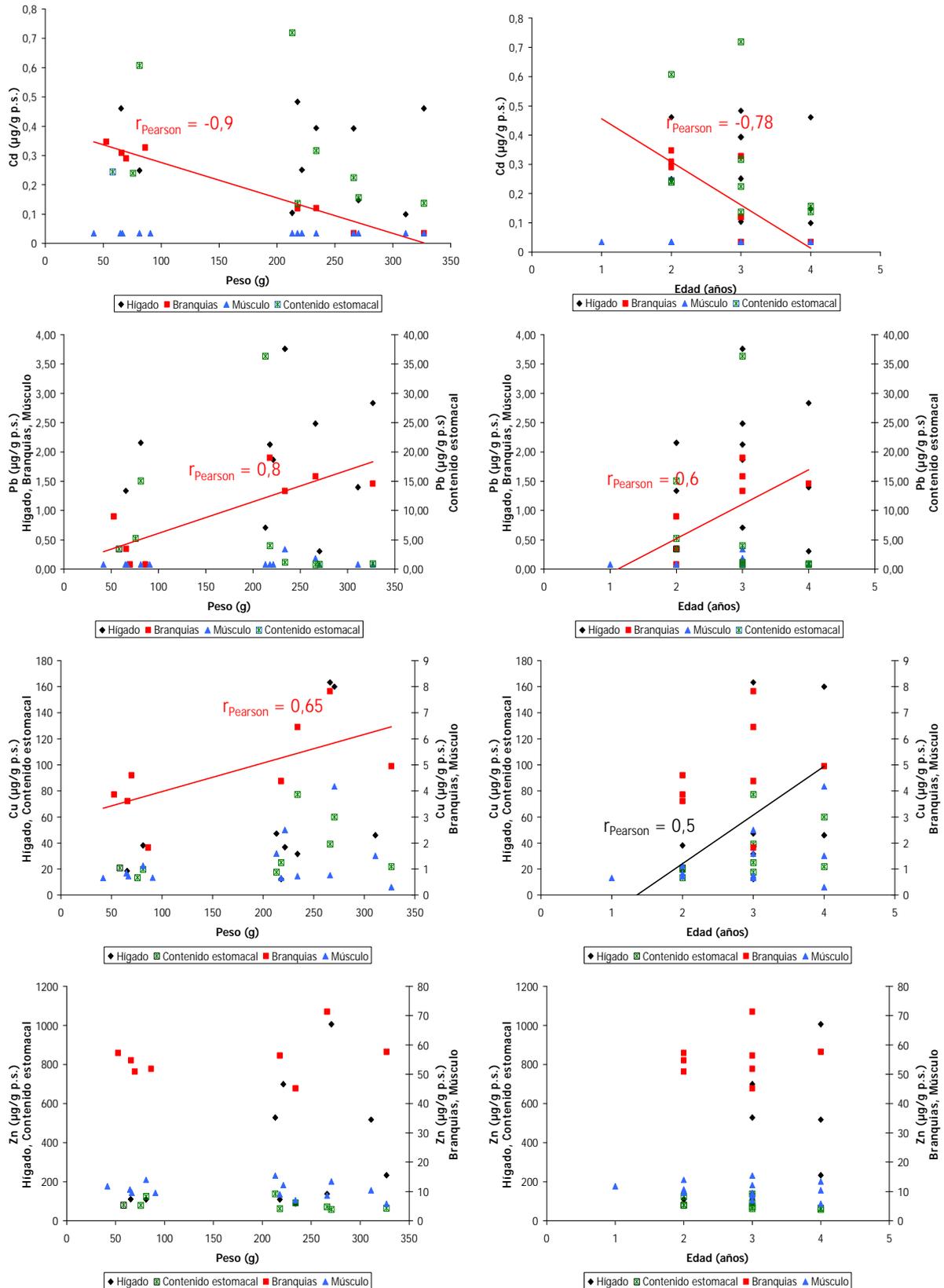


Figura 5.7. Concentración de metales con respecto al tamaño y a la edad del pez para *M. surmuletus*

Únicamente podemos destacar que el efecto del peso y de la edad del pez, analizado mediante correlaciones de Pearson, en el contenido de metales en los tejidos, evidenció asociaciones negativas significativas de la concentración de Cd en las branquias (por el peso: $r = -0.98$, g.l.=7, $P < 0.05$; por la edad: $r = -0.78$, g.l.=7, $P < 0.05$). Así mismo se encontraron asociaciones positivas de la concentración de Pb en las branquias a causa del peso ($r = 0.81$, g.l.=7, $P < 0.05$) y de la edad ($r = 0.6$, g.l.=7, $P < 0.05$) y de la concentración de Cu en las branquias con respecto del peso ($r = 0.65$, g.l.=7, $P < 0.05$); además de la concentración de Cu en el hígado con relación a la edad ($r = 0.5$, g.l.=7, $P < 0.05$).

La acumulación de Cd, Pb, Cu y Zn en los demás órganos y tejidos no parecen tener ninguna asociación significativa con relación al peso o a la edad.

5.4.2.2. *Synaptura lusitanica*

En total se analizaron 22 peces de los cuales 16 se capturaron en la época de verano y 6 en invierno. En la Tabla 5.3 se presentan las longitudes, pesos medios y la distribución entre machos y hembras.

Tabla 5.3. Longitud y peso medio en *S. lusitanica*

	Verano			Invierno		
	N	L media (cm)	W medio (g)	N	L media (cm)	W medio (g)
Total	16	24.0	114.9	6	23.3	110.9
Machos	2	23.0	90.0	3	22.6	88.1
Hembras	12	26.4	159.8	3	23.5	101.0

En la Figura 5.8 podemos ver que las concentraciones más altas de metales se observaron siempre en branquias e hígado, variando el orden de acumulación dependiendo del metal. Las menores concentraciones siempre las presentó el músculo. Para Cd, Zn y Pb los contenidos digestivos mostraron niveles de metales similares a los de hígado y branquias. El metal que se acumuló en mayor concentración fue el cobre, seguido por el cinc, el plomo y el cadmio.

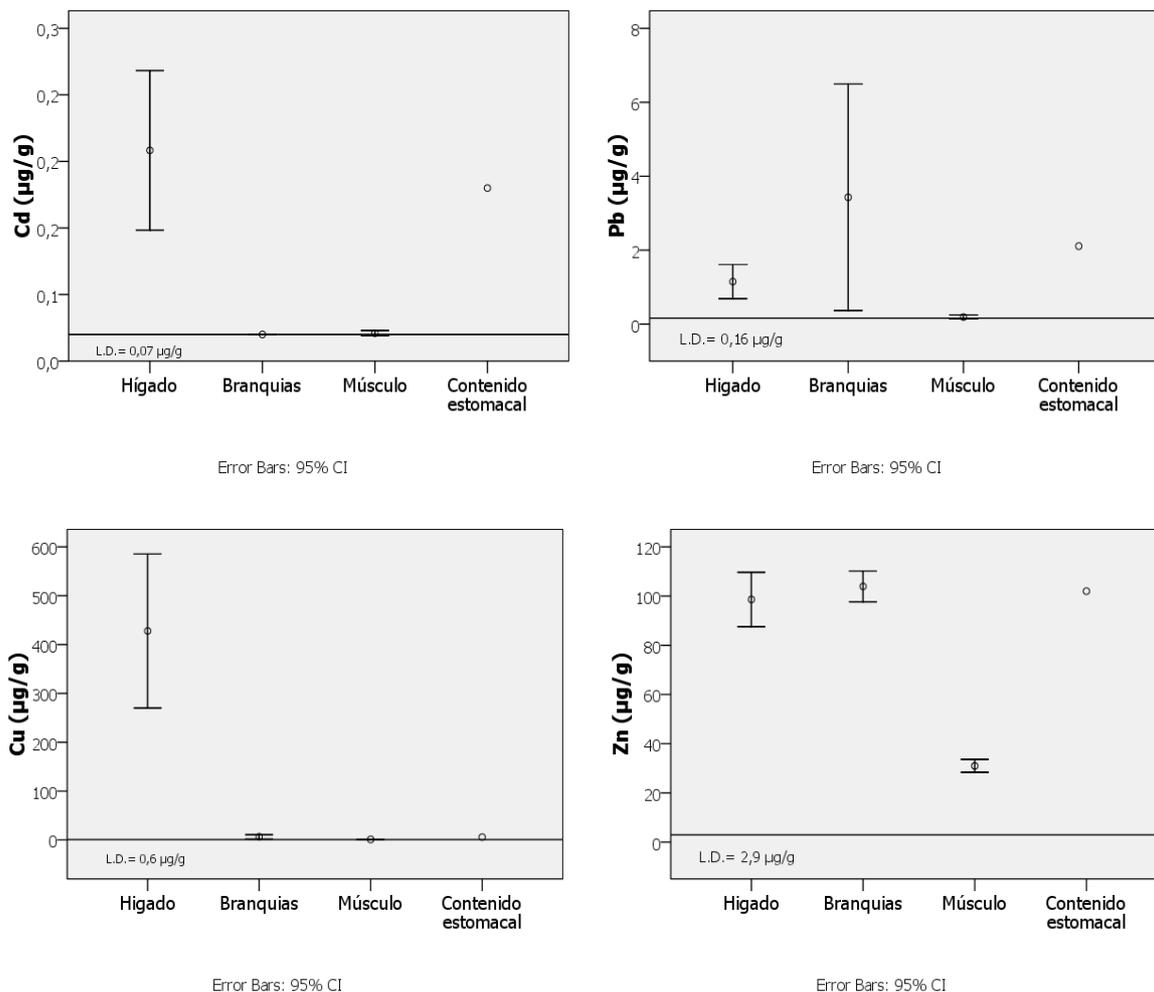


Figura 5.8. Contenido de metales por órganos en *S. lusitanica*

Las diferencias en la concentración de metales entre órganos fueron significativas para el cadmio ($F_{2,15}=19,4$; $P<0,05$), ya que el hígado tuvo valores muy altos ($0,21\mu\text{g/g}$) en comparación con los encontrados en branquias y músculo, con valores por debajo del límite de detección.

También se encontraron diferencias significativas para el plomo ($F_{3,15}=3,49$; $P<0,05$) ya que las branquias tenía valores elevados ($3,4\mu\text{g/g}$) con respecto al músculo que presentó concentraciones por debajo del límite de detección. Así mismo, las diferencias fueron significativas en el cobre ($F_{3,15}=25,6$; $P<0,05$), con las concentraciones en hígado ($462,8\mu\text{g/g}$) mucho más altas que las de branquias ($6,3\mu\text{g/g}$), contenido estomacal ($5,7\mu\text{g/g}$) y músculo ($0,96\mu\text{g/g}$); y finalmente para el cinc ($F_{3,37}=63,4$; $P<0,05$) con concentraciones similares en branquias ($103,9\mu\text{g/g}$),

contenido estomacal ($102 \mu\text{g/g}$) e hígado ($98,6 \mu\text{g/g}$), y mucho más bajas en músculo ($30,9 \mu\text{g/g}$).

En cuanto a la pauta de acumulación de metales de acuerdo con la estación del año, se observó que el hígado acumuló mayor cantidad de metales en invierno que en verano, excepto para el cinc, en el cual casi no hubo diferencia. Además, en el plomo hay que tener en cuenta que, si bien en invierno se presentaron concentraciones más altas en el hígado, la concentración media fue un poco más baja que la de verano. Por su parte las concentraciones en el músculo fueron más homogéneas para ambas épocas y sólo en el caso del plomo y del cinc, las concentraciones de verano fueron más altas (Figura 5.9).

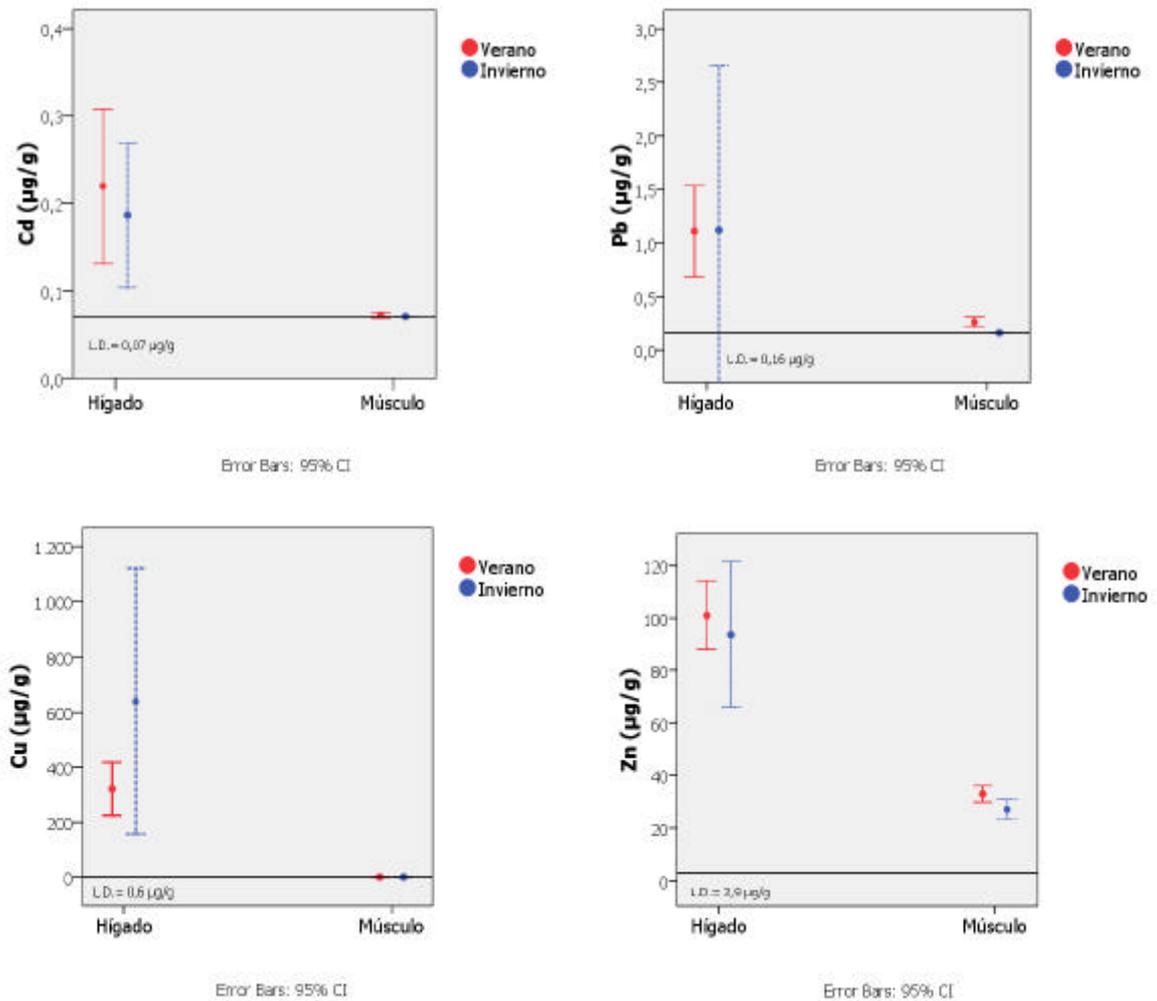


Figura 5.9. Comparación del contenido de metales en verano e invierno en *S. lusitánica*

Únicamente se encontraron diferencias significativas, debidas a la estacionalidad, en músculo en las concentraciones de plomo ($F_{1,14}=9,16$; $P<0,05$) y cinc ($F_{1,14}=5,48$; $P<0,05$) las cuales fueron más altas en verano.

Otro aspecto a considerar es la pauta de acumulación seguida por hembras y machos. En el caso de *S. lusitánica*, aun cuando no se encontraron diferencias significativas, las hembras tuvieron tendencia a acumular mayor cantidad de metales que los machos, con excepción del Cu (Figura 5.10).

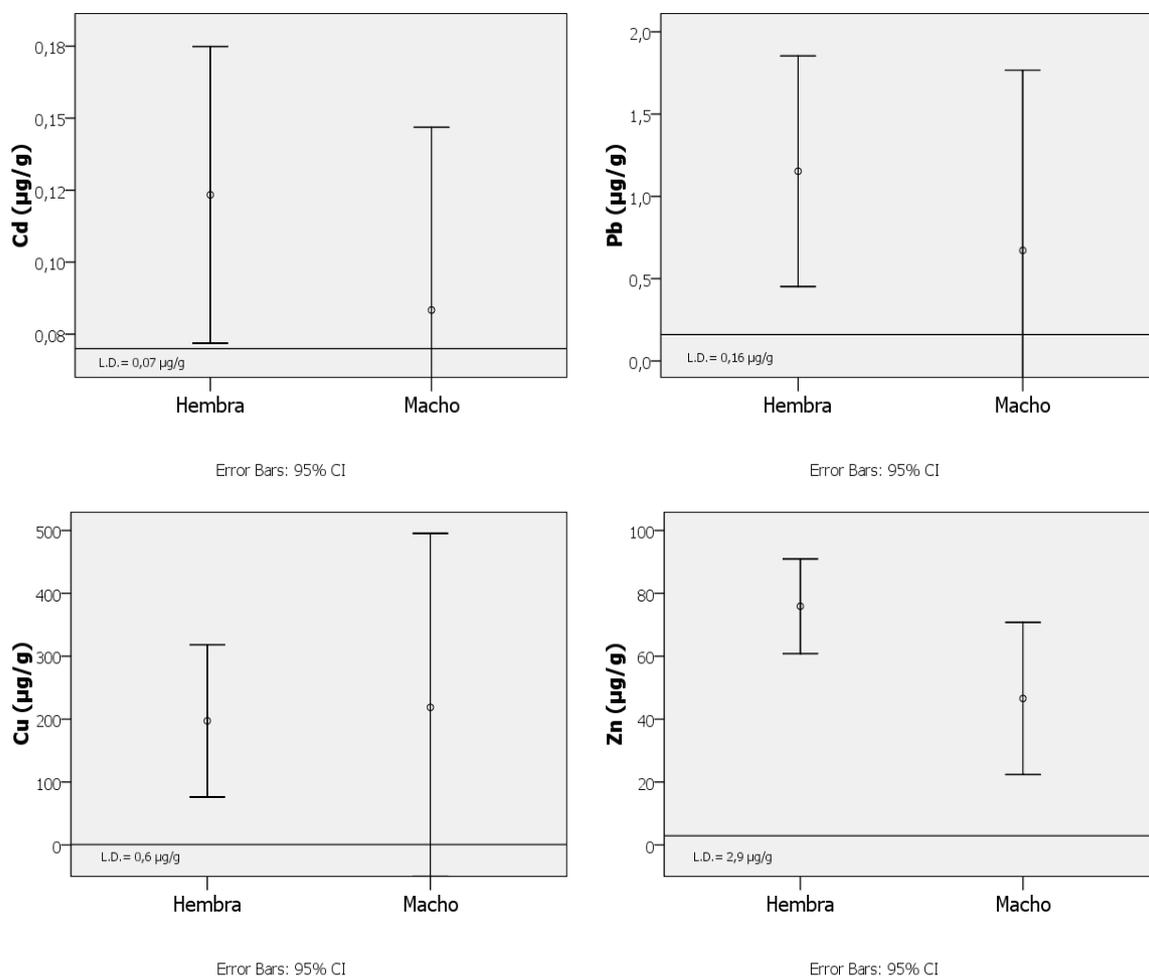


Figura 5.10. Comparación del contenido de metales entre machos y hembras en *S. lusitánica*

Para determinar los efectos del tamaño y la edad del pez en el contenido de metales en los órganos se realizaron correlaciones de Pearson como se muestra en la Figura 5.11.

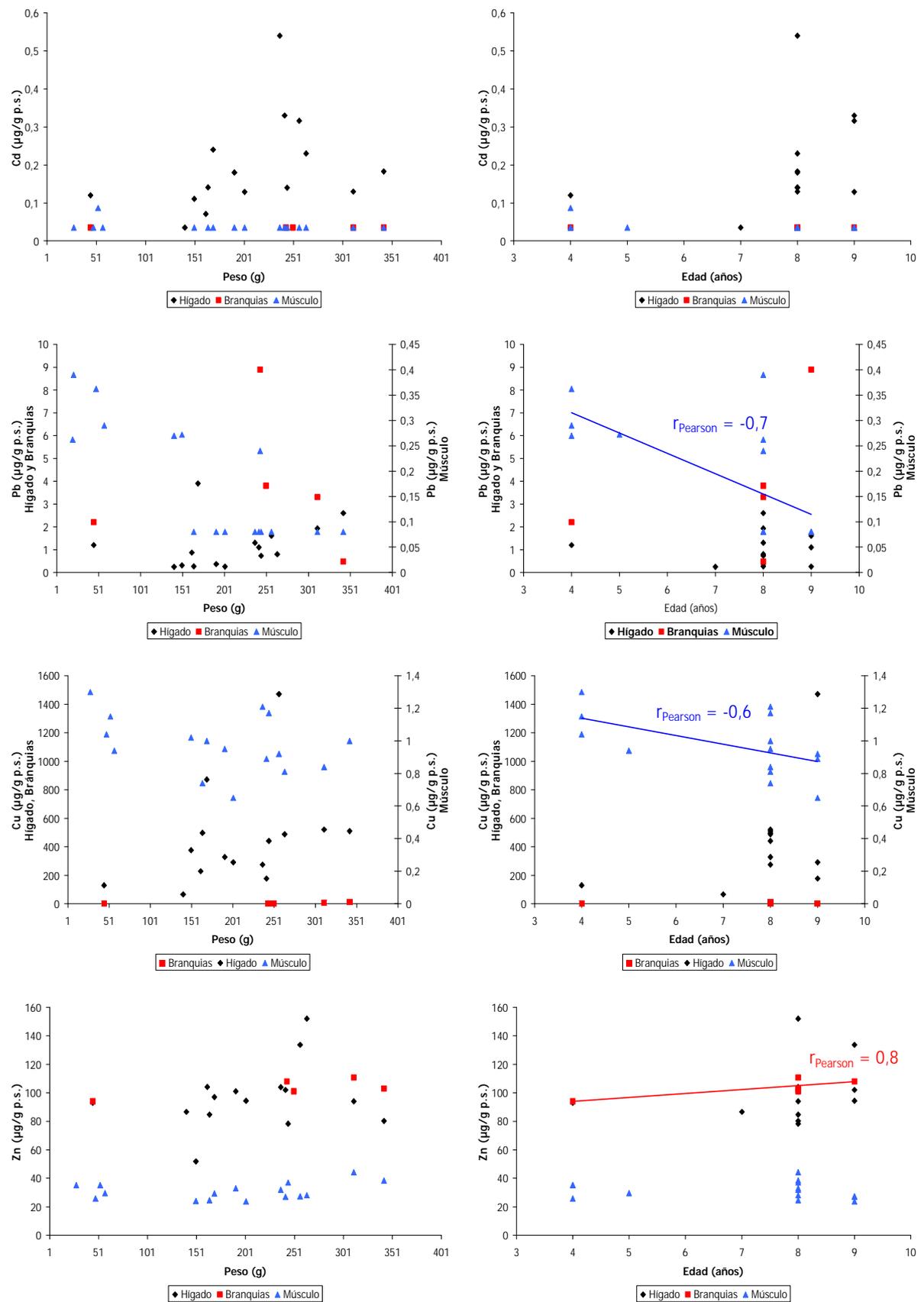


Figura 5.11. Concentración de metales con respecto al tamaño y a la edad del pez para *S. lusitanica*

Vemos que las asociaciones positivas más significativas se obtuvieron entre la edad y la concentración de cinc en las branquias ($r = 0.8$, g.l.= 7, $P < 0.05$), esto quiere decir que la concentración de cinc en las branquias aumentó en la medida que el pez era de tamaño mayor. También se encontraron asociaciones negativas significativas entre la edad y las concentraciones de plomo ($r = -0.7$, g.l.=16, $P < 0.05$) y de cobre ($r = -0.6$, g.l.=16, $P < 0.05$), en el músculo.

La acumulación de Cd, Pb, Cu y Zn en los demás órganos y tejidos no parecen tener ninguna asociación con relación a la talla, edad, sexo o estacionalidad, siendo esto especialmente evidente para el músculo.

5.4.2.3. *Scorpaena scorfa*

En total se analizaron 25 peces de los cuales 19 se capturaron en la época de verano y 6 en invierno. En la Tabla 5.4 se presentan las longitudes y pesos medios y la distribución entre machos y hembras.

Tabla 5.4. Longitud y peso medio en *S. scorfa*

	Verano			Invierno		
	N	Lt media (cm)	W medio (g)	N	Lt media (cm)	W medio (g)
Total	19	21.2	223.7	6	25.9	355.3
Machos	5	25.1	302.3	3	25.0	342.3
Hembras	10	22.6	255.3	3	26.4	361.8

La tendencia que se observa en la Figura 5.12 con respecto a la acumulación en los diferentes órganos fue similar para Cu, Cd y Zn, de modo que la mayor concentración se encontró en el hígado seguido de las branquias, y los niveles menores en músculo. Para estos tres metales los niveles en los contenidos digestivos variaron, mientras que se mostraron bajos para cadmio fueron bastante elevados para Zn y Cu, siendo para este último incluso más elevados que en el hígado. Para el plomo la pauta cambió, y las mayores concentraciones se presentaron en las branquias siendo los niveles en hígado, músculo y contenido digestivo bastante bajos.

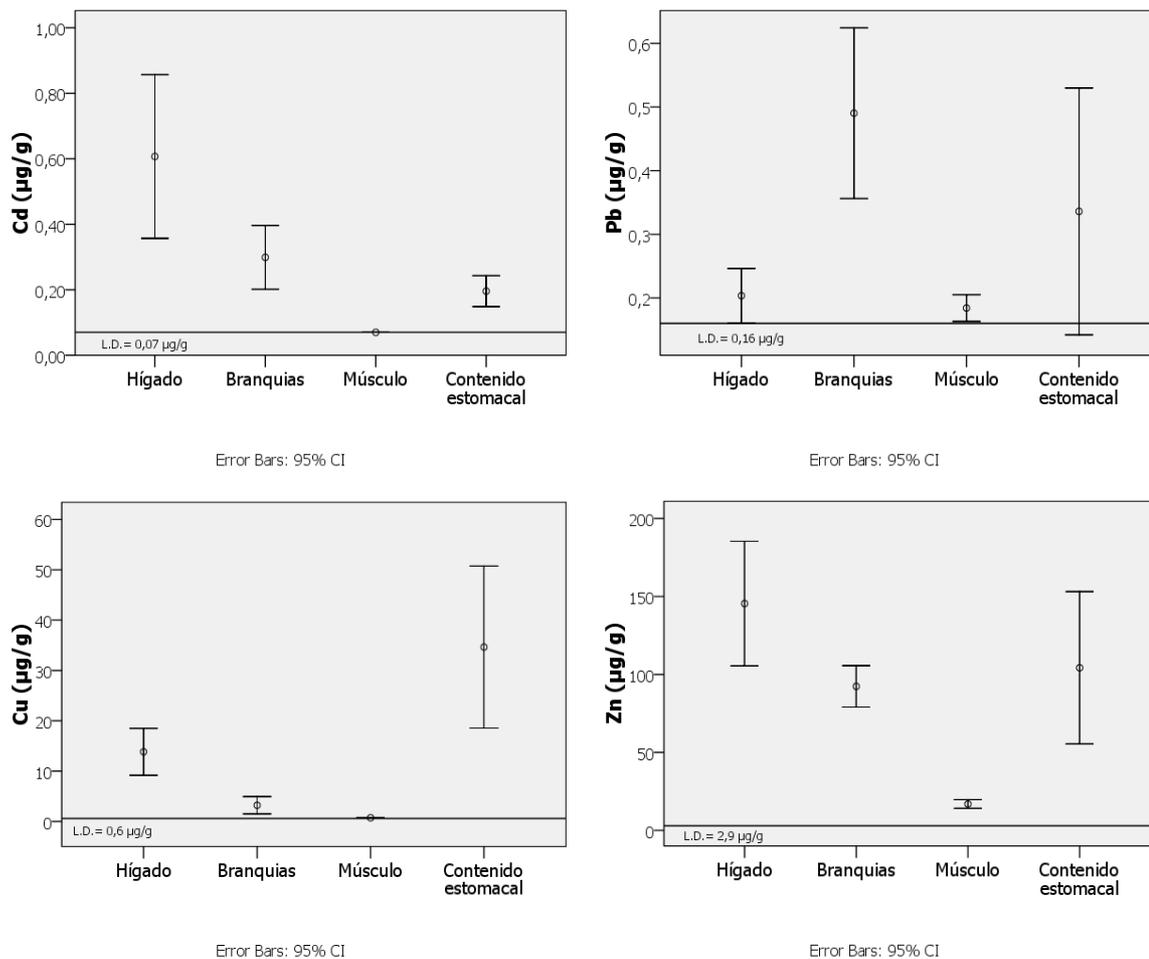


Figura 5.12. Contenido de metales por órganos en *S. scrofa*

Las diferencias en la concentración de metales entre órganos fueron significativas para el cadmio ($F_{3,26}=19,4$; $P<0,05$), ya que las concentraciones en el hígado ($0,53 \mu\text{g/g}$) fueron más altas que en branquias ($0,25 \mu\text{g/g}$), contenido estomacal ($0,19 \mu\text{g/g}$) o músculo ($<0,07 \mu\text{g/g}$). También se encontraron diferencias para el plomo ($F_{3,26}=5,54$; $P<0,05$) ya que los valores más altos se encontraron en las branquias ($0,45 \mu\text{g/g}$), muy diferentes a los encontrados en el contenido estomacal ($0,26 \mu\text{g/g}$), hígado ($0,18 \mu\text{g/g}$) y músculo ($0,17 \mu\text{g/g}$).

Así mismo, las diferencias fueron significativas en el cobre ($F_{3,19}=8,46$; $P<0,05$), con las concentraciones en contenido estomacal ($25,7 \mu\text{g/g}$) mucho mayores que las del hígado ($12,6 \mu\text{g/g}$), branquias ($4,12 \mu\text{g/g}$) y músculo ($0,69 \mu\text{g/g}$); y finalmente, para el cinc ($F_{3,43}=14,9$; $P<0,05$) con las mayores concentraciones en hígado ($144,6 \mu\text{g/g}$), seguidas del contenido estomacal ($106,6 \mu\text{g/g}$) y las branquias ($92,6 \mu\text{g/g}$) y las menores concentraciones en el músculo ($17,1 \mu\text{g/g}$).

En la pauta de acumulación por metales, el cinc presentó los niveles más altos seguido por el cobre, plomo y cadmio. Tal como explicamos anteriormente, el cadmio se acumuló principalmente en el hígado seguido por las branquias, el contenido estomacal y el músculo. El plomo se encontró principalmente en las branquias, seguido por el contenido estomacal y es prácticamente indetectable en hígado y músculo. El cobre presentó los niveles más altos en el contenido estomacal, seguido por el hígado, las branquias y el músculo. Finalmente el orden de acumulación del cinc, de mayor a menor fue: hígado, contenido estomacal, branquias y músculo.

Aún cuando no hay diferencias significativas en las concentraciones de metales, con respecto a la estación del año, el patrón seguido, fue de una mayor acumulación en invierno que en verano, excepto para el plomo con niveles más altos en verano y por debajo del límite de detección en invierno en músculo tal como se muestra en la Figura 5.13.

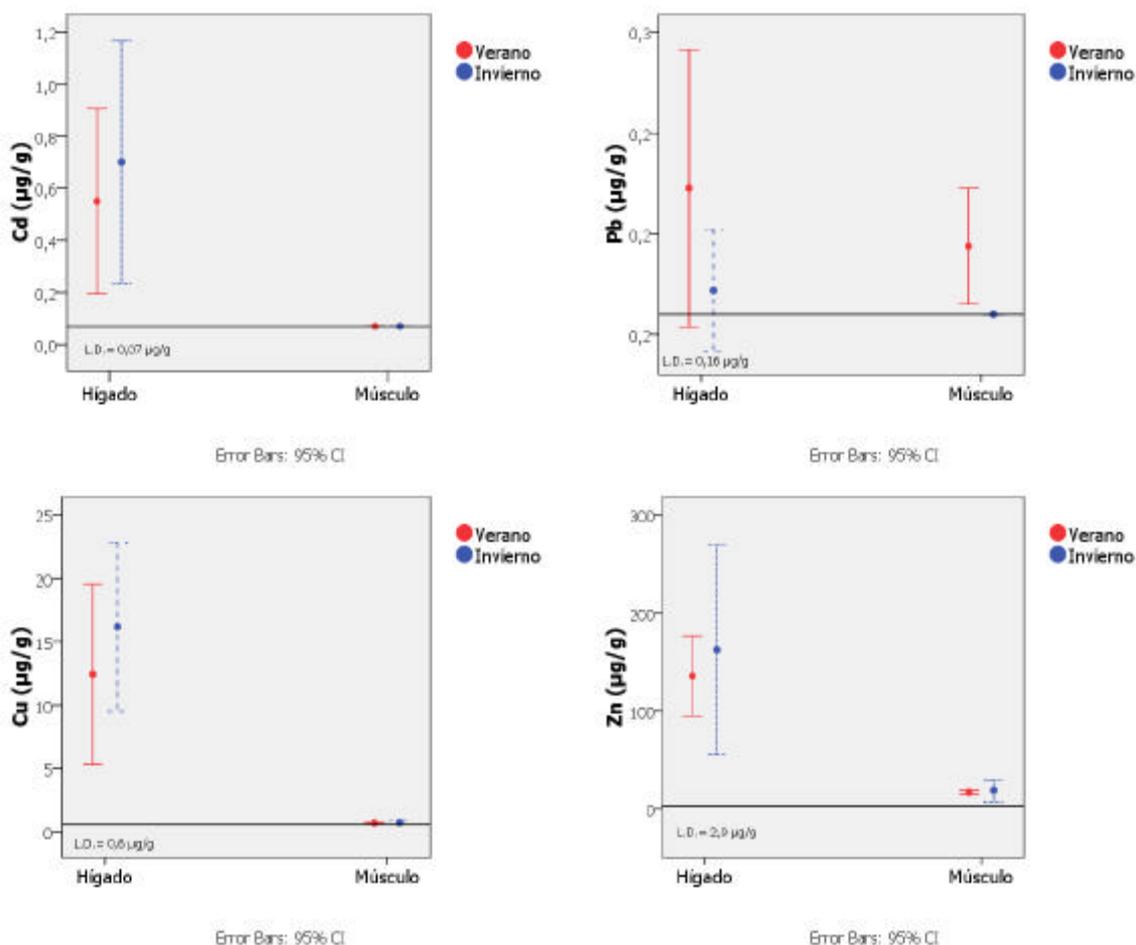


Figura 5.13. Comparación del contenido de metales en verano e invierno en *S. scrofa*

La pauta de acumulación de metales por sexos en esta especie varió según el metal, el plomo se acumuló en mayor cantidad en los machos. Por su parte, cadmio, cobre y cinc estaban en mayor concentración en hembras. Se encontraron diferencias significativas en la concentración de cobre en branquias ($F_{1,10}=50,7$; $P<0.05$); y cinc en hígado ($F_{1,10}=5,3$; $P<0.05$) y en branquias ($F_{1,10}=30,4$; $P<0.05$) (Figura 5.14).

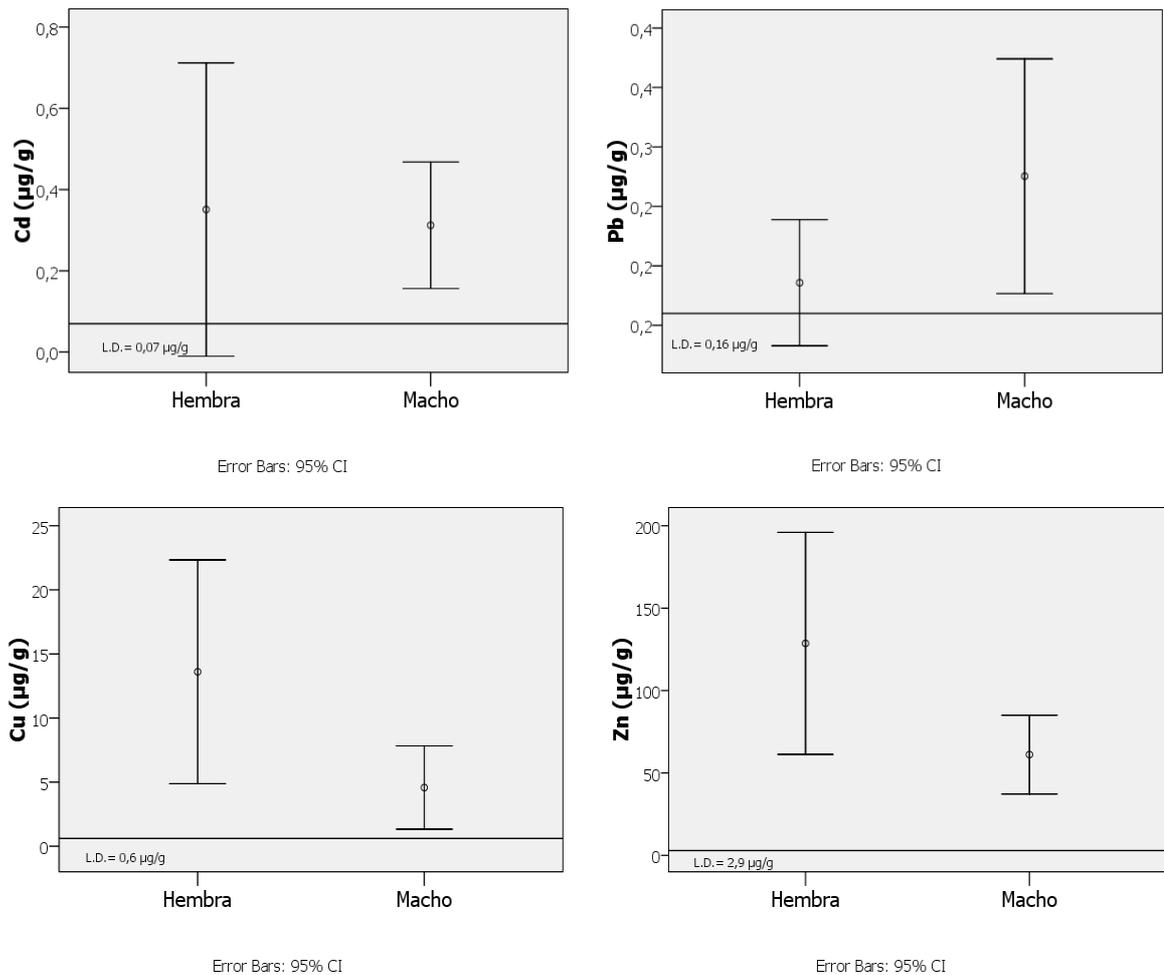


Figura 5.14. Comparación del contenido de metales entre machos y hembras en *S. scrofa*

En cuanto a los efectos del peso y de la edad del pez, analizados mediante correlaciones de Pearson, en el contenido de metales en los tejidos se encontró una asociación positiva significativa en la concentración de Cu en el músculo (peso: $r = 0.7$, g.l. = 12, $P < 0.05$; y edad: $r = 0.6$, g.l. = 11, $P < 0.05$) y algunas asociaciones negativas significativas entre la concentración de Pb en el hígado con relación al peso ($r = -0.6$, g.l. = 13, $P < 0.05$) y en el músculo, con relación al peso ($r = -0.6$, g.l. =

12, $P < 0.05$) y a la edad ($r = -0.6$, g.l. = 11, $P < 0.05$). La acumulación de Cd, Pb, Cu y Zn en los demás órganos y tejidos es baja y no parecen tener ninguna asociación con relación a la talla, edad, sexo o estacionalidad (Figura 5.15).

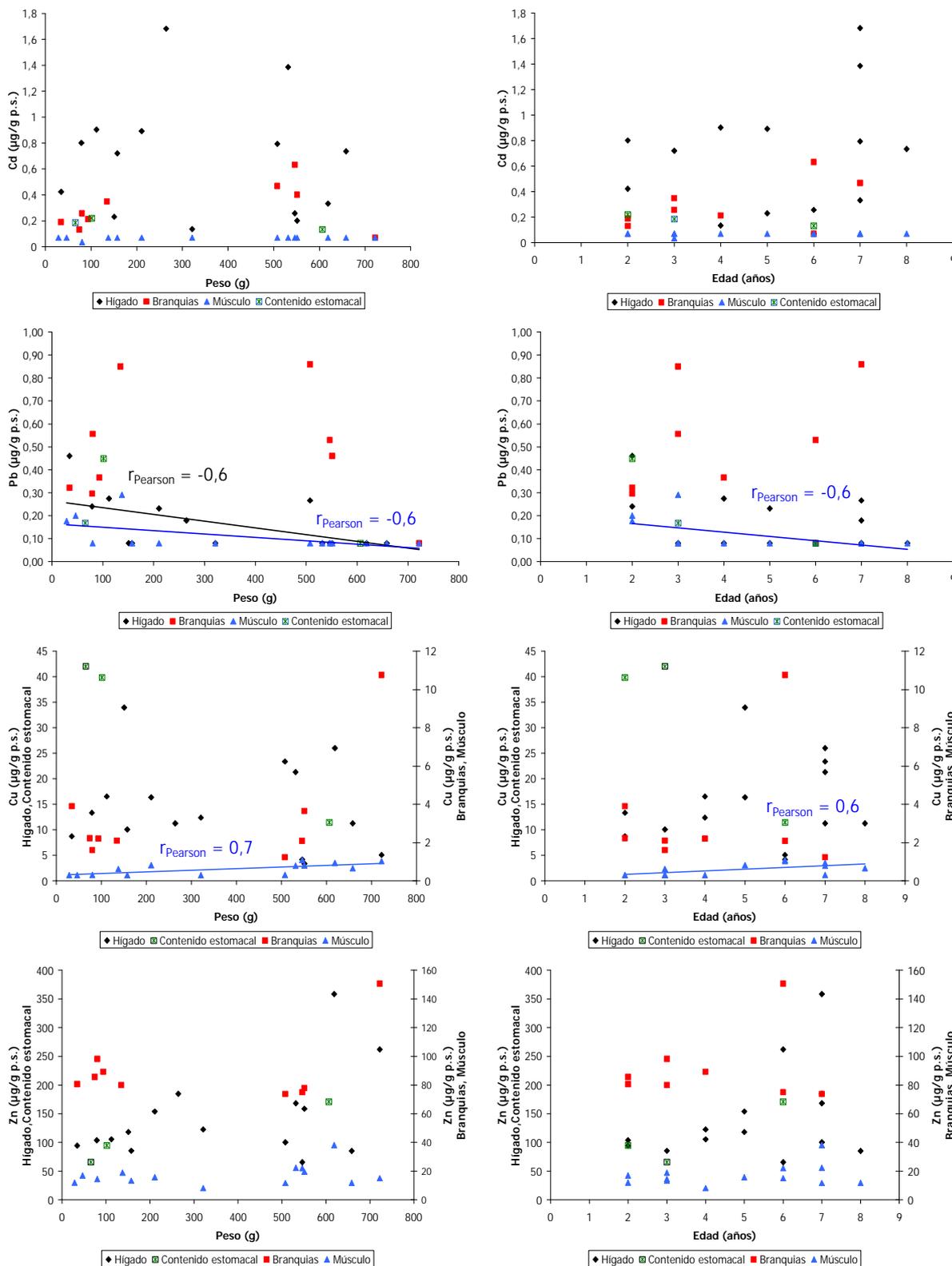


Figura 5.15. Concentración de metales con respecto al tamaño y a la edad del pez para *S. scrofa*

5.4.2.4. *Torpedo torpedo*

En total se analizaron 22 peces de los cuales 16 se capturaron en la época de verano y 6 en invierno. En la Tabla 5.5 se presentan las longitudes y pesos medios y la distribución entre machos y hembras.

Tabla 5.5. Longitud y peso medio en *T. torpedo*.

	Verano			Invierno		
	N	Lt media (cm)	W medio (g)	N	Lt media (cm)	W medio (g)
Total	16	24.6	452.9	15	25.8	449.4
Machos	8	25.6	343.9	3	27.0	419.2
Hembras	8	24.1	474.3	3	24.7	475.9

Con respecto a la pauta de acumulación de metales en los diferentes órganos, en *T. torpedo* el hígado tiende a acumular cobre, seguido por las branquias, sin embargo éstas acumularon plomo y cinc en mayor proporción con respecto al hígado. El contenido estomacal presentó niveles altos de cinc y cobre. El músculo fue el órgano que tuvo menos concentraciones de plomo y cobre, sin embargo a nivel de cadmio y cinc parece acumular en mayor proporción que otros órganos.

Observando el patrón seguido por cada metal, encontramos una gran variabilidad, de esta manera vemos que el cadmio se encontraba en concentraciones muy cercanas del límite de detección. El plomo tampoco pareció acumularse de manera importante en ningún órgano, aparte de las branquias.

Por su parte el cobre se acumuló de manera significativa en el hígado (12,97 µg/g, $F_{3,43}=5,2$; $P<0,05$), seguido por branquias (7,6 µg/g), contenido estomacal (4,5 µg/g) y músculo (1,4 µg/g).

Finalmente, el cinc se acumuló significativamente ($F_{3,43}=27,85$; $P<0,05$) en branquias (39,1 µg/g) y contenido estomacal (38,7 µg/g), seguido por el hígado (17,1 µg/g) y finalmente el músculo (16,9 µg/g) es el que menor nivel de cinc presentó. El metal con las concentraciones más altas fue el cinc, seguido por el cobre, plomo y cadmio (Figura 5.16).

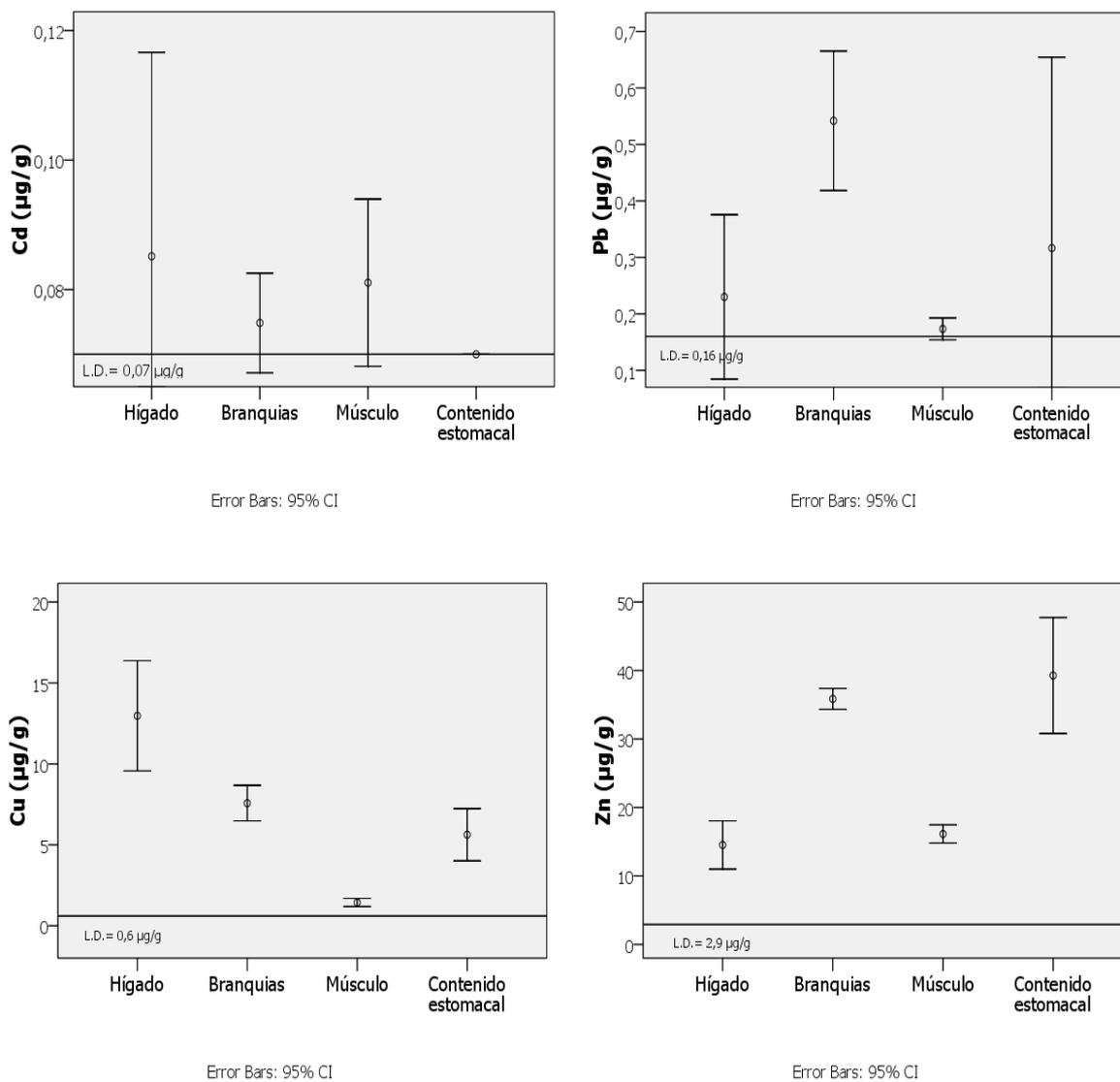


Figura 5.16. Contenido de metales por órganos en *T. torpedo*

La única diferencia significativa debido a la estacionalidad, que se pudo constatar fue la de la acumulación de cinc en el músculo ($F_{1,17}=38,4$; $P<0,05$), con concentraciones más altas en verano.

En la Figura 5.17 se compara el contenido de metales entre los meses de verano y los de invierno. Observamos que en general la mayor acumulación de metales se dio en el verano, aunque con algunas excepciones como el plomo y el cobre en el contenido estomacal.

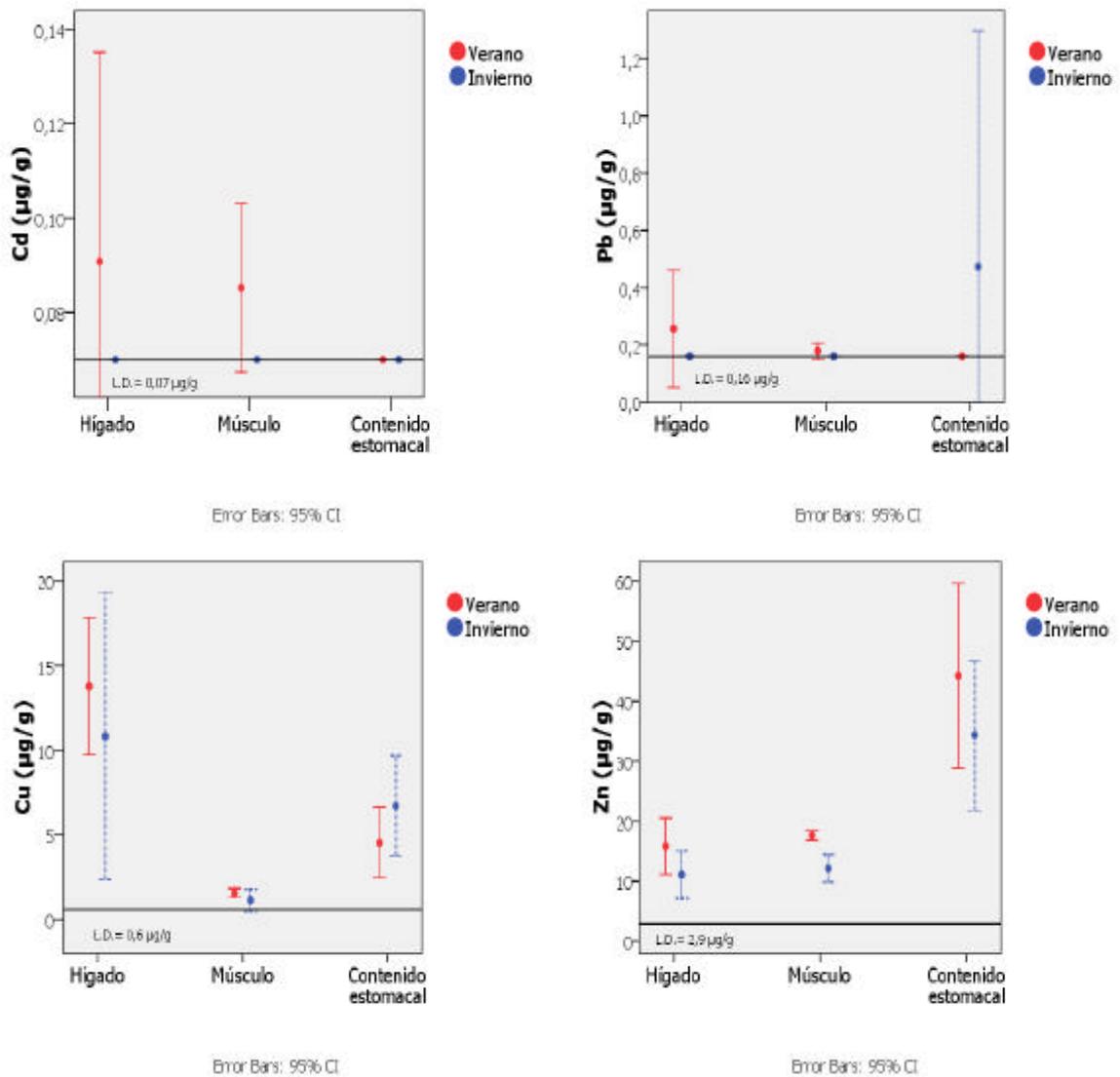


Figura 5.17. Comparación del contenido de metales en verano e invierno en *T. torpeda*

En esta especie la pauta de acumulación de metales fue similar entre machos y hembras como se puede observar en la Figura 5.18. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ningún metal. En el cadmio y en el plomo las concentraciones fueron muy bajas, sin embargo en el cadmio el rango de concentraciones fue mayor en las hembras, aun cuando sus valores medios fueran similares. El cobre fue acumulado en concentraciones mayores por los machos y el cinc se acumuló más en hembras.

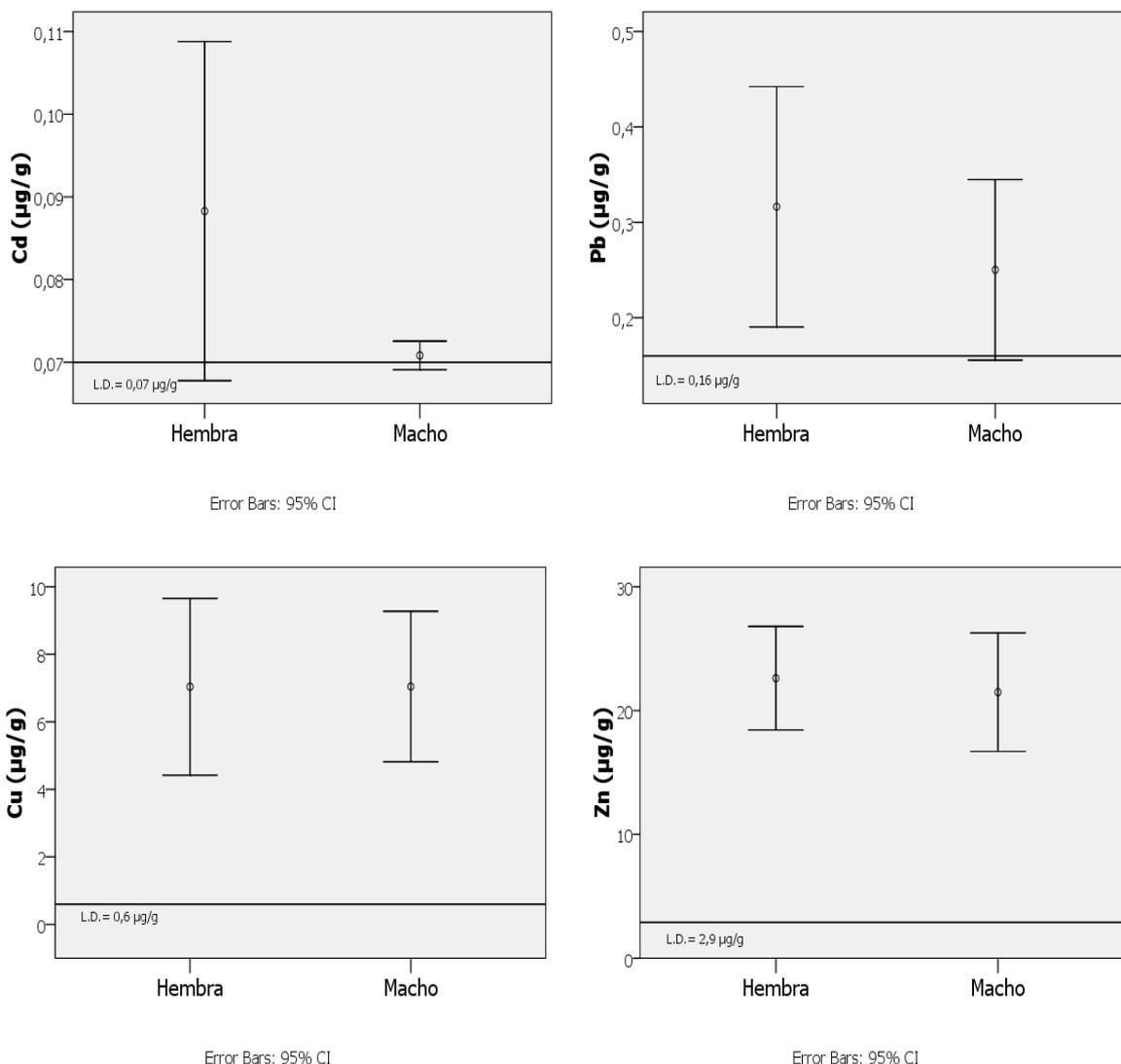


Figura 5.18. Comparación del contenido de metales entre machos y hembras en *T. torpedo*

En esta especie factores como la estacionalidad, el sexo o la talla no parecen estar asociados con una pauta de acumulación de metales. Analizando los datos mediante correlaciones de Pearson, las únicas asociaciones que parecen existir fueron de carácter negativo y se encontraron entre el peso del pez y la concentración de Cu en el músculo ($r = -0.71$, g.l.=17, $P < 0.05$), y en el hígado ($r = -0.56$, g.l.=17, $P < 0.05$), así como la concentración de cinc en el hígado ($r = -0.53$, g.l.=17, $P < 0.05$). La acumulación de Cd, Pb, Cu y Zn en los demás órganos y tejidos no parecen tener ninguna asociación con relación al peso (Figura 5.19).

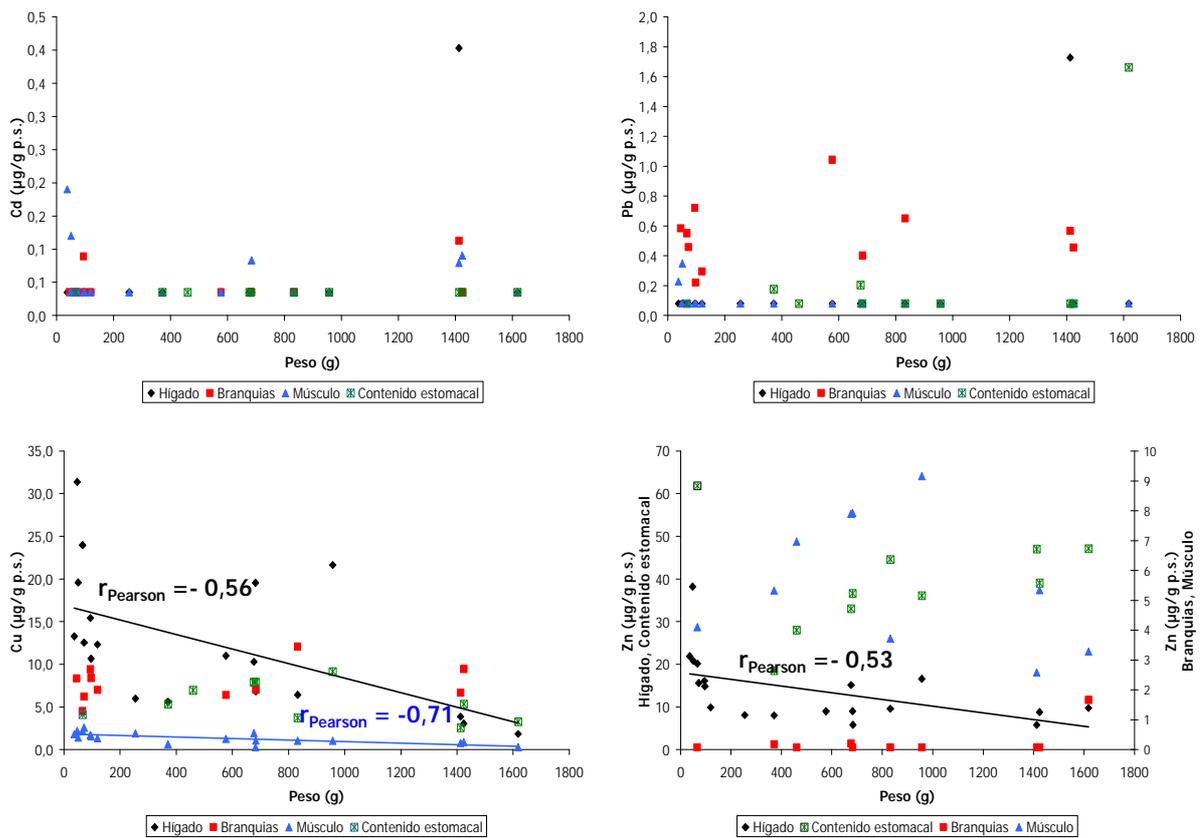


Figura 5.19. Concentración de metales con respecto al tamaño del pez para *T. torpeda*

5.4.2.5. *Uranoscopus scaber*

En total se analizaron 27 peces de los cuales 21 se capturaron en la época de verano y 6 en invierno. En la Tabla 5.6 se presentan las longitudes y pesos medios y la distribución entre machos y hembras.

Tabla 5.6. Longitud y peso medio en *U. scaber*

	Verano			Invierno		
	N	L media (cm)	W medio (g)	N	L media (cm)	W medio (g)
Total	21	22.6	215.1	6	25.7	317.1
Machos	4	20.4	139.1	2	24.0	246.9
Hembras	9	25.4	305.4	4	26.0	332.7

En *U. scaber*, la mayor acumulación de metales ocurrió en las branquias, excepto para el caso del cobre, el cual se acumuló en mayor cantidad en el hígado.

El alimento encontrado en el estómago también contenía niveles altos, especialmente de plomo y de cinc, seguido por el hígado y finalmente el músculo con niveles muy bajos.

El metal con mayor concentración fue el cinc, seguido por el plomo, el cadmio y el cobre, estos dos últimos metales incluso se encontraron por debajo de los límites de detección en algunos órganos (Figura 5.20).

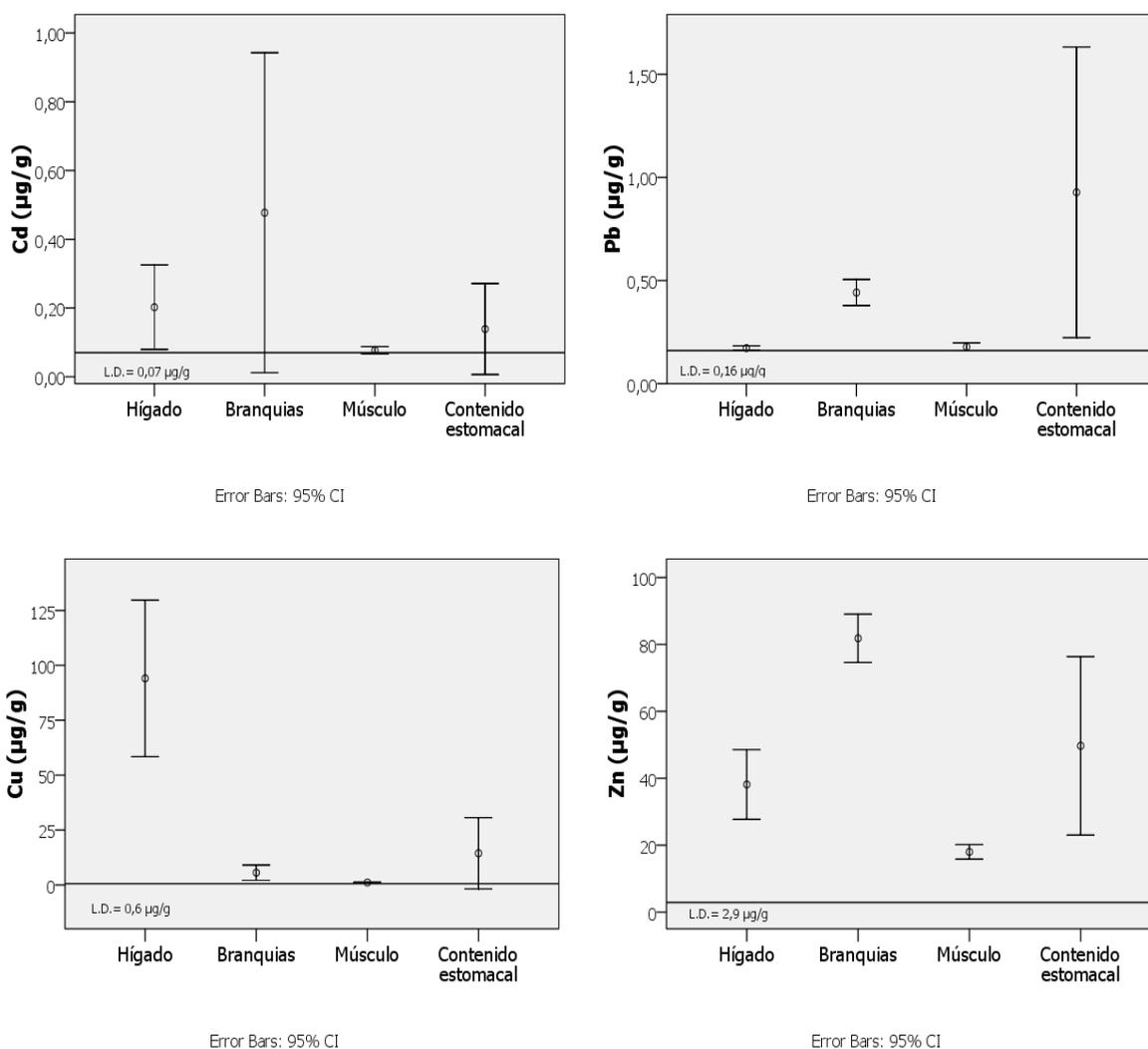


Figura 5.20. Contenido de metales por órganos en *U. scaber*

Las diferencias en la concentración de metales entre órganos fueron significativas para el cadmio ($F_{1,18}=5,1$; $P<0,05$), ya que las branquias presentaron los valores más altos (0,25 µg/g) con respecto de los del hígado (0,18 µg/g).

También se encontraron diferencias significativas para el plomo ($F_{1,18}=10,8$; $P<0,05$) ya que las concentraciones del contenido estomacal (0,99 µg/g) duplicaron

las de las branquias ($0,46 \mu\text{g/g}$). Así mismo, las diferencias fueron significativas en el cobre ($F_{3,34}=22,8$; $P<0,05$), con las concentraciones en hígado ($99,2 \mu\text{g/g}$) mucho más altas que las de contenido estomacal ($15,8 \mu\text{g/g}$), branquias ($5,8 \mu\text{g/g}$), y músculo ($1,1 \mu\text{g/g}$); y finalmente para el cinc ($F_{3,53}=23,1$; $P<0,05$) con las concentraciones más altas en branquias ($81,8 \mu\text{g/g}$), seguidas por el contenido estomacal ($49,7 \mu\text{g/g}$), hígado ($38,8 \mu\text{g/g}$) y finalmente músculo ($17,4 \mu\text{g/g}$) con las más bajas.

A nivel general la época de mayor acumulación de metales fue el verano, con algunas excepciones como es el caso del cinc en el músculo y el plomo en los contenidos estomacales que, si bien la concentración promedio era menor que en verano, presentó un rango más amplio de concentraciones en invierno (Figura 5.21).

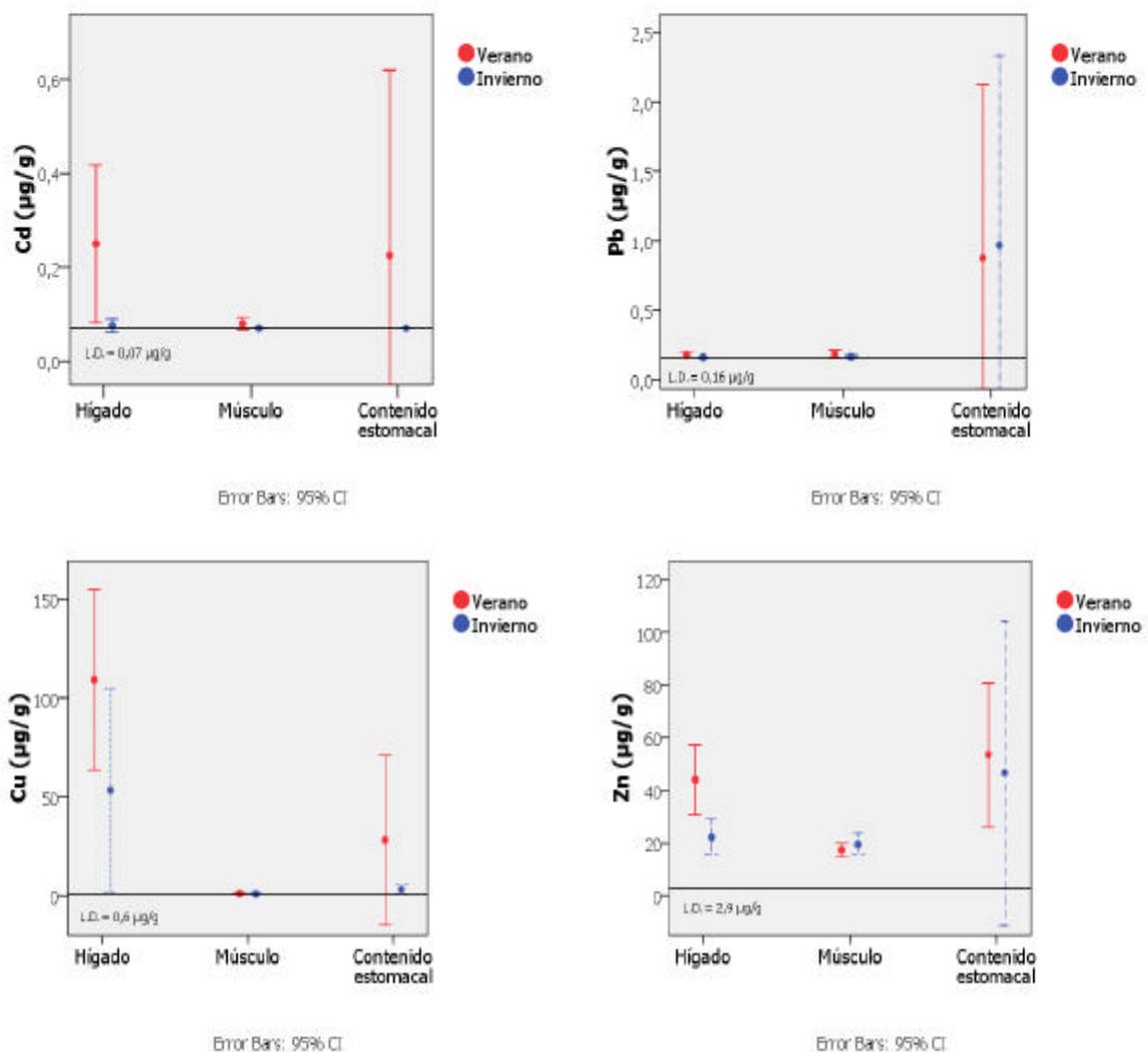


Figura 5.21. Comparación del contenido de metales en verano e invierno en *U. scaber*

La estacionalidad tuvo una influencia significativa en la concentración de plomo ($F_{1,9}=16,09$; $P<0,05$) y cinc ($F_{1,16}=4,12$; $P<0,05$) en el hígado, con valores más altos en verano; y también en la concentración de cinc en el músculo ($F_{1,11}=1,2$; $P<0,05$) que como hemos explicado anteriormente presenta valores más bajos en verano.

En cuanto a la pauta de acumulación de metales de acuerdo con el sexo, podemos observar en la Figura 5.22 que las hembras tuvieron rangos más amplios de concentraciones que los machos, si bien la concentración de metales no presentó diferencias significativas entre sexos.

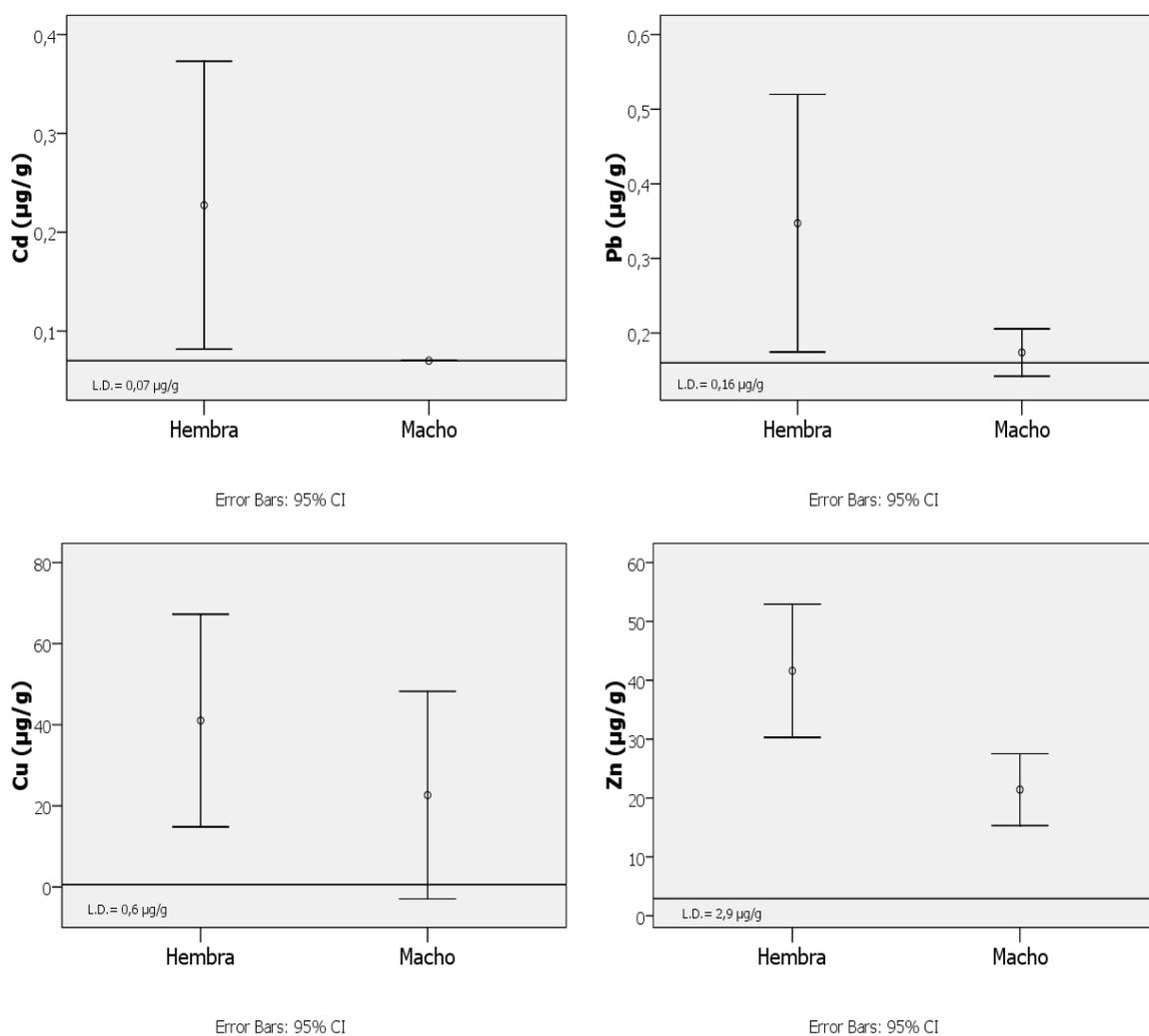


Figura 5.22. Comparación del contenido de metales entre machos y hembras en *U. scaber*

Para determinar los efectos del tamaño y de la edad del pez con el contenido de metales en los tejidos se realizaron correlaciones de Pearson (Figura 5.23).

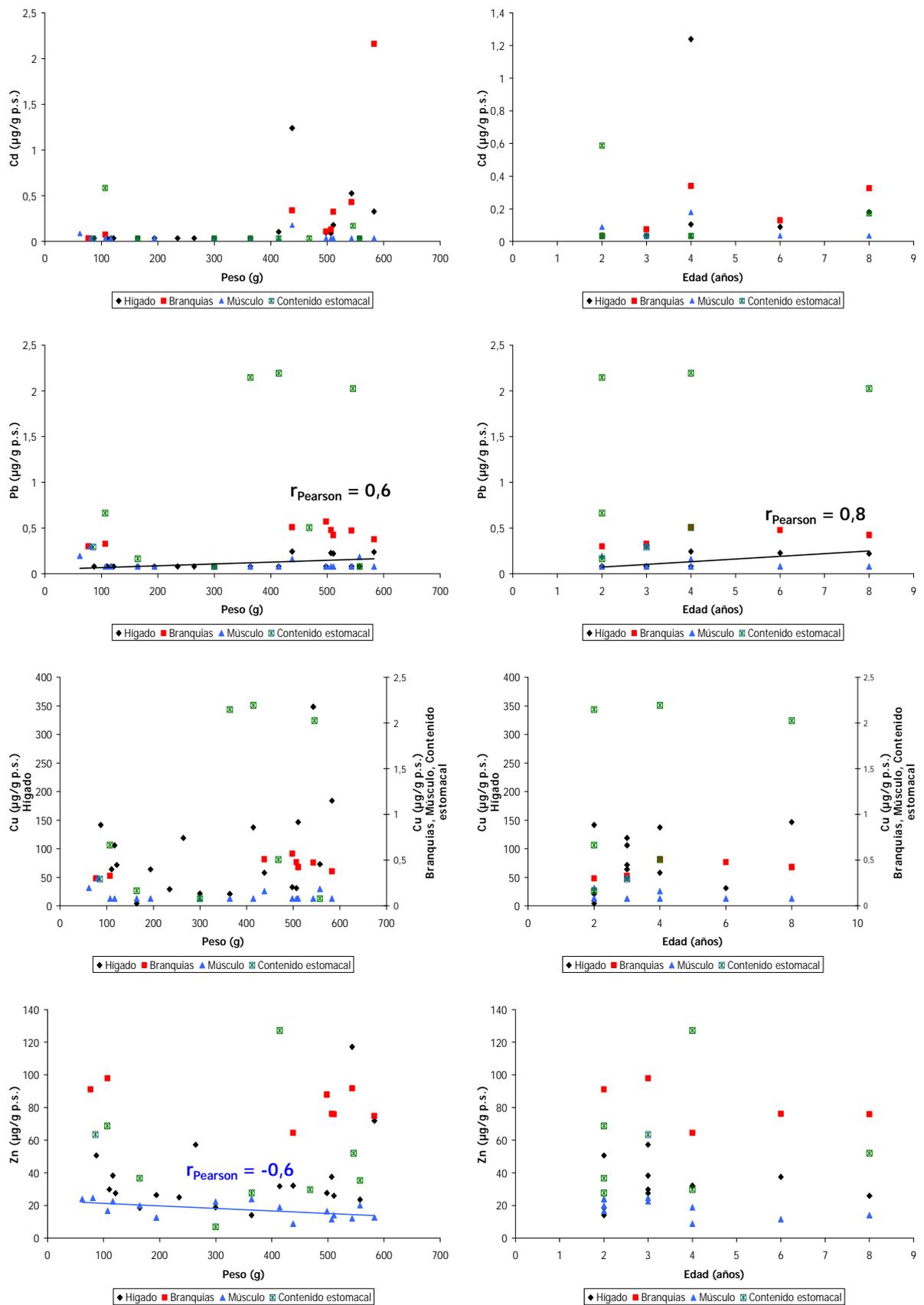


Figura 5.23. Concentración de metales con respecto al tamaño y a la edad del pez para *U. scaber*

En la figura anterior observamos que las asociaciones positivas más significativas se obtuvieron en la concentración de plomo en el hígado debido al peso ($r = 0.6$, g.l.= 16, $P < 0.05$) así como a la edad ($r = 0.8$, g.l.=9, $P < 0.05$). También se encontraron asociaciones negativas significativas entre el peso y el cinc en el músculo ($r = -0.6$, g.l.= 14, $P < 0.05$).

La acumulación de Cd, Pb, Cu y Zn en los demás órganos y tejidos no parecen tener ninguna asociación con relación a la edad o al peso. Destacar sobre todo que las concentraciones en músculo no parece que se ven afectadas por el aumento e tamaño de los individuos.

5.4.2.6. Comparaciones entre especies

Cuando comparamos los niveles de metales entre las especies observamos un comportamiento variable dependiendo del metal que se trate y además también se introduce variabilidad dependiendo el órgano como se observa en la Figura 5.24.

En el hígado la mayor concentración de cadmio se encontró en *S. scrofa* seguida de *M. surmuletus*, *S. lusitanica*, *U. scaber* y *T. torpedo*, esta última especie con niveles por debajo del límite de detección. El plomo no es un metal que se acumule de manera importante en el hígado de la mayoría de las especies, éste sólo alcanzó límites detectables en *M. surmuletus*, seguido por *S. lusitanica*. Por su parte el cobre presentó unos niveles bastante altos en el hígado de *S. lusitanica*, seguido con mucha diferencia por *M. surmuletus* y *U. scaber*, en las demás especies los valores fueron muy bajos. Finalmente la pauta de acumulación de cinc en las 5 especies fue: *M. surmuletus*, *S. scrofa*, *S. lusitanica*, *U. scaber* y *T. torpedo*. De esta manera vemos que la especie que mayor concentración de metales acumula en el hígado es *M. surmuletus* (plomo y cinc), seguida por *S. lusitanica* (cobre) y *S. scrofa* (cadmio).

Las branquias se destacaron por acumular principalmente cadmio, plomo y cinc. La especie que mayor cantidad de cadmio acumuló fue *U. scaber* seguida por *S. scrofa* y *M. surmuletus*. El plomo fue acumulado por *S. lusitanica* y *M. surmuletus*, *T. torpedo*, *S. scrofa* y *U. scaber*. Los valores de cobre fueron muy bajos en todas las especies. El cinc si bien no presentó diferencias tan grandes entre especies el orden

de acumulación fue el siguiente: *M. surmuletus*, *S. lusitanica*, *S. scrofa*, *U. scaber*, *T. torpedo*. En el caso de la acumulación de metales en branquias, destacan *M. surmuletus*, *S. scrofa* y *S. lusitanica* como las especies donde se encontraron los niveles más altos.

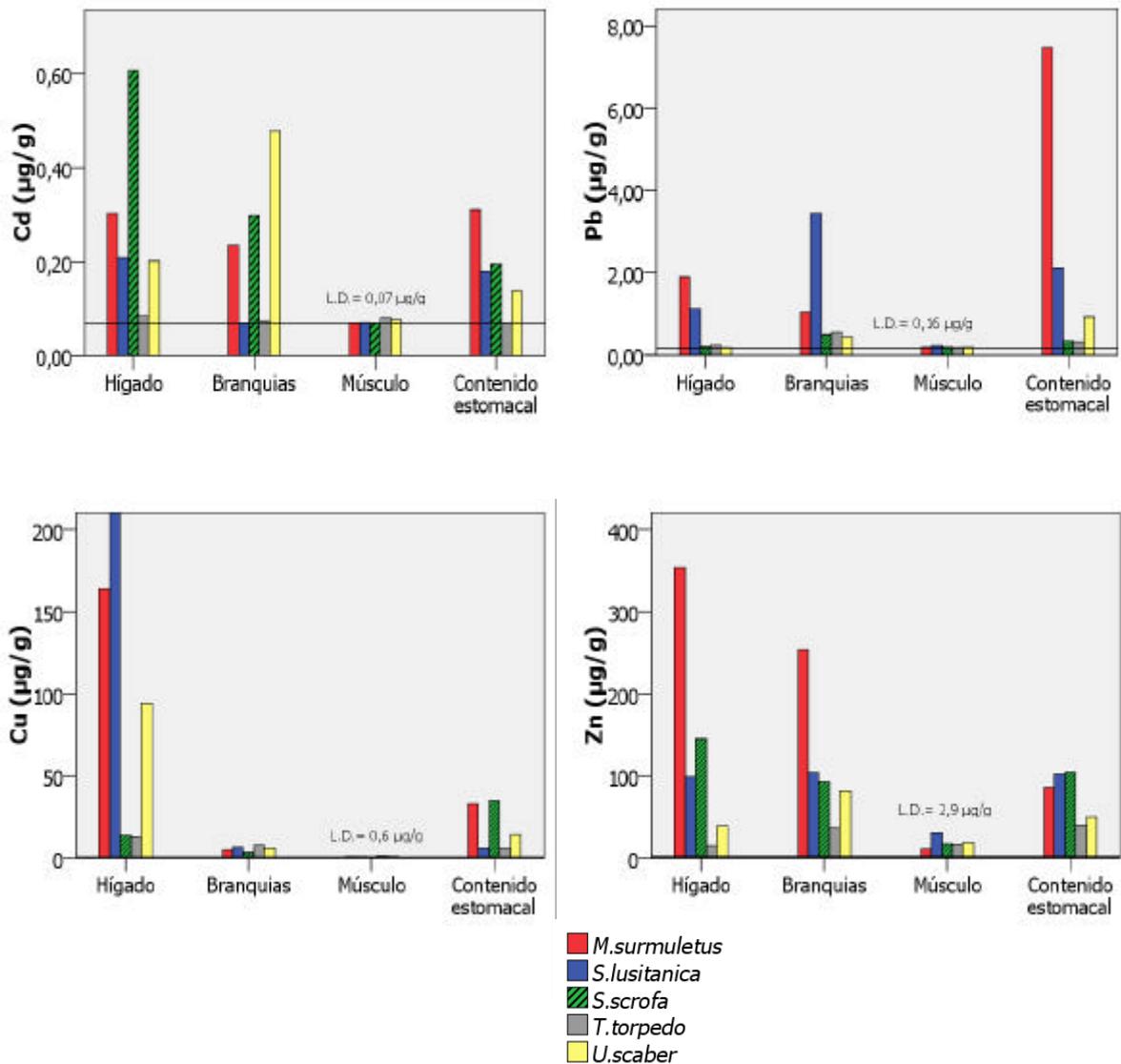


Figura 5.24. Concentración de metales por especie y órgano

En músculo las concentraciones de cadmio y plomo para todas las especies estaban por debajo del límite de detección, así mismo las de cobre eran muy bajas. Únicamente es posible realizar comparaciones en la acumulación de cinc, siendo la especie con niveles más altos *S. lusitanica*, seguida por *U. scaber*, *S. scrofa*, *T. torpedo*, y *M. surmuletus*.

Finalmente, en el contenido estomacal, al igual que en los anteriores podemos observar una gran variabilidad. El cadmio se encontró en niveles altos en *M. surmuletus*, seguido por *S. scrofa*, *S. lusitanica*, *U. scaber* y *T. torpedo*. El orden de acumulación del plomo entre especies fue: *M. surmuletus*, *S. lusitanica*, *U. scaber*, *S. scrofa*, *T. torpedo*. Para el cobre, si bien no había diferencias muy grandes entre especies, *M. surmuletus* y *S. scrofa* parecieron acumular niveles mayores que las demás en los contenidos alimenticios. De igual manera que con el cobre, el cinc tampoco presentó muchas diferencias, el nivel más alto se encontraba en *S. scrofa*, seguida por *S. lusitanica*, *M. surmuletus*, *U. scaber* y *T. torpedo*. *M. surmuletus* fue la especie con los niveles más altos de metales (cadmio y plomo), seguida por *S. scrofa* (cobre y cinc) y *S. lusitanica* (plomo y cinc).

De lo anterior podemos concluir que las especies que acumulan gran cantidad de metales en diferentes órganos son *M. surmuletus*, *S. scrofa* y *S. lusitanica* esta acumulación varía en cada especie según el órgano y el metal.

En cuanto al cadmio, los niveles en las especies que viven en sedimentos son muy bajos, mientras que son elevados en las especies de sustrato duro. De este modo parece que se produce una tendencia por la que el hábitat tendría importancia en la acumulación de este metal.

Sin embargo para el plomo lo que ocurre es que los niveles son bajos para las especies de nivel trófico elevado como *U. scaber*, *S. scrofa* y *T. torpedo*, y por el contrario son elevadas en las especies de bajo nivel trófico.

Para el cinc y cobre no parece que existan pautas definidas.

Si únicamente se tienen en cuenta los niveles presentes en músculo, que es básicamente el último órgano en el que se acumulan los metales, no observamos que exista una pauta de acumulación por la que las especies de nivel trófico superior acumulen más metales. En este sentido no disponemos de la más mínima evidencia de que se pueda producir biomagnificación en la cadena trófica bentónica de la bahía de Cullera.

No se observa una estacionalidad clara en la acumulación de metales. Sólo dos especies, *U. scaber* y *T. torpedo*, mostraron un patrón claro por el que se observa

una mayor acumulación de todos los metales en verano que en invierno. En *M. surmuletus* pasa lo mismo para Cd, Pb y Cu. Finalmente para *S. scrofa* y *S. lusitanica* la pauta general es la inversa.

Existen aspectos de la biología de las especies que son dependientes del ciclo estacional y que pueden tener relaciones con la acumulación de metales. En este sentido estudiamos las variaciones estacionales de peso total y de peso de hígado y gónada. Así, de los peces capturados, para *S. lusitanica*, *U. scaber*, *M. surmuletus* y *T. torpedo* en verano las hembras presentan un peso total y peso de hígado y gónada mayores que los machos. El modelo es variable para las escorpas.

5.4.2.7. Discusión acerca de los patrones de acumulación de metales en peces

Acumulación en los diferentes órganos:

Los patrones de acumulación de los metales estudiados en los diferentes órganos son bastante parecidos en todas las especies, con algunas particularidades reseñables.

Resulta evidente que el órgano que de forma constante muestra las concentraciones más bajas de todos los metales, es el músculo. Esto es así para todos los metales y especies.

El hígado y las branquias son los órganos que en general muestran concentraciones más elevadas, con variaciones dependiendo del metal de que se trate. En todas las especies el cobre se acumula más en el hígado que en las branquias, mientras que por el contrario el plomo lo hace siempre más en las branquias. Los otros dos metales se acumulan más en uno u otro órgano dependiendo de la especie. El cadmio en *U. scaber* y *T. torpedo* se acumula más en las branquias, mientras que en *S. lusitanica*, *S. scrofa* y *M. surmuletus* lo hace más en el hígado. El cinc en *S. lusitanica*, *U. scaber* y *T. torpedo* se acumula en branquias mientras que en *S. scrofa* y *M. surmuletus* lo hace en el hígado.

Se ha indicado por parte de no pocos autores que los metales pesados se acumulan principalmente en tejidos metabólicamente activos como el hígado

(Haesloop y Schrimmer, 1985; Langstom, 1990; Kalay *et al.*, 1999; Yilmaz, 2003; Dural *et al.* 2006). Se reconoce que este órgano es muy activo en cuanto a la acumulación e incorporación de metales, relacionándose con este hecho la capacidad que existe en peces de responder a la exposición a metales mediante la inducción de la síntesis de metaloproteínas en este órgano (Roth y McCarter, 1984; Heath, 1987; Al Yousouf *et al.*, 2000).

Catsiki y Stroglyoudi (1999) encuentran que los niveles de varios metales son significativamente mayores en branquias que en músculo. Estos autores afirman que entre una especie demersal y otra pelágica, la primera tiene más metales.

Por otra parte, en algunos estudios también se han indicado concentraciones altas de metales en branquias, gónadas, incluso piel, llegando a la consideración de que estos órganos son junto con el hígado "órganos diana" que presentan una tendencia a acumular metales (Catsiki y Stroglyoudi, 1999; Yilmaz, 2005). Sin embargo, para estos órganos no se ha hecho referencia a la capacidad de síntesis de metaloproteínas que acabamos de comentar.

En este sentido, existen referencias que sugieren que la comida es la principal vía de acumulación para la mayoría de especies, sin embargo también se ha indicado que ante la presencia de contaminación, la concentración de metales en ciertos tejidos aumenta en proporción con la presente en el agua, y las branquias son la principal ruta de incorporación de ciertos metales (Langston, 1990). De este modo se ha aludido a este órgano como muy indicado para estudiar la exposición a metales en el medio.

Sin embargo, Dural *et al.* (2006), en *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* y *Mugil cephalus* encontraron que los niveles de Zn y Cd en branquias, hígado, gónada y músculo eran variables y dependiendo del metal y de la especie, los distintos órganos presentaban diferentes concentraciones relativas, aunque de forma general el músculo presentó siempre las menores concentraciones. Esto parece poner en duda que las branquias presenten mayores concentraciones de metales únicamente cuando los niveles en el medio son elevados.

Para otros metales como el Cu, Usero *et al.* (2003), señalan que su acumulación en el hígado estaría relacionada con la presencia de proteínas de bajo

peso molecular semejantes a metaloproteínas cuya existencia se ha constatado en el hígado (Hamza-Chafai *et al.* 1996; Ayas y Kolankaya, 1996). Hamza-Chafai *et al.* 1996, para explicar las concentraciones de metales en hígado de especies que considera que pueden vivir en ambientes expuestos a contaminación, señalan que el aumento de metales en el hígado almacenaría metales, y lo relaciona con la existencia de procesos de desintoxicación que se producen en este órgano en peces en los que también podría haber altos niveles de metaloproteínas cuando se encuentran en medios contaminados. Este aspecto se ha demostrado en *Scorpaena porcus* (Hamza-Chafai, 1993).

De acuerdo con esto se constata que no existe la misma capacidad de incorporación y almacenamiento en el hígado para todos los metales. Así, por ejemplo, se ha indicado que en el caso del Cd, una vez absorbido se acumula en el hígado ligado a las metaloproteínas (Reichert *et al.*, 1979), pero el Pb que se incorpora en el organismo es rápidamente distribuido a otros tejidos en mayor medida que al hígado (Odzak y Zvonaric 1995). Parece ser que la distribución de estos metales en músculo e hígado se debería a diferencias metabólicas, en concreto a diferentes mecanismos relacionados con el secuestro de metales en el organismo (Bond 1996; Phillips y Rainbow 1993; Kljakovic, *et al.* 2002).

De lo anterior parece extraerse unas conclusiones de comportamiento de los metales. Estas serían que el cobre siempre se acumula en el hígado mientras que el plomo lo hace en las branquias. Por otra parte parece que respecto a cinc y cadmio las especies de ambientes similares se comportan del mismo modo. Así las especies con predominancia o que viven exclusivamente en fondos sedimentarios como son *U. scaber*, *S. lusitanica* y *T. torpedo*, acumulan cadmio y cinc en las branquias, mientras que las de sustratos duros como *M. surmuletus* y *S. scrofa* los acumulan en el hígado.

La acumulación de metales en los contenidos digestivos ofrece una gran variabilidad y es difícil extraer conclusiones acerca de la existencia de pautas definidas respecto a las concentraciones observadas en los tejidos de los peces. No obstante se pueden hacer algunas consideraciones.

Por ejemplo el Zn en los contenidos digestivos tiene mayor concentración que el hígado y similar o menor que branquias en las especies de sedimentos como son *U. scaber*, *S. lusitanica* y *T. torpedo*. Sin embargo en las de roca tiene menor concentración que hígado y similar a las branquias. Así en general estaríamos ante la circunstancia de que en general las presas de todos los peces tienen un nivel de cinc similar a las branquias lo cual es lógico porque están afectados por el agua que les baña o el medio en el que se encuentran. Sin embargo respecto al hígado ocurriría que todo el cinc que tienen las presas no se metaboliza y pasa al hígado pero las especies que comen en medio sedimentarios introducen en su digestivo cinc con material sedimentario que envuelve a las presas. Así las especies de roca ingieren quizás menos sedimento con la comida.

En cuanto al cadmio, los valores son en general bastante bajos para *U. scaber* y *T. torpedo*, y esto incluye a los contenidos digestivos, por lo que no se adivinan tendencias. Sin embargo son mayores para *M. surmuletus* y *S. scrofa* de modo que los contenidos digestivos tienen niveles similares a las branquias pero menores al hígado. En cuanto a *S. lusitanica*, los únicos niveles que destacan en tejidos son los de hígado que son del orden de los de los contenidos digestivos, pero en branquias y músculo tienen niveles parecidos a las otras dos especies sedimentarias. Así para el cadmio también parece que se observan dos comportamientos que corresponden a los dos grupos de ambientes distintos.

Respecto al plomo, la pauta predominante en casi todas las especies es que las concentraciones de los contenidos digestivos sean menores o en algunos casos similares a los de las branquias, y mayores que en el hígado.

Para el cobre las concentraciones de los contenidos digestivos son menores que en el hígado en todas las especies salvo en *S. scrofa*, y mayores que en las branquias, salvo en *T. torpedo*.

El orden en el que se acumulan los metales es el mismo sin variación en todas las especies, de manera que la mayor concentración corresponde al Zn, seguido de Cu, Pb y Cd. Únicamente en *S. lusitanica* la concentración de cobre en hígado fue superior a la de cinc.

Como conclusión podemos decir que a partir de los resultados obtenidos en los numerosos estudios de acumulación de metales en peces, algunos de los cuales se han citado anteriormente (Kalay *et al.* 1999; Romeo *et al.* 1994; Odzak y Zvonaric 1995), que en general existe una tendencia a que algunos de estos elementos se acumulen preferentemente en tejidos con importante actividad metabólica como el hígado y gónadas, o en otros tejidos también activos y en contacto íntimo con el medio, como piel y branquias.

Hemos visto que los diferentes órganos de los peces presentan concentraciones bastante distintas de metales, constatando de forma general que los mayores niveles se presentan normalmente en el hígado y las menores en el músculo. Además, tal como hemos obtenido en este trabajo parece ser que no todas las especies de peces tienen el mismo funcionamiento metabólico o están sometidas a las mismas condiciones ambientales, con lo que las tasas de acumulación en el hígado son distintas dependiendo de la especie.

Es así, como las pautas de acumulación de metales en los diversos órganos que se observan en los peces, son útiles para poder decidir cual de estos órganos sería el más idóneo para su estudio en diversos tipos de investigaciones. En este sentido, Dural *et al.* (2006), señalan que el hígado es un buen indicador de exposición crónica a metales porque es un lugar de metabolismo de los metales. Catsiki y Strogiloudi, (1999), dicen que el músculo es el más indicado en estudios de contaminación por metales porque es el lugar final de acumulación y la parte comestible y que puede afectar a la población humana, aunque el hígado esta envuelto en el metabolismo de xenobióticos y las branquias son el lugar en contacto más directo con el agua. Hamza-Chafai *et al.* (1996), señalan que sus resultados demuestran que las concentraciones de Cd y Cu en los hígados pueden ser buenos biomonitores para las especies que estudian.

Tanto hígado como branquias son órganos que responden con relativa rapidez a cambios en las concentraciones ambientales, y en el caso del primero además existen mecanismos de desintoxicación. El estudio de las concentraciones de metales en estos órganos puede resultar adecuado para obtener información del estado de contaminación por metales a corto plazo porque reflejaran más rápidamente las

circunstancias ambientales en las que viven los peces, tanto respecto a la cantidad y biodisponibilidad de metales en el agua como en el alimento

Sin embargo, consideramos que los niveles de metales en el músculo son los que más trascendencia ecológica pueden tener, porque participan en mayor medida en la transferencia de estos elementos y otros contaminantes en las redes tróficas marinas, y también porque muchas especies son explotadas y consumidas por la población humana. Sin embargo, los niveles de metales presentes en el músculo de los peces, dependerán de varios factores que además se encuentran encadenados, como son: las concentraciones de formas biodisponibles de metales en el agua y en los sedimentos (Persaud y Lomas, 1987); los niveles de metales en los organismos o elementos que constituyan el alimento de los peces; los factores de bioconcentración que a su vez estarán influenciados por los dos factores anteriores; y finalmente los procesos de desintoxicación y excreción que se produzcan en cada organismo. De este modo el músculo es donde se mantendrán reflejados niveles persistentes de contaminantes en el ambiente, y seguramente será el órgano que responda más lentamente a cambios ambientales de estas sustancias.

Por otra parte el músculo es el tejido que menos sesgo introduce en los resultados debido a su manipulación, perfilándose como un tejido idóneo para ser utilizado en estudios de acumulación de metales pesados en peces, tanto por su actividad metabólica, como por su adecuación a los protocolos de preparación-digestión del material. Las branquias son un tejido complicado de extraer siempre en las mismas condiciones, esto es, siempre con la misma proporción de tejido capilar y esquelético. El hígado tiene una composición distinta en las diferentes especies, de forma que en algunas es más graso, o libera más aceite, etc., por ello el hígado liofilizado, a diferencia del músculo, queda muy heterogéneo y es difícil homogeneizarlo.

En nuestra opinión serían los tres órganos en conjunto, branquia, hígado y músculo los que son necesarios para ofrecer una idea integral del estado de contaminación de un determinado hábitat, y de cómo se están viendo afectados estos organismos.

Con respecto a la concentración de metales en el alimento obtenido a partir de los contenidos estomacales podemos obtener información valiosa sobre la influencia del ambiente y de la ecología trófica de las especies en sus patrones de acumulación de metales. En algunos estudios las consideraciones en cuanto al hábitat se acompañan de detalles relacionados con la alimentación y de otro tipo. Algunos autores señalan que las diferencias de acumulación de metales entre especies, se deben a diferentes necesidades ecológicas, de natación, comportamientos, alimentación y actividad metabólica (Yilmaz, 2003; Canli y Atli, 2003, Dural *et al.* 2006). Los últimos, encuentran que *Mugil cephalus* tiene niveles más altos de metales en cualquier tejido, que *Sparus aurata* y *Dicentrarchus labrax*, y señalan que mientras que dorada y lubina son carnívoras, la lisa es omnívora y come plancton, detritus, y organismos bentónicos.

Aludiendo también con cierto detalle a la alimentación, Campbell (1994) señala que los predadores acumulan más Zn y Ni que los que se alimentan de organismos del bentos, mientras que estos tienen más Cd. Ney y Van Hassel (1983), detectan más Pb y Zn en peces cuyo alimento eran organismos del bentos, y Kashulin y Reshetnikov (1995), dicen que dichos peces acumulan más Zn, Cu y Ni que los planctonívoros. Hamza-chaffai *et al.* (1996), indican que las concentraciones de Cd y Cu en los peces que estudian pueden atribuirse en parte a los hábitos alimenticios, ya que *Diplodus anularis* es herbívoro mientras que otros peces son omnívoros. Además de *Liza aurata* dice que es muy voraz y de ambientes sucios, y de *Solea vulgaris* que come organismos que viven en los sedimentos.

Kalay *et al.* 1999, señalan también que las necesidades ecológicas de los peces también tienen un papel importante. Sin embargo en dicho estudio indican que no se cumple la influencia de los requerimientos ecológicos y que todos los ambientes que estudian se encuentran contaminados por lo que los niveles de metales son elevados en todas las especies.

Acumulación de metales en diferentes épocas del año:

Se presentó una gran variabilidad en la concentración de metales a nivel estacional, según la especie y el órgano analizado. De tal forma que para las concentraciones de metales en el hígado no es posible establecer una pauta de

acumulación por especie y metal. Únicamente el musculo tuvo un comportamiento muy homogéneo tanto en verano como en invierno.

En general, se está bastante de acuerdo en que las vías de entrada de los metales en los peces son el alimento, el sedimento y el agua circundante, y que la efectividad de la incorporación desde esas fuentes se encuentra afectada por el metabolismo de los organismos, sus necesidades ecológicas, grado de contaminación, y factores ambientales como temperatura y salinidad (Heath, 1987; Langston, 1990; Roesijadi y Robinson, 1994; Bond 1996; Phillips y Rainbow 1993; Millar *et al.* 1992). Hacen falta por lo tanto más estudios en diferentes condiciones ambientales para obtener un mejor conocimiento de las pautas de acumulación de metales en peces, y así poder establecer modelos generales para cada uno de los metales y para caracterizar grupos de especies que tengan comportamientos similares en cuanto a la incorporación de estos elementos.

Acumulación de metales por sexos:

Así mismo, también tratamos de determinar si había una pauta definida en cuanto a la acumulación de metales por sexos, y en este sentido no obtuvimos resultados positivos. Parece que la acumulación de metales por los dos sexos se mantiene en niveles parecidos, aun cuando las hembras parece que acumulan un poco más que los machos y además, las concentraciones fueron siempre muy bajas en músculo para ambos sexos.

Relación entre las concentraciones de los diferentes metales con el peso y la edad de los peces:

Podemos constatar que las correlaciones que más significado ecológico tendrían, que serían las de metales en músculo con respecto al peso y a la edad, no se producen, con lo cual los peces de las especies estudiadas no acumulan más metales con la edad y el aumento de la talla. No obstante si que se han constatado relaciones entre el peso o la edad y la concentración de algunos metales en las branquias. Esto puede ser lógico en el sentido de que peces más grandes necesitan mayor tasa de intercambio con el agua. También hemos notado algunas relaciones entre las concentraciones de metales como Pb, Cu y Zn en el hígado.

A partir de los datos de la literatura, en general no se citan muchas correlaciones entre el peso o la longitud de los peces con las concentraciones de metales en el músculo. Una de las causas, probablemente sea que las concentraciones en este órgano son generalmente bastante bajas. Así, la mayoría de las correlaciones se producen para peso-longitud, con las concentraciones de metales en el hígado.

Son muchos los casos en los que no se observan correlaciones entre tamaño-peso de diversas especies de peces con concentraciones de metales, pero cuando existen, en su mayoría se trata de correlaciones negativas (Kljakovic *et al.* 2002; Canli y Atli 2003; Nussey *et al.* 2000; Al-Yousuf *et al.* 2000). Para explicar estas correlaciones negativas, Widianarko *et al.* (2000), explican el descenso de concentración de Zn y Cu con longitud debido a que estos elementos son regulados y mantenidos en unos niveles en el organismo; observan que la concentración de Cu desciende ligeramente en el músculo, con la edad, y lo explican indicando que este órgano no es un lugar fisiológico específico para el Cu. Douben (1989), encuentra que el cadmio en *Noemacheilus barbatulus* alcanzaba un estado estacionario en peces de dos años o más, pero no en más jóvenes, y no observó correlaciones del metal con la longitud. Otros autores señalan que el metabolismo de los jóvenes es más elevado que el de los adultos, y es lógico que los primeros tengan concentraciones mayores. (Elder y Collins, 1991 ; Douben, 1989; Canli y Furnes 1993b; Nussey *et al.* 2000; Widianarko *et al.* 2000).

Son escasas las referencias en las que se indican correlaciones positivas entre longitud-peso de peces y concentraciones de metales, estas afectan a los metales Zn y Pb (Kukusezgin *et al.* 2001, Canli y Atli, 2003).

Podríamos concluir que en ambientes naturales con niveles bajos de contaminación los metales se acumulan hasta unos niveles, que se mantienen con la edad probablemente porque se produce una elevada tasa de incorporación juvenil, que después desciende. Esta pauta parece ser general en músculo, mientras que el hígado que es fisiológicamente más activo puede alcanzar niveles más elevados de metales con la edad del organismo, debido a su función desintoxicadora.

Pautas de acumulación por especies:

A pesar de la existencia de cierto número de estudios de acumulación de metales en especies de peces en el Mediterráneo, las comparaciones resultan limitadas. En el Anexo IV se exponen de forma comparativa los niveles de metales pesados presentes en diversas especies de peces de varias localidades del Mediterráneo, e incluso fuera de este mar. A continuación destacamos algunos de estos resultados.

Benedito *et al.* (2007) obtuvieron concentraciones de Cd, Pb, Cu y Zn en hígado y músculo de cuatro especies de peces (*Solea solea*, *Mullus surmuletus*, *Scorpaena scrofa* y *Sparus aurata*) de la costa de Castellón, con valores superiores a los nuestros.

Catsiki y Stroglyoudi (1999), en varios puntos de la costa griega, en *Mullus barbatus* obtienen 1,9 y 5,1 ppm de cobre en músculo y branquias respectivamente, y en los mismos órganos 18 y 68 ppm de cinc.

Kucuksezgin *et al.* (2001), en el Mar Egeo, obtienen en *Mullus barbatus* menos de 0,1 ppm de Cd en músculo, un nivel mucho menor que en lugares con contaminación en los que obtiene valores que son uno o dos ordenes de magnitud mayores. Señala también que sus valores son menores que los encontrados en otras áreas del Mediterráneo.

Hamza-Chaffai *et al.* (1996) en Túnez, en área considerada control obtienen en *Diplodus annularis* menos de 0,03 ppm de Cd en músculo, hígado y gónada. Para el Cu obtienen 0,59 ppm en músculo, 19,3 en hígado y 2,43 en gónada. Los niveles de Zn son de 20 ppm en músculo, 122 ppm hígado, 509 ppm gónada. Todos estos valores se consideran que son representativos de una costa limpia.

Kljakovic *et al.* (2002) en salmonete de fango en el adriático, obtienen concentraciones de Cd en peso húmedo que van de 7,6 a 28,9 ppb en músculo y de 11,2 a 183 en hígado, siendo estos rangos mayores que los que obtienen para merluza. Estos mismos autores señalan que los niveles que obtienen son menores que muchos de los que se citan para el Mediterráneo, como por ejemplo los de Hornung y Ramelow (1987), y Jeftic *et al.*, (1990), pero algo mayores que los citados por Kucuksezgin los cuales hemos referenciado más arriba. En el mismo estudio

también obtienen niveles de plomo que en peso húmedo van de 57 a 158 ppm y en hígado de 99 a 970 ppm, los cuales valoran como similares a los obtenidos en otros lugares de Mediterráneo, y cita como referencia a Kucuksezgin (2001) y a Pastor *et al.*, (1994) . Finalmente concluyen que los valores que obtienen hacen pensar que no hay contaminación en la costa croata.

Pastor *et al.*, (1994), estudian diversas especies de organismos marinos de las costas del Mediterráneo ibérico. Analizan músculo y en peso seco obtienen 49 ppb de Cd y 402 ppb de Pb en *Mullus surmuletus*, y 11 ppb de Cd y 55 ppb de Pb en *Scorpaena porcus*.

Una consideración importante es la que deriva de la constatación por parte de varios autores de que las diferentes especies de peces acumulan metales influidos por el ambiente o su modo de vida. Así las especies de hábitos bentónicos contienen sustancialmente más metales que las de hábitos pelágicos (Kljakovic *et al.*, 2002; Förstner y Wittmann, 1983; Kress *et al.*, 1998). Por ello, aunque la comparación entre niveles de metales entre especies con hábitos ligeramente distintos es orientativa, tiene las limitaciones de que seguramente las pautas de acumulación de metales en ellas están influenciadas por procesos distintos.

Analizando nuestros resultados respecto a los obtenidos en los trabajos que se citan anteriormente, debemos señalar que son similares a los que obtienen Catsiki y Stroglyoudi (1999), y Kucuksezgin *et al.* (2001), en costas griegas, mientras que son inferiores a los obtenidos por Kljakovic *et al.* (2002) en la costa croata y Pastor *et al.* (1994), y Benedito *et al.* (2007) en el ámbito del litoral valenciano, en el Mediterráneo español. Por otra parte los niveles que hemos obtenido de cadmio y cobre son sólo ligeramente superiores a los obtenidos en las costas de Túnez (Hamza-chaffai *et al.*,1996), aunque esta referencia la tomamos respecto a *Diplodus annularis*, que es posible que acumule menos metales que las especies bentónicas.

De acuerdo con todo ello podemos concluir que la bahía de Cullera es un lugar en el que los peces están afectados por muy baja o escasa contaminación, ya que presentan niveles de metales similares a los observados en peces de lugares del Mediterráneo que pueden ser tomados como exentos de contaminación por metales pesados.

5.4.3. MODELACIÓN DE LA BIOACUMULACIÓN

En el presente trabajo se han desarrollado los modelos matemáticos de acumulación de metales en órganos de peces basados en el concepto de Factor de Bioacumulación en sedimento y en contenidos alimenticios. Se pretende que estos modelos supongan un primer paso para, en el futuro, desarrollar modelos cinéticos; más complejos y con mayores aplicaciones. Estos modelos se aplicaron a los datos obtenidos para branquias, hígado, músculo y contenido estomacal.

En primer lugar se evaluó la heterogeneidad espacial de las concentraciones de metales en el sedimento de la bahía de Cullera, puesto que el cálculo correcto del FBA_S debe tener en cuenta factores como la variación espacial y/o temporal de las concentraciones de contaminantes (EVS,1995).

En cuanto a la variación temporal, se buscaba observar las posibles diferencias significativas entre las bioacumulaciones en invierno y verano. De ser así, sería conveniente plantear la posibilidad de desarrollar modelos matemáticos de tipo cinético, que permitan predecir la evolución temporal del contenido de los metales pesados en los peces.

Finalmente se determinaron los FBA_S (para sedimento) y FBA_A (para contenidos alimenticios) de cada metal para cada órgano del pez y se hizo un análisis comparativo entre verano e invierno. Los datos de invierno disponibles eran más escasos que los de verano. De hecho, tan sólo se dispone de datos de concentraciones de metales en sedimentos en la capa superficial (0-5 cm), mientras que en los órganos de los peces tan sólo hay datos para hígado (todos los metales) y músculo (Cu y Zn).

5.4.3.1. Análisis espacial de la distribución de metales en el sedimento de la bahía de Cullera.

Cadmio: El valor medio de la concentración de cadmio en el sedimento de la bahía de Cullera en verano fue de 0,053 $\mu\text{g/g}$ con una desviación estándar de 0,016 $\mu\text{g/g}$ (n=37). Según este último valor, puede considerarse que la distribución de cadmio en el sedimento es homogénea.

En invierno, el valor medio de la concentración de cadmio en el sedimento de la bahía de Cullera fue de 0,097 $\mu\text{g/g}$ con una desviación estándar de 0,035 $\mu\text{g/g}$ ($n=11$). El valor obtenido es prácticamente el doble que el de verano, pero la desviación también es mayor y el número de puntos empleados es notablemente inferior. Puede considerarse que la distribución de cadmio en el sedimento es también homogénea en invierno.

Cobre: El valor medio de la concentración de cobre en el sedimento de la bahía de Cullera en verano fue de 1.86 $\mu\text{g/g}$ con una desviación estándar de 2.84 $\mu\text{g/g}$. La alta desviación estándar de los datos hace pensar en un medio muy heterogéneo. Si se observan detenidamente los valores se aprecia que hay dos puntos, el P12 y el P11 cuyos valores se desvían notablemente del resto. Ambos puntos corresponden al transecto situado en la traza del emisario submarino de Cullera y, por consiguiente, deben estar afectados por vertidos de aguas residuales. Si se descartan aquellos puntos cuyo valor se desvía en un 50% del valor medio (entre ellos P11 y P12) del análisis estadístico se obtiene un valor medio de 0,80 $\mu\text{g/g}$ y una desviación estándar de 0,23 $\mu\text{g/g}$ ($n=27$).

El valor medio de la concentración de cobre en el sedimento de la bahía de Cullera para invierno fue de 6,58 $\mu\text{g/g}$ con una desviación estándar de 0,95 ($n=11$). En este caso, la distribución de cobre es homogénea en la bahía y su valor es muy superior (unas 8 veces) al encontrado en verano.

Plomo: El valor medio de la concentración de plomo en el sedimento de la bahía de Cullera en verano fue de 4,38 $\mu\text{g/g}$ con una desviación estándar de 2,22 $\mu\text{g/g}$. Al igual que sucede con el cobre, se observan valores muy altos en el punto P11, por el mismo motivo argumentado anteriormente, aunque no tanto en el P12. Aplicando el mismo criterio que en el caso del cobre, se obtiene un valor medio de 3,82 $\mu\text{g/g}$ y una desviación estándar de 1,34 $\mu\text{g/g}$ ($n=37$).

El valor medio de la concentración de plomo en el sedimento de la bahía de Cullera en invierno fue de 3,16 $\mu\text{g/g}$ con una desviación estándar de 0,78 $\mu\text{g/g}$ ($n=14$). La distribución es por tanto homogénea y el valor es muy similar al encontrado en los datos de verano.

Cinc: El valor medio de la concentración de cinc en el sedimento de la bahía de Cullera en verano fue de 12,29 µg/g con una desviación estándar de 8,77 µg/g. Al igual que sucede con el cobre y el plomo, se observan valores muy altos en el punto P11, por el mismo motivo argumentado anteriormente. Siguiendo los mismos criterios se obtiene un valor medio de 10,23 µg/g y una desviación estándar de 2,79 µg/g (n=33).

El valor medio de la concentración de cinc en el sedimento de la bahía de Cullera en invierno fue de 13,5 µg/g con una desviación estándar de 2,71 µg/g (n=15). Al igual que sucede con el plomo, la concentración es muy similar a la de verano y la distribución es homogénea.

En resumen, se puede considerar, a los efectos de la modelación de la bioacumulación de cadmio, cobre, plomo y cinc en los tejidos de los peces, que la distribución de estos metales en el sedimento de la bahía de Cullera es homogénea. En la siguiente tabla se muestran los resultados para verano e invierno:

Tabla 5.7. Concentración de metales en el sedimento

Metal	Verano	Invierno
	Concentración media ± d.s. (µg/g p.s.)	Concentración media ± d.s. (µg/g p.s.)
Cadmio	0,053 ± 0,016	0,097 ± 0,035
Cobre	0,80 ± 0,23	6,58 ± 0,95
Plomo	3,82 ± 1,34	3,16 ± 0,78
Cinc	10,23 ± 2,79	13,5 ± 2,71

5.4.3.2. Análisis de la acumulación de metales en los contenidos alimenticios

Cadmio: El valor medio de la concentración de cadmio en el contenido alimenticio de *M. surmuletus* en verano fue de 0,22 µg/g con una desviación estándar de 0,07 µg/g; en *S. lusitanica* la concentración fue de 0,18 µg/g; en *S. scrofa* fue de 0,196 µg/g y una desviación estándar de 0,038 µg/g; en *T. torpedo* estaba por debajo del límite de detección y en *U. scaber* la concentración fue de 0,21 µg/g y una desviación estándar de 0,26 µg/g.

En invierno la concentración de cadmio en los contenidos alimenticios para *M. surmuletus* fue de 0,496 µg/g y una desviación estándar de 0,298 µg/g. No fue posible tomar medidas en *S. lusitanica* y en *S. scrofa*; y en *T. torpedo* y *U. scaber* los valores estuvieron por debajo del límite de detección.

Vemos que sólo en *M. surmuletus* el valor de la concentración de cadmio en invierno duplicó la concentración del verano. En general, la concentración de cadmio fue similar en los contenidos alimenticios de todas las especies, excepto en *T. torpedo* que estaba por debajo de los límites de detección en ambas épocas.

Cobre: El valor medio de la concentración de cobre en el contenido alimenticio de *M. surmuletus* en verano fue de 32,93 µg/g con una desviación estándar de 23,18 µg/g; en *S. lusitanica* la concentración fue de 5,68 µg/g; en *S. scrofa* fue de 34,64 µg/g y una desviación estándar de 12,97 µg/g; en *T. torpedo* fue de 4,54 µg/g y una desviación estándar de 1,68 µg/g y en *U. scaber* la concentración fue de 28,3 µg/g y una desviación estándar de 26,9 µg/g.

En invierno la concentración de cobre en los contenidos alimenticios para *M. surmuletus* fue de 32,4 µg/g y una desviación estándar de 23,8 µg/g; en *T. torpedo* fue de 6,7 µg/g y una desviación estándar de 2,4 µg/g y en *U. scaber* la concentración fue de 3,32 µg/g y una desviación de 1,99 µg/g. No fue posible tomar medidas en *S. lusitanica* y en *S. scrofa*.

Vemos que la concentración de cobre fue muy parecida entre épocas del año, excepto en *U. scaber* en la cual las concentraciones del verano estuvieron mucho más altas que las del invierno. Además las desviaciones estándar fueron muy altas, lo cual indica la gran variabilidad encontrada en los contenidos estomacales medidos. El alimento con el mayor contenido de cobre fue el consumido por *S. scrofa*, seguido por *M. surmuletus*, *U. scaber* y finalmente *T. torpedo* y *S. lusitanica* con los contenidos más bajos.

Plomo: El valor medio de la concentración de plomo en el contenido alimenticio de *M. surmuletus* en verano fue de 2,58 µg/g con una desviación estándar de 1,87 µg/g; en *S. lusitanica* la concentración fue de 2,1 µg/g; en *S. scrofa* fue de 0,32 µg/g y una desviación estándar de 0,18 µg/g; en *T. torpedo* estaba por debajo del límite

de detección y en *U. scaber* la concentración fue de 0,88 µg/g y una desviación estándar de 0,78 µg/g.

En invierno la concentración de plomo en los contenidos alimenticios para *M. surmuletus* fue de 17,27 µg/g y una desviación estándar de 17,69 µg/g; en *T. torpedo* fue de 0,44 µg/g y una desviación estándar de 0,68 µg/g y en *U. scaber* la concentración fue de 0,93 µg/g y una desviación de 1,13 µg/g. No fue posible tomar medidas en *S. lusitanica* y en *S. scrofa*.

Al igual que para el cobre las desviaciones estándar de las concentraciones de plomo fueron muy altas, indicando una gran variabilidad. En el caso del plomo las mayores concentraciones se presentaron en invierno. *M. surmuletus* fue la especie con los valores más altos de plomo en el alimento consumido y le siguen en orden *S. lusitanica*, *U. scaber*, *S. scrofa* y *T. torpedo*.

Cinc: El valor medio de la concentración de cinc en el contenido alimenticio de *M. surmuletus* en verano fue de 75,37 µg/g con una desviación estándar de 11,08 µg/g; en *S. lusitanica* la concentración fue de 102,0 µg/g; en *S. scrofa* fue de 104,28 µg/g y una desviación estándar de 39,33 µg/g; en *T. torpedo* fue de 44,22 µg/g y una desviación estándar de 12,39 µg/g y en *U. scaber* la concentración fue de 53,5 µg/g y una desviación estándar de 17,18 µg/g.

En invierno la concentración de cobre en los contenidos alimenticios para *M. surmuletus* fue de 107,43 µg/g y una desviación estándar de 43,36 µg/g; en *T. torpedo* fue de 34,34 µg/g y una desviación estándar de 10,07 µg/g y en *U. scaber* la concentración fue de 46,67 µg/g y una desviación de 46,45 µg/g. No fue posible tomar medidas en *S. lusitanica* y en *S. scrofa*.

En *M. surmuletus* la concentración fue más alta en invierno pero en las demás especies la concentración fue más alta en el verano. La especie con una mayor concentración de cinc en el alimento ingerido fue *S. scrofa*, seguida de *S. lusitanica*, *M. surmuletus*, *U. scaber* y *T. torpedo*.

En la Tabla 5.8 se resumen los resultados para cada especie en verano e invierno.

Tabla 5.8. Concentración de metales en los contenidos estomacales

Especie	Verano			
	Cd ($\mu\text{g/g p.s.}$)	Pb ($\mu\text{g/g p.s.}$)	Cu ($\mu\text{g/g p.s.}$)	Zn ($\mu\text{g/g p.s.}$)
<i>M.surmuletus</i>	0,22 \pm 0,07	2,58 \pm 1,88	32,93 \pm 23,18	75,37 \pm 11,08
<i>S.lusitanica</i>	0,18	2,11	5,68	102,0
<i>S.scrofa</i>	0,19 \pm 0,04	0,32 \pm 0,18	34,64 \pm 12,97	104,28 \pm 39,33
<i>T.torpedo</i>	< 0,07	< 0,16	4,5 \pm 1,7	44,2 \pm 12,4
<i>U.scaber</i>	0,21 \pm 0,26	0,88 \pm 0,78	28,3 \pm 26,8	53,5 \pm 17,2
Especie	Invierno			
	Cd ($\mu\text{g/g p.s.}$)	Pb ($\mu\text{g/g p.s.}$)	Cu ($\mu\text{g/g p.s.}$)	Zn ($\mu\text{g/g p.s.}$)
<i>M.surmuletus</i>	0,45 \pm 0,29	17,27 \pm 17,69	32,4 \pm 23,8	107,43 \pm 43,35
<i>T.torpedo</i>	< 0,07	0,44 \pm 0,68	6,7 \pm 2,4	34,3 \pm 10,1
<i>U.scaber</i>	< 0,07	0,93 \pm 1,13	3,3 \pm 1,9	46,7 \pm 46,4

5.4.3.3. Determinación de FBA_s y FBA_A.

A continuación se muestran los resultados del cálculo de los Factores de Bioacumulación (FBA) respecto del sedimento, y de los contenidos alimenticios, organizados por los órganos, branquias, hígado y músculo, de cada tipo de pez que se ha estudiado: *M. surmuletus*, *S. lusitanica*, *S. scrofa*, *T. torpedo* y *U. scaber*.

Además para el caso del hígado y del músculo, se pueden comparar entre la bioacumulación ocurrida en el verano y en el invierno.

Branquias

A partir del sedimento, todos los metales, excepto el plomo, se bioacumularon en proporciones muy similares en las branquias de todas las especies estudiadas. Los valores en general oscilan entre 2,97 y 10,10, mientras que los valores medios son de 5,24, 5,89 y 6,74 para cadmio, cobre y cinc respectivamente. En la Tabla 5.9 se muestran los valores obtenidos de FBA_s:

Tabla 5.9. FBA_s en branquias (verano)

FBA _s	Cadmio	Cobre	Plomo	Cinc
	Valor medio \pm d.s.			
<i>M. surmuletus</i>	4,75 \pm 1,96	5,85 \pm 2,27	0,33 \pm 0,14	5,44 \pm 0,74
<i>S. lusitanica</i>		4,80 \pm 2,39	0,98 \pm 0,83	10,10 \pm 0,65
<i>S. scrofa</i>	6,21 \pm 3,12	2,97 \pm 1,16	0,14 \pm 0,06	8,80 \pm 2,34
<i>T. torpedo</i>		9,71 \pm 2,56	0,14 \pm 0,06	3,50 \pm 0,26
<i>U. scaber</i>	4,42 \pm 2,79	3,58 \pm 0,75	0,11 \pm 0,02	8,07 \pm 1,10
Todos	5,24 \pm 2,71	5,89 \pm 3,32	0,27 \pm 0,40	6,74 \pm 2,72

El plomo se bioacumuló mucho menos que los otros tres metales (del orden de 20 veces menos), siendo *S. lusitanica* la especie que más acumuló. Las otras cuatro presentaron valores muy parecidos, entre 0,11 y 0,33.

Si bien hemos afirmado que las branquias reciben una influencia mayor del agua o del sedimento, más que de la fuente de alimentación, de todas maneras hemos estimado el factor de bioacumulación de metales en este tejido. En la Tabla 5.10 se presentan los valores obtenidos de FBA_A :

Tabla 5.10. FBA_A en branquias (verano)

FBA_A	Cadmio Valor medio \pm d.s.	Cobre Valor medio \pm d.s.	Plomo Valor medio \pm d.s.	Cinc Valor medio \pm d.s.
<i>M. surmuletus</i>	0,92 \pm 0,62	0,14 \pm 0,06	0,37 \pm 0,28	0,74 \pm 0,10
<i>S. lusitanica</i>	0,19	1,11 \pm 0,73	1,62 \pm 1,38	1,02 \pm 0,06
<i>S. scrofa</i>	1,51 \pm 0,81	0,09 \pm 0,08	1,52 \pm 0,70	0,89 \pm 0,20
<i>T. torpedo</i>	1,33 \pm 0,72	1,67 \pm 0,4	6,77 \pm 2,56	0,81 \pm 0,06
<i>U. scaber</i>	2,3 \pm 3,14	0,20 \pm 0,17	0,51 \pm 0,10	1,53 \pm 0,19
Todos	1,37 \pm 1,6	0,66 \pm 0,80	2,53 \pm 3,00	0,99 \pm 0,30

Vemos que los factores de bioacumulación en branquias, debidos al alimento consumido, fueron más variables entre metales que para el caso del sedimento, siendo el plomo el metal de mayor bioacumulación, seguido del cadmio, cinc y cobre. Sin embargo vemos que cada metal se bioacumuló de forma similar entre especies, excepto el plomo que tuvo grandes variaciones interespecíficas con valores que oscilaron entre 0,37 de *M. surmuletus* y 6,77 de *T. torpedo*.

En la Figura 5.25 se comparan ambos factores de bioacumulación.

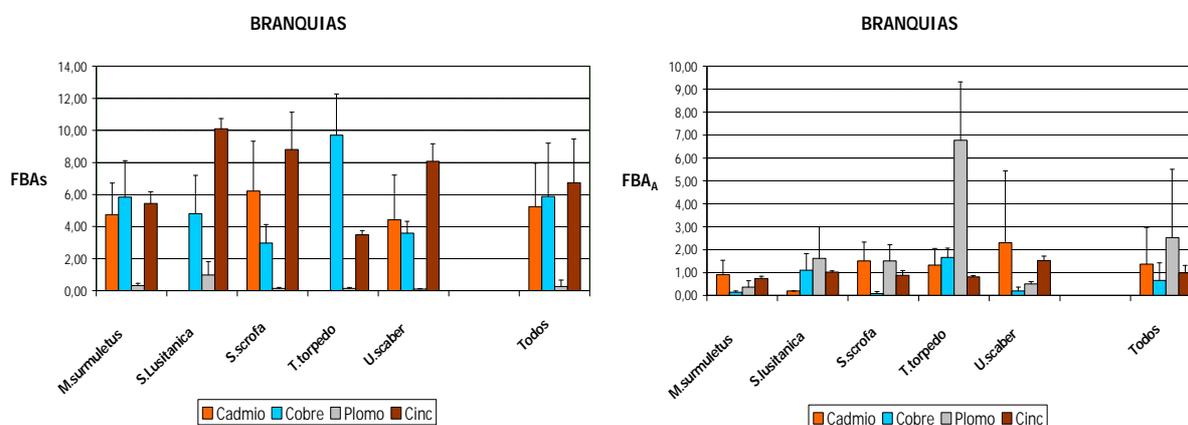


Figura 5.25. Comparación entre Factores de Bioacumulación (FBA_S y FBA_A) de Cd, Cu, Pb y Zn en branquias

El factor de bioacumulación en branquias, a partir del sedimento fue mucho más alto que a partir de los contenidos alimenticios, excepto para el plomo el cual tuvo valores mucho más altos en la bioacumulación debida al alimento.

No observamos una relación entre la bioacumulación y el nivel trófico de las especies.

Hígado

En la tabla siguiente se muestran los valores de FBA_s obtenidos en verano:

Tabla 5.11. FBA_s en hígado (verano)

FBA _s	Cadmio	Cobre	Plomo	Cinc
	Valor medio ± d.s.			
<i>M. surmuletus</i>	8,14 ± 0,87	25,95 ± 12,25		1,48 ± 0,87
<i>S. lusitanica</i>	3,57 ± 1,52	453,59 ± 207,18	0,36 ± 0,17	9,82 ± 2,43
<i>S. scrofa</i>	10,59 ± 5,77	13,32 ± 9,31	0,081 ± 0,026	12,43 ± 6,41
<i>T. torpedo</i>		16,37 ± 10,08	0,66 ± 0,23	13,27 ± 5,61
<i>U. scaber</i>	7,72 ± 8,24	104,32 ± 73,85	0,061 ± 0,003	3,71 ± 1,45
Todos	6,90 ± 5,69	118,01 ± 186,47	0,32 ± 0,28	6,82 ± 5,85

En el caso de la bioacumulación en el hígado respecto del sedimento, la disparidad de resultados entre las diversas especies de peces fue más evidente, aunque hubo alguna similitud con la bioacumulación en las branquias.

Así, por ejemplo, el plomo continuó siendo el metal que menos se bioacumuló, siendo además, los valores muy similares a los de las branquias. El cobre fue el metal que más se bioacumuló en el hígado, siendo especialmente importante en *S. lusitanica* y *U. scaber*. El cadmio y el cinc se bioacumularon de manera bastante similar en todos los peces, con valores entre 1,48 y 13,27, valores del mismo orden que en las branquias.

En la tabla siguiente se muestran los valores de FBA_s obtenidos para invierno. Se puede observar que las tendencias en la bioacumulación se mantuvieron: el cobre fue el metal que más bioacumuló, mientras que el plomo fue el que menos. En general, los FBA_s fueron inferiores a los de verano.

Tabla 5.12. FBA_S en hígado (invierno)

FBA_S	Cadmio <i>Valor medio ± d.s.</i>	Cobre <i>Valor medio ± d.s.</i>	Plomo <i>Valor medio ± d.s.</i>	Cinc <i>Valor medio ± d.s.</i>
<i>M. surmuletus</i>	1,92 ± 0,75	9,98 ± 8,05		16,30 ± 25,57
<i>S. lusitanica</i>	1,90 ± 0,80	97,16 ± 69,80	0,36 ± 0,47	5,95 ± 3,18
<i>S. scrofa</i>	6,57 ± 5,20	2,47 ± 0,96	0,037 ± 0,024	10,30 ± 8,26
<i>T. torpedo</i>		1,65 ± 1,23	0,03	0,84 ± 0,31
<i>U. scaber</i>	0,48 ± 0,29	8,13 ± 7,46	0,025	1,10 ± 0,90
Todos	2,34 ± 3,23	24,36 ± 48,29	0,17 ± 0,31	11,74 ± 17,71

En cuanto a la bioacumulación debida a los contenidos alimenticios, en la Tabla 5.13 se presentan los valores obtenidos en verano:

Tabla 5.13. FBA_A en hígado (verano)

FBA_A	Cadmio <i>Valor medio ± d.s.</i>	Cobre <i>Valor medio ± d.s.</i>	Plomo <i>Valor medio ± d.s.</i>	Cinc <i>Valor medio ± d.s.</i>
<i>M. surmuletus</i>	2,02 ± 0,19	7,97 ± 4,12	0,97 ± 0,34	1,80 ± 0,76
<i>S. lusitanica</i>	1,19 ± 0,82	56,7 ± 26,8	0,55 ± 0,28	0,99 ± 0,20
<i>S. scrofa</i>	2,81 ± 2,57	0,36 ± 0,29	0,57 ± 0,40	1,30 ± 0,55
<i>T. torpedo</i>	1,66 ± 2,63	3,03 ± 1,68	2,29 ± 5,15	0,36 ± 0,21
<i>U. scaber</i>	1,13 ± 1,61	3,86 ± 3,03	0,15 ± 0,08	0,82 ± 0,47
Todos	1,65 ± 1,99	14,14 ± 2,5	0,95 ± 2,76	0,89 ± 0,6

Al igual que con el sedimento, el metal que más bioacumuló a partir del alimento fue el cobre, siendo más alto en *S. lusitanica*. El cadmio y el cinc se bioacumulaban en proporciones similares a las branquias.

En la tabla siguiente se presentan los valores obtenidos de FBA_A en invierno:

Tabla 5.14. FBA_A en hígado (invierno)

FBA_A	Cadmio <i>Valor medio ± d.s.</i>	Cobre <i>Valor medio ± d.s.</i>	Plomo <i>Valor medio ± d.s.</i>	Cinc <i>Valor medio ± d.s.</i>
<i>M. surmuletus</i>	0,34 ± 0,15	2,02 ± 1,63	0,074 ± 0,044	5,33 ± 3,03
<i>T. torpedo</i>	1	1,61 ± 1,2	0,18	0,32 ± 0,11
<i>U. scaber</i>	1,33 ± 0,81	16,02 ± 14,7	0,09	0,48 ± 0,13
Todos	0,93 ± 0,62	6,82 ± 10,9	0,12 ± 0,05	1,85 ± 2,77

Al igual que la pauta seguida anteriormente, el FBA_A en invierno fue menor que en verano, excepto para el cinc. El metal que más se bioacumuló fue el cobre y el que menos el plomo (Figura 5.26).

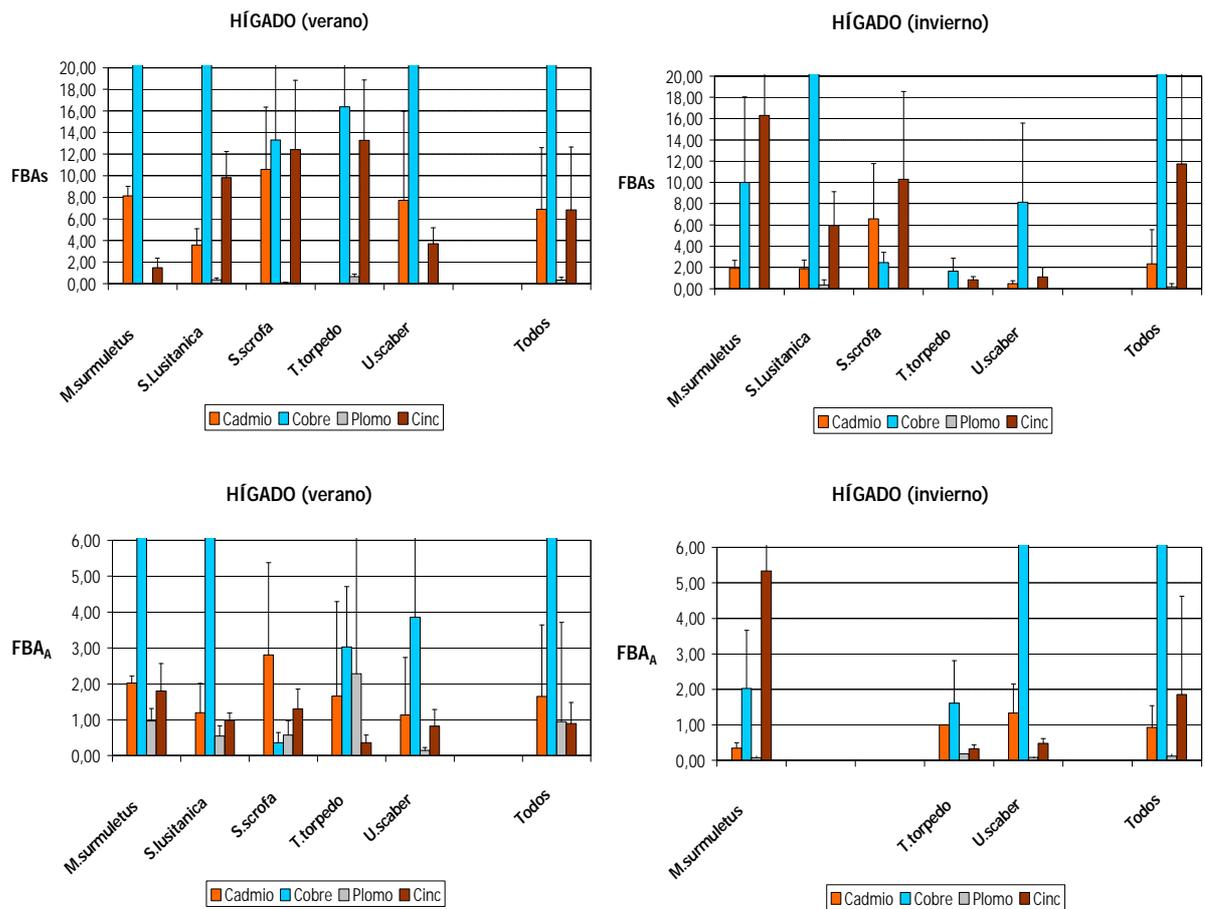


Figura 5.26. Comparación entre los Factores de Bioacumulación (FBA_S y FBA_A) en hígado, para invierno y verano

Los factores de bioacumulación debido a los contenidos alimenticios para todos los metales, fueron menores que la bioacumulación debida al sedimento, además la bioconcentración en verano fue más alta que en invierno.

Músculo

En la tabla siguiente se muestran los valores de FBA_S obtenidos en verano:

Tabla 5.15. FBA_S en músculo (verano)

	Cadmio	Cobre	Plomo	Cinc
FBA _S	Valor medio ± d.s.			
<i>M. surmuletus</i>		0,90 ± 0,08	0,07 ± 0,03	0,88 ± 0,19
<i>S. lusitanica</i>		1,29 ± 0,21	0,08 ± 0,01	3,25 ± 0,56
<i>S. scrofa</i>		1,20 ± 0,30	0,06 ± 0,02	1,60 ± 0,36
<i>T. torpedo</i>	2,12 ± 0,87	1,90 ± 0,69	0,08 ± 0,02	1,72 ± 0,16
<i>U. scaber</i>	2,52 ± 1,20	1,50 ± 0,42	0,06 ± 0,02	1,60 ± 0,55
Todos	2,16 ± 0,85	1,44 ± 0,55	0,07 ± 0,02	1,85 ± 0,86

La bioacumulación en el músculo fue la que presentó menores valores de todos y, además, muy parecidos entre las diversas especies estudiadas. Se sigue observando la menor bioacumulación del plomo, cuya relación con los demás FBA sigue siendo del orden de unas 20 veces. Los demás metales se bioacumularon con valores de FBA entre 0,88 y 3,25, con una tendencia que parece seguir el orden decreciente cadmio, cinc y cobre.

En la tabla siguiente se muestran los valores de FBA_S obtenidos en invierno:

Tabla 5.16. FBA_S en músculo (invierno)

FBA_S	Cadmio <i>Valor medio ± d.s.</i>	Cobre <i>Valor medio ± d.s.</i>	Plomo <i>Valor medio ± d.s.</i>	Cinc <i>Valor medio ± d.s.</i>
<i>M. surmuletus</i>		0,33 ± 0,19		0,97 ± 0,14
<i>S. lusitanica</i>		0,13 ± 0,02		2,00 ± 0,27
<i>S. scrofa</i>		0,10 ± 0,04		1,35 ± 0,80
<i>T. torpedo</i>		0,16 ± 0,11		0,91 ± 0,18
<i>U. scaber</i>		0,14 ± 0,06		1,45 ± 0,29
Todos		0,17 ± 0,12		1,30 ± 0,60

Los resultados obtenidos son bastante buenos, puesto que las desviaciones del valor medio fueron muy bajas en la mayoría de los casos. Incluso el valor medio de todos los peces presentó poca dispersión, lo que indica que los peces bioacumularon cobre y cinc en el músculo en cantidades similares. Comparando estos valores con los del verano, se observa que el FBA_S del cobre es inferior en unas 8 veces. Esta es la misma relación que se encuentra comparando los valores de cobre en los sedimentos, por lo que esta diferencia marca la variación en el FBA_S. El factor de bioacumulación del cinc fue ligeramente inferior al del verano, por lo que no parece que tenga mucha dependencia con la época del año.

Respecto a los contenidos alimenticios, en la Tabla 5.17 se presentan los valores de FBA_A obtenidos en verano:

Tabla 5.17. FBA_A en músculo (verano)

FBA_A	Cadmio <i>Valor medio ± d.s.</i>	Cobre <i>Valor medio ± d.s.</i>	Plomo <i>Valor medio ± d.s.</i>	Cinc <i>Valor medio ± d.s.</i>
<i>M. surmuletus</i>	0,16	0,02	0,04 ± 0,03	0,13 ± 0,02
<i>S. lusitanica</i>	0,22 ± 0,08	0,18 ± 0,02	0,11 ± 0,05	0,32 ± 0,05
<i>S. scrofa</i>	0,18	0,02 ± 0,01	0,47 ± 0,27	0,16 ± 0,03
<i>T. torpedo</i>	1,93 ± 1,27	0,34 ± 0,11	1,48 ± 0,99	0,40 ± 0,03
<i>U. scaber</i>	0,26 ± 0,19	0,04 ± 0,01	0,16 ± 0,09	0,33 ± 0,10
Todos	0,57 ± 0,91	0,12 ± 0,10	0,47 ± 0,71	0,27 ± 0,10

Podemos observar que la bioacumulación en el músculo a partir del alimento fue bastante homogénea entre especies y entre metales, con la menor bioacumulación en el cobre. Además los valores de FBA en músculo fueron los más bajos de los tres órganos. Al igual que en los casos anteriores todos los metales se bioacumularon en menor proporción en el músculo a partir del alimento que a partir de sedimento, excepto el plomo que se bioacumuló en mayor proporción.

En la tabla siguiente se presentan los valores obtenidos de FBA_A en invierno:

Tabla 5.18. FBA_A en músculo (invierno)

FBA _A	Cadmio Valor medio ± d.s.	Cobre Valor medio ± d.s.	Plomo Valor medio ± d.s.	Cinc Valor medio ± d.s.
<i>M. surmuletus</i>	0,07	0,067 ± 0,038	0,008 ± 0,007	0,12 ± 0,01
<i>T. torpeda</i>	1	0,15 ± 0,11	0,18	0,36 ± 0,06
<i>U. scaber</i>	1	0,28 ± 0,12	0,10 ± 0,05	0,42 ± 0,08
Todos	0,73 ± 0,44	0,17 ± 0,13	0,10 ± 0,08	0,31 ± 0,14

Excepto por el plomo los factores de bioacumulación de los demás metales fueron un poco más altos en invierno que en verano. Al igual que en el caso del sedimento, las desviaciones de la media fueron bajas, lo que indica una gran homogeneidad en el proceso de bioacumulación entre especies y entre metales.

En la Figura 5.27 se comparan ambos factores de bioacumulación para el verano y el invierno.

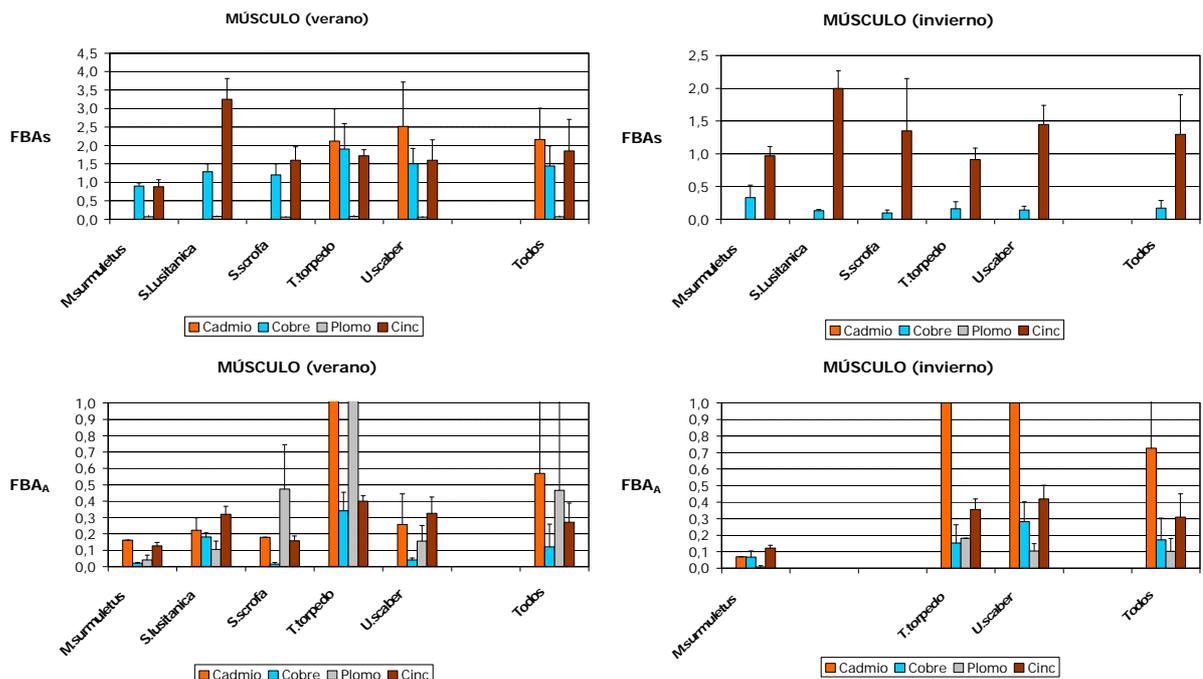


Figura 5.27. Comparación entre los Factores de Bioacumulación (FBA_S y FBA_A) en músculo, para invierno y verano

Al igual que como ocurrió en las branquias y en el hígado, los valores de bioacumulación debidos al alimento fueron más bajos que los valores de bioacumulación debidos al sedimento.

Contenido estomacal

Se estimaron los valores de bioacumulación del alimento con respecto al sedimento de la bahía de Cullera. En la tabla siguiente se muestran los valores de FBA_S obtenidos:

Tabla 5.19. FBA_A en contenido estomacal

FBA_S	Cadmio	Cobre	Plomo	Cinc
	Valor medio \pm d.s.			
<i>M. surmuletus</i>	4,07 \pm 1,30	41,14 \pm 29,09	0,68 \pm 0,49	7,37 \pm 1,09
<i>S. lusitanica</i>				
<i>S. scrofa</i>	3,38 \pm 0,82	38,86 \pm 21,30	0,08 \pm 0,04	10,80 \pm 5,31
<i>T. torpedo</i>		5,67 \pm 2,09		4,31 \pm 1,21
<i>U. scaber</i>	7,14 \pm 5,52	35,38 \pm 33,55	0,23 \pm 0,21	5,23 \pm 1,69
Todos	3,63 \pm 2,41	28,44 \pm 26,94	0,39 \pm 0,42	8,01 \pm 2,17

Es fundamental señalar que estos valores reflejan la presencia de metales, no en el pez, sino en su alimento. Por lo tanto, suponen una indicación adicional de la bioacumulación en el ecosistema marino costero que se está estudiando. No existen valores para la especie *S. lusitanica* porque en esta especie encontrar individuos con contenido en el estómago es muy difícil y el porcentaje fue muy bajo (Figura 5.28).

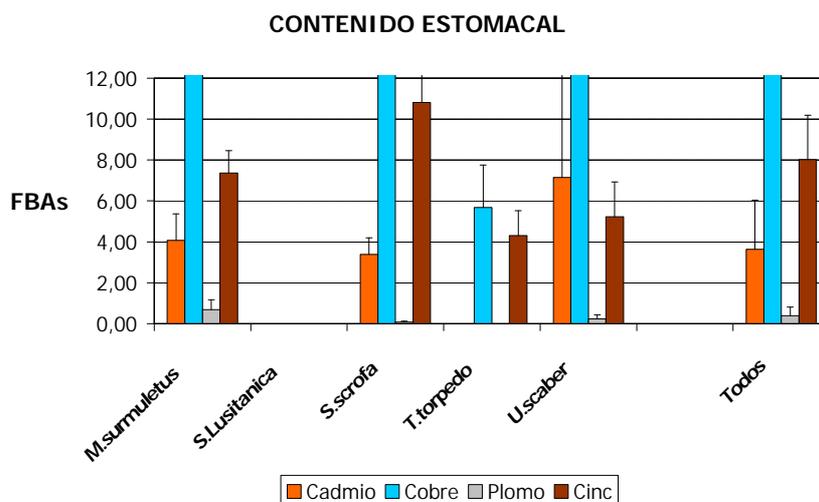


Figura 5.28. Factores de Bioacumulación (FBA_S) en los contenidos alimenticios

En general, los valores medios presentaron desviaciones importantes, salvo para el cinc, lo cual indica la dificultad de analizar las muestras de alimento en diversas fases de digestión. Aún así, las conclusiones principales que se pueden extraer son muy similares a las obtenidas anteriormente. Así, el plomo fue el metal que menos se bioacumuló en los organismos inferiores que sirven de alimento a los peces, mientras que el cobre fue el que tuvo mayor FBA. Es muy interesante observar que el valor del FBA_s del cinc en el alimento fue muy similar al del hígado y las branquias en los peces. Ello puede indicar que la bioacumulación se produjo en los primeros niveles tróficos y se mantuvo, pero no se produjo biomagnificación del cinc.

Se puede considerar, a los efectos de la modelación de la bioacumulación de cadmio, cobre, plomo y cinc en los tejidos de los peces, que la distribución de estos metales en el sedimento de la bahía de Cullera es homogénea. El metal que más se bioacumuló fue el cobre, mientras que el plomo fue el que menos.

Para el caso del alimento, aun cuando los valores de bioacumulación fueron menores que los del sedimento, los metales que más se bioacumularon fueron el plomo y el cadmio, excepto en hígado donde el cobre fue el que más se bioacumuló.

En cuanto a los diferentes órganos, el cobre se bioacumuló más en el hígado, mientras que cadmio, plomo y cinc tienen valores de FBA_s y FBA_A muy similares en las branquias y en el hígado. Todos los metales se bioacumularon mucho menos en el músculo: la tercera parte que en las branquias aproximadamente. La relación del FBA_s del cobre con respecto a cadmio y plomo fue de 20 en todos los órganos. En general, los FBA de invierno fueron inferiores a los de verano, lo cual puede estar relacionado con una menor actividad metabólica en invierno.

5.4.4. IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y CONSIDERACIONES DE TIPO LEGAL

Ya que los peces que hemos estudiado en este trabajo representan productos de consumo humano, consideramos interesante hacer una breve referencia a las disposiciones legales que regulan en España y en la Comunidad Europea los niveles

de metales permitidos en los diferentes tipos de alimentos, y en concreto en carne de pescado. Dichas disposiciones son las siguientes:

- Orden de 2 de agosto de 1991. (B.O.E. 15.08.1991).
- Reglamento 46/2001 de 8 de marzo de 2001 (disposición comunitaria).

Modificado por: [Reglamento 221/2002 de la Comisión](#), de 6 de febrero de 2002,
Modificado por: [Reglamento 242/2004 de la Comisión](#), de 12 de febrero de 2004.
Modificado por: [Reglamento 78/2005 de la Comisión](#), de 19 de enero de 2005.

- Real Decreto 2556/2003 de 28 de febrero de 2003 por el que se fijan los métodos de toma de muestras y de análisis para el control oficial del contenido máximo de plomo, cadmio, mercurio y 3-MCPD en los productos alimenticios (B.O.E. 01.03.2003)

Modificado por: [Orden SCO/3427/2005](#), de 25 de Octubre (B.O.E. 4.11.2005)

En lo referente a los metales pesados, esta legislación contempla contenidos máximos en los productos de la pesca para cadmio, estaño, plomo y mercurio. De los que en este trabajo hemos estudiado únicamente dos.

Con respecto a la valoración ecológica, es obvia la importancia que los peces tienen en las redes tróficas marinas. Estos organismos presentan casi todos los tipos de alimentación y se encuentran en un amplio rango niveles tróficos. Por ello, como aspecto más básico, el conocimiento que se tenga de los niveles de metales pesados y cualquier otro contaminante presente en estos organismos es fundamental para comprender los ciclos biogeoquímicos de dichos elementos. Además, otro aspecto importante es el de disponer de información que permita valorar cuál es la calidad ambiental del medio marino.

A partir de las concentraciones de metales que hemos obtenido en las especies de peces que se han estudiado, se ha realizado una valoración de cuáles serían las dosis máximas de pescado (carne de pescado), que podría consumir un individuo de 65 kg, de acuerdo con la Ingesta Semanal Tolerable Provisional propuesta por la OMS (Organización Mundial de la Salud) para el Cd y Pb, las cuales respectivamente son de 7 µg /kg semana, y 25 µg/kg.semana (WHO, 1989). Se ha considerado un coeficiente de conversión de peso seco en peso fresco de 3.78. Para ser lo más

estrictos posible hemos considerado los mayores valores que hemos obtenido en este estudio, y se han considerado los niveles presentes únicamente en músculo.

Tabla 5.20. Peso máximo semanal ingerible de carne de pescado dentro de los límites que marca la OMS para el Cd y Pb en alimentación humana, calculados para una persona de 65 kg

	Cd ($\mu\text{g/g PS}$)	Pb ($\mu\text{g/g PS}$)	Cd ($\mu\text{g/g P. F}$)	Pb ($\mu\text{g/g P.F}$)	Consumo max. (g/semana) Cd	Consumo max. (g/semana) Pb
<i>M. surmuletus</i>	0,07	0,37	0,02	0,1	24570	16601
<i>S. lusitanica</i>	0,09	0,39	0,02	0,1	19110	15750
<i>S. scrofa</i>	0,07	0,29	0,02	0,08	24570	21181
<i>U. scaber</i>	0,18	0,30	0,05	0,08	9555	20475

De acuerdo con los datos de la tabla, para una persona de 65 kg, las cantidades semanales de cada una de las especies estudiadas que le darían la dosis tolerable que propone la OMS, serían 16,6 kg de salmonete, 15,75 kg de lenguado, 21,18 kg de escorpa, y 9,56 kg de rata. Estos cálculos se han realizado con las concentraciones más altas de los dos metales, y por lo tanto son conservadores en ese sentido.

En cuanto a los límites que marca la legislación que se aplica en España, la CEE en su reglamento nº 1881/2001, respecto a las concentraciones máximas de cadmio y plomo en pescados, indica una concentración de 0,05 mg/kg peso fresco para cadmio y 0.3 mg/kg para plomo. Esto corresponderá en peso seco a 0.189 $\mu\text{g/g}$ de Cd y a 1.134 $\mu\text{g/g}$ de Pb. Con los datos anteriores, la totalidad de los individuos analizados de lenguado, salmonete, escorpa y rata, cumplirían las concentraciones que representan los límites legales para la comercialización.

Como podemos observar las concentraciones obtenidas por nosotros en las especies de peces estudiados en la bahía de Cullera están muy por debajo de los niveles que marca la legislación para cadmio y plomo.

5.5. BIBLIOGRAFÍA

- Abel, P.D.; Papoutsoglou, S.E., 1986. Lethal toxicity of cadmium to *Cyprinus carpio* and *Tilapia aurea*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 37: 382-386.
- Alloway, B. J.; Ayres, D. C., 1993. Chemical principles of Environmental Pollution. Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall, Glasgow. 291pp.
- Al-Yousuf, M.H.; El-Shahawi, M.S.; Al-Ghais, S.M., 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. Sci Total Environ., 256: 87-94.
- Amaratunga, T., 1983. The role of cephalopods in the marine ecosystem. In. I.F. Caddy, Advances in assessment of world cephalopod resources. FAO Fish Tech. Pap., 231 : pp. 379-415.
- Amiard, J.C. ,1988. Les mecanismes de transfert des éléments métalliques dans les chaines alimentaires aboutissant a l`huitre et a la moule, mollusques filtreurs; formes chimiques de stockage, conséquences ecotoxicologiques. Oceanis. 14 (1): 283-287.
- Amiard, J.C. ; Amiard-Triquet, C. ; Metayer, C., 1985. Experimental study of bioaccumulation, toxicity and regulation of some trace metals in various estuarine and coastal organisms. Symposia Biologica Hungarica, 29: 313-323.
- Aminard, J.C.; Aminard-Triquet, C.; Berthet, B.; Metayer, C., 1987. Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 106 : 73-79.
- Aminot, A.; Chaussepied, M.,, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour L'Exploitation des océans CNEXO : 211-297.
- Amundsen, P.A.; Staldvik, F.J.; Lukin, A.A.; Kashulin, N.A.; Popova, O.A.; Reshetnikov, Y.S., 1997. Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. Sci. Total Environ., 201(3): 211-224.

- Antonetti, P.; Sigovini, G.; Gerotto, M.; Paonta, M.; Troncon, A. 1994. Livelli di cadmio e selenio in alcune specie di molluschi cefalopodi pescati nel Mare Adriatico negli anni ,1988, 1989 e 1991. *Il Pesce*, 1: pp. 63-69.
- APHA, 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA/AWWA/WPCF. 19^a edición, Washington 1268pp.
- APHA., 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA/AWWA/WPCF. 21^a edición, Washington 1268pp.
- Ayas, Z.; Kolankaya, D., 1996. Accumulation of some heavy metals in various environments and organisms at Göksu delta, Türkiye, 1991-1993. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 56: 65-72.
- Baker, P.; Singh, R., 1982. Metabolism and transport of strontium in giant axons of *Loligo*. *J. Physiol. London*, 330: 373-392.
- Balkas, T.I.; Salihoglu, I., 1982. Trace metal levels in fish and crustaceans from northeastern Mediterranean coastal waters. *Mar. Environ. Res.*, 6(4): 281-289.
- Ballester, A.; Miller, J.; Dunyach, M., 1980. Some pollutants in marine sediments, animals and plants in the coastal waters of Catalonia, Spain. *Thalassia Jugosl.* 16 (2-4): 275-288.
- Barceloux, D. ,1999 a . Manganese. *J. Toxicol., Clin. Toxicol.*, 37: 293-307.
- Barceloux, D. ,1999 b. Copper. *J. Toxicol., Clin. Toxicol.*, 37: 217-230.
- Barceloux, D., 1999 c. Zinc. . *Toxicol., Clin. Toxicol.*, 37: 279-292.
- Bargagli, R.; Nelli, L.; Ancora, S.; Forcardi, S., 1996. Elevated cadmium accumulation in marine organisms from Terra Nova Bay (Antarctica). *Polar Biol.*, 16: 513-520.
- Barghigiani, C.; D'Ulivo, A.; Zamboni, R.; Lampugnani, L., 1993. Interaction between selenium and cadmium in *Eledone cirrosa* of the Northern Tyrrhenian Sea. *Mar. Pollut. Bull.*, 26: 212-216.
- Barghigiani, C. ; Ristori, T. ; Biagi, F. ; Ranieri, S. 2000. Size related mercury accumulations in edible marine species from an area of the Northern Tyrrhenian Sea. *Water, Air, Soil Pollut.*, 124: 169-176.

- Barton, J.; Conrad, M.; Harrison, L.; Nuby, S. 1978. Effects of calcium on the absorption and retention of lead. *J. Lab. Clin. Med.*, 91: 366-376.
- Batley, G. E. 1987. Heavy metal speciation in waters, sediments and biota from Lake Macquarie, New South Wales. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 38: 591-606.
- Benedito, V. 1996. Fenología vegetativa y dinámica de acumulación de metales pesados en *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. Departamento de Biología Animal. Valencia, España.
- Benedito, V.; Jaramillo, A. M.; Martín, M.; Pastor, A. 2006.- Estudio de las concentraciones de metales pesados en varias especies de peces de distintos niveles de la cadena trófica del sistema bentónico, en las inmediaciones de la desembocadura del río Júcar (bahía de Cullera). Informe Técnico. Conselleria de Territori i Habitatge. Generalitat Valenciana.
- Benedito, V.; Jaramillo, A. M.; Martín, M.; Pastor, A. 2007.- Estudio de la acumulación de metales pesados en peces, moluscos y crustáceos de consumo humano, del litoral de la provincia de Castellón. Fundación Dávalos Fletcher "La Fundación de Castellón". Ayudas a la investigación 2004. Castellón, España. 130 pp.
- Biney, C.A.; Ameyibor, E. 1992. Trace metal concentrations in the pink shrimp *Penaeus notialis*, from the coast of Ghana. *Water, Air, Soil Pollut.*, 63: 273-279.
- Blackmore, G.; Morton, B. 2002. The influence of diet on comparative trace metal cadmium, copper and zinc accumulation in *Thais clavigera* (Gastropoda:Muricidae) preying on intertidal barnacles or mussels. *Marine Pollution*, 44: 870-876.
- Blackmore, G.; Wang, W-X. 2004. The transfer of Cadmium, mercury, methylmercury, and zinc in an intertidal rocky shore food chain. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 307:91-110.
- Blasco, J.; Arias, A.M.; Sáenz, V. 2002. Heavy metal concentrations in *Squilla mantis* (L.) (Crustacea, Stomatopoda) from the Gulf of Cádiz Evaluation of the impact of the Aznalcollar mining spill. *Environment International*, 28: 111-116.

- Blasco, J.; Sáenz, V.; Gómez-Parra, A., 2000. Heavy metal fluxes at the sediment - water interface of three coastal ecosystem from south - west of the Iberian Peninsula. *The Science of The Total Environment*. 247, 189-199.
- Boese, B.L.; H. Lee II. 1992. Synthesis of methods to predict bioaccumulation of sediment pollutants. ERL-N No. N232. U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Narragansett, RI.
- Bond C.E. 1996. *Biology of fishes*. 2nd ed. Florida: Saunders College Publishing, 750 pp.
- Boucaud-Camou, E.; Boismery, J. 1991. The migration of the cuttlefish *Sepia officinalis* L. in the English Channel. Act. Proceedings of the first international Symposium on the cuttlefish *Sepia*. Caen: Centre de Publications de l'Université de Caen: 179-189.
- Boyden, C.R. 1977. Effect of size upon metal content of shellfish. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 63: 661-72.
- Boyle, P.; Knobloch, D. 1982. Growth of the octopus *Eledone cirrhosa*. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 62: 277-296.
- Brix, H.; Lyngby, J.E., 1983. The distribution of some metallic elements in eelgrass (*Zostera marina* L.). *The Science of the Total Environment*, 24: 51-63.
- Bryan, G. W. 1976. Heavy metal contamination in the sea. En: *Marine Pollution*. Johnston, R. (Ed.), pp. 185-302. Academic Press. London.
- Bryan, G. W.; Gibbs, P.E. 1979. Zinc, a major inorganic component of nereid polichaete jaws. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 59: 969-976.
- Bryan, G. W.; Gibbs, P.E. 1980. Metals in nereid polichaetes: the contribution of metals in the jaws to the total body burden. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 60: 641-655.
- Bryan, G.W. 1968. Concentrations of zinc and copper in the tissues of decapod crustacean. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, 48: 303-321.

- Bryan, G.W. 1976 a. Some aspect of heavy metal tolerance in aquatic organisms. In "Effects of pollutants on aquatic organisms". Ed. Lockwood, A.P.M., 7 -34. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bryan, G.W.; Langston, W.I. 1992. Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review. *Environ. Pollut.*, 76: 89-131.
- Burger, J.; Gaines, K.; Boring, C.S.; Stephens, W.L.; Snodgras, J.; Gochfeld, M., 2001. Mercury and Selenium in fish from the Savannah River: species, trophic level, and locational differences. *Environmental Research Section A* 87, 108-118.
- Burton, J. D., Statham, P. J., 1990. Trace metals in seawater. En: *Heavy metals in the marine environment*. Furnes, R. W. & Rainbow, P. S. (Edits.). pp 5-26. CRC Pres. Boca Ratón, Florida.
- Burton, Jr. G.A. 1999. Realistic assessments of ecotoxicity using tradicional and novel approaches. *Aquatic Ecosystem Health and Management.*, 2: 1-8.
- Bustamante, P; Cosson, R.P.; Gallien, I.; Caurant, F.; Miramand, P. 2002 a. Cadmium detoxification processes in the digestive gland of cephalopods in relation to accumulated cadmium concentrations. *Mar. Environ. Res.*, 53: 227-241.
- Bustamante, P. 1998. Bioaccumulation del elements traces (métaux et terres rares) chez les mollusques céphalopodes et bivalves pectinidés. Implication de leur biodiponibilité pour le transfert vers les prédateurs. PhD. Thesis. Université de La Rochelle, France.
- Bustamante, P. ; Caurant, F. ; Fowler, S.W. ; Miramand, P. 1998 a. Cephalopods as a vector for the transfer of cadmium to top marine predators in the north-east Atlantic Ocean. *Sci. Total Environ.*, 220: 71-80.
- Bustamante, P. ; Cherel, Y. ; Caurant, F. ; Miramand, P. 1998 b. Cadmium, cooper and zinc in octopus from Kerguelen Islands, Southerm Indian Ocean. *Polar Biol.*, 19: 264-271.
- Bustamante, P. ; Grigioni, S. ; Boucher-Rodoni, R. ; Caurant, F. ; Miramand, P. 2000. Bioaccumulation of 12 trace elements in the tissues of the nautilus *Nautilus macromphalus* from New Caledonia. *Mar. Pollut. Bull.*, 40: 688-696.

- Bustamante, P.; Teyssié, J. L.; Danis, B.; Fowler, S. W.; Miramand, P.; Cotret, O.; Warnau, M. 2004. Uptake, transfer and distribution of silver and cobalt in tissues of the common cuttlefish *Sepia officinalis* at different stages of its life cycle. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 269: 185-195.
- Bustamante, P. ; Teyssié, J. L. ; Fowler, S. W. ; Cotret, O. ; Danis, B. ; Miramand, P. 2002 b. Biokinetics of zinc and cadmium accumulation and depuration at different stages in the life cycle of the cuttlefish *Sepia officinalis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 231: 167-177.
- Campanella, L.; Conti, M.E.; Cubadda, F.; Sucapane, C. 2001. Trace metals in seagrass, algae and mollusks from an uncontaminated area in the Mediterranean. *Environ. Pollut.*, 111: 117-126.
- Campbell, P.J. 1994. Concentrations of heavy metals associated with urban runoff in fish living in storm water treatment ponds. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 27: 352-356.
- Campbell, P.J.; Jones, M.B. 1990. Water permeability of *Palaemon longirostris* and other euryhaline caridean prawns. *J. Exp. Biol.*, 150: 145-158.
- Canli, M.; Furness, R.W. 1993 a. Heavy metals in tissues of the Norway lobster *Nephrops norvegicus*: effects of sex, size and season. *Chem. Ecol.*, 8: 19-32.
- Canli, M.; Furness, R.W. 1993 b. Toxicity of heavy metals dissolved in seawater and influences of sex and size on metal accumulation and tissue distribution in the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. *Mar. Environ. Res.*, 36: 217-236.
- Canli, M.; Kalay, M.; Ay, O. 2001. Metal (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Cr, Ni) concentrations in tissues of a fish *Sardina pilchardus* and a prawn *Peaenus japonicus* from three stations on the Mediterranean Sea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 67: 75-82.
- Canli, M.; Atli, G. 2003. The relationships between heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environ. Pollut.*, 121: 129-136.
- Carballeira, A.; Carral, E.; Puente, X.M.; Villares, R., 1997. Estado de la conservación de la costa de Galicia: nutrientes y metales pesados en sedimentos y

- organismos intermareales. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de La Universidad de Santiago de Compostela.
- Carlisle, D. B., 1968. Vanadium and other metals in ascidians. Proc, R. Soc. Ser. B, 171, 31pp.
- Castro, B.G.; Guerra, A., 1990. The diet of *Sepia officinalis* (Linnaeus 1758) and *Sepia elegans* (D'Orbigny 1835) (Cephalopoda, Sepioidea) from the Ria de Vigo (NW Spain). Scientia Marina, 54: 375-388.
- Catsiki, V-A.; Stroglyoudi, E., 1999. Survey of metal levels in common fish species from Greek waters. Sci. Total Environ., 237/238: 387-400.
- CE 2006. Reglamento de la Comunidad Europea nº 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea, L 364, pp: 5-24.
- Celik, U.; Oehenschläger, J., 2004. Determination of zinc and copper in fish samples collected from Northeast Atlantic by DPSAV. Food Chemistry, 87: 343-347.
- Chabert, D.; Vicente, N.; Huang, W., 1983. La pollution par métaux lourds dans les rades du Parc National de Port Cros. II. Control pluriannuel. Trav. Sci. Parc. Nat. Port Cros 9: 17-34.
- Chou, C.C.; Uthe, J.F.; Castell, J.D.; Kean, J.C., 1987. Effect of dietary cadmium on growth survival, and tissue concentrations of cadmium, zinc, copper, and silver in juvenile American lobster (*Homarus americanus*). J. Fish Aquat. Sci., 44: 1443-1450.
- Clark, R. B., 1989.- Marine Pollution. Clarendon Press. Oxford. 220 pp.
- Clarke, M.R., 1996. Cephalopods as prey. III. Cetaceans. Philos Trans R Soc. London Ser. B, 351: 1053-1065.
- Connell, D. W.; Miller, G. J., 1984. Chemistry and ecotoxicology of pollution. John Wiley and Sons Publ. New York. 444 pp.

- Corsi, I. ; Mariottini, M. ; Menchi, V. ; Sensini, C. ; Balocchi, C. ; Focardi, S. 2002. Monitoring a Marine Coastal Area: Use of *Mytilus galloprovincialis* and *Mullus barbatus* as Bioindicators. *Mar. Ecol.*, 23 : 138-153.
- Courtot-Coupez, J. ; Cabon, J.Y., 1988. Etude des formes physico-chimiques du cadmium en milieu marin. *Oceanis*, 14 (1): 117-123.
- Craig, S.; Overnell, J., 2003. Metals in squid, *Loligo forbesi*, eggs and hatchlings. No evidence for a role for Cu- or Zn- metallothionein. *Comp. Biochem. Physiol.*, 134 : 311-317.
- Cristiani, G., 1980. Biomasse et repartition de l'herbier de *Posidonia oceanica* de la Côte Bleue (Bouches du Rhône, France) et pollution marine par les métaux lourds. Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille III: 150pp.
- Cross, F. A.; Sunda, W. G. 1982. The relationship between chemical speciation and bioavailability of trace metals to marine organisms. A review. En: *Proced. of the Int. Symp. on utilization of coastal Ecosystems: Planing, Pollution and Productivity*, Ning Labbish Chao & Williams Kirby-Smith (Edits.), Nov. 21-27, 1982. Rio Grande. Brasil. Vol. I.
- Croxall, J.P.; Prince, P.A., 1996. Cephalopods as prey. I. Seabirds. *Philos Trans R Soc. London Ser. B*, 351: 1023-1043.
- Cubadda, F.; Conti, M.E.; Campanella, L., 2001. Size-dependent concentrations of trace metals in four Mediterranean gastropods. *Chem.* 45, 561-569.
- D'Aniello, A.; Strazzullo, L.; D'Onofrio, G.; Pischetola, M., 1986. Electrolytes and nitrogen compounds of body fluids and tissues of *Octopus vulgaris* Lam. *J. Comp. Physiol.*, 156: 503-509.
- Danis, B.; Bustamante, P.; Cotret, O.; Teyssié, J.L.; Fowler, S.W.; Warnau, M., 2004. Bioaccumulation of PCBs in the cuttlefish *Sepia officinalis* from seawater, sediment and food pathways. *Environ. Pollut.*, 134: 113-122.
- Darmono, D.; Denton, G.R.W., 1990. Heavy metal concentrations in the banana prawn, *Penaeus merguensis*, and leader prawn, *P. monodon*, in the Townsville region of Australia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 44: 479-486.

- De Mora, S. ; Fowler, S.W. ; Wyse, E. ; Azemard, S., 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman. *Mar. Pollut. Bull.*, 49: 410-424.
- Declair, W.; Vlaeminck, A.; Geladi, P.; Van Grieken, R., 1978. Determination of protein-bound copper and zinc in some organs of the cuttlefish *Sepia officinalis* L. *Comp. Biochem. Physiol.*, 60B: 347-350.
- Depledge, M.H.; Forbes, T.L.; Forbes, V.E., 1993. Evaluation of cadmium, copper, zinc and Iron concentrations and tissue distributions in the benthic crab, *Dorippe granulata* (De Haan, 1841) from Tolo Harbour, Hong Kong. *Environ. Pollut.*, 81: 15-19.
- Dorband, W.R.; Van Alst, J.C.; Carlberg, J.M.; Ford, R.F., 1976. Effects of chemicals in thermal effluent on *Homarus americanus* maintained in aquaculture systems. *Proc. Ann. Meet. World Mariculture Soc.*, 7: 391-414.
- Dosi, A., 2000. Heavy metals in blubber and skin of Mediterranean monk seal, *Monachus monachus* from Greek waters. PhD Thesis, University of Bangor, 85 pp.
- Douben, P.E., 1989. Lead and cadmium in stone loach *Noemacheilus barbatulus* (L.) from the rivers in Derbyshire. *Ecotox. Environ. Safe.*, 18 : 35-58.
- Duc, M. ; Kaminsky, P. ; Klein, M., 1994. Intoxication par plomb et ses sels. *Encycl. Méd. Chir. Paris. Toxicologie-Pathologie professionnelle*, 16-007, 10 pp.
- Dural, M.; Lugal Göksu, M.Z.; Akif Özak, A.; Derici, B., 2006. Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of *Dicentrarchus labrax* L., 1758, *Sparus aurata* L. 1758 and *Mugil cephalus* L., 1758 from the Çamlık Lagoon of the eastern coast of Mediterranean (Turkey).
- Eisler, R., 1981. Trace metal concentrations in marine organisms. Pergamon Press, New York, 687 pp.
- Elbaz-Poulichet, F.; Guieu, C.; Morley, N., 2001. A reassessment of trace metal budgets in the western Mediterranean Sea. *Mar. Pollut. Bull.*, 42 (8): 623-627.

- Elder, J.F.; Collins, J.J., 1991. Freshwater molluscs as indicators of bioavailability and toxicity of metals in surface systems. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 122: 37-79.
- Evans, D.W.; Kathman, R.D.; Walker, W.W., 2000. Trophic accumulation and depuration of mercury by blue crabs (*Callinectes sapidus*) and pink shrimp (*Penaeus duorarum*). *Mar. Environ. Res.*, 49: 419-434.
- EVS, 1995. Field plan for determining aquatic bioaccumulation factors for superlipophilic compounds. EVS Consultants, report submitted to Abt Associates Bethesda, MD, under EPA contract.
- Falandysz, J. 1989. Trace metal in the raw and tinned squid *Loligo patagonica*. *Food Addit. Contam.*, 6: 483-488.
- FAO 2006. Disponible en: <http://www.fao.org>. Consultada el 15 de febrero de 2007.
- Fernex, F. ; Richou M. ; Benamou, C. ; Benaim, J. ,1992. Evaluation of the quality of bottom sediments from the north-western Mediterranean sea by biogeochemical criteria. *Sci. Total Environ.* 111: 25-46.
- Fernex, F.E.; Migon, C.; Chisholm, J.R.M. ,2001. Entrapment of pollutants in Mediterranean sediments and biogeochemical indicators of their impact. *Hydrobiologia*, 450: 31-46.
- Finger, J.M.; Smith, J.D., 1987. Molecular association of Cu, Zn, Cd and ²¹⁰Po in the digestive gland of the squid *Nototodarus gouldi*. *Mar. Biol.*, 95: 87-91.
- Fisher, N.S.; Reinfelder, J.R. ,1995. The trophic transfer of metals in marine systems. *Metal Speciation and Bioavailability in Aquatic Systems*. Edited By A. Tessier and D.R. Turner. IUPAC Published By John Wiley & Sons Ltd., 8: 363-406.
- Förstner U.; Wittmann G.T.W., 1983. Metal pollution in the aquatic environment. 2nd ed. Berlin: Springer, 486 pp.
- Förstner U.; Wittmann G.T.W., 1981. Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag. New York.

- Förstner, U., 1981 a. Metal concentrations in river, lake and ocean waters. En: Metal pollution in the aquatic environment. Förstner,U. & Wittmann, G.T.W. (Edits.), 486 pp. Spriger-Verlag Publ.
- Förstner, U., 1981 b. Metal transfer between solid and aqueous phases. En: Metal pollution in the aquatic environment. Förstner,U. & Wittmann, G.T.W. (Edits.), 486 pp. Spriger-Verlag Publ.
- Förstner, U.; Patchineelam, S.R., 1976. Bindung und mobilisation von Schwermetallen in fluviatilen sedimenten. Chem. Z., 100: 49-57.
- Forsythe, J.W.; DeRusha, R.H.; Hanlon, R.T., 1994. Growth, reproduction and life of *Sepia officinalis* (Cephalopoda: Mollusca) cultured through seven consecutive generations. J. Zool. Lond., 223: 175-192.
- Fowler, S.W., 1984. Trace metals monitoring of pelagic organisms from the open Mediterranean sea. Environmental Monitoring and Assessment. 7, 59-78.
- Francesconi, K.A.; Pedersen, K.L.; Hojrup, P., 1998. Sex specific accumulation of Cd-metallothionein in the abdominal muscle of coral prawn *Metapenaeopsis crassissima* from a natural population. Mar. Environ. Res., 46 (1-5): 541-544.
- Frenet, M.; Alliot, A., 1985. Comparative bioaccumulation of metals in *Palaemonetes variants* in polluted and non-polluted environments. Mar. Environ. Res., 17: 19-44.
- Froese, R.; Pauly. D. (Eds). 2008. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, versión (09/2008).
- Fullmer, C., 1992. Intestinal interactions of lead and calcium. Neurotoxicology, 13: 799-807.
- Furness W.; Rainbow P.S. (Ed.), 1990. Heavy metals in the marine environment. CRC Press, Inc.
- García, A.P.; Fowler, S.W., 1972. Análisis de microelementos en invertebrados marinos del Golfo de California. Memorias del IV Congreso Nacional de Oceanografía (México): 115-126.

- George, S. G., 1990. Biochemical and cytological assessments of metal toxicity in marine animals. En: Heavy metals in the marine environment. Furnes, R. W. & Rainbow, P. S. (Edits.). pp 123-142. CRC Pres. Boca Ratón, Florida.
- George, S. G., 1990. Biochemical and cytological assessments of metal toxicity in marine animals. En: Heavy metals in the marine environment. Furnes, R. W. & Rainbow, P. S. (Edits.). pp 123-142. CRC Pres. Boca Ratón, Florida.
- GESAMP., 1985. Cadmium, lead and tin in the marine environment. UNEP Regional Seas Reports and Studies, 56: 85 pp.
- Ghiretti, F. 1966. Molluscan hemocyanins. In: Wilbur, K.M., Yonge, C.M. (Eds), Physiology of Mollusca, vol. II. Academic Press, London, New York, pp. 233-248.
- Giordano, R.; Arata, P.; Ciaralli, L.; Rinaldi, S.; Giani, M.; Cicero, A.M.; Costantini, S. 1991. Heavy metals in mussels and fish from Italian coastal waters. Mar. Pollut. Bull., 22: 10-14.
- Gladies, Ch.; Axiak, V. 1992. The fate of lead in a benthic bivalve (*Venus verrucosa*). MAP Tech. Rep. Ser., 69: 135-141.
- Goldberg, E. D. 1979. La salud de los océanos. Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia, y la Cultura. Paris. 194 pp.
- Grasshoff, K.; K. Kremling; M. Ehrhardt (ED), 1999. Methods of seawater analysis. Ed. Wiley-VCH. 253 – 359.
- Gray, J.S. 2002 Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. Mar. Pollut. Bull., 45: 46-52.
- Green, N.W., Knutzen, J. (2003). Organohalogenes and metals in marine fish and mussels and some relationships to biological variables at reference localities in Norway. Mar. Pollut. Bull., 46: 362-374.
- Guhathakurta, H.; Kaviraj, A. 2000. Heavy metal concentration in water sediment, shrimp (*Penaeus monodon*) and mullet (*Liza parsia*) in some brackish water ponds of Sunderban, India. Mar. Pollut. Bull., 40: 914-920.

- Haesloop, U. ; Schirmer, M. 1985. Accumulation of orally administered cadmium by the eel (*Anguilla Anguilla*). *Chemosphere*, 14 : 1627-1634.
- Hamza-Chaffai, A. 1993. Etude de la bioaccumulation métallique et des métallothionéines chez des poissons de la côte de Sfax (golfe e Gabès). Ph.D. Thesis. University of Sfax, Tunisia.
- Hamza-Chaffai, A.; Romeo, M.; Elabed, A., 1996. Heavy metals in different fishes from the middle eastern coast of Tunisia. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology* 56, 766-773.
- Hanson, A. K.; Kester, D. R.; Sakamoto-Arnold, C. M.; Huizenga, D. L., 1988.-Copper complexation in Sargasso Sea and Gulf Stream warm-core ring waters. *Mar. Chem.* 23: 181-191.
- Harrison, P. M., Hoare, R. J. (1980). *Metals in biochemistry*. Chapman and Hall. London.
- Heath, A.G. 1987. *Water pollution and fish physiology*. CRC Press, 245 pp. Florida, USA.
- Hernández, F.; Pastor, A.; Medina, J.; Beferull, J.B.; Barbera, J.C. 1985. Heavy metal distribution in the marine sediments of the Valencia – Castellón Coasts. Spain. *Thalassographica*, 8:71-82.
- Hernández, F.; Pastor, A.; Medina, J.; Conesa, M.; Melero, R.; López, F. J., 1986. Heavy metal concentrations in marine organisms from the Mediterranean Sea (Valencia-Castellón, Spain). VIII Jour. Etud. Pollutions. CIESM. Palma de Mallorca.
- Hernández, F.; Medina, J.; Pastor, A. 1987. Contaminació del litoral per pesticides organoclorats i metalls pesats, en *El medio ambiente en la comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana (Ed.). Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports.
- Hernández, F., Medina, J.; Ansuátegui, J.; Conesa, M. 1988. Heavy metal concentrations in different tissues of some marine organisms from the Mediterranean (Castellón, Spain). IXes Journ Etud. Pollutions. Athens. CIESM.

- Hernández, F.; Medina, J.; Ansuátegui, J. 1990. Contaminación por metales pesados en el Mediterráneo. Aplicación a organismos marinos del litoral de Castellón. Colección universitaria. Diputació de Castelló. 160 pp.
- Hornung, H.; Ramelow, G.J., 1987. Distribution of Cd, Cr, Cu, and Zn in Eastern Mediterranean fishes. *Mar. Pollut. Bull.*, 18(1): 45-49.
- Horowitz, A.; Presley, B.J., 1977. Trace metal concentrations and partitioning in zooplankton, neuston and benthos from the south Texas outer continental shelf. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 5: 241-255.
- Howard, C.L.; Hacker, C.S., 1990. Effects of salinity, temperature and cadmium on cadmium-binding protein in the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 19: 341-347.
- Hutchinson, T. C.; Czuba, W.; Havas, M.; Zobens, V. 1978. Effect of long term lignite burns on Arctic ecosystems at the Smoking Hills, N.W.T. En: Trace substances in Environment Health. XII: 317-332. Hemphill, D.D. (Ed.). University of Missouri, Columbia.
- Jeftic, L.; Bernhard, M.; Demetropoulos, A.; Fernex, F.; Gabrielides, G.P.; Gasparovic, F.; Halim, Y.; Orhon, D.; Saliba, L.J. 1990. State of the marine environment in the Mediterranean region. UNEP regional Seas Reports and Studies, 1989. Athens: UNEP 28pp.
- Juracic, M.; Menegazzo, L.; Rabitti, S.; Rampazzo, G. 1986. Suspended matter properties and its role in pollutant transfer from the river to the sea. Case study: Adige river-Adriatic Sea. *Sci. Tot. Env.*, 55: 243-249.
- Juracic, M.; Menegazzo, L.; Rabitti, S.; Rampazzo, G. 1987. The role of suspended matter in the biogeochemical cycles in the Adige river estuary (Northern Adriatic Sea). *Est. Coast. Shelf Sci.*, 24: 349-362.
- Kabata-Pendias, A.; Pendias, H., 1984. Trace elements in soils and plants. CRC Press. Boca Ratón. Florida.
- Kalay, M.; Ay, Ö.; Canli, M. 1999. Heavy metal concentrations in fish tissues from the Northeast Mediterranean Sea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 63: 673-681.

- Kargin, F. 1996. Seasonal changes in levels of heavy metals in tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* collected from Iskenderun Gulf (Turkey). *Water, Air Soil Pollut.*, 90: 557-562.
- Kargin, F. ; Dönmez, A. ; Çogun, H.Y., 2001. Distribution of heavy metals in different tissues of the shrimp *Penaeus semiculatus* and *Metapenaeus monoceros* from Iskenderun Gulf, Turkey: seasonal variations. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 66: 102-109.
- Kashulin, N.A.; Reshetnikov, J.S., 1995. Accumulation and distribution of nickel, copper and zinc in the organs and tissues of fish from subarctic water bodies. *Vopr. Ikhtyol.*, 35: 687-697.
- Kerper, L.; Hinkle, P. 1997. Cellular uptake of lead is activated by depletion of intracellular calcium stores. *J. Biol. Chem.*, 272: 8346-8352.
- Kieffer, F.; Switzerland, K. 1991. Metals as essential trace elements for plants, animals and humans. En: *Metals and their compounds in the environment: Occurrence, analysis and biological relevance*. Merian, E. (Ed.). VCH Publ. Weinheim.
- Klages, NTW. 1996. Cephalopods as prey. II. Seals. *Philos Trans R Soc. London Ser. B*, 351: 1045-1052.
- Kljakovic Gaspic, Z.; Zvonaric, T.; Vrgoc, N.; Odzak, N.; Baric, A., 2002. Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic sea. *Water Research*, 36: 5023-5028.
- Kovekovdova, L.T.; Simokon, M.V. 2002. Heavy metals in the tissues of commercially important fish of Amurskii Bay, Sea of Japan. *Russian J. Mar. Biol.*, 28 (2): 113-119.
- Koyama, J.; Nanamori, N.; Segawa, S. 2000. Bioaccumulation of waterborne and dietary cadmium by oval squid, *Sepioteuthis lessoniana*, and its distribution among organs. *Mar. Pollut. Bull.*, 40 (11): 961-967.
- Kress, N.; Hornung, H.; Herutm, B. 1998. Concentrations of Hg, Cd, Cu, Zn, Fe and Mn in deep sea benthic fauna from the southeastern Mediterranean sea: a

comparison study between fauna collected at a pristine area and a two waste disposal sites. *Mar. Pollut. Bull.*, 36(11): 911-921.

Kucuksezgin F., Altay O., Uluturhan E., Kontas A. (2001). Trace metal and organochlorine residue levels in red mullet (*Mullus barbatus*) from the eastern Aegean, Turkey. *Water Res.*, 35(9): 2327-2332.

Kureishy, T.W. 1993. Concentration of heavy metals in marine organisms around Qatar before and alter the Gulf war oil spill. *Mar. Pollut. Bull.*, 27: 183-186.

Langston, W. J.; Bryan, G. W. 1984. The relationships between metal speciation in the environment and bioaccumulation in aquatic organisms. En: Complexation of trace metals in natural waters. Part VI. Kramer, C. J. M. & Duinker, J. C. (Edits.). Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publ. The Hague. Netherlands.

Langston, W.J. 1990. Toxic effects of metals and the incidence of marine ecosystems. In: Furness, R.W., Rainbow, P.S. (Eds.), Heavy metals in the marine environment. CRC Press, New York.

Larsson, A.; Haux, C.; Sjöbeck, M. 1985. Fish physiology and metal pollution: results and experiences from laboratory and field studies. *Ecotox. Environ. Safe.*, 9: 250-281.

Law, R.; Fileman, C.; Hopkins, A.; Baker, R.; Harwood, J.; Jackson, D.; Kennedy, S.; Martin, A.; Morris, R. 1991. Concentrations of trace metals in the livers of marine mammals (seals, porpoises and dolphins) from waters around the British Isles. *Mar. Pollut. Bull.*, 22 : 183-191.

Legoff, R. ; Daguzan, J. 1991. Etude des déplacements de la seiche commune *Sepia officinalis* L. dans le Golfe du Morbihan au cours de la période de reproduction : premiers résultats. " The Cuttlefish" Act Processings of the first international Symposium on the cuttlefish *Sepia*. Caen: Centre de Publications de l'Université de Caen: 167-177.

Maher, W.A. 1986. Trace metal concentrations in marine organisms from St. Vicent Gulf, south Australia. *Water, Air Soil Pollut.*, 29: 77-84.

Mangold, K. 1983. *Octopus vulgaris*. In : Boyle P,editor. Cephalopod life cycles, species accounts, vol. I. UK: Academi Press: 335-364.

- Mangold, K. ; Bidder, A.M. 1989. L'appareil digestif et la digestion. Traillé de Zoologie, Tome V. Céphalopodes.
- Marcovecchio, T.D.; Moreno, V.J. 1993. Cadmium, zinc and total mercury levels in the tissues of several fish species from La Plata river Estuary, Argentina. Environ. Monitor. Asess., 25: 119-130.
- Martin, J.H.; Flegal, A.R. 1975. High copper concentrations in squid livers in association with elevated levels of silver, cadmium and zinc. Mar. Biol., 30: 51-55.
- Martin, J.M. 1974. Metals in *Cancer irroratus* (Crustacea: Decapoda) : concentrations, concentrations factors, discrimination factors, correlations. Mar. Biol., 30: 51-55.
- Martincic, D.; Kwokal, Z.; Branica, M. 1990 a. Distribution of zinc, lead, cadmium and copper between different size fractions of sediments. I: The Limski Kanal (North Adriatic Sea). Sci. Total Environ., 95: 201-215.
- Martincic, D.; Kwokal, Z.; Branica, M. 1990 b. Distribution of zinc, lead, cadmium and copper between different size fractions of sediments. II: The Krka river estuary and the Kornati islands (Central Adriatic Sea). Sci. Total Environ., 95: 217-225.
- Mason, A.Z.; Simkiss, K. 1983. Interaction between metals and their distribution in tissues of *Littorina littorina* collected from clean and polluted sites. J. Mar. Biol. Assoc. UK, 63 : 661-672.
- Medhioub, A. 1986. Etude de la croissance et du cycle sexuel de la seiche (*Sepia officinalis*) des cotes normandes. PhD thesis, University of Caen, France.
- Medina, J.; Pastor, A.; Hernandez, F.; Beferull, J.B.; Barbera, J.C., 1983. Niveles de contaminantes metálicos y pesticidas organoclorados en sedimentos y organismos marinos de la plataforma continental valenciana. Informe del programa de vigilancia de la contaminación del entorno marino en las provincias de Valencia y Castellón. PNUMA. Plan de Acción para el Mediterráneo (MEDPOL II).
- Mendes, D.; Cristo, M., Sendao, J., Cerveira, T., 2006. Diet of the cuttlefish *Sepia officinalis* (Cephalopoda: Sepiidae) of the south coast of Portugal (eastern Algarve). J. Mar. Biol. Assoc. UK, 86: 429-436.

- Millar, P.A.; Munkittrick, K.R.; Dixon, D.G., 1992. Relationship between concentrations of copper and zinc in water, sediment, benthic invertebrates and tissues of white sucker (*Catostomus commersoni*) at metal-contaminated sites. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 49: 978-985.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación., 1994. Métodos Oficiales de Análisis. Tomo III.
- Ministerio de la Presidencia 1991. Orden del 2 de agosto de 1991 por la que se aprueban las normas microbiológicas, los límites de contenido en metales pesados y los métodos analíticos para la determinación de metales pesados para los productos de la pesca y la acuicultura. BOE nº195.
- Miramand, P.; Bentley, D. 1992. Concentration and distribution of heavy metals in tissues of two cephalopods, *Eledone cirrhosa* and *Sepia officinalis*, from the French coast of the English Channel. *Mar. Biol.* 114: 407-414.
- Miramand, P.; Bustamante, P.; Bentley, D.; Kouéta, N. 2005. Variation of heavy metal concentrations (Ag, Cd, Co, Cu, Fe, Pb, V and Zn) during the life cycle of the common cuttlefish *Sepia officinalis*. *Sci. Total Environ.*, 361 (2006): 132-143.
- Miramand, P.; Guary, J.C., 1980 a. Association of Americium-241 with Adenochromes in the Branchial Hearts of the Cephalopod *Octopus vulgaris*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 4: 127-129.
- Miramand, P., Guary, J.C. (1980 b). High concentrations of some heavy metals in tissues of the Mediterranean *Octopus*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 24: 783-788.
- Miramand, P.; Lafaurie, M.; Fowler, S.W.; Lemaire, P.; Guary, J.C.; Bentley, D., 1991. Reproductive cycle and heavy metals in the organs of red mullet, *Mullus barbatus* (L.), from the northwestern Mediterranean. *Sci. Total. Environ.*, 103 (1): 47-56.
- Moissenko, T.I.; Kudryavtseva, L.P. 2001. Trace metal accumulation and fish pathologies in areas affected by mining and metallurgical enterprises in the Kola Region, Russia. *Environ. Pollut.*, 114: 285-297.

- Moore J.W. ; Ramamoorthy S. 1984. Heavy metals in natural waters. Applied monitoring and impact assessment. Springer – Verlag. New York Inc. 268p.
- Mormede, S.; Davies, I.M. 2001. Heavy metal concentrations in commercial deep-sea fish from the Rockall Trough. *Continental Shelf Research*, 21: 899-916.
- Napoleao, P.; Pinheiro, T.; Sousa Reis, C., 2005. Elemental characterization of tissues of *Octopus vulgaris* along the Portuguese coast. *Sci. Total Environ.*, 345: 41-49.
- Nardi, G.; Muzii, E.; Puca, M., 1971. Ferritin in the hepatopancreas of *Octopus vulgaris*. *Lam. Comp. Biochem. Physiol.*, 48B: 199-205.
- Ney, J.J.; Van Hassel, J.H. 1983. Sources of variability in accumulation of heavy metals by fishes in a roadside stream. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 12: 701-706.
- Nieboer, E.; Richardson, D. H. S. 1980. The replacement of the nondescript term "heavy metals" by a biologically and chemically significant classification of metal ions. *Environ. Pollut. B1*: 3-26.
- Nugegoda, D.; Rainbow, P.S. 1988. Effect of a chelating agent (EDTA) on zinc uptake and regulation by *Palaemon elegans* (Crustacean: Decapoda). *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 68: 25-40.
- Nugegoda, D.; Rainbow, P.S. 1989 a. Effect of salinity changes on zinc uptake and regulation by the decapod crustaceans *Palaemon elegans* and *Palaemonetes varians*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 51: 57-75.
- Nugegoda, D.; Rainbow, P.S. 1989 b. Salinity, osmolarity and zinc uptake in *Palaemon elegans* (Crustacean: Decapoda). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 55: 149-157.
- Nuñez-Nogueira, G.; Rainbow, P.S. 2005. Cadmium uptake and accumulation by the decapod crustacean *Penaeus indicus*. *Mar. Environ. Res.*, 60: 339-354.
- Nürnberg, H.W., 1983. Investigations on heavy metal speciation in natural waters by voltammetric procedures. *Fresenius Z. Anal. Chem.*, 316:557-565.

- Nussey, G.; Van Vuren, J.H.J.; Du Preez, H.H. 2000. Bioaccumulation of chromium, manganese, nickel and lead in the tissues of the moggel, *Labeo umbratus* (Cyprinidae), from Witbank Dam, Mpumalanga. *Water SA*, 26 (2): 269-284.
- O'Brien, P.; Rainbown, P.S.; Nuggeoda, D. 1990. The effect of the chelating agent EDTA on the rate of uptake of zinc by *Palaemon elegans* (Crustacean: Decapoda). *Mar. Environ. Res.*, 30:155-159.
- Odzak, N.; Zvonaric, T. 1995. Cadmium and lead uptake from food by the fish *Dicentrarchus labrax*. *Water Sci. Technol.*, 32 (9-10): 49-55.
- Oehlenschläger, J., 1997. Marine fish – a source for essential elements? In J.B. Luten, T. Børresen & J. Oehlenschläger (Eds.). *Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality* (pp. 641-652). Amsterdam: Elsevier Science BV.
- Paez-Osuna, F.; Perez-Gonzalez, R.; Izaguirre-Fierro, G.; Zazueta-Padilla, H.M.; Flores-Campana, L.M. 1995. Trace metal concentrations and their distribution in the lobster *Panulirus inflatus* (Bouvier, 1895) from the Mexican pacific coast. *Environ. Pollut.*, 90: 163-170.
- Paez-Osuna, F.; Ruiz-Fernandez, C. 1995 a. Trace metals in the Mexican shrimp *Penaeus vannamei* from estuarine and marine environments. *Environ. Pollut.*, 87: 243-247.
- Paez-Osuna, F.; Ruiz-Fernandez, C. 1995 b. Comparative bioaccumulation of trace metals in *Penaeus stylirostris* in estuarine and coastal environments. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 40: 35-44.
- Paez-Osuna, F.; Tron-Mayen, L. (1995). Distribution of heavy metals in tissues of shrimp *Penaeus californiensis* from the northwest coast of Mexico. *Environ. Contam. Toxicol.*, 55: 209-215.
- Paez-Osuna, F.; Tron-Mayen, L. (1996). Concentration and distribution of heavy metals in tissues of wild and farmed shrimp *Penaeus vannamei* from the northwest coast of Mexico. *Environment International*, 22 (4): 443-450.
- Pascual, E. 1978. Crecimiento y alimentación de tres generaciones de *Sepia officinalis* in cultivo. *Investig. Pesq.*, 42: 412-442.

- Pastor, A.; Hernández, F.; Peris, M.A.; Beltrán, J.; Sancho, J.V.; Castillo, M.T., 1994. Levels of heavy metals in some marine organisms from the western Mediterranean area (Spain). *Mar. Pollut. Bull.*, 28(1): 50-53.
- Pederson, T.V.; Bjerregaard, P. 1995. Calcium and cadmium fluxes across the gills of the shore crab, *Carcinus maenas*. *Mar. Pollut. Bull.*, 31: 73-77.
- Perdicaro, R.; Sequi, R., 1984. Individual variations in the content of cadmium, copper and lead in muscle tissue of the mantle in *Sepia officinalis* L. *Nuovi Ann Ig Microbiol.*, 35 (2): 151-160.
- Peres, J.M., 1981. Polución por sustancias minerales no nutritivas. En: La polución de las aguas marinas. Peres, J. M. (Ed.). Omega. Barcelona, 250 pp. Discusión.
- Persaud, D.; Lomas, T.D., 1987. The in-place pollutants program. Vol II: Background and theoretical concepts. Ministry of the Environment. Ontario. 34pp.
- Phillips DJH. 1980. Quantitative aquatic biological indicators: their use to monitor trace metals and organochlorine pollution. London: Applied Science Publisher: 487 pp.
- Phillips, DJH; Rainbow, P.S., 1993. Biomonitoring of trace aquatic contaminants. Barking: Elsevier: 371 pp.
- Phipps, D. A. 1981. Chemistry and biochemistry of trace metals in biological systems. En: Effect of heavy metal pollution on plants. Vol. 1. Lepp, N. W. (Ed.), 352 pp. Applies Science publishers.
- Pita, C.; Gamito, S.; Erzini, K. 2002. Feeding habits of the gilthead seabream (*Sparus aurata*) from the Ria Formosa (southern Portugal) as compared to the black seabream (*Spondyliosoma cantharus*) and the annular seabream (*Diplodus annularis*). *J. Appl. Ichthyol.*, 18: 81-86.
- Pounds, J. 1984. Effect of lead intoxication on calcium homeostasis and calcium-mediated cell function: A review. *Neurotoxicology*, 5: 295-331.
- Pourang, N., Amini, G. 2001. Distribution of trace elements in tissues of two shrimp species from Persian Gulf and effects of storage temperature on elements transportation. *Water, Air Soil Pollut.*, 129: 229-243.

- Pourang, N.; Dennis, J.H.; Ghourchian, H. 2005. Distribution of heavy metals in *Penaeus semisulcatus* from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage. *Environ. Monitor. Assess.*, 100: 71-88.
- Prasad M.N.V. (Ed.). 2001. *Metals In The Environment: Analysis By Biodiversity*. University Of Hyderabad. Hyderabad, India. Marcel Dekker Inc.
- Prosi, F. 1981. Heavy metals in aquatic organisms. En: *Metal pollution in the aquatic environment*. Förtsner, U. & Wittmann, G.T.W., (Edits.). Springer-Verlag Publ. 486 pp.
- Pulich, W.M.Jr. 1980. Heavy metal accumulation by selected *Halodule wrightii* Asch. populations in the Corpus Christi Bay Area. *Contribution in Marine Science*, 23: 90-100.
- Raimundo, J.; Caetano, M.; Vale, C. 2004. Geographical variation and partition of metals in tissues of *Octopus vulgaris* along the Portuguese coast. *Sci. Total. Environ.*, 325: 71-81.
- Raimundo, J.; Pereira, P.; Vale, C.; Caetano, M. 2005. Fe, Zn, Cu and Cd concentrations in the digestive gland and muscle tissues of *Octopus vulgaris* and *Sepia officinalis* from two coastal areas in Portugal. *Ciencias marinas*, 31, B1, pp. 243-251.
- Rainbow, P. S., 1988. The significance of trace metal concentrations in decapods. En: *Symp. Zool. Soc. London 59. Aspects of Decapod Crustacean Biology*. Fincham, A.A & Rainbow, P. S. (Edits). Oxford University Press. Oxford. 291 pp.
- Rainbow, P.S., 1985. The biology of heavy metals in the sea. *Intern. J. Environ. Studies*, 25: 195-211.
- Rainbow, P.S. 1990. Heavy metal levels in marine invertebrates. En: *Heavy metals in the marine environment*. Furnes, R. W. & Rainbow, P. S. (Edits.), 256 pp. CRC Pres. Boca Ratón, Florida.
- Rainbow, P.S., 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 31 (4): 183-192.

- Rainbow, P.S., 1997. Ecophysiology of trace metal uptake in crustaceans. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44: 169-175.
- Rainbow, P.S., 1998. Phylogeny of trace metal accumulation in crustaceans. In W. J. Langston & M. Bebianno (Eds.), *Metal metabolism in aquatic environments* (pp. 285-319). London: Chapman & Hall.
- Rainbow, P.S., 2002. Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? *Environ. Pollu.*, 120: 497-507.
- Rainbow, P.S., 1989. Copper, cadmium and zinc concentrations in oceanic amphipod and euphausiid crustaceans, as a source of heavy metals of pelagic seabirds. *Mar. Biol.*, 103: 513-518.
- Rainbow, P.S.; Moore, P.G. 1986. Comparative metal analysis in amphipod crustaceans. *Hydrobiologia*, 141: 273-289.
- Rainbow, P.S., Phillips, D.J.H., 1993, Cosmopolitan biomonitors of trace metals. *Marine Pollution Bulletin*, 26 (11), 593-601.
- Rainbow, P.S.; Phillips, D.J.H.; Depledge, M.H., 1990. The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates. A need for laboratory investigation of accumulation strategies. *Mar. Pollut. Bull.*, 21(7): 321-324.
- Rainbow, P.S., White, S.L., 1989. Comparative strategies of heavy metal accumulation by crustaceans: zinc, copper and cadmium in a decapod, an amphipod and a barnacle. *Hydrobiologia*, 174: 245-262.
- Rainbow, P.S.; White, S.L. 1990. Comparative accumulation of cobalt by three crustaceans: a decapod, an amphipod and a barnacle. *Aquatic Toxicol.*, 16(2): 113-126.
- Rainbow, P.S.; White, S.L. 2004. Comparative strategies of heavy metal accumulation by crustaceans: zinc, copper and cadmium in a decapod, an amphipod and a barnacle. *J. Hidrobiología*, 174 (3): 245-262.
- Rayment, G.E.; Barry, G.A. 2000. Indicator tissues for heavy metal monitoring – Additional attributes. *Mar. Pollut. Bull.*, 41 (7-12): 353-358.

- Regoli, F.; Orlando, E. 1994. Seasonal variation of trace metal concentrations in digestive gland of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*: comparison between a polluted and a non-polluted site. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 27: 36-43.
- Reichert, W.L.; Federighi, D.A., Malins, D.C., 1979. Uptake and metabolism of lead and cadmium in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Comp. Biochem. Phys. C, 63: 229-234.
- Reinfelder, J.R.; Fisher, N.S.; Luoma, S.N.; Nichols, J.W.; Wang, W.-X., 1998. Trace element trophic transfer in aquatic organisms: A critique of the kinetic model approach. The Science of the Total Environment. 219, 117-135.
- Riba, I; Casado-Martínez, M.C.; Blasco, J.; Del Valls, T.A., 2004. Bioavailability of heavy metals bound to sediments affected by a mining spill using *Solea senegalensis* and *Scrobicularia plana*. Mar. Environ. Res., 58 : 395-399.
- Richard, A., 1971. Contribution à l'étude expérimentale de la croissance et de la maturation sexuelle de *Sepia officinalis* L. (Mollusque céphalopode). PhD thesis, University of Lille, France.
- Rius, R.; Govoni, S.; Trabucchi, M., 1986. Regional modification of brain calcium antagonist binding after in vivo chronic lead exposure. Toxicology, 40: 191-197.
- Rocca, E., 1969. Copper distribution in *Octopus vulgaris* Lam, Hepatopancreas. Comp. Biochem. Physiol., 28: 67-82.
- Rodhouse, P.G., 1989. Antarctic cephalopods- a living marine resource? Ambio, 18(1): 56-59.
- Rodier, J., 1981. Análisis de las aguas. Ed. Omega S.A. Barcelona. 641-644.
- Roesijadi, G., 1996. Metallothionein and its role in toxic metal regulation. Comp. Biochem. Physiol., 113 C: 117-123.
- Roesijadi, G.; Robinson, W.E., 1994. Metal regulation in aquatic animals: mechanism of uptake, accumulation and release. In: Malins, D.C., Ostrander, G.K. (Eds.), Aquatic toxicology (Molecular, biochemical and cellular perspectives). Lewis Publishers, London.

- Romeo, M.; Mathieu, A.; Gnassia-Barelli, M.; Romana, A.; Lafaurie, M., 1994. Heavy metal content and biotransformation enzymes in two fishes species from the NW Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 107: 15-22.
- Romeo, M.; Siau, Y.; Sidoumou, Z.; Gnassia-Barelli, M. 1999. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. *Sci. Total Environ.*, 232: 169-175.
- Rossi, A.; Pellegrini, D.; Belcari, P.; Barghigiani, C., 1993. Mercury in *Eledone cirrhosa* from the Northern Tyrrhenian Sea : contents and relations with life cycle. *Mar. Pollut. Bull.*, 26: 683-686.
- Roth, M.; McCarter, J.A., 1984. Hepatic metallothionein production and resistance to heavy metals by rainbow trout (*Salmo gairdneri*)- I. Exposed to an artificial mixture of zinc, copper and cadmium. *Comp. Biochem. Physiol.*, 77: 71-75.
- Rowley, A., 1983. Preliminary investigations on the possible antimicrobial properties of tunicate blood cell vanadium. *J. Exp. Zool.*, 227, 319.
- Sanchiz, C., 1996. Bioacumulació de mercuri, cadmi, plom i zinc en les praderies de macròfits bentònics sobre substrat sòl del litoral Mediterrani ibèric. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. Departamento de Biología Animal. Valencia, España.
- Schipp, R.; Hevert, F., 1978. Distribution of copper and iron in some central organs of *Sepia officinalis* (Cephalopoda). A comparative study by flameless atomic absorption and electron microscopy. *Mar. Biol.*, 47: 391-399.
- Seixas, S.; Bustamante, P.; Pierce, G. 2005 a. Accumulation of mercury in the tissues of the common octopus *Octopus vulgaris* (L.) in two localities on the Portuguese coast. *Sci. Total. Environ.*, 340: 113-122.
- Seixas, S.; Bustamante, P.; Pierce, G., 2005 b. Interannual patterns of variation in concentrations of trace elements in arms of *Octopus vulgaris*. *Chem.*, 59: 1113-1124.
- Seixas, S. ; Pierce, G., 2005. Bioaccumulation of lead, calcium and strontium and their relationships in the octopus *Octopus vulgaris*. *Water, Air and Soil Pollut.*, 163: 137-152.

- Seixas, S.; Pierce, G. Bioaccumulation of copper, zinc, arsenic and selenium in tissues of *Octopus vulgaris* from the Portuguese coast. *Aquat. Liv. Resour.*
- Seixas, S.; Pierce, G. J., submitted. Trace metals (Ti, Mn, Fe, Co, Ni and Mo) in *Octopus vulgaris*. *Mar. Biol. Res.*
- Seixas, S.; Pinheiro, T.; Sousa Reis, C., 2002. Lead in octopus (*Octopus vulgaris*) in Portugal: A preliminary study. *Biol. Mar. Sci.*, 71: 1091-1093.
- Simkiss, K.; Taylor, M.G., 1995. Transport of metals across membranes. Metal speciation and bioavailability in aquatic systems. John Wiley and Sons Ltd, Chichesper, pp. 1-44.
- Sivadasan, C.R.; Nambisan, P.K.N., 1988. Seasonal variation of mercury, cooper and zinc in the prawn *Metapenaeus dobsoni* (Miers) from Cochin Backwaters. *Mar. Pollut. Bull.*, 19: 579-580.
- Smale, M.J., 1996. Cephalopods as prey. IV. Fishes. *Phil Trans R Soc. London Ser. B*, 351: 1067-1081.
- Smith, J.D.; Plues, L.; Heyraud, M.; Cherry, R.D., 1984. Concentration of elements Ag, Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, Pb and Zn, and the radionuclides ^{210}Pb and ^{210}Po in the digestive glands of the squid *Notodarus gouldi*. *Mar. Environ. Res.*, 13: 55-68.
- Soldevilla, F.L., 1987. Metales pesados en el pulpo común (*Octopus vulgaris*) del banco sahariano (costas NO de África). *Alimentaria*, 33: 33-37.
- Stoecker, D., 1978. Resistance of a tunicate to fouling. *Biol. Bull.*, 155, 615.
- Storelli, M.M.; Ceci, E.; Marcotrigiano, G.O., 1998. Comparative study of heavy metal residues in some tissues of the fish *Galeus melastomus* caught along the Italian and Albanian coasts. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 35: 288-289.
- Storelli, M.M.; Marcotrigiano, G.O., 1999. Cadmium and total mercury in some cephalopods from the South Adriatic Sea (Italy). *Food Additives and Contaminants*, 16 (6): 261-265.

- Sturgeon, R.E., 2000. Current practice and recent developments in analytical methodology for trace element analysis of soils, plants, and water. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.*, 31 (11): 1479-1512.
- Sydeman, W.; Jarman, W., 1998. Trace metals in seabirds, Steller sea lion, and forage fish and zooplankton from Central California. *Mar. Pollut. Bull.*, 36: 828-832.
- Szefer, P.; Szefer, R.; Skwarzec, B., 1990. Distribution of trace metals in some representative fauna of the Southern Baltic. *Mar. Pollut. Bull.*, 21: 60-62.
- Taylor, D. 1976. Distribution of heavy metals in the sediment of an unpolluted estuarine environment. *Sci. Total Environ.*, 6: 259-264.
- Tessier, A.; Campbell, P.G.C., 1987. Partitioning of trace metals in sediments: Relationships with bioavailability. *Hydrobiologia* 149: 43-52.
- Topcuoglu, S.; Kirbasoglu, Ç.; Güngör, N., 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish coast of the Black Sea, 1997-1998. *Environ. International*, 27: 521-526.
- Türkmen, A.; Türkmen, M.; Tepe, Y.; Akyurt, I., 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, northern east Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chem.*, 91: 167-172.
- Tüzen, M., 2003. Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 80: 119-123.
- USEPA, 1995b. Great Lakes Water Quality Initiative technical support document for the procedure to determine bioaccumulation factors. EPA-820-B-95-005. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.
- USEPA, 1996a. EPA responses to the Science Advisory Board "Commentary on Bioaccumulation Modelling Issues" (EPA-SAB-EPEC/DWC-COM-95-006). Memo from Carol Browner. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA, 2000. Bioaccumulation testing and interpretation for the purpose of sediment quality assessment. Status and needs. EPA-823-R-00-001. February 2000.

- Usero, J.; Izquierdo, C.; Morillo, J.; Gracia, I., 2003. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from Salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. *Environ. International*, 29: 949-956.
- Viarengo, A., 1989. Heavy metals in marine invertebrates: mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. *CRC Crit. Rev. Aquat. Sci.*, 1: 295-317.
- Viarengo, A., Nott, J., 1993. Mini-review. Mechanisms of heavy metal cation homeostasis in marine invertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.*, 104C: 355-372.
- Villa-R, B.; Paez-Osuna, F.; Pérez-Cortes, H., 1993. Concentraciones de metales pesados en el tejido cardiaco hepático y renal de la vaquita *Phocoena sinus* (Mammalia: Phocoenidae). *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Zool.*, 64: 61-72.
- Wang, W-X., 2002. Interactions of trace metals and different marine food chains. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 243: 295-309.
- Wang, W-X.; Fisher, N.S., 1999, Delineating metal accumulation pathways for marine invertebrates. *The Science of the Total Environment*. 237 y 238, 459-472.
- Wang, W-X.; Ke, C., 2002. Dominance of dietary intake of cadmium and zinc by two marine predatory gastropods. *Aquatic Toxicol.*, 56: 153-165.
- Ward, T.J., 1982. The distribution of cadmium in shallow marine sediments, flora and fauna near a lead smelter, Spencer Gulf, South Australia. En: *Proceed. 3rd Int. cadmium conf. Miami. Cd Assoc. London*. Pp: 88-93.
- Ward, T.J., 1987. Temporal variation of metals in the seagrass *Posidonia australis* and its potencial as a sentinel accumulator near a lead smelter. *Marine Biology*. 95:315-321.
- Watanabe, K.H.; Desimone, F.W.; Thiyagarajah, A.; Hartley, W.R.; Hindrichs, A.E., 2003. Fish tissue quality in the lower Mississippi River and health risks from fish consumption. *Sci. Total. Environ.*, 302 (1-3): 109-126.
- Weis, J.S.; Weis, P., 1989. Effect of environmental pollutants on early fish development. *Rev. Aquat. Sci.*, 1: 45-73.

- White, S.L.; Rainbow, P.S., 1982. Regulation and accumulation of copper, zinc and cadmium by the shrimp *Palaemon elegans*. Mar. Ecol. Prog Ser, 8: 95-101.
- Whitehead, N.E.; Oregioni, B.; Fukai, R., 1984. Background levels of trace metals in Mediterranean sediments. Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.
- WHO 1989. Toxicological evaluation of certain food additive and contaminants. WHO Food Additives Series 24. Geneva: WHO.
- WHO 1992. Cadmium-environmental aspects. Environmental Health Criteria. 135. World Health Organization, Geneva.
- WHO 2000. Lead. WHO Food Additives Series, 44. World Health Organization, Geneva.
- Widianarko, B.; Van Gestel, C.A.M.; Verweij, R.A.; Van Straalen, N.M., 2000. Associations between trace metals in sediment, water, and guppy, *Poecilia reticulata* (Peters), from urban streams of Semarang, Indonesia. Ecotox. Environ. Safe., 46: 101-107.
- Williams, R. J. P., 1981. Physico-chemical aspects of inorganic element transfer through membranes. Philos. Trans. R. Soc. Ser. B, p. 294.
- Wittmann, G., 1981. Toxic Metals. En: Metal pollution in the aquatic environment. Förtsner, U. & Wittmann, G.T.W., (Edits.). Springer-Verlag Publ. 486 pp.
- Yilmaz, A. B., 2003. Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb and Zn) in tissue of *Mugil cephalus* and *Trachurus mediterraneus* from Iskenderun Bay, Turkey. Environ. Res., 92: 277-281.
- Yilmaz, A.B., 2005. Comparison of heavy metals levels of grey mullet (*Mugil cephalus* L.) and sea bream (*Sparus aurata* L.) caught in Iskenderun Bay (Turkey). Turk J. Vet. Anim. Sci., 29: 257-262.
- Zar, J. 2004. Biostatistical Analysis. Fourth Edition. Prentice Hall International, INC. New Jersey – USA. 663 pp.
- Zauke, G.-P., Savinov, V.M.; Ritterhoff, J.; Savinova, T., 1999. Heavy metals in fish from the Barents Sea (summer 1994). Sci. Total Environ., 227: 161-173.

Zia, S.; Khan, M.A.A., 1989. Cooper uptake and regulation in a copper-tolerant Deccapod *Carnbarus bartoni* (Fabricius) (Decapoda, Crustacea). Bull. Environ. Contam. Toxicol., 42: 103-110.

Zyadah, M.; Chouikhi, A., 1999. Heavy metal accumulation in *Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius* and *Boops boops* fish from the Aegean Sea, Turkey. International J. Food Sci. Nut. 50 (6): 429 – 434.

6. CONCLUSIONES

A partir del estudio, análisis y discusión de los resultados obtenidos en esta tesis, consideramos que se pueden destacar las siguientes conclusiones:

1. *M. surmuletus*, *S. lusitanica*, *S. scrofa*, *T. torpedo* y *U. scaber* son especies frecuentes en la pesca artesanal que se desarrolla en la Bahía de Cullera, siendo pescadas en toda la zona y a lo largo de todo el año a profundidades que oscilan entre los 6m y los 20m. Su distribución y abundancia se ve condicionada principalmente por factores como la estacionalidad y en *S. scrofa* y *T. torpedo* además, dicha distribución responde a una segregación por sexos.

2. El estudio de los aspectos biométricos y morfológicos de *M. surmuletus*, *S. lusitanica*, *S. scrofa*, *T. torpedo* y *U. scaber*, ha aportado un conocimiento más amplio de estas especies, que podemos resumir en los siguientes aspectos:

- ✎ En todas las especies estudiadas, los individuos por debajo de los 15 cm aún son juveniles, la madurez sexual la han alcanzado antes de llegar a un tamaño de 25 cm, por encima de la cual ya son adultos que se han reproducido al menos una vez. En general las hembras alcanzan tamaños mayores que los machos y excepto en *T. torpedo*, en las demás especies los machos llegan a la madurez sexual con tallas menores que las hembras.
- ✎ Las poblaciones más equilibradas en cuanto a proporción de hembras y machos, han sido *M. surmuletus* y *S. scrofa*. En contraste *S. lusitanica* puede considerarse como una población en estado expansionista, interesada en aumentar sus efectivos poblacionales con un número de hembras que casi duplica el de machos.
- ✎ Se constata que la mayoría de las especies tienen su período de maduración sexual y desove en los meses de primavera y comienzo del verano, coincidiendo con el periodo de reclutamiento de juveniles.
- ✎ Respecto a las reservas corporales podemos afirmar que en general tanto hembras como machos tienen un patrón similar de acumulación, el cual se encuentra afectado positivamente por la talla, y por la estacionalidad, que esta ligada a una oferta alimenticia variable. Todas las especies presentan periodos

de bienestar en los meses de primavera y verano, y períodos menos favorables en otoño e invierno, debido posiblemente a un cambio en su alimentación.

- ✿ La curva de crecimiento resultante de la relación talla/peso, para las cinco especies estudiadas, es de tipo potencial. *S. scrofa* presenta un crecimiento isométrico. *M. surmuletus*, *S. lusitanica* y *U. scaber*, tienen un crecimiento de tipo alométrico, positivo, es decir, los peces ganan más peso que longitud en la medida que crecen. En *T. torpedo* el crecimiento es alométrico negativo, en el cual el pez se hace menos pesado al aumentar de talla. No existen diferencias significativas en la relación entre talla y peso entre sexos.
- ✿ Con relación a las curvas de crecimiento *S. scrofa* y *U. scaber* han sido las especies de mayor tamaño, que pueden llegar a alcanzar longitudes máximas por encima de los 35 cm con tasas de crecimiento más altas con respecto de *M. surmuletus* y *S. lusitanica*. Excepto en *S. scrofa*, en las demás especies los machos han tenido un coeficiente de crecimiento mayor y una longitud asintótica menor que las hembras.
- ✿ En todas las especies estudiadas, el patrón seguido por las líneas de crecimiento de las *sagittae* es anual, sin embargo, en *M. surmuletus* llama la atención la presencia de 4 a 5 anillos falsos entre cada par de anillos reales (*anulli*), posiblemente como reflejo de cada cambio estacional en el año.
- ✿ Aunque en general las *sagittae* derecha e izquierda de todas las especies son morfométricamente iguales, en *S. lusitanica* es posible encontrar ejemplares que han presentado una asimetría morfológica y morfométrica evidente, probablemente derivada de los cambios en el neurocráneo, producto de la metamorfosis. Es necesario pues realizar observaciones en un número mayor de peces para comprobar esta afirmación.
- ✿ Dada la variabilidad de tamaños observada con la edad, es necesario en estas especies explotadas comercialmente estudiar con detalle el rango de tallas que corresponde a cada edad, con fines de gestionar la pesca.
- ✿ Las poblaciones estudiadas alcanzan su madurez sexual en tallas mayores a las aceptadas por la legislación pesquera, con lo cual está habiendo un impacto

directo sobre la capacidad de recuperación de estas poblaciones. Consideramos que los tamaños de los ejemplares capturados son pequeños en relación con el crecimiento potencial de las especies y pueden estar originando tamaños de los stocks de reproductores demasiado débiles para asegurar reclutamientos adecuados.

3. A partir del estudio de los hábitos alimenticios y de la dinámica trófica podemos concluir:

- ✚ La alimentación de los peces es más diversa y abundante en las épocas favorables de oferta trófica, la cual para casi todas las especies es primavera. La mayor tasa de alimentación de las hembras en esta época se debe seguramente a sus requerimientos fisiológicos para la reproducción.
- ✚ La dinámica alimentaria ha sido muy alta en *M. surmuletus* y *U. scaber*, y baja en las demás especies. Si embargo el comportamiento de *S. lusitanica* que parece tener una tasa muy alta de digestibilidad hace plantear que en estudios de dinámica alimentaria hay que seguir unos protocolos de muestreo muy estrictos para poder obtener resultados concluyentes.
- ✚ El peso-tamaño y el número de las presas consumidas varía dentro de una misma especie. Esto depende por una parte de la oferta trófica del ambiente, que se produce como consecuencia de la estacionalidad. Por otra parte influyen las circunstancias fisiológicas así como el tamaño de los individuos, con lo cual se constata una permutación de la dieta afectada por la fenología reproductiva y por el desarrollo del pez.

4. En cuanto a las estructuras relacionadas con la alimentación podemos afirmar:

- ✚ Aún cuando la longitud del intestino ha sido mayor en peces grandes, la relación entre la longitud relativa del intestino no parece haber aumentado con la talla del pez, excepto para *S. lusitanica*. De esta manera todas las especies de nuestro estudio podrían ser consideradas como carnívoras, excepto *S. lusitanica* que estaría dentro de la categoría de peces omnívoros.
- ✚ Los mayores diámetros bucales los hemos encontrado en las especies que se alimentan principalmente de peces, como son *S. scrofa* y *U. scaber*, los cuales

tienen bocas mucho más amplias, con mandíbulas fuertes. A su vez, la menor área bucal la han presentado las especies que se alimentan de presas pequeñas como *S. lusitanica* y *M. surmuletus*. Estimamos que principal factor que influye en el tamaño de la boca ha sido el crecimiento, sin embargo hay otros factores que también pueden estar involucrados como es el sexo.

5. A partir del estudio de las relaciones tróficas podemos concluir lo siguiente:

- ✎ *M. surmuletus* ha sido la especie con la mayor diversidad alimentaria, con respecto a las cinco especies estudiadas, le siguen en orden *S. scrofa*, *U. scaber*, *T. torpedo* y por último *S. lusitanica*. Así podemos clasificar como generalistas a *M. surmuletus* y *U. scaber* y como especialistas a las demás, destacando principalmente a *S. lusitanica* la cual se alimenta casi exclusivamente de poliquetos y prácticamente sin variaciones a lo largo del año.
- ✎ La mayor amplitud de la dieta se ha presentado en primavera, en todas las especies, excepto en *S. lusitanica*. Con respecto a la homogeneidad en la dieta y a la amplitud de nicho la alimentación más homogénea la hemos encontrado en *T. torpedo*, seguida por *S. scrofa*, *U. scaber* y *M. surmuletus*, las cuales a pesar de alimentarse de una gran variedad de recursos, hay algunas presas que consumen en mayor cantidad que otras y finalmente encontramos a *S. lusitanica* con una tendencia clara hacia la especialización.
- ✎ Las fluctuaciones en los valores de diversidad a lo largo del año y la ausencia de patrones estacionales puede deberse a la heterogeneidad del ambiente que influye en las variaciones en la distribución del alimento y al cambio de hábitos alimenticios, respuesta de estas variaciones. Esto nos lleva a pensar que hay épocas en las cuales las especies no consumen específicamente las presas de mayor preferencia sino que actúan de forma más generalista dependiendo más de la oferta del medio.
- ✎ En cuanto a las relaciones intraespecíficas, los aspectos tróficos en todas las especies han estado regulados básicamente por la oferta del medio, de modo que en las épocas con mayor oferta alimenticia, hay un bajo solapamiento dietario.

- 📌 Entre las cinco especies de este estudio no hemos encontrado un solapamiento de dieta alto, el mayor solapamiento interespecífico ha ocurrido entre aquellas especies que se alimentan principalmente de peces (*S. scrofa*, *T. torpedo* y *U. scaber*), sin embargo esta similitud trófica se ha visto reducida al realizar la comparación a un nivel taxonómico más bajo como puede ser el de familia o género.
- 📌 De las especies estudiadas, dos corresponden a omnívoros con preferencia por animales (*M. surmuletus* y *S. lusitanica*), y tres a carnívoros, con los niveles tróficos más altos, siendo consumidoras importantes de peces (*S. scrofa*, *U. scaber* y *T. torpedo*). En cuanto a las tallas, no hay apenas diferencias en nivel trófico entre juveniles y adultos, aun cuando existe tendencia a aumentar de nivel trófico a medida que el pez crece, especialmente en las especies que se alimentan de varios niveles tróficos (*S. scrofa*, *T. torpedo* y *U. scaber*).

6. Del estudio de las concentraciones de metales en sedimentos y en peces podemos concluir:

- 📌 En cuanto a la distribución de los metales estudiados la bahía de Cullera es bastante homogénea, con concentraciones ligeramente superiores en las estaciones más profundas y afectadas muy débilmente por la presencia de la desembocadura del Júcar y del emisario. Hay que destacar que las concentraciones en las playas son bajas.
- 📌 Las concentraciones de metales no presentan niveles significativamente distintos al aumentar la profundidad de la columna de sedimento en los primeros 25 cm, aunque sí que se observa una ligera tendencia al aumento en las secciones más profundas.
- 📌 Las concentraciones de Cd, Pb, Zn y Cu que hemos obtenido en los sedimentos de la Bahía de Cullera permiten afirmar que se trata de una zona con niveles muy bajos de contaminación por estos metales, situándose al nivel de otros lugares del Mediterráneo con ausencia de contaminación por metales, incluso de algunos que se toman como lugares "limpios". Esta misma consideración hay que hacerla al comparar esta zona con el resto de la costa mediterránea española.

-  El músculo es el órgano en el que hemos registrado una menor bioacumulación. Los factores de bioacumulación en branquias e hígado han sido bastante más elevados. A partir de los factores de bioacumulación no podemos decir que haya una especie que acumule más que el resto, aunque sí llama la atención que *S. lusitanica* presenta el mayor factor de bioacumulación de Zn tanto en invierno como en verano. Hay que destacar que el plomo es el metal que menos se bioacumula y que los demás lo hacen en proporciones similares.
-  El que no se evidencie una pauta de acumulación definida para ningún metal, con relación al hábitat o posición trófica, nos permite indicar que en un sistema bentónico como el estudiado con niveles bajos de contaminación por metales, no existe una tendencia detectable que pueda indicar biomagnificación en la cadena trófica.
-  Las concentraciones observadas en los diferentes órganos son consistentes con las tasas de bioacumulación obtenidas. Además los bajos niveles en músculo indican que los niveles de contaminación en el ambiente son bastante bajos y que las tasas de eliminación son seguramente mayores que las de acumulación de metales.
-  Las mayores concentraciones de metales esenciales o que los imitan, como el Cu, Cd y Zn en hígado se explican por la acumulación a través de la dieta.
-  Los mayores niveles de plomo en las branquias por ejemplo en *S. lusitanica* estarían relacionados probablemente con la adsorción del metal desde el medio, seguramente muy influida por el sedimento.
-  Los niveles de metales que encontramos en los tejidos de los peces son similares a los que se obtienen en especies comparables en otros lugares del Mediterráneo incluyendo la costa española, dentro de los que se consideran lugares con muy poca contaminación por metales o ausencia de esta.

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

1. La investigación científica en el campo de la ecología trófica de los peces puede y debe dar como resultado contribuciones importantes para un conocimiento integrado de los ecosistemas, siendo de interés particular su aplicación en la gestión racional de la pesca y conservación de las áreas pesqueras. En esta tesis hemos aportado información nueva sobre la ecología trófica de cinco especies de peces bentónicos, muy comunes en las costas mediterráneas y que están sometidos a una intensa actividad pesquera. A partir de aquí, pueden proponerse diversos estudios que amplíen esta información en las áreas de la biología pesquera y de la acumulación y transferencia de contaminantes.

2. Otro campo interesante que deja abierto este trabajo es el de la caracterización de las poblaciones en cuanto a la distribución de clases de edad y sus biometrías, a partir de la determinación de la edad mediante el uso de otolitos. Esto presenta unas grandes potencialidades en cuanto a la determinación de stocks pesqueros.

ANEXOS

ANEXO I. DATOS BIOMÉTRICOS DE LOS PECES

M. surmuletus

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal (g)
14/07/2004	Moby Dick	0	IV	4	28,0	326,8	298,4		6,40	5,82		2,24	23,0	15,0	8,0	9,31	4,80	4,51
14/07/2004	Moby Dick	0	IV	3	23,5	183,9	162,5		4,09	4,00		1,40	19,0	12,0	7,0	8,24	2,69	5,55
14/07/2004	Moby Dick	1	IV	3	19,4	90,7	86,4		0,83	1,97		0,20	15,5	11,0	4,5	1,26	1,02	0,24
14/07/2004	Moby Dick	1	IV	2	16,4	48,7	44,8		0,45	1,25		0,17	13,5	10,5	3,0	1,19	0,54	0,65
15/07/2004	Tío i Nebot	0	IV	2	23	155,1	142,9		2,32	2,56		0,77	16,0	10,5	5,5	3,57	2,00	1,57
15/07/2004	Tío i Nebot	1	I	1	15,5	41,8	39,3		0,35	1,19			14,5	10,5	4,0	0,42	0,42	0,00
15/07/2004	Tío i Nebot	0	IV	2	18,5	71,6	66,3		0,99	1,90		0,28	17,0	12,5	4,5	1,77	0,78	0,99
19/07/2004	Moby Dick	1	IV	2	17	66,4	58,5		0,75	1,46		0,16	13,0	9,5	3,5	1,70	0,83	0,87
19/07/2004	Moby Dick	0	IV	2	18,0	66,6	58,4		0,97	1,86		0,29	16,0	12,5	3,5	1,58	0,63	0,95
19/07/2004	Moby Dick	0	IV	2	20	100,8	94,0		1,13	2,43		0,33	11,5	8,5	3,0	0,96	0,73	0,23
19/07/2004	Moby Dick	0	III	3	22	152,9	138,6		2,05	2,79		0,73	20,0	15,5	4,5	3,14	1,41	1,73
19/07/2004	Moby Dick	1	IV	3	21	130,5	119,2		1,13	2,94		0,44	17,5	13,5	4,0	2,62	1,10	1,52
19/07/2004	Moby Dick	1	III	3	25,5	233,9	205,6		4,63	3,51		0,18	22,0	15,5	6,5	10,45	3,05	7,40
19/07/2004	Moby Dick	0	IV	3	26,5	266,1	235,3		5,94	4,95		1,23	22,0	15,5	6,5	9,75	4,44	5,31
21/07/2004	Tachí	0	III	3	24	196,8	176,7		2,62	4,64		0,83	23,5	18,0	5,5	6,62	3,31	3,32
21/07/2004	Tachí	0	III	2	22,5	146,6	132,3		2,09	2,64		0,59	20,0	16,0	4,0	4,59	1,23	3,36
21/07/2004	Tachí	0	IV	3	23,2	161,3	145,2		2,67	3,50		0,84	19,5	15,0	4,5	4,02	1,86	2,16
21/07/2004	Tachí	0	IV	3	19,3	81,8	73,6		0,95	1,46		0,37	16,5	12,7	3,8	2,46	0,66	1,80
21/07/2004	Tachí	0	IV	2	17,7	69,6	63,3		0,75	1,53		0,33	11,0	7,5	3,5	2,00	0,75	1,25
21/07/2004	Tachí	1	IV	2	16,7	55,0	50,2		0,54	1,27		0,33	12,0	9,0	3,0	1,35	0,60	0,75
21/07/2004	Tachí	1	III	3	24,6	186,2	170,4		1,76	5,11		0,81	22,5	18,5	4,0	4,10	1,90	2,19
26/07/2004	Tachí	1	I	2	17,5	60,5	55,4		0,54	1,42					3,2	1,11	0,56	0,55
26/07/2004	Tachí	1	III	2	18	67,8	60,7		0,87	1,43		0,26	15,0	11,5	3,5	1,39	0,78	0,61
26/07/2004	Tachí	1	IV	1	17,0	64,8	57,3		0,68	1,59		0,27	14,5	10,9	3,6	1,49	0,66	0,82
26/07/2004	Tachí	0	IV	3	25,2	217,8	196,1		2,25	3,88		1,02	21,5	16,0	5,5	6,46	2,04	4,42
28/07/2004	Tachí	0	IV	3	24,5	185,6	166,1		2,76	3,54		0,71	21,0	16,0	5,0	4,50	1,62	2,88
07/03/2005	Tachí	0	III	3	24,9	221,5	193,7		4,50		3,3	2,90						
23/03/2005	Concha	0	III		27,5	270,4	220,4		5,60		4,5	4,10	21,0	16,1	4,9	4,30	2,60	1,70
23/03/2005	Grauro	0	III		23,7	213,1	181,5		8,10		4,5	3,60	27,5	21,6	5,9	6,50	1,80	4,70
23/03/2005	Grauro	0	IV	2	19,2	81,3	71,3		1,10		3,4	0,50	14,9	11,1	3,8	2,40	0,90	1,50
23/03/2005	Tachí	0	III	4	27,5	311,0	272,9		10,00		4,2	5,00	27,0	21,0	6,0	4,00	3,00	1,00
07/04/2005	Tahití		I		16	45,4	41,7	18,5	0,30		1	0,10	13,0	11,5	1,5	0,15	0,15	0,00
07/04/2005	Hortensia	0	II		23,5	178,7	155,0	58,5	4,00		5	5,50	28,0	25,0	3,0	2,74	0,88	1,86
13/04/2005	Tachí	0	II		21,7	133,0	113,4	45,7	2,20		5	6,90	20,0	17,0	3,0	1,46	0,60	0,86
13/04/2005	Tachí	0	II		22	138,0	120,3	34,4	3,50		4	7,80	20,0	17,0	3,0	0,94	0,57	0,37

M. surmuletus

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal (g)
13/04/2005	Tachí	0	II		24	189,0	163,3	40,5	3,40		5	11,80	28,0	25,0	3,0	1,81	1,29	0,52
13/04/2005	Tachí	0	II		23	190,0	163,5	40,5	4,00		5	10,10	18,0	15,5	2,5	2,09	1,07	1,01
13/04/2005	Tachí	0	II		21,5	139,0	121,7	33,7	2,70		4	5,60	20,0	17,0	3,0	1,32	0,93	0,39
13/04/2005	Tachí	0	II		20,8	112,0	98,3	39,3	2,00		5	6,00	22,0	20,0	2,0	0,70	0,46	0,24
13/04/2005	Tachí	0	III		20,6	108,0	100,3	30,3	1,10		3	0,60	20,0	17,5	2,5	1,14	0,52	0,63
13/04/2005	Tachí		I		14,8	38,0	36,0	17,1	0,40		2	0,00	14,0	13,0	1,0	0,22	0,19	0,03
13/04/2005	Tachí		I		16,9	50,0	47,5	22,3	0,30		2,5	0,20	16,0	14,0	2,0	0,35	0,18	0,17
13/04/2005	Tachí	1	III		17,5	52,0	49,6	27,3			3	0,40	14,0	12,5	1,5	0,50		
13/04/2005	Tachí		I		14,70	33,0	33,8	19,5	0,10		1	0,00	11,0	10,0	1,0	0,39	0,27	0,12
13/04/2005	Tachí	1	II		16,5	52,0	49,0	18,6	0,70		3	0,40	15,0	13,0	2,0	0,38	0,21	0,17
13/04/2005	Tachí	0	II		20,3	103,0	93,6	39,3	2,10		4	2,90	15,0	13,5	1,5	0,52	0,41	0,12
13/04/2005	Tachí	0	III		20,2	97,0	87,0	28,6	1,20		4	1,90	20,0	17,0	3,0	0,73	0,73	0,00
13/04/2005	Tachí		I		16	44,0	44,7	19,2	0,40		2	0,40	13,0	12,0	1,0	0,80		
13/04/2005	Tachí	0	III		28,5	308,0	268,1	63,2	9,20		6	12,80	22,0	20,0	2,0	1,08	1,08	0,00
13/04/2005	Tachí	0	III		19,3	82,3	74,7	25,6	3,40		3,5	1,20	18,0	15,0	3,0	1,30	0,70	0,60
13/04/2005	Tachí	0	III		17,9	65,0	59,5	31,7	0,60		4	1,00	15,0	13,0	2,0	0,50	0,34	0,15
13/04/2005	Tachí	0	III		21,2	116,0	102,6	44,5	2,00		5	4,20	20,0	17,0	3,0	0,80	0,50	0,30
13/04/2005	Tachí	1	II		17,7	61,0	57,0	22,5	0,80		2	0,40	14,0	12,0	2,0	0,29	0,29	0,00
13/04/2005	Tachí		I		15,2	37,0	37,6	22,2	0,40		2	0,40	11,0	10,0	1,0	0,42	0,25	0,18
13/04/2005	Tachí	1	II		16,5	49,0	46,5	23,4	0,30		2,5	0,50	10,0	9,0	1,0	0,18	0,18	0,00
13/04/2005	Tachí		I		17,3	58,0	54,4	22,7	0,60		3	0,80	12,0	11,0	1,0	0,70		
13/04/2005	Tachí	0	III		17,9	63,0	59,6	27,6	0,70		3	0,40	17,0	15,0	2,0	0,45	0,29	0,16
13/04/2005	Tachí	0	IV		17,1	50,0	47,6	24,5	0,40		2	0,30	14,0	12,5	1,5	0,22	0,19	0,03
13/04/2005	Tachí	1	II		17,2	58,0	54,2	21,8	0,70		3	0,60	14,0	13,0	1,0	0,72	0,27	0,45
13/04/2005	Tachí	1	II		17	54,0	49,9	24,2	0,30		3	0,50	15,0	13,0	2,0	0,29	0,24	0,06
18/04/2005	Concha	0	III		25,2	223,1	198,3	41,1	4,20		5	8,60	23,0	20,0	3,0	1,32	1,31	0,00
20/04/2005	Escorpión	0	III		20,5	108,1	96,9	39,2	1,10		3	0,40	18,0	15,0	3,0	1,57	0,52	1,06
28/04/2005	H. Pellicer	0	III		22,3	154,2	141,6	40,6	2,60		3	1,30	9,0	5,0	4,0	2,51	0,68	1,82
28/04/2005	H. Pellicer	0	III		22	138,8	120,0	38,1	3,50		4,5	3,80	22,0	18,0	4,0	2,10	0,88	1,22
28/04/2005	H. Pellicer	0	III		22,5	155,7	141,1	45,9	2,20		3,5	0,90	22,0	18,0	4,0	1,67	1,02	0,64
28/04/2005	H. Pellicer	0	III		22,1	145,6	129,4	29,8	2,20		3	1,40	21,0	17,5	3,5	2,77	0,68	2,09
28/04/2005	H. Pellicer	0	III		20,4	115,3	98,5	33,9	4,00		4	5,60	15,0	12,0	3,0	1,66	0,48	1,17
28/04/2005	H. Pellicer	0	III		21,6	134,4	120,2	39,2	2,30		2	1,00	18,0	15,0	3,0	1,66	0,76	0,90
28/04/2005	H. Pellicer	0	III		19,2	83,9	74,2	29,6	1,20		2	0,50	17,0	15,0	2,0	0,87	0,40	0,47
28/04/2005	H. Pellicer	1	II		16,9	54,6	49,9	17,2	0,40		2,5	0,20	14,0	13,0	1,0	0,30	0,21	0,09

M. surmuletus

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacio (g)	W Contenido estomacal (g)
28/04/2005	H. Pellicer	1	III		17,3	59,7	53,9	27,1	0,50		3	1,00	20,0	18,0	2,0	0,60	0,31	0,29
28/04/2005	H. Pellicer	1	II		17,10	61,6	54,1	25,9	0,40		2,4	0,30	14,0	11,0	3,0	2,07	0,36	1,71
28/04/2005	H. Pellicer	1	II		16,5	54,4	49,4	26,7	0,40		4	0,20	15,0	13,0	2,0	0,62	0,33	0,29
28/04/2005	H. Pellicer		I		16,70	52,0	47,0	21,1	0,50		3	0,20	10,0	8,0	2,0	1,00		
28/04/2005	Tachí	0	III		20,70	119,5	107,7	40,3	1,40		3	0,60	20,0	17,0	3,0	1,48	0,61	0,87
28/04/2005	Tachí	0	III		22,9	140,5	128,3	21,9	1,70		3,5	1,40	23,0	19,5	3,5	0,93	0,71	0,22
28/04/2005	Tachí	1	II		17,6	68,4	57,8	30,7	0,40		3	0,10	9,0	6,0	3,0	1,92	0,22	1,71
28/04/2005	Tachí	1	III		20,10	105,5	94,1	34,3	1,10		2	0,30	25,0	21,5	3,5	1,44	0,55	0,89
28/04/2005	Tachí	1	III		20,3	109,4	93,0	29,3	0,60		2,5	0,60	17,0	13,5	3,5	2,89	0,61	2,28
28/04/2005	Tachí	1	II		18,7	89,3	80,2	27,4	1,10		2,5	0,60	14,0	11,7	2,3	1,60		
28/04/2005	Tachí	1	II		18,70	85,3	76,9	23,0	1,10		1	0,10	15,0	13,0	2,0	1,20	0,60	0,60
28/04/2005	Tachí	1	III		19,40	88,3	80,0	31,4	1,00		2	0,40	18,0	16,0	2,0	1,28	0,46	0,83
28/04/2005	Tachí	1	II		17,3	64,8	55,6	32,0	0,60		3	0,10	11,0	8,0	3,0	1,50		
28/04/2005	Tachí	1	II		17,60	71,9	64,8	31,1	0,80		2	0,30	18,0	16,0	2,0	0,62	0,26	0,36
28/04/2005	Tachí	1	II		17,00	61,0	52,7	22,8	0,70		2,5	0,80	14,0	12,0	2,0	1,29	0,27	1,02
28/04/2005	Tachí	1	III		19,7	99,3	89,3	56,7	1,20		2	0,20	10,0	7,0	3,0	2,70	0,70	2,00
28/04/2005	Tachí				18,00	76,8	64,9	33,7	1,00		1,5	0,10	15,0	12,5	2,5	1,50		
28/04/2005	Tachí	1	II		18,30	77,4	67,4	37,2	1,20		1,5	0,60	17,0	14,0	3,0	1,70		
28/04/2005	Tachí	1	II		18,8	87,0	77,7	29,1	1,30		2	0,20	15,0	13,0	2,0	2,30	0,40	1,90
28/04/2005	Tachí	0	IV		19,4	90,7	82,1	23,8	1,30		3	0,40	14,0	12,0	2,0	0,64	0,28	0,36
28/04/2005	Tachí				17,2	61,8	54,0	11,9	1,40		3	0,10	14,0	12,0	2,0	1,40	0,30	1,10
28/04/2005	Tachí				17,1	63,3	57,7	21,1	0,30		2	0,40	13,0	10,0	3,0	1,10		
28/04/2005	Tachí	1	II		16,7	55,5	49,0	28,9	0,30		3	0,10	12,0	9,0	3,0	0,77	0,26	0,51
28/04/2005	Tachí	1	II		17,3	63,0	55,9	20,3	0,80		3	0,30	14,0	12,0	2,0	1,00		
28/04/2005	Tachí	1	II		17	57,8	50,9	19,8	0,20		3	0,40	9,0	6,0	3,0	2,27	1,09	1,17
28/04/2005	Tachí		IV		16	52,2	45,3	20,3	0,40		1	0,10	6,0	4,0	2,0	1,30		
28/04/2005	Tachí	0	IV		17,7	67,4	59,3	22,9	1,00		2	0,30	14,0	12,0	2,0	2,50		
28/04/2005	Tachí				16,7	52,9	43,8	11,9	0,60				12,0	11,0	1,0	0,30		
25/05/2005	Concha				18,00	77,6	67,4	27,6	0,60	0,60	2	0,20				2,94	0,98	1,97
25/05/2005	Concha				18	77,6	58,7	26,8	0,50	0,50	3	0,20	14,0	11,0	3,0	0,29	0,23	0,05
25/05/2005	Concha				19,60	97,5	83,1	42,1	0,80	0,80	4	0,40	16,0	13,0	3,0	1,85	0,66	1,19
25/05/2005	Concha				21,30	125,2	111,9	38,6	2,00	2,00	3,5	0,60	16,0	12,0	4,0	1,75	0,53	1,22
25/05/2005	Concha				17,70	74,6	69,1	30,0	0,80	0,80	2	0,10		0,0		1,32	0,67	0,64
25/05/2005	Concha	1	II		19,80	102,4	90,1	36,4	1,80	1,80	3	0,30	18,0	15,0	3,0	2,24	0,53	1,72
25/05/2005	Concha	1	II		18,30	78,5	70,5	31,1	1,30	1,30	2	0,10				4,00		

M. surmuletus

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm. lleno (g)	W Estóm. vacio (g)	W Contenido estomacal (g)
25/05/2005	Concha				18,90	104,9	94,6	38,0	1,60	1,60	3	0,20	10,0	7,0	3,0	2,54	0,40	2,14
25/05/2005	Concha				17,40	66,9	60,8	22,1	0,80	0,80	3	0,20	8,0	6,0	2,0	0,40	0,26	0,13
25/05/2005	Concha		IV		22,20	146,1	131,2	34,7	0,50	0,50	3	0,10	21,0	17,0	4,0	4,50	1,00	3,50
25/05/2005	Concha		IV		18,4	86,3	75,6	25,9	0,70	0,70	3	0,40	9,0	7,0	2,0	2,37	0,37	2,00
25/05/2005	Concha				18,1	80,3	71,0	37,7	1,80	1,80	3	0,40	11,0	8,0	3,0	2,26	0,22	2,04
25/05/2005	Concha		I		17,6	74,3	66,9	39,0	1,40	1,40	2	0,20		0,0		1,76	0,33	1,43
25/05/2005	Concha		IV		19,7	101,1	92,0	35,5	2,00	2,00	1	0,20	10,0	7,0	3,0	2,50		
25/05/2005	Concha		I		17,1	63,1	54,7	27,9	0,50	0,50	1	0,00				1,62	0,15	1,47
25/05/2005	Concha		I		17,2	64,9	59,5	23,3	0,60	0,60	2	0,10	9,0	7,0	2,0	0,63	0,19	0,44
25/05/2005	Tachí		IV		22,3	154,0	143,0	39,0	1,20	1,20	3,5	0,60				1,07	1,07	0,00
25/05/2005	Tachí		IV		22,9	162,6	154,2	47,5	1,40	1,40	4	0,50				0,45	0,45	0,00
25/05/2005	Tachí		IV		20,6	116,9	108,6	40,7	0,50	0,50	3	0,20				4,90		
23/05/2005	Concha		IV		20	123,3	112,2	39,8	1,30	1,30	3	0,40				7,20		
23/05/2005	Concha		IV		18,5	88,0	84,9	29,0	0,90	0,90	3	0,40	10,0	7,0	3,0	2,52	0,33	2,20
23/05/2005	Concha		IV		18	75,0	68,5	25,7	1,20	1,20	3	0,10	11,0	8,0	3,0	1,53	0,30	1,23
23/05/2005	Concha		I		17	77,0	71,4	42,0	1,00	1,00	4	0,30	14,0	11,0	3,0	2,20	0,43	1,77
23/05/2005	Concha		I		16,5	66,2	59,8	19,6	0,60	0,60	3	0,20	14,0	12,0	2,0	2,70		
23/05/2005	Concha		IV		18	83,7	74,6	22,3	1,50	1,50	4	0,20				2,50	0,58	1,92
23/05/2005	Hnos. Palero				18	104,0	94,5	32,7	1,20	1,20	4	0,40	13,0	10,0	3,0	1,98	0,45	1,53
23/05/2005	Hnos. Palero		IV		22	159,2	148,7	43,3	2,50	2,50	3	0,40	18,0	15,0	3,0	3,13	0,52	2,61
23/05/2005	Hnos. Palero		IV		18,5	97,0	87,8	24,5	2,00	2,00	3	0,50	19,0	16,0	3,0	2,47	0,36	2,12
23/05/2005	Hnos. Palero		IV		18	83,0	78,3	36,3	3,10	3,10	1	0,10	8,0	5,0	3,0	1,83	0,24	1,59
23/05/2005	Concha	1	II		17	90,8	80,0	27,8	2,20	2,20	4	0,40	15,0	11,0	4,0	2,41	0,42	1,99
23/05/2005	Concha		I		16	68,0	59,0	31,6	1,20	1,20	3	0,30	14,0	10,0	4,0	2,12	0,22	1,91
23/05/2005	Concha		I		16	54,1	47,6	25,8	0,50	0,50	2	0,30	8,0	5,0	3,0	1,56	0,22	1,34
23/05/2005	Concha		IV		18	72,0	64,6	27,0	1,50	1,50	2	0,20	14,0	10,0	4,0	1,26	0,22	1,04
23/05/2005	Concha		I		15	46,2	41,2	18,5	0,60	0,60	2	0,20	8,0	4,0	4,0	1,15	0,11	1,03
23/05/2005	Concha		I		16	66,8	61,4	29,9	1,10	1,10	2	0,20	18,0	16,0	2,0	1,73	0,25	1,47
23/05/2005	Concha	1	II		17	86,8	78,1	40,8	1,40	1,40	3	0,20	18,0	15,0	3,0	4,60	0,60	4,00
23/05/2005	Concha		I		17	71,0	63,3	31,4	0,60	0,60	2	0,10	8,0	4,0	4,0	2,19	0,31	1,88
23/05/2005	Concha		I		17	66,0	61,4	38,7	0,80	0,80	2	0,10	10,0	8,0	2,0	0,81	0,30	0,50
23/05/2005	Concha		IV		17	67,5	60,0		0,60	0,60	3	0,20	17,0	14,0	3,0	1,63	0,28	1,34
23/05/2005	Concha		IV		17	83,3	75,7	33,8	1,30	1,30	4	0,30	8,0	4,0	4,0	2,33	0,33	2,01
23/05/2005	Concha				19	103,5	94,9	34,2	1,50	1,50	5	0,50	15,0	12,0	3,0	2,27	0,46	1,81
23/05/2005	Concha		I		16,5	55,3	51,1	19,4	0,30	0,30						2,20		

M. surmuletus

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal (g)
23/05/2005	Concha		I		17	81,0	72,7	32,7	1,30	1,30	4	0,30	10,0	7,0	3,0	1,57	0,24	1,34
23/05/2005	Concha		I		15,5	54,3	51,1	27,0	0,40	0,40	2	0,20	11,0	10,0	1,0	0,68	0,30	0,38
23/05/2005	Hnos. Palero		I		16	48,1	45,6	20,0	0,30	0,30	2	0,10	10,0	8,0	2,0	0,32	0,20	0,12
23/05/2005	Hnos. Palero		IV		20	137,3	126,6	38,6	2,20	2,20	2,5	0,60	16,0	12,0	4,0	1,73	0,70	1,03
23/05/2005	Hnos. Palero		IV		21	138,4	127,6	42,5	0,80	0,80	2,5	0,40	15,0	11,0	4,0	2,72	0,57	2,15
23/05/2005	Concha		IV		21	151,1	138,9	43,9	1,00	1,00	2	0,40	28,0	25,0	3,0	1,87	0,79	1,07
23/05/2005	Concha		I		16	64,4	57,8	32,1	1,00	1,00	3	0,10	10,0	8,0	2,0	1,04	0,34	0,70
23/05/2005	Concha		IV		20,5	126,0	111,7	39,1	1,50	1,50	2	0,10	15,0	12,0	3,0	3,44	0,73	2,71
23/05/2005	Concha		I		18	88,9	76,4	33,6	0,80	0,80	2	0,20	10,0	6,0	4,0	3,10	0,70	2,40
23/05/2005	Concha				15,2	52,6	47,8	20,2	0,50	0,50			13,0	12,0	1,0	1,10		
23/05/2005	Concha		I		16	50,3	46,7	28,2	0,30	0,30	3	0,10	7,0	5,0	2,0	1,10	0,21	0,89
23/05/2005	Tachi		IV		20	112,9	106,2	32,4	1,50	1,50	3	0,40				3,70		
23/05/2005	Tachi				18	90,4	83,1	31,6	1,00	1,00						3,60		
23/05/2005	Tachi				18,2	96,2	88,7	26,8	0,80	0,80						3,10	0,50	2,60
23/05/2005		1	II		17	65,5	58,9	21,9	0,40	0,40	3	0,40	10,0	7,0	3,0	1,70	0,38	1,32
23/05/2005	Tahiti				17,5	74,6	63,5		1,30	1,30	1	0,10	10,0	8,0	2,0	1,01	0,21	0,80
29/06/2005	Tachi		I		16,8	56,7	52,5	33,8	1,00		2	0,10	8,0	6,0	2,0	1,20	0,74	0,46
29/06/2005	Tachi		IV		19	93,4	87,4	31,2	0,70		2	0,10	8,0	6,0	2,0	0,79	0,53	0,26
29/06/2005	Tachi		I		17,1	59,5	54,8	33,0	0,40		2	0,10	12,0	10,0	2,0	3,80	0,70	3,10
29/06/2005	Tachi		IV		19,8	116,8	106,8	37,6	1,70		2	0,40	15,0	11,0	4,0	1,80	0,77	1,03
29/06/2005	Tachi		IV		19,1	88,2	82,4	33,1	0,30		2,5	0,30	18,0	15,0	3,0	0,43	0,43	0,01
29/06/2005	Tachi				19,1	88,2	61,6	30,2	0,40		1	0,10	10,0	8,0	2,0	0,99	0,28	0,70
29/06/2005	Tachi	1	II		21,7	134,0	121,9	39,5	1,80		3	0,40	16,0	13,0	3,0	2,85	0,76	2,10
29/06/2005	Tachi		I		16,6	56,5	51,8	28,2	0,80		4	0,20	10,0	7,0	3,0	0,92	0,49	0,44
29/06/2005	Tachi				20,4	109,4	101,4	45,0	1,00		2	0,10	18,0	16,0	2,0	1,42	0,32	1,09
29/06/2005	Tachi		IV		22,5	155,1	141,4	38,5	2,00		3	0,80	18,0	15,0	3,0	3,22	0,74	2,48
29/06/2005	Tachi	0	III		20,1	120,5	108,8	28,8	2,00		3	0,50	18,0	15,0	3,0	5,60		
29/06/2005	Tachi	0	III		22,1	153,5	139,1	39,7	3,00		2	0,60	18,0	15,0	3,0	3,78	0,79	2,99
29/06/2005	Tachi	1	II		19,1	90,4	81,7	37,7	0,90		3	0,20	10,0	7,0	3,0	1,93	0,58	1,34
29/06/2005	Tachi		I		17,40	62,5	57,2	27,8	0,30		2	0,10	8,0	6,0	2,0	0,70	0,30	0,40
29/06/2005	Tachi		IV		20,5	103,5	95,4	33,3	1,00		3	0,50	17,0	15,0	2,0	1,74	0,80	0,94
29/06/2005	Tachi		IV		19,20	86,9	79,6	39,0	1,00		2	0,30	10,0	7,0	3,0	1,60	1,01	0,59
29/06/2005	Tachi		IV		21,40	131,4	121,4	18,8	2,00		3	0,60	14,0	12,0	2,0	1,79	0,56	1,23
29/06/2005	Tachi		I		17,5	69,4	63,8	36,5	1,00		1	0,10	15,0	13,0	2,0	1,04	0,32	0,72
29/06/2005	Tachi		I		17,3	60,9	57,2	29,9	0,20		2	0,40	15,0	13,0	2,0	0,58	0,42	0,16

M. surmuletus

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm. lleno (g)	W Estóm. vacío (g)	W Contenido estomacal (g)
29/06/2005	Tachi				20,3	123,8	111,9	35,3	2,00		3	0,60	20,0	18,0	2,0	5,30		
29/06/2005	Tachi				19	89,4	83,6	34,4	1,00		1	0,10	15,0	13,0	2,0	0,65	0,34	0,31
29/06/2005	Tachi		IV		20,7	106,6	98,3	35,6	1,00		2	0,30	14,0	12,0	2,0	0,72	0,58	0,14
29/06/2005	Tachi				18	72,9	71,2	30,4	1,00		2	0,10	13,0	12,0	1,0	0,42	0,34	0,08
29/06/2005	Tachi				20,6	116,7	106,9	34,8	2,00		3	0,40	14,0	12,0	2,0	1,04	0,60	0,44
29/06/2005	Tachi		I		17	56,8	52,9	27,8	0,20		3	0,10	8,0	7,0	1,0	0,37	0,37	0,00
29/06/2005	Tachi		I		17	56,8	49,6	26,2	0,40		1	0,10	12,0	11,0	1,0	0,50	0,43	0,07
29/06/2005	Tachi				19,1	100,2	92,2	36,0	1,00		2	0,10	12,0	10,0	2,0	1,37	0,61	0,76
29/06/2005	Tachi	1	II		17,00	61,4	55,5	33,0	0,40		3	0,30	12,0	10,0	2,0	0,96	0,31	0,65
29/06/2005	Tachi				21,10	110,7	101,4	32,7	1,30		4	0,50	12,0	10,0	2,0	0,99	0,58	0,41
29/06/2005	Tachi	1	II		19,5	92,4	85,2	32,0	0,80		4	0,50	13,0	10,0	3,0	1,80	0,60	1,20
29/06/2005	Tachi	1	II		19,30	103,9	95,2	32,9	1,20		3	0,30	14,0	11,0	3,0	1,78	0,46	1,32
29/06/2005	Tachi				20,3	113,9	106,5	39,0	1,60		4	0,10	15,0	13,0	2,0	0,49	0,49	0,00
29/06/2005	Tachi		IV		19,3	91,1	83,1	43,3	0,90		3	0,40	10,0	7,0	3,0	1,21	0,47	0,74
29/06/2005	Tachi				17,3	65,7	61,2	32,9	0,40		3	0,10	10,0	8,0	2,0	0,97	0,56	0,42
29/06/2005	Hnos. Palero	1	III		22,4	138,3	124,7	46,5	1,00		2,5	0,40	17,0	13,0	4,0	2,60		
29/06/2005	Hnos. Palero				20,7	113,8	106,7	51,1	1,10		2	0,20	10,0	8,0	2,0	1,30		
29/06/2005	Tachi		IV		21,3	138,5	126,1	46,5	2,00		2	0,40	13,0	11,0	2,0	4,90	0,90	4,00
29/06/2005	Tachi		IV		21,2	128,5	116,3	43,1	1,50		3	0,30	25,0	20,0	5,0	3,40	1,17	2,23
29/06/2005	Tachi		IV		19,1	99,8	92,2	37,0	1,00		2	0,10	13,0	11,0	2,0	1,75	0,55	1,20
29/06/2005	Tachi		IV		20	91,6	84,7	36,0	1,00		2	0,10	21,0	19,0	2,0	1,46	0,37	1,08
29/06/2005	Tachi		IV		19,30	103,5	94,7	44,1	1,50		3	0,30	15,0	12,0	3,0	1,62	0,88	0,74
29/06/2005	Tachi		IV		20,2	116,0	105,6	45,1	2,00		4	0,40	15,0	12,0	3,0	3,58	1,18	2,39
29/06/2005	Tachi		IV		18,7	84,5	79,4	40,0	0,60		3	0,20	6,0	4,0	2,0	1,32	0,71	0,61
29/06/2005	Tachi		IV		21	134,7	125,9	40,3	1,80		4	0,50	14,0	12,0	2,0	1,75	0,57	1,19
06/07/2005	Tachi	0	III		27,5	300,9	266,1	60,8	6,20		4	1,30	20,0	17,0	3,0	11,70		
06/07/2005	Tachi	0	III		22,90	173,7	156,1	54,3	2,20		4	0,70	20,0	16,0	4,0	6,40		
06/07/2005	Tachi	0	III		22,00	139,1	127,1	46,2	1,20		3	0,50	17,0	14,0	3,0	2,73	0,74	1,98
06/07/2005	Tachi	0	III		23,60	182,3	169,9	33,5	1,20		4	0,70	15,0	13,0	2,0	1,36	0,91	0,45
06/07/2005	Tachi	1	II		17,30	66,5	61,8	32,3	0,20		2	0,10	12,0	10,0	2,0	0,33	0,33	0,00
06/07/2005	Tachi	1	II		18	74,8	69,5	30,1	0,10		3	0,20	15,0	13,0	2,0	0,83	0,27	0,55
06/07/2005	Tachi	0	III		18	83,6	77,2	37,3	0,40		3	0,20	13,0	11,0	2,0	0,93	0,46	0,47
06/07/2005	Tachi	0	III		24	216,5	201,4	66,0	1,20		4	0,60	22,0	18,0	4,0	3,10		
06/07/2005	Tachi	0	III		20	100,5	92,9	32,7	0,60		3	0,30	13,0	11,0	2,0	0,51	0,41	0,11
06/07/2005	Tachi	0	III		21	135,3	122,3	39,4	0,50		4	0,30	12,0	8,0	4,0	4,60		

M. surmuletus

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm. lleno (g)	W Estóm. vacío (g)	W Contenido estomacal (g)
06/07/2005	Tachí	1	III		17	72,8	66,0	31,0	0,50		3	0,20	15,0	12,0	3,0	1,44	0,61	0,83
06/07/2005	Tachí	1	III		16	52,0	47,3	23,0	0,30		2	0,10	10,0	8,0	2,0	1,08	0,31	0,77
06/07/2005	Tachí	0	III		23	198,8	174,3	55,3	2,00		3	1,00	20,0	17,0	3,0	10,80		
06/07/2005	Tachí	0	III		17	72,7	67,0	32,6	0,60		2	0,30	14,0	12,0	2,0	0,37	0,37	0,00
06/07/2005	Tachí		IV		20	120,9	107,5	46,4	2,00		2	0,50	15,0	12,0	3,0	4,80		
06/07/2005	Tachí	0	III		22	141,6	130,1	57,3	2,00		2	0,60	11,0	8,0	3,0	2,40		
06/07/2005	Tachí	0	III		19	103,0	93,3	43,4	0,30		2	0,10	10,0	7,0	3,0	3,80		
06/07/2005	Tachí		I		17,5	60,6	56,4	29,2	0,20		3	0,20	9,0	7,0	2,0	0,38	0,27	0,11
06/07/2005	Tachí	1	II		20	98,7	91,3	32,3	1,00		3	0,50	18,0	15,0	3,0	0,73	0,48	0,25
06/07/2005	Tachí	1	II		19	96,6	87,5	26,0	1,20		3	0,10	15,0	13,0	2,0	2,70		
06/07/2005	Tachí	1	II		21	169,0	151,3	42,6	2,40		2	0,70	22,0	18,0	4,0	6,50		
06/07/2005	Tachí	1	II		17	61,9	56,9	29,6	0,30		3	0,10	15,0	12,0	3,0	0,69	0,39	0,31
06/07/2005	Tachí	0	III		23	207,6	188,6	64,4	2,10		3	0,70	20,0	16,0	4,0	11,20		
06/07/2005	Tachí	1	II		22	170,8	154,1	46,9	2,20		3	0,70	17,0	14,0	3,0	5,00		
06/07/2005	Tachí	1	II		20,00	148,4	133,9	29,2	2,00		3	0,70	20,0	17,0	3,0	4,10		
06/07/2005	Tachí	0	III		21	143,6	133,6	29,6	1,20		3	0,50	10,0	8,0	2,0	4,00		
06/07/2005	Tachí				18	85,7	78,0	29,5	0,60				8,0	4,0	4,0	2,80		
06/07/2005	Tachí				18	84,5	75,8	39,0	0,80				17,0	15,0	2,0	1,40		
06/07/2005	Tachí	1	III		16	58,2	52,2		0,30		2	0,10	11,0	10,0	1,0	0,30	0,25	0,05
06/07/2005	Tachí	0	III		22	163,1	148,3	83,6	1,20		3	0,50	16,0	12,0	4,0	1,87	1,17	0,70
06/07/2005	Tachí	0	III		24	199,3	181,4	29,7	1,30		4	0,50	10,0	5,0	5,0	7,90		
06/07/2005	Tachí				18	80,7	73,5	33,4	0,50				8,0	5,0	3,0	3,50		
06/07/2005	Tachí				15	55,3	50,3	33,4	0,30				10,0	7,0	3,0	0,92	0,31	0,60
06/07/2005	Tachí	1	III		15,3	70,8	66,0	35,9	0,30		2	0,20	10,0	8,0	2,0	2,50		
06/07/2005	Tachí	0	III		24,3	209,5	187,7	79,1	3,00		4	0,90	18,0	14,0	4,0	8,30		
26/07/2005	Tahití	1	III		24,2	198,9	179,0	44,2	3,20		3	0,80	12,0	8,0	4,0	9,40		
26/07/2005	Tahití	0	III		22,5	140,6	129,6	52,9	1,30		2	0,50				6,10		
28/07/2005	Tachí				18,3	77,4	67,0	33,9	0,30				12,0	10,0	2,0	0,36	0,24	0,13
05/10/2005	Concha				25,4	210,0	192,6	50,3	0,90				26,0	22,0	4,0	1,67	1,06	0,61
23/01/2006	Tachí		IV		19	99,4	91,7	39,4	1,50		3	0,60	20,0	18,0	2,0	0,64	0,30	0,34
23/01/2006	Tachí	0	III		22	148,7	139,5	46,2	1,20		4	2,40	17,0	15,0	2,0	0,93	0,71	0,22
23/01/2006	Tachí	1	III		16,5	49,4	46,6	31,8	0,50		1	0,20	10,0	8,0	2,0	0,58	0,37	0,21
23/01/2006	Tachí		IV		18	72,4	67,7	35,9	0,70		3	0,30	13,0	10,0	3,0	1,11	0,45	0,67
23/01/2006	Tachí	0	III		21	134,9	126,5	51,7	1,30		3	0,80	17,0	14,0	3,0	0,57	0,57	0,00
23/01/2006	Tachí		I		17	69,5	65,4	31,0	0,90		2	0,50	19,0	16,0	3,0	0,55	0,27	0,28

M. surmuletus

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1: Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal (g)
23/01/2006	Tachí	1	II		18	76,4	71,3	40,9	1,00		3	0,60	15,0	12,0	3,0	0,72	0,32	0,40
23/01/2006	Tachí		IV		18,5	82,9	77,2	34,5	0,80		1	0,50	19,0	16,0	3,0	1,02	0,33	0,69
23/01/2006	Tachí	1	II		23	152,3	142,4	29,7	1,20		4	3,20	18,0	14,0	4,0	1,12	0,71	0,40
23/01/2006	Tachí		I		15	45,5	43,0	24,8	0,10		1	0,30	6,0	4,0	2,0	0,71	0,49	0,21
23/01/2006	Tachí	1	II		24	197,5	181,2	67,9	1,80		2	1,60	24,0	20,0	4,0	2,76	0,72	2,04
23/01/2006	Tachí		I		17	61,1	57,5	34,2	0,50		1	0,20	17,0	15,0	2,0	0,46	0,30	0,16
23/01/2006	Tachí		IV		20	100,7	93,4	40,4	1,20		2	0,50	18,0	15,0	3,0	1,66	0,42	1,24
23/01/2006	Tachí	1	II		20	117,7	107,0	37,6	1,60		3	1,30	20,0	17,0	3,0	0,99	0,53	0,46
23/01/2006	Tachí	1	II		19	68,8	64,5	31,7	0,10		3	0,70	20,0	17,0	3,0	0,46	0,29	0,17
23/01/2006	Tachí	1	II		18,4	82,4	75,8	30,8	1,10		3	1,00	17,0	14,0	3,0	0,82	0,42	0,40
23/01/2006	Tachí		I		16,5	62,6	58,5	47,0	1,00		1	0,20	13,0	11,0	2,0	1,80		
23/01/2006	Tachí				19	81,9	77,4	49,1	1,10		2	0,30	17,0	15,0	2,0	0,92	0,41	0,52
23/01/2006	Tachí		IV		17	60,3	56,2		0,60		1	0,40	7,0	4,0	3,0	0,67	0,31	0,36
23/01/2006	Tachí	1	II		17,5	65,9	61,7	30,5	1,10		4	0,50	7,0	4,0	3,0	1,16	0,34	0,82
23/01/2006	Tachí	1	II		24	220,0	206,8	38,9	1,20		6	2,60	27,0	24,0	3,0	2,16	0,83	1,32
23/01/2006	Tachí				23	159,6	150,4	54,5	1,30		3	1,10	16,0	14,0	2,0	1,39	0,62	0,77
23/01/2006	Tachí	0	III		22	162,3	153,7	42,7	1,60		3	1,30	13,0	11,0	2,0	1,85	1,20	0,64
23/01/2006	Tachí				22	141,1	131,3	35,5	1,50		3	0,80	19,0	16,0	3,0	1,85	1,13	0,71
23/01/2006	Tachí	1	II		21	130,9	122,9	32,0	1,10		3	0,60	14,0	10,0	4,0	2,52	0,67	1,85
23/01/2006	Tachí	1	II		19	92,8	87,4	39,2	0,80		2	0,20	20,0	17,0	3,0	1,70		
23/01/2006	Tachí	1	II		19,5	102,7	96,3	36,9	1,10		3	0,50	20,0	17,0	3,0	1,40		
23/01/2006	Tachí		I		16,5	51,8	49,0	26,3	0,30		3	0,20	12,0	11,0	1,0	0,42	0,27	0,15
23/01/2006	Tachí	1	II		19	79,5	75,3	32,8	0,60		3	0,50	10,0	8,0	2,0	0,58	0,33	0,25
23/01/2006	Tachí	1	II		23	141,6	131,0	36,3	1,70		5	3,30	17,0	15,0	2,0	1,06	0,50	0,56
23/01/2006	Tachí		IV		21	102,2	98,8	27,4	0,10		2	0,10	10,0	8,0	2,0	0,57	0,25	0,32
23/01/2006	Tachí	1	II		21,5	132,6	124,2	64,3	1,60		3	0,70	50,0	46,0	4,0	1,79	0,53	1,27
23/01/2006	Tachí	1	II		21	141,2	131,0		1,90		5	2,10	50,0	46,0	4,0	1,54	0,66	0,88
23/01/2006	Tachí	1	II		19	87,0	80,9	31,1	1,00		2	0,50	13,0	10,0	3,0	1,22	0,52	0,69
23/01/2006	Tachí		I		17	64,7	61,1	28,9	0,20		1	0,40	9,0	7,0	2,0	0,29	0,29	0,00
23/01/2006	Tachí		I		16,5	54,4	51,5	32,7	0,40		2	0,30	14,0	12,0	2,0	0,59	0,42	0,17
23/01/2006	Tachí	0	III		20	105,0	97,3	50,3	1,30		3	0,70	17,0	13,0	4,0	1,13	0,58	0,55
23/01/2006	Tachí		I		17	63,5	59,6	36,4	0,80		1	0,40	11,0	8,0	3,0	0,77	0,35	0,42
23/01/2006	Tachí		I		18	74,8	70,7	42,3	0,60		1	0,30	15,0	13,0	2,0	0,78	0,42	0,36
23/01/2006	Tachí	1	II		21	121,8	113,5	40,1	1,00		3	1,00	20,0	16,0	4,0	1,38	0,58	0,80
23/01/2006	Tachí	1	II		21,5	133,5	125,1	40,7	1,20		3	1,00	14,0	13,0	1,0	1,25	0,69	0,56

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
01/07/2004	Eustaquio	1	IV	8	27,8	149,6	142,5		1,01	1,33		0,56	41,0	35,3	5,7	1,17		
01/07/2004	Eustaquio	1	IV	8	27,6	150,1	141,5		1,72	1,26		0,75	39,0	39,0		1,04		
01/07/2004	Eustaquio	0	IV	10	25,5	150,7	133,2		1,34	1,42		9,11	48,5	38,5	10,0	1,62	1,62	0,00
01/07/2004	Eustaquio	0	IV	8	31,0	263,7	224,0		2,83	2,42		7,66	56,0	47,0	9,0	2,47	2,47	0,00
01/07/2004	Eustaquio	0	III	7	27	158,3	133,5		2,11	1,03		10,60	44,5	37,0	7,5	1,36	1,36	0,00
01/07/2004	Eustaquio	1	IV	7	23,5	100,6	92,9		0,97	0,63		0,31	42,5	32,7	9,8	0,81	0,81	0,00
01/07/2004	Tío i Nebot	1	IV	8	23,7	89,5	85,3		0,54	0,95		0,37	41,5	35,5	6,0	0,99	0,99	0,00
01/07/2004	Tío i Nebot	1	I	5	20,8	59,1	55,3		0,47	0,66		0,17	37,0	33,0	4,0	0,24	0,24	0,00
01/07/2004	Tío i Nebot	1	I	6	21,7	71,4	67,4		0,67	0,71		0,33	34,5	29,5	5,0	0,73		
01/07/2004	Tío i Nebot	1	I	5	20,1	53,6	49,4		0,71	0,68		0,18	29,5	25,0	4,5	0,70	0,70	0,00
01/07/2004	Tío i Nebot	0	III	6	25,7	152,1	128,3		2,70	1,41		9,51	51,0	44,5	6,5	4,97		
01/07/2004	Tío i Nebot	0	III	7	25,9	140,7	123,8		2,19	1,08		7,03	54,0	46,0	8,0	1,50	1,50	0,00
02/07/2004	Hortensia	1	IV	8	28	158,3	150,8		1,30	1,60		0,50	47,5	42,0	5,5	1,06	1,06	0,00
02/07/2004	Hortensia	1	I	7	20,6	55,9	52,5		0,46	0,50		0,17	29,0	24,8	4,2	0,53	0,53	0,00
02/07/2004	Hortensia	1	I	5	19,5	51,8	47,5		0,44	0,56		0,17	32,5	27,5	5,0	0,72	0,72	0,00
02/07/2004	Hortensia	1	I	5	19,1	46,0	42,7		0,28	0,40		0,13	31,5	27,0	4,5	0,35	0,35	0,00
02/07/2004	Hortensia	1	I	4	18,8	47,9	43,8		0,46	0,39		0,20	33,0	28,0	5,0	0,43	0,43	0,00
02/07/2004	Hortensia	1	IV	6	25,8	125,5	117,3		1,42	0,89		0,40	35,5	30,5	5,0	1,00	1,00	0,00
02/07/2004	Hortensia	1	IV	8	23	87,5	82,4		0,73	0,50		0,39	38,5	33,0	5,5	0,67	0,67	0,00
02/07/2004	Eustaquio	0	IV	8	27,5	148,6	128,7		1,82	1,08		13,56	45,5	40,5	5,0	0,97	0,97	0,00
02/07/2004	Eustaquio	1	IV	7	23,4	86,8	82,3		0,64	0,87		0,26	37,0	31,5	5,5	0,80	0,80	0,00
02/07/2004	Picardies	1	IV	7	22	68,1	64,8		0,44	0,57		0,28	37,2	31,6	5,6	0,72	0,72	0,00
02/07/2004	Picardies	1	IV	6	22	70,2	66,6		0,64	0,56		0,22	33,5	28,7	4,8	0,74		
02/07/2004	Picardies	1	I	7	21,3	63,2	59,8		0,48	0,62		0,24	33,5	28,5	5,0	0,62	0,62	0,00
02/07/2004	Picardies	0	I	6	27	193,5	181,5		1,56	1,51		1,19	43,5	38,5	5,0	1,54	1,54	0,00
02/07/2004	Picardies	0	III		27,5	162,0	143,2		2,19	1,25		7,23	48,0	41,5	6,5	4,16		
02/07/2004	Picardies	0	III	8	30,6	244,6	215,3		3,73	1,62		13,95	54,0	47,0	7,0	1,68	1,68	0,00
12/07/2004	Eustaquio	0	III	5	30	222,1	201,4		2,34	1,88		10,01	45,5	39,0	6,5	2,00	2,00	0,00
12/07/2004	Eustaquio	0	IV	9	26	127,0	113,6		2,03	1,17		6,45	53,0	46,0	7,0	1,11	1,11	0,00
12/07/2004	Eustaquio	1	IV	6	23,3	79,9	74,9		0,64	0,81		0,30	35,5	30,5	5,0	1,29	1,29	0,00
12/07/2004	Eustaquio	1	IV	9	26	131,6	126,5		0,73	0,86		0,55	40,5	35,0	5,5	0,79	0,79	0,00
12/07/2004	Eustaquio	0	IV	9	30,5	241,9	218,9		3,34	1,82		10,55	53,0	46,0	7,0	2,48	2,48	0,00
14/07/2004	Eustaquio	0	IV	8	24	108,8	97,7		1,34	0,93		5,50	40,0	34,6	5,4	1,29	0,76	0,53
14/07/2004	Eustaquio	1	IV	7	26	125,3	118,2		0,99	1,04		0,39	34,0	29,0	5,0	1,04	0,78	0,25
14/07/2004	Eustaquio	1	IV	7	23	88,2	81,9		0,77	0,51		0,28	37,5	32,5	5,0	0,77	0,48	0,29

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm. lleno (g)	W Estóm. vacío (g)	W Contenido estomacal
14/07/2004	Eustaquio	1	IV	6	25,5	112,5	105,4		0,65	0,73		0,34	45,0	39,5	5,5	1,20	0,61	0,59
14/07/2004	Eustaquio	1	IV	6	27,5	153,9	147,1		1,25	1,02		0,53	44,0	38,0	6,0	2,40	0,90	1,50
14/07/2004	Eustaquio	0	IV	6	29	172,0	155,7		1,85	1,57		9,76	45,0	40,0	5,0	1,03	0,71	0,33
14/07/2004	Eustaquio	1	IV	6	23	78,7	74,9		0,61	0,58		0,26	31,5	28,0	3,5	0,60	0,40	0,20
14/07/2004	Eustaquio	1	IV	8	25,5	119,0	113,7		0,78	0,89		0,39	45,0	39,5	5,5	1,11	0,80	0,32
14/07/2004	Eustaquio	1	IV	7	24,5	95,8	90,3		1,21	0,75		0,33	38,0	32,5	5,5	0,77	0,43	0,35
19/07/2004	Tío i Nebot	1	I	5	20	53,1	49,8		0,61	0,43		0,18	32,0	28,5	3,5	0,37	0,26	0,11
19/07/2004	Tío i Nebot		I	5	17,5	37,9	34,7		0,36	0,38		0,11	32,0	28,0	4,0	1,24	0,26	0,97
19/07/2004	Tío i Nebot		I	5	17,5	48,4	45,9		0,30	0,58		0,13	32,5	28,0	4,5	0,61	0,54	0,07
19/07/2004	Tío i Nebot	0	I	4	19,8	54,0	46,9		0,81	0,48		2,87	31,0	26,5	4,5	1,00	0,47	0,53
21/07/2004	Hortensia	0	II	5	20,4	55,9	50,2		0,97	0,40		2,25	39,0	34,0	5,0	0,62	0,43	0,19
21/07/2004	Hortensia	1	I	4	16,0	28,2	26,5		0,30	0,22		0,06	29,5	26,0	3,5	0,27	0,21	0,06
21/07/2004	Hortensia	0	I	5	19,9	57,5	49,4		0,84	0,56		4,20	33,0	28,5	4,5	0,49	0,40	0,09
21/07/2004	Hortensia	1	IV	5	22,5	85,4	80,6		0,86	0,83		0,25	36,0	30,5	5,5	0,58	0,45	0,13
21/07/2004	Hortensia		I	4	15,9	26,3	24,7		0,23	0,21		0,04	23,5	20,0	3,5	0,23	0,20	0,03
21/07/2004	Hortensia	1	IV	7	22,4	83,0	79,6		0,85	0,57		0,18	33,0	28,0	5,0	0,68	0,45	0,23
21/07/2004	Hortensia	0	IV	8	34,2	311,6	283,0		5,96	2,00		12,62	68,0	61,0	7,0	3,11	2,07	1,03
21/07/2004	Hortensia	0	III	8	34,3	342,5	306,6		4,78	2,25		16,74	66,0	59,5	6,5	2,92	2,14	0,78
21/07/2004	Tío i Nebot	0	II	4	19,6	52,7	47,0		0,70	0,65		2,16	36,5	31,5	5,0	0,44	0,40	0,04
21/07/2004	Tío i Nebot	0	IV	8	24,6	109,2	94,6		2,21	0,99		7,35	44,5	39,0	5,5	1,29	0,73	0,57
21/07/2004	Tío i Nebot	0	IV	5	22,9	78,0	70,4		1,01	0,66		3,73	40,0	35,2	4,8	0,80	0,57	0,23
21/07/2004	Hortensia	0	I	4	19	50,1	45,3		0,75	0,35		2,09	29,5	25,0	4,5	0,39	0,29	0,10
21/07/2004	Tío i Nebot	1	I	6	20,8	65,7	62,3		0,64	0,56		0,19	35,0	30,5	4,5	0,54	0,34	0,20
26/07/2004	Eustaquio	0	IV	8	31,2	237,1	216,3		2,27	1,55		9,02	53,5	47,5	6,0	2,02	1,50	0,52
27/07/2004	Eustaquio	1	IV		29,6	185,6	177,0		1,07	1,26		0,84	44,8	40,3	4,5	1,13	0,74	0,39
26/07/2004	Eustaquio	0	IV		31,1	250,4	220,2		2,6	2,0		8,3	54,8	47,3	7,5	2,2	2,0	0,3
07/03/2005	Bollo	0	I	5	19,5	58,1	52,4		0,40		2,0	0,10				0,50	0,50	0,00
07/03/2005	Bollo	0	I	4	19	45,7	40,4		0,30		3,7	0,40				1,20	1,20	0,00
07/03/2005	Bollo	0	IV	7	22	80,1	71,8		0,90		6,5	1,10				1,10		
07/03/2005	Bollo	0	I	6	20,7	62,7	50,2		0,50		7,5	1,00				0,60		
07/03/2005	Bollo	0	III	5	27,2	146,1	130,8		1,60		9,0	2,60				1,30		
07/03/2005	Bollo	1	I	5	20,2	67,5	63,8		0,50		1,6	0,10	35,0	30,0	5,0	0,60	0,60	0,00
07/03/2005	Bollo	0	IV	6	23,4	87,0	81,5		0,70		8,5	1,60	40,4	35,4	5,0	0,90	0,90	0,00
07/03/2005	Bollo	0	I	5	17	35,8	33,1		0,50		1,6	0,10	18,0	13,5	4,5	0,60	0,60	0,00
07/03/2005	Bollo	0	I	5	20	54,0	51,3		0,40		1,0	0,10	26,0	20,4	5,6	0,70	0,40	0,30

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
07/03/2005	Bollo	0	IV	8	24	109,8	102,5		1,10		9,5	1,70	41,5	36,0	5,5	1,50	1,50	0,00
07/03/2005	Bollo	0	IV	6	23	86,5	79,8		1,00		10,0	1,50	34,0	28,5	5,5	1,10	1,10	0,00
10/03/2005	Tachí	1	IV	7	25	120,3	113,7		0,90		1,5	0,10	40,4	35,4	5,0	0,90	0,90	0,00
10/03/2005	Tachí	0	IV	9	24,5	94,8	8,9		0,50		0,3	0,00	37,0	33,0	4,0	0,40	0,20	0,20
10/03/2005	Tachí	0	IV	8	23,8	100,9	91,8		0,70		6,0	1,80	26,0	20,0	6,0	1,40	1,40	0,00
10/03/2005	Tachí	0	I	6	17,6	34,5	32,0		0,30		3,8	0,30	17,5	13,5	4,0	0,50	0,50	0,00
10/03/2005	Tachí	0	IV	7	23,4	101,9	93,8		0,80		9,3	1,20	30,0	25,0	5,0	1,50	1,50	0,00
10/03/2005	Tachí	1	IV	6	23,3	89,5	83,4		0,70		2,5	0,10	25,0	19,0	6,0	0,90	0,90	0,00
10/03/2005	Tachí	0	IV	5	22,8	88,4	80,9		0,60		6,7	1,10	42,0	36,5	5,5	1,00	1,00	0,00
10/03/2005	Tachí	0	IV	6	25,6	148,5	135,4		1,40		10,2	2,40	45,0	40,0	5,0	2,20	2,20	0,00
10/03/2005	Tachí	0	I	7	22,4	81,3	76,0		0,80		2,2	0,10	29,0	23,5	5,5	1,20	1,20	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	8	26	140,0	129,1		1,20		8,0	1,90	34,0	28,0	6,0	2,70	2,70	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	7	23	90,7	83,9		0,80		7,7	1,70	37,0	30,0	7,0	1,90	1,70	0,20
10/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	9	30,6	256,8	240,1		2,00		11,2	3,30	53,0	46,0	7,0	3,30	3,00	0,30
10/03/2005	Tío i Nebot	0	III	8	27,6	191,1	172,5		2,10		12,2	2,60	40,0	34,0	6,0	5,40	3,00	2,40
10/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	6	21	67,4	62,8		0,60		1,6	0,10	35,0	29,0	6,0	0,90	0,90	0,00
10/03/2005	Victoria	1	I	7	20,7	64,5	59,2		0,50		2,5	0,10	34,3	27,9	6,4	0,80	0,80	0,00
10/03/2005	Victoria	0	I	9	20	58,2	54,7		0,40		1,8	0,10	22,6	17,6	5,0	0,90	0,90	0,00
10/03/2005	Victoria	0	I	6	17	34,2	32,0		0,50		2,4	0,10	24,4	20,4	4,0	0,60	0,60	0,00
10/03/2005	Tachí	0	IV	8	23,7	113,6	106,0		0,82		3,5	0,30	43,0	39,5	3,5	0,70	0,50	0,20
10/03/2005	Tachí	1	IV	8	24,6	124,6	119,3		1,00		2,0	20,00	44,5	42,0	2,5	0,50	0,50	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	1	IV	8	27,3	164,2	154,0		1,40		2,7	0,20	45,0	38,0	7,0	1,60	1,60	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	0	III	6	24	107,2	97,3		1,00		9,0	1,60	41,5	34,8	6,7	1,80	1,80	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	7	23,6	88,1	81,3		0,70		6,0	1,30	31,0	26,0	5,0	1,10	1,10	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	1	IV	6	21,9	73,4	69,0		0,70		2,0	0,10	34,0	30,0	4,0	0,80	0,80	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	0	III	8	27,6	147,5	136,7		1,30		10,0	1,90	41,0	36,0	5,0	1,20	1,20	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	0	I	8	22,3	82,4	75,7		0,80		6,0	1,40	29,0	26,0	3,0	0,80	0,80	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	9	23,8	108,6	94,9		0,90		10,0	1,80	46,5	40,3	6,2	2,40	1,20	1,20
10/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	9	24,1	105,0	96,7		0,70		9,0	1,60	34,0	28,5	5,5	1,30	1,30	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	1	I	6	19,5	51,9	48,2		0,50		1,0	0,10	10,5	7,5	3,0	0,50	0,50	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	1	II		27	169,4	160,6		1,30		3,0	0,30	40,0	35,0	5,0	1,70	1,20	0,50
10/03/2005	Tío i Nebot	0	I	6	22,4	95,7	87,3		0,80		9,0	1,50	44,5	38,5	6,0	1,50	1,00	0,50
10/03/2005	Tío i Nebot	1	IV	5	21,7	64,8	61,2		0,50		11,0	11,00	13,0	10,3	2,7	0,60	0,60	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	1	IV	9	22,5	84,5	76,9		0,80		1,5	0,10	29,0	24,3	4,7	0,80	0,80	0,00
10/03/2005	Tío i Nebot	0	III		25,3	132,0	121,9		1,10		8,0	1,90	49,0	43,0	6,0	1,80	1,80	0,00

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
14/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	7	25,4	117,2	108,1		1,00		7,0	1,20	46,0	39,0	7,0	1,50	1,50	0,00
14/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	6	26,5	131,1	120,9		1,50		8,0	2,30	41,0	35,0	6,0	1,70	1,00	0,70
14/03/2005	Tío i Nebot	0	III	8	25,5	120,2	109,8		0,90		9,3	1,80	40,5	35,3	5,2	1,50	1,20	0,30
14/03/2005	Tío i Nebot	1	I	6	22,3	70,0	65,2		0,60		1,4	0,10	25,0	21,4	3,6	0,60	0,60	0,00
14/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	7	22,4	71,8	66,3		0,80		7,0	1,00	35,0	30,5	4,5	0,80	0,80	0,00
14/03/2005	Tío i Nebot	0	I	6	21,6	62,7	58,0		0,70		2,0	0,10	34,5	28,5	6,0	0,80	0,80	0,00
14/03/2005	Tachí	0	I	6	21,3	59,7	53,5		0,70		7,5	1,00	38,0	34,0	4,0	0,60	0,60	0,00
14/03/2005	Tachí	0	IV	5	23,3	78,6	73,4		0,60		2,6	0,10	32,0	27,0	5,0	0,80	0,80	0,00
14/03/2005	Tachí	1	IV	5	25,8	120,7	113,5		0,90		1,5	0,10	30,0	24,0	6,0	1,10	1,10	0,00
14/03/2005	Tachí	1	IV	5	21,3	62,8	59,0		0,70		1,0	0,10	30,0	26,0	4,0	0,50	0,50	0,00
14/03/2005	Tachí	1	IV	6	21,3	69,9	65,3		0,40				31,8	25,8	6,0	0,60	0,60	0,00
14/03/2005	Tachí	1	I	6	20,6	61,7	56,8		0,60		2,2	0,10	27,0	21,5	5,5	0,50	0,50	0,00
14/03/2005	Tachí	0	IV	6	19,3	46,0	40,6		0,40		7,5	0,80	31,0	26,8	4,2	0,50	0,50	0,00
14/03/2005	Tachí	0	I	9	22,7	80,9	74,1		1,10		9,5	1,50	35,0	30,0	5,0	1,20	0,60	0,60
14/03/2005	Tachí	0	III	9	29,2	173,0	158,0		1,30		11,0	2,60	49,0	42,5	6,5	2,10	1,40	0,70
14/03/2005	Tachí	0	IV		26,7	133,9	125,9		0,80		12,0	1,80	49,0	44,0	5,0	1,40	1,40	0,00
14/03/2005	Tachí	1	IV	12	26	128,1	119,8		0,90		2,5	0,10	38,5	32,0	6,5	1,20	1,20	0,00
14/03/2005	Tachí	0	IV	9	26,7	133,6	119,7		1,20		11,0	2,10	47,5	40,3	7,2	1,60	1,60	0,00
14/03/2005	Tachí	1	IV	11	26,1	123,1	114,6		0,70		2,0	0,10	34,0	29,8	4,2	0,70	0,70	0,00
14/03/2005	Tahití	0	I	6	20,5	62,4	56,9		0,60		7,3	1,10	34,8	29,9	4,9	0,80	0,80	0,00
14/03/2005	Tahití	1	IV	5	21,8	67,7	62,3		0,60		2,2	0,10	37,5	32,0	5,5	0,80	0,50	0,30
21/03/2005	Tachí	1	I	4	18	38,1	35,6		0,30		1,3		34,5	29,6	4,9	0,20	0,20	0,00
21/03/2005	Tachí	0	IV	9	28,5	167,2	153,4		2,10		12,5	2,70	46,2	39,7	6,5	2,70	2,70	0,00
21/03/2005	Tío i Nebot	0	I	7	22	74,3	68,8		0,80		7,3	0,90	36,0	31,0	5,0	0,70	0,70	0,00
21/03/2005	Tío i Nebot	1	I	7	22,5	71,8	66,3		0,50		2,3		34,4	29,9	4,5	0,60	0,60	0,00
21/03/2005	Concha	1	I	5	17,4	34,4	31,8		0,40		1,5	0,10	22,0	19,0	3,0	0,30	0,30	0,00
21/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	9	25,5	116,4	106,2		1,00		9,4	1,80	41,4	36,4	5,0	1,80	1,80	0,00
21/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	7	24	92,3	85,4		0,60		7,0	1,40	38,0	33,5	4,5	1,10	0,60	0,50
23/03/2005	Graüero	1	I	4	18,9	41,3	38,0		0,40		1,5		30,0	24,2	5,8	0,60	0,60	0,00
23/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	9	29,3	201,5	188,6		1,60		12,1	2,90	50,0	43,5	6,5	2,30	2,30	0,00
23/03/2005	Tío i Nebot	0	IV	8	24,1	98,0	91,0		0,80		10,0	1,60	41,0	35,5	5,5	1,00	1,00	0,00
23/03/2005	Tío i Nebot	0	I		20,5	68,2	63,5		0,30		2,0	0,20	31,0	25,5	5,5	0,80	0,60	0,20
23/03/2005	Tachí	1	IV		27,8	150,3	143,5		1,10		1,0	0,10	37,0	32,0	5,0	1,10	1,10	0,00
23/03/2005	Tachí	0	I	6	23,3	75,6	69,7		0,30		2,0	0,10	34,0	28,0	6,0	0,70	0,70	0,00
23/03/2005	Tachí	0	III	11	27,8	158,2	146,5		1,30		11,5	2,30	49,0	41,5	7,5	2,40	2,40	0,00

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
07/04/2005	Tahití	0	III		30,2	209,5	185,9	18,1	2,20		9	3,30	50,0	43,0	7,0	4,40	1,65	2,75
07/04/2005	Tahití	0	III		28	163,3	154,8	12,2	1,50		8	2,40	42,0	36,2	5,8	2,10	2,10	0,00
07/04/2005	Tahití	0	III		28,1	163,3	150,9	14,0	0,90		7	2,20	43,0	39,0	4,0	0,64	0,64	0,00
07/04/2005	Tahití	1	II		22	77,2	69,6	10,6	0,70		2,5	0,10	33,0	28,0	5,0	0,48	0,45	0,03
07/04/2005	Tahití	0	III		28,7	214,6	203,0	15,5	1,50		13	2,90	50,0	43,5	6,5	1,61	1,61	0,00
07/04/2005	Hortensia	0	III		24,7	104,3	97,6	10,1	0,80		10	1,60	44,0	39,0	5,0	0,64	0,64	0,00
07/04/2005	Hortensia	0	III		23,5	97,8	88,7	13,4	0,60		7	1,50	38,0	32,0	6,0	1,21	0,71	0,50
07/04/2005	Hortensia	0	III		27,3	143,7	129,7	18,2	1,00		11	2,00	49,0	43,0	6,0	1,08	1,08	0,00
07/04/2005	Hortensia	0	II		23,2	92,9	84,1	7,8	0,50		9	1,30	39,0	34,2	4,8	0,80	0,80	0,00
07/04/2005	Hortensia	1	II		24,4	97,3	92,4	10,0	0,40		2,5	0,20	28,0	24,0	4,0	0,47	0,47	0,00
07/04/2005	Hortensia	0	III		25,7	136,4	124,2	9,4	0,90		10	1,90	48,0	42,0	6,0	1,70		
07/04/2005	Hortensia	1	II		26	116,5	111,0	9,6	0,50		3	0,00	29,0	23,0	6,0	1,00		
07/04/2005	Tachí	0	II		23,9	95,0	86,4	11,5	0,80		7	1,70	34,0	30,0	4,0	0,89	0,89	0,00
07/04/2005	Tachí	0	II		21,4	66,3	60,8	10,6	0,60		5	0,90	35,0	30,0	5,0	0,80		
07/04/2005	Tachí	0	II		23,5	88,8	82,5	12,7	0,80		10	1,80	40,0	35,0	5,0	1,20		
07/04/2005	Tachí	1	IV		21,9	71,0	65,8	7,5	0,30		1	0,00	31,0	26,5	4,5	0,41	0,41	0,00
07/04/2005	Tachí	0	III		27	141,3	132,9	14,5	0,70		9	1,70	32,0	24,5	7,5	1,28	1,00	0,29
07/04/2005	Tío i Nebot	0	III		28,6	193,4	180,0	18,1	1,40		12	2,40	54,0	48,0	6,0	1,37	1,37	0,00
07/04/2005	Tío i Nebot	0	III		24,2	107,7	97,2	10,3	0,70		8	1,40	42,0	36,0	6,0	1,63	0,86	0,76
07/04/2005	Tío i Nebot	0	III		29,2	197,5	183,0	15,8	1,40		9	2,90	49,0	42,0	7,0	1,40	1,40	0,00
07/04/2005	Tío i Nebot	0	III		27,7	160,7	149,5	12,8	0,80		8	2,10	45,0	39,0	6,0	0,67	0,50	0,17
13/04/2005	Tahití	0	III		28,6	184,0	167,6	15,0	1,50		12	2,80	49,0	41,0	8,0	3,30	1,67	1,63
13/04/2005	Tahití	1	II		20,4	55,0	50,5	9,0	0,70		4	0,50	32,0	27,2	4,8	1,00	1,00	0,00
13/04/2005	Tahití	0	III		26,5	137,0	124,5	10,2	1,00		7	2,30	47,0	40,0	7,0	1,32	1,32	0,00
13/04/2005	Tahití	0	III		27,5	159,0	143,8	17,3	0,90		10	1,70	49,0	42,0	7,0	6,10		
13/04/2005	Tahití	0	III		30	196,0	179,2		1,70		10	2,70	43,0	36,0	7,0	3,60	1,80	1,80
13/04/2005	Tahití	0	II		20,5	56,0	47,8	9,2	0,70		5,1	0,40	35,0	29,0	6,0	0,98	0,56	0,42
13/04/2005	Tahití				23,5	99,0	86,7		0,60		8	1,20	25,0	20,0	5,0	5,50		
13/04/2005	Tahití	0	II		20,4	57,0	50,0	9,6	0,50		4,5	0,40	37,0	31,5	5,5	0,48	0,48	0,00
13/04/2005	Tahití	1	I		19,9	54,0	48,7		0,40		3	0,10	34,0	30,0	4,0	3,00		
13/04/2005	Tahití	1	I		19,7	49,0	45,1	8,0	0,80		2	0,10	24,5	19,5	5,0	0,53	0,40	0,13
13/04/2005	Tahití	1	II		20,1	54,0	50,2	7,0	0,60		2	0,00	38,0	32,0	6,0	1,03	0,58	0,45
18/04/2005	Tachí	1	I		19,7	49,2	46,0	9,4	0,30		2	0,00	28,0	23,8	4,2	0,24	0,24	0,00
18/04/2005	Tachí	1	III		22,7	75,3	71,6	17,4	0,50		2,3	0,10	23,0	19,0	4,0	0,42	0,42	0,00
18/04/2005	Grauro	0	II		22,5	71,4	66,7	11,1	0,40		6	0,90	38,0	33,5	4,5	0,35	0,35	0,00

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
18/04/2005	Tío i Nebot	1	I		16,8	28,2	26,0	3,9	0,20		1,4	0,00	17,0	13,0	4,0	0,50		
20/04/2005	Onremo	0	III		26,1	124,4	112,3	10,8	0,70		8	2,10	42,0	36,0	6,0	1,19	1,06	0,12
20/04/2005	Onremo	1	II		22,5	75,0	68,6	7,1	0,70		2	0,10	30,0	26,0	4,0	0,65	0,55	0,10
20/04/2005	Onremo	0	III		28	181,0	167,3	15,2	1,90		13	2,80	55,5	48,5	7,0	1,46	1,01	0,44
20/04/2005	Onremo	0	II		25,7	125,4	114,3	12,8	0,80		10	1,80	49,0	42,7	6,3	1,20	1,09	0,11
20/04/2005	Onremo	0	III		25,1	104,1	96,0	12,0	0,70		8	1,80	44,0	39,0	5,0	1,07	0,68	0,39
20/04/2005	Onremo				26	128,1	117,2		1,00		7	1,60	47,0	43,0	4,0	1,36	0,96	0,39
20/04/2005	Onremo	1	III		23,3	80,8	76,1	12,8	0,50		2,5	0,10	34,0	29,3	4,7	0,41	0,41	0,00
20/04/2005	Onremo	1	III		22,9	74,3	72,5	10,4	0,50		2	0,10	34,0	29,7	4,3	0,38	0,38	0,00
20/04/2005	Tío i Nebot	1	III		22	69,1	65,4	9,4	0,40		2	0,00	31,0	27,0	4,0	0,43	0,43	0,00
20/04/2005	Tío i Nebot	0	III		25	101,0	94,4	15,6	0,80		8	1,70	41,0	36,0	5,0	0,51	0,51	0,00
20/04/2005	Tío i Nebot	0	I		18,5	36,6	33,9	6,3	0,30		1,5	0,20	28,0	24,2	3,8	0,20	0,20	0,00
20/04/2005	Tío i Nebot	0	II		21,6	62,8	57,1	8,7	0,30		7	0,90	35,0	31,0	4,0	0,34	0,34	0,00
20/04/2005	Tahití	0	II		28,5	192,6	180,3	13,7	1,10		9	2,60	49,0	43,0	6,0	1,24	1,24	0,00
20/04/2005	Tahití	0	III		25,4	119,9	111,7	13,2	1,10		10	1,80	52,0	45,0	7,0	1,36	1,36	0,00
20/04/2005	Candra	0	I		19,5	41,7	38,7	7,2	0,40		3,5	0,50	32,0	27,2	4,8	0,38	0,38	0,00
20/04/2005	Candra	0	II		27,2	143,7	132,1	15,2	1,30		9,5	2,10	46,0	39,5	6,5	1,60		
20/04/2005	Candra	0	III		25,6	131,8	121,2	12,0	1,10		8	2,20	46,0	40,5	5,5	0,63	0,63	0,00
28/04/2005	Tío i Nebot	0	III		25,7	123,8	113,3	15,0	0,90		8	2,30	44,0	39,0	5,0	1,03	1,03	0,00
28/04/2005	Tío i Nebot	0	II		24	91,4	83,6	10,9	0,60		9	1,70	42,0	37,0	5,0	0,75	0,75	0,00
28/04/2005	Tío i Nebot	0	III		27,8	168,8	153,9	9,6	1,20		13	3,10	53,0	47,0	6,0	2,30		
28/04/2005	Tío i Nebot	0	II		23,5	100,1	91,8	7,4	0,80		10	1,80	42,0	37,4	4,6	0,96	0,58	0,39
28/04/2005	Tío i Nebot	0	II		23,80	98,2	87,1	11,3	0,90		8	1,80	42,0	37,0	5,0	0,69	0,69	0,00
28/04/2005	Tío i Nebot	1	III		24,30	91,0	84,7	12,1	0,50		2	0,10	30,0	24,5	5,5	1,00	1,00	0,00
28/04/2005	Tío i Nebot	0	III		22,50	78,1	70,0	11,8	0,50		7	1,40	36,0	32,0	4,0	0,80	0,80	0,00
28/04/2005	Tío i Nebot	1	III		20,70	63,3	58,9	7,5	0,40		2	0,00	31,0	26,5	4,5	0,74	0,45	0,29
28/04/2005	Tío i Nebot	0	III		28,8	183,9	166,5	19,3	1,40		10	2,80	45,0	39,0	6,0	1,86	1,86	0,00
28/04/2005	Tío i Nebot	0	II		23,8	97,7	87,2	6,4	0,80		10	1,60	30,0	25,5	4,5	1,00	1,00	0,00
28/04/2005	Tío i Nebot	0	III		23,2	95,0	82,2	5,4	0,80		9	1,40	40,0	35,0	5,0	4,50		
28/04/2005	Tío i Nebot	0	III		27,4	134,7	121,0	11,9	1,20		10	2,30	49,0	43,5	5,5	1,08	1,08	0,00
28/04/2005	Tío i Nebot	1	IV		22,1	68,1	64,5	7,7	0,20		3	0,10	26,0	21,0	5,0	0,42	0,42	0,00
28/04/2005	Tío i Nebot	0	I		19,8	48,3	44,0	8,9	0,20		4	0,20	23,0	20,0	3,0	0,26	0,26	0,00
25/05/2005	Bollo	0	III		30,9	248,8	230,3	19,5	3,00	3,00	10	4,60	51,0	45,0	6,0	1,46	1,46	0,00
25/05/2005	Bollo	0	II		32,4	234,0	214,0	8,7	4,50	4,50	7	3,20	54,0	47,0	7,0	1,56	1,56	0,00
25/05/2005	Bollo	0	I		20,1	50,1	45,3		0,30	0,30	5	0,30	36,0	32,0	4,0	0,77	0,77	0,00

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
25/05/2005	Bollo	1	III		23	79,3	74,4	7,3	0,60	0,60	2	0,10	20,0	16,0	4,0	0,29	0,29	0,00
25/05/2005	Bollo	1	III		21,3	61,6	58,3	9,3	0,30	0,30	1	0,00	20,0	15,0	5,0	0,34	0,34	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	III		25,8	117,6	108,0	12,4	1,00	1,00	7	1,50	32,0	28,0	4,0	0,45	0,45	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	II		21,5	81,0	65,2	23,7	1,30	1,30	7	2,90	35,0	30,0	5,0	1,26	0,57	0,70
25/05/2005	Tío i Nebot	0	III		26	142,2	129,5	12,3	2,90	2,90	7	3,30	50,0	46,0	4,0	0,63	0,63	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	I		19,6	49,2	44,5	10,1	0,50	0,50	5	0,20	25,0	21,0	4,0	0,44	0,38	0,06
25/05/2005	Tío i Nebot	0	III		29,2	187,7	173,1	13,7	0,80	0,80	8	2,60	50,0	45,0	5,0	1,88	1,05	0,84
25/05/2005	Tío i Nebot	1	IV		21,7	68,1	63,8	9,4	0,50	0,50	2	0,10	20,0	17,0	3,0	0,36	0,36	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	1	IV		21,8	70,2	65,6	10,6	0,40	0,40	2	0,10	20,0	16,0	4,0	0,29	0,29	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	1	IV		22,2	70,7	64,1	7,4	0,40	0,40	2	0,10	30,0	26,0	4,0	0,56	0,33	0,22
25/05/2005	Tío i Nebot	0	I		18,8	50,2	45,7	6,8	0,20	0,20	3	0,40	18,0	13,0	5,0	0,50	0,50	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	1	I		18	41,1	36,2	7,4	0,40	0,40	1	0,00	31,0	28,0	3,0	1,28	0,34	0,94
25/05/2005	Tío i Nebot	1	I		20,3	58,5	54,6	9,4	0,50	0,50	3	0,10	30,0	27,0	3,0	0,31	0,31	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	II		33,1	341,0	311,7	13,9	6,80	6,80	12	7,60	60,0	51,0	9,0	1,16	1,16	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	I		18	43,0	37,8	7,1	0,40	0,40	2	0,10	19,0	15,0	4,0	1,15	0,30	0,85
25/05/2005	Tío i Nebot	0	I		19,6	54,7	50,0	7,3	0,40	0,40	3,5	0,30	25,0	20,5	4,5	0,42	0,27	0,15
25/05/2005	Tío i Nebot	0	II		26,7	150,4	136,2	13,5	2,20	2,20	10	4,00	47,5	42,5	5,0	0,44	0,44	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	1	II		23,3	90,2	84,5	9,8	0,60	0,60	2	0,10	20,0	16,0	4,0	0,53	0,37	0,16
25/05/2005	Tío i Nebot	0	II		25,5	132,1	121,2	10,5	1,50	1,50	9	3,10	46,0	40,0	6,0	0,73	0,73	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	I		18,5	41,3	37,7	7,0	0,30	0,30	3,5	0,30	19,0	16,0	3,0	0,34	0,34	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	I		20,6	56,5	50,9	5,4	0,40	0,40	4	0,60	20,0	16,0	4,0	0,26	0,26	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	1	II		20,2	50,4	46,2	8,1	0,40	0,40	2	0,30	21,0	16,0	5,0	0,26	0,26	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	II		26,6	148,4	137,4	11,5	1,40	1,40	8	2,80	43,0	38,0	5,0	0,51	0,51	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	I		18,3	47,5	42,1	7,0	0,60	0,60	4	0,30	25,0	21,5	3,5	1,18	0,21	0,98
25/05/2005	Tío i Nebot	1	IV		21,8	70,4	65,4	11,8	0,60	0,60	4	0,20	24,0	20,0	4,0	0,35	0,35	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	I		20	54,1	49,8	6,7	0,70	0,70	5	0,30	22,0	17,0	5,0	0,29	0,29	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	I		18,1	38,8	35,4	10,6	0,20	0,20	4	0,30	18,0	15,0	3,0	0,22	0,22	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	I		18,3	41,6	38,1	8,4	0,30	0,30	5	0,20	21,0	16,5	4,5	0,28	0,28	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	1	IV		22,4	75,1	69,1	8,7	0,50	0,50	2	0,20	37,0	33,0	4,0	0,58	0,58	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	1	III		21,3	72,7	67,6	10,8	0,50	0,50	3	0,10	31,0	27,8	3,2	0,24	0,24	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	1	I		18	49,1	44,1	6,4	0,30	0,30	2	0,20	25,0	21,0	4,0	0,80		
25/05/2005	Tío i Nebot	1	I		19,2	50,4	46,0	8,9	0,50	0,50	1	0,10	20,0	16,0	4,0	0,26	0,26	0,00
25/05/2005	Velasco	0	II		24,4	104,6	95,4	10,9	0,90	0,90	8	1,90	39,0	34,0	5,0	0,65	0,65	0,00
25/05/2005	Velasco	0	II		25,1	122,1	109,7	12,4	1,40	1,40	6	2,40	37,0	32,0	5,0	0,70	0,70	0,00
25/05/2005	Velasco	0	I		20	51,1	47,7	8,6	0,40	0,40	3,5	0,30	19,0	15,0	4,0	0,50	0,50	0,00

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
25/05/2005	Velasco	1	I		18,2	42,2	38,0	4,8	0,20	0,20	1	0,10	22,0	18,0	4,0	0,29	0,29	0,00
25/05/2005	Velasco	0	III		23,5	94,1	86,2	8,5	0,40	0,40	6	1,40	20,0	16,5	3,5	0,66	0,64	0,02
25/05/2005	Velasco	0	II		25,3	117,8	107,5	8,7	1,10	1,10	10	2,20	35,0	31,0	4,0	0,95	0,75	0,20
25/05/2005	Velasco	0	III		29,1	190,6	174,3	14,9	1,70	1,70	13	3,90	50,0	44,0	6,0	1,08	1,08	0,00
25/05/2005	Velasco	1	III		25	117,0	110,6	10,8	0,90	0,90	3	0,20	40,0	36,0	4,0	0,55	0,55	0,00
25/05/2005	Velasco	0	III		24,8	124,7	112,9	12,9	1,50	1,50	10	2,10	54,0	48,0	6,0	1,48	0,78	0,69
25/05/2005	Velasco	0	III		26,8	138,6	126,7	14,8	1,00	1,00	8	2,40	38,0	32,0	6,0	1,70	1,70	0,00
25/05/2005	Escorpión	0	II		27,7	180,7	166,8	13,1	1,60	1,60	10	2,80	54,0	46,0	8,0	1,74	1,74	0,00
25/05/2005	Escorpión	0	II		25,8	123,6	114,4	12,5	1,00	1,00	7	1,90	38,0	33,0	5,0	0,87	0,87	0,00
25/05/2005	Escorpión	0	II		26,9	165,1	143,9	13,6	1,50	1,50	10	3,10	45,0	38,0	7,0	6,40	1,61	4,80
25/05/2005	Escorpión	0	III		28,3	166,3	155,3	15,1	1,20	1,20	6	1,80	47,0	41,5	5,5	0,93	0,93	0,00
25/05/2005	Escorpión	0	III		25,7	125,4	115,1	15,4	0,80	0,80	6	1,50	49,0	43,0	6,0	0,96	0,96	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	III		27	173,8	156,6	14,2	1,20	1,20	8	2,80	50,0	45,0	5,0	0,90	0,90	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	II		21	84,2	76,7	9,6	1,00	1,00	7	1,60	35,0	31,0	4,0	1,20	1,00	0,20
23/05/2005	Tío i Nebot	0	III		27	147,6	134,5	10,2	0,90	0,90	11	2,80	40,0	35,0	5,0	1,00	1,00	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	II		26,5	155,4	142,5	12,5	1,90	1,90	10	2,30	30,0	24,0	6,0	0,61	0,61	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	II		24	123,0	111,3	8,6	1,40	1,40	8	2,60	48,0	43,0	5,0	1,65	1,04	0,62
23/05/2005	Tío i Nebot	1	II		23	88,7	84,2	9,2	0,70	0,70	3	0,20	30,0	26,0	4,0	1,90	1,90	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	1	III		24	108,4	101,2	33,3	0,60	0,60	2	0,30	35,0	31,5	3,5	0,39	0,39	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	II		30	284,8	247,2	25,6	5,70	5,70	10	4,40	40,0	31,0	9,0	15,20	0,50	14,70
23/05/2005	Tío i Nebot	0	III		26	154,7	142,7	7,8	1,40	1,40	8	2,10	47,0	41,0	6,0	1,47	0,82	0,65
23/05/2005	Tío i Nebot	0	II		27,00	174,5	162,8	16,3	2,30	2,30	8	3,50	54,0	46,0	8,0	1,04	1,04	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot				25	115,1	106,8		0,40	0,40	4	0,60	33,0	29,0	4,0	0,44	0,44	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	1	IV		21	76,0	67,7	6,6	0,60	0,60	1	0,20	32,0	28,0	4,0	0,32	0,32	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	I		20,00	62,1	58,3	10,8	0,60	0,60	4	0,50	25,0	22,0	3,0	0,82	0,24	0,58
23/05/2005	Tío i Nebot	0	III		25	129,5	120,1	11,1	1,20	1,20	8	2,10	38,0	34,0	4,0	0,55	0,55	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	I		19	46,0	44,7	8,9	0,30	0,30	3,5	0,50	15,0	12,0	3,0	0,42	0,42	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	1	III		25	65,5	62,8	10,9	0,40	0,40	1	0,10	24,0	20,0	4,0	0,31	0,31	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	IV		21,2	69,6	65,8	10,0	0,40	0,40	4	0,70	20,0	16,0	4,0	0,51	0,51	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	1	III		24	97,6	93,4	12,2	0,70	0,70	2	0,10	35,0	32,0	3,0	0,55	0,35	0,20
23/05/2005	Tío i Nebot	1	IV		26	148,8	142,6	12,8	0,90	0,90	2	0,30	45,0	40,0	5,0	1,09	0,78	0,31
23/05/2005	Tío i Nebot	0	III		24	101,1	93,6	11,8	0,90	0,90	6	1,70	28,0	24,0	4,0	0,66	0,51	0,15
23/05/2005	Tío i Nebot	0	II		24	115,1	105,3	10,2	0,90	0,90	9	2,30	44,0	38,0	6,0	0,65	0,64	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	II		23	95,9	86,5	11,6	0,90	0,90	8	1,60	49,0	43,0	6,0	1,32	0,54	0,77
23/05/2005	Tío i Nebot	1	III		21	82,9	78,6	15,2	0,60	0,60	3	0,20	26,0	22,0	4,0	0,46	0,19	0,27

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
23/05/2005	Tío i Nebot	0	III		25	155,8	145,6	16,2	1,80	1,80	9	2,60	50,0	44,0	6,0	1,04	0,78	0,25
23/05/2005	Tío i Nebot	0	I		22	89,0	82,8	8,1	0,70	0,70	6	1,30	44,0	39,0	5,0	0,60	0,60	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	III		25	123,9	114,4	15,8	1,60	1,60	7	2,60	32,0	29,0	3,0	0,46	0,46	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	III		25,5	140,5	132,0	16,8	1,70	1,70	9	2,60	49,0	43,5	5,5	1,05	1,05	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	III		24	104,5	96,6	12,8	0,90	0,90	7	1,80	35,0	30,0	5,0	0,43	0,43	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	1	III		25	111,5	106,1	10,3	0,90	0,90	3	0,40	40,0	35,0	5,0	0,73	0,73	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	II		25	95,2	89,2	9,4	0,80	0,80	7	2,30	40,0	36,0	4,0	0,46	0,46	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	II		23,5	110,8	102,5	12,6	1,00	1,00	9	2,20	42,0	37,0	5,0	0,61	0,61	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	I		18,5	49,7	46,4	9,4	0,10	0,10	3	0,30	23,0	19,0	4,0	0,86	0,30	0,56
23/05/2005	Tío i Nebot	1	III		21	78,5	74,7	7,8	0,50	0,50	2	0,20	35,0	30,5	4,5	1,01	0,36	0,65
23/05/2005	Tío i Nebot	0	I		18	46,3	44,0	6,7	0,30	0,30	4	0,30	15,0	11,0	4,0	0,23	0,23	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	1	I		18,6	49,1	44,3	9,2	0,20		5	0,70	14,0	10,0	4,0	0,27	0,27	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	0	III		24,5	112,6	100,1	13,1	1,50		6	4,30	43,0	38,0	5,0	0,69	0,41	0,28
29/06/2005	Tío i Nebot	0	II		22,3	83,0	73,1	14,3	1,00		7	3,80	15,0	10,0	5,0	0,81	0,44	0,37
29/06/2005	Tío i Nebot	0	II		25,2	121,1	106,9	9,9	1,30		10	5,00	43,5	37,5	6,0	0,48	0,48	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	1	II		20,7	60,9	53,0	16,3	0,30		7	2,00	14,0	10,0	4,0	0,70	0,70	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	0	I		18,8	44,6	39,2	8,9	0,20		6	1,40	19,0	16,0	3,0	0,26	0,21	0,05
29/06/2005	Tío i Nebot	0	II		23,3	89,8	80,1	13,6	0,10		9	3,30	18,0	15,0	3,0	0,43	0,43	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	0	I		19,6	50,3	44,4	11,1	0,10		5	0,60	23,0	19,5	3,5	0,20	0,20	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	0	III		25,7	152,8	129,1	13,9	2,30		11	9,00	53,0	49,0	4,0	2,93	0,60	2,34
29/06/2005	Tío i Nebot	0	II		21,00	68,4	59,9	9,9	0,90		8	3,00	18,0	13,0	5,0	0,35	0,35	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	0	II		22,9	88,1	76,7	14,2	0,80		8	3,90	25,0	20,0	5,0	1,36	0,41	0,94
29/06/2005	Tío i Nebot	0	IV		21,2	66,9	58,0	6,7	0,70		6	1,20	16,0	11,5	4,5	0,84	0,67	0,18
29/06/2005	Tío i Nebot	0	I		19,2	47,5	41,1	8,9	0,40		4	1,10	20,0	17,0	3,0	0,31	0,31	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	0	I		19,9	94,2	47,1	9,2	0,60		5	1,80	14,0	10,0	4,0	0,41	0,22	0,19
29/06/2005	Tío i Nebot	1	II		22,40	77,0	72,5	8,6	0,50		2	0,20	20,0	17,0	3,0	0,33	0,23	0,10
29/06/2005	Tío i Nebot	0	III		20	60,5	52,5	8,3	0,50		6	1,80	20,0	16,0	4,0	0,65	0,57	0,08
29/06/2005	Tío i Nebot	0	I		18,6	41,9	37,4	9,2	0,20		5	1,20	15,0	11,0	4,0	0,35	0,35	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	0	III		23,5	98,8	87,9	15,3	0,70		9	5,10	28,0	24,0	4,0	0,54	0,54	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	1	IV		20,3	51,8	47,9	9,0	0,20		3	0,20	14,0	10,5	3,5	0,49	0,49	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	0	II		24,3	101,7	90,2	10,3	1,30		10	6,90	26,0	23,0	3,0	0,78	0,40	0,38
29/06/2005	Tío i Nebot	1	IV		22	71,7	67,7	6,2	0,60		3	0,40	22,0	18,0	4,0	0,44	0,30	0,13
29/06/2005	Tío i Nebot	0	I		19,4	50,7	45,4	12,4	0,60		6	1,40	12,0	10,0	2,0	0,60	0,40	0,20
29/06/2005	Tío i Nebot	0	I		19,1	52,1	44,4	10,8	0,60		9	2,70	22,0	18,0	4,0	0,61	0,27	0,34
29/06/2005	Tío i Nebot	1	III		22,3	77,6	69,4	8,6	0,60		3	0,40	22,0	18,0	4,0	1,45	0,43	1,02

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm. lleno (g)	W Estóm. vacío (g)	W Contenido estomacal
29/06/2005	Tío i Nebot	1	I		18,5	36,6	33,5	8,0	0,20		2	0,30	15,0	12,0	3,0	0,16	0,16	0,00
29/06/2005	Tío i Nebot	1	I		18,8	43,5	38,7	6,5	0,40		3	0,40	20,0	16,0	4,0	0,29	0,17	0,12
29/06/2005	Escorpión	0	II		22,4	88,6	79,2	8,3	0,70		6	4,00	38,0	33,0	5,0	0,42	0,42	0,00
29/06/2005	Escorpión	1	I		18,8	44,8	41,2	7,6	0,20		2	0,10	18,0	15,0	3,0	0,16	0,16	0,00
29/06/2005	Escorpión	1	IV		20,1	51,3	48,3	11,2	0,10		3	0,20	18,0	15,0	3,0	0,17	0,17	0,00
29/06/2005	Escorpión	0	II		22,3	80,7	70,0	6,9	1,00		8	4,20	39,0	33,0	6,0	0,64	0,64	0,00
29/06/2005	Escorpión	0	III		25,7	132,8	112,8	10,5	1,70		11	10,00	38,0	32,5	5,5	1,03	0,79	0,24
29/06/2005	Escorpión				20	54,3	50,7	9,7	0,10		3	0,20	18,0	15,0	3,0	0,15	0,15	0,00
29/06/2005	Escorpión	0	IV		20,2	50,6	47,1	4,9	0,20		3	0,20	26,0	22,0	4,0	0,15	0,15	0,00
29/06/2005	Escorpión	0	III		26,5	167,0	155,9	8,6	2,30		10	9,40	38,0	32,0	6,0	1,05	1,05	0,00
29/06/2005	Escorpión	1	I		19,6	51,2	46,8	9,4	0,20		4	0,30	17,0	13,0	4,0	0,28	0,28	0,00
29/06/2005	Escorpión	0	I		18,4	43,8	37,2	10,2	0,30		5	2,00	28,0	25,0	3,0	0,70	0,50	0,20
29/06/2005	Escorpión	0	II		18,4	153,8	141,4	11,9	1,30		10	7,60	45,0	41,0	4,0	1,40	1,30	0,10
29/06/2005	Escorpión	0	II		26,5	143,4	126,6		1,20		10	7,70	25,0	21,0	4,0	1,02	1,02	0,00
29/06/2005	Escorpión	1	I		19,2	46,1	42,5	8,1	0,20		4	0,30	14,0	11,0	3,0	0,25	0,25	0,00
29/06/2005	Escorpión	0	II		29,4	212,7	182,5	13,1	2,80		11	10,00	53,0	45,0	8,0	4,90	1,23	3,67
29/06/2005	Escorpión	0	IV		26	130,1	115,6	15,3	1,00		10	5,60	26,0	21,0	5,0	0,68	0,68	0,00
29/06/2005	Hnos. Palero	0	IV		27	160,6	144,9	13,2	1,60		10	7,50	49,0	43,0	6,0	1,45	1,07	0,38
29/06/2005	Hnos. Palero				24,6	106,2	101,5	15,4	0,50		3	0,30	12,0	7,5	4,5	0,53	0,53	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	0	II		26,6	150,7	136,3	21,1	1,90		8	5,60	35,0	30,0	5,0	0,99	0,99	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	0	II		28,2	198,4	176,4	17,5	2,40		14	10,10	55,0	48,0	7,0	0,82	0,82	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	1	II		25,3	117,1	111,5	17,5	0,70		1	0,20	30,0	24,0	6,0	0,59	0,59	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	1	I		19,5	49,2	46,7	10,2	0,20		1	0,10	19,0	15,0	4,0	0,40	0,40	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	1	II		22,8	78,8	74,6	13,3	0,50		2	0,20	20,0	16,0	4,0	0,29	0,29	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	0	II		23,4	88,1	80,0	14,1	1,00		6	3,20	27,0	23,0	4,0	0,30	0,30	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	0	II		23,1	88,0	80,0	13,3	0,70		8	3,00	27,0	24,0	3,0	0,39	0,39	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	1	IV		23,7	92,0	85,9	11,3	0,80		2	0,30	29,0	24,0	5,0	0,33	0,33	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	1	I		20	50,9	46,9	13,1	0,40		1	0,10	14,0	11,0	3,0	0,31	0,31	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	0	II		27,7	147,2	131,3	12,6	1,10		11	7,60	41,0	36,0	5,0	0,73	0,73	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	1	IV		25,9	122,3	115,8	17,0	0,70		3	0,30	28,0	24,0	4,0	0,68	0,68	0,00
06/07/2005	Hnos. Palero	1	IV		23	84,1	78,7	14,6	0,30		2	0,20	27,0	23,0	4,0	0,71	0,71	0,00
06/07/2005	Concha	0	III		21,2	66,3	58,7	17,6	0,90		6	2,90	30,0	26,0	4,0	0,48	0,43	0,05
06/07/2005	Concha	0	III		22,6	82,8	75,1	12,3	0,70		5	2,60	25,0	21,0	4,0	0,39	0,31	0,09
06/07/2005	Concha	0	III		31,1	209,7	191,8	14,9	1,50		12	6,50	42,0	37,0	5,0	1,00	1,00	0,00
06/07/2005	Concha	0	III		27	143,2	103,8	19,0	0,60		8	4,40	37,0	32,5	4,5	0,70	0,52	0,18

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
06/07/2005	Concha	0	II		23,4	98,2	85,3	10,9	1,20		7	3,70	30,0	26,0	4,0	0,91	0,72	0,19
06/07/2005	Concha	0	II		23,3	92,1	82,3	19,4	1,10		6	3,10	35,0	28,0	7,0	0,91	0,71	0,20
06/07/2005	Concha	0	I		17,7	39,7	34,1	14,8	0,50		6	1,40	20,0	17,0	3,0	0,90	0,35	0,55
06/07/2005	Concha	1	I		14,5	22,2	19,4	9,5	0,10		3	0,10	15,0	12,0	3,0	0,14	0,14	0,00
06/07/2005	Concha	0	II		21,2	64,8	57,1	9,3	0,60		8	2,00	35,0	31,0	4,0	0,54	0,33	0,21
06/07/2005	Concha	0	I		19,2	46,4	41,4	11,3	0,50		6	1,70	15,0	10,0	5,0	0,29	0,29	0,00
06/07/2005	Concha	0	I		21,7	71,0	63,9	13,5	0,50		8	1,60	20,0	17,0	3,0	0,40	0,40	0,00
06/07/2005	Concha	0	I		18,6	46,4	41,2	12,7	0,60		6	1,40	24,0	20,0	4,0	0,33	0,33	0,00
06/07/2005	Concha	1	I		18,8	46,9	43,8	12,5	0,10		2	0,20	15,0	12,0	3,0	0,27	0,16	0,11
06/07/2005	Concha	1	I		19,3	44,7	41,3	12,4	0,40		1	0,10	25,0	21,0	4,0	0,24	0,24	0,00
06/07/2005	Concha	1	I		18,2	36,8	34,1	8,2	0,50		2	0,10	13,0	10,0	3,0	0,12	0,12	0,00
06/07/2005	Concha	1	I		18,2	39,1	35,2	10,6	0,30		2	0,10	13,0	9,0	4,0	0,48	0,10	0,38
06/07/2005	Concha	0	III		20	58,5	51,3	13,5	0,50		6,5	2,00	25,0	20,0	5,0	0,40	0,40	0,00
06/07/2005	Concha	0	I		19,3	53,1	46,6	12,6	0,50		8	1,70	17,0	13,0	4,0	0,80	0,28	0,52
06/07/2005	Concha	0	I		18,8	45,3	40,8	15,1	0,50		5	1,40	15,0	12,0	3,0	0,33	0,33	0,00
06/07/2005	Concha	0	IV		21,5	77,6	69,7		0,80		8	3,00	20,0	16,0	4,0	0,34	0,34	0,00
06/07/2005	Concha	0	III		21,2	58,5	50,7	11,8	0,60		9	1,60	20,0	16,0	4,0	0,33	0,33	0,00
06/07/2005	Concha	0	I		20	51,0	44,9	19,0	0,60		6	1,70	25,0	21,5	3,5	0,38	0,38	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	1	I		18,5	40,6	37,7	9,2	0,40		2	0,10	14,0	10,0	4,0	0,24	0,24	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	0	IV		22,1	71,8	64,3	12,1	0,60		9	2,90	20,0	15,0	5,0	0,38	0,38	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	0	I		20,1	59,6	52,4	10,2	0,70		7	2,60	18,0	15,0	3,0	0,58	0,28	0,30
26/07/2005	Tío i Nebot	1	IV		21,9	68,1	63,0	12,8	0,50		3	0,10	20,0	17,0	3,0	0,35	0,35	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	0	III		20,6	59,7	52,8	10,8	0,60		8	2,00	23,0	19,0	4,0	0,57	0,39	0,18
26/07/2005	Tío i Nebot	1	I		19	47,0	43,4	8,4	0,30		2	0,20	14,0	10,0	4,0	0,38	0,16	0,22
26/07/2005	Tío i Nebot	0	I		19,40	51,1	44,2	11,2	0,60		6	2,00	15,0	12,0	3,0	0,53	0,53	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	0	I		19,7	56,0	47,6	12,9	0,60		6,5	2,70	22,0	18,0	4,0	0,51	0,41	0,11
26/07/2005	Tío i Nebot	0	I		20	56,5	48,1	11,2	0,40		8	1,60	15,0	10,0	5,0	0,38	0,28	0,10
26/07/2005	Tío i Nebot	0	III		24,9	121,0	107,2	17,9	2,00		11	5,30	43,0	38,0	5,0	0,35	0,35	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	0	I		19,2	53,5	44,9	9,4	0,60		10	2,50	29,0	25,0	4,0	0,75	0,23	0,52
26/07/2005	Tío i Nebot	1	I		16,1	27,3	24,3	7,3			1	0,20	15,0	12,0	3,0	0,28	0,28	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	1	I		20	52,3	47,8	13,0	0,40		2	0,20	20,0	16,0	4,0	0,28	0,28	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	0	I		18,5	43,7	38,3	12,0	0,30		5	1,00	15,0	11,0	4,0	0,36	0,36	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	0	IV		24,1	96,0	86,9	16,7	0,50		8	4,10	32,0	25,0	7,0	0,65	0,65	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot		IV		24,1	104,1	90,7	11,3	0,60		8	4,70	30,0	24,0	6,0	0,80	0,80	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	0	III		24,7	100,0	90,6	15,4	0,70		8	3,60	27,0	22,5	4,5	0,32	0,32	0,00

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm. lleno (g)	W Estóm. vacío (g)	W Contenido estomacal
26/07/2005	Tío i Nebot	0	III		27,60	159,6	140,3	19,1	1,80		11	7,20	55,0	49,0	6,0	1,49	1,49	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	0	IV		24,3	103,2	90,4	18,1	1,60		9	3,80	44,0	37,0	7,0	1,57	0,75	0,81
26/07/2005	Tío i Nebot	0	III		24,6	109,8	94,7	18,8	1,70		12	5,70	50,0	43,0	7,0	1,05	0,52	0,53
26/07/2005	Tío i Nebot	0	IV		22,5	58,5	70,4	13,8	0,90		6,5	2,70	24,0	20,0	4,0	0,39	0,39	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	0	III		22,6	85,1	75,8	17,0	0,50		7	3,30	34,0	28,0	6,0	0,45	0,45	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	0	IV		22,9	84,4	75,8	13,4	0,70		7	3,00	21,0	18,0	3,0	0,54	0,54	0,00
28/07/2005	Tío i Nebot	1	I		15,9	28,3	26,3	7,9	0,10		2	0,20	8,0	5,0	3,0	0,09	0,09	0,00
28/07/2005	Tío i Nebot	1	I		19,9	54,1	50,1	13,4	0,40		1	0,10	20,0	16,0	4,0	0,73	0,34	0,38
28/07/2005	Tío i Nebot	0	IV		24,10	89,3	79,4	14,3	0,60		10	2,20	35,0	30,0	5,0	1,62	0,47	1,15
28/07/2005	Tío i Nebot	0	IV		22,6	80,7	72,1	12,2	0,50		8	3,10	24,0	19,0	5,0	0,39	0,39	0,00
26/07/2005	Tío i Nebot	1	I		20,2	53,9	50,7	9,6	0,40		1	0,10	20,0	17,0	3,0	2,97	2,97	0,00
28/07/2005	Tío i Nebot	1	I		20,1	52,0	48,7	11,0	0,30		3	0,20	17,0	14,0	3,0	0,27	0,27	0,00
28/07/2005	Tío i Nebot	0	III		23,70	86,1	77,5	11,2	1,00		8	3,20	25,0	22,0	3,0	0,31	0,31	0,00
28/07/2005	Tío i Nebot	0	I		18,6	44,5	37,5	8,9	0,40		6	1,70	22,0	18,0	4,0	0,42	0,38	0,04
28/07/2005	Tío i Nebot	0	III		21,3	68,6	62,3	10,5	0,70		7	2,40	18,0	12,0	6,0	0,40	0,40	0,00
28/07/2005	Tío i Nebot	0	IV		26,5	129,9	116,8	19,2	0,70		8	3,30	32,0	27,0	5,0	1,97	0,85	1,11
28/07/2005	Tío i Nebot	0	III		26,4	133,9	119,4	15,5	0,80		10	6,00	34,0	30,0	4,0	1,26	0,65	0,60
28/07/2005	Tío i Nebot	0	II		21,4	65,8	58,4	13,7	0,60		9	2,90	28,0	25,0	3,0	0,38	0,38	0,00
28/07/2005	Tío i Nebot	0	I		19,90	57,1	50,5	11,8	0,60		7	2,50	13,0	10,0	3,0	0,50	0,50	0,00
28/07/2005	Tío i Nebot	1	IV		23,2	85,3	80,6	16,5	0,60		3	0,10	18,0	15,0	3,0	0,65	0,56	0,09
28/07/2005	Tío i Nebot	0	IV		26,40	62,2	55,1	11,5	0,40		7	1,30	15,0	9,0	6,0	0,39	0,39	0,00
05/10/2005	Hnos. Palero	0	III		32,1	307,9	256,0	17,7	3,80		12	7,20	70,0	60,0	10,0	27,10		
05/10/2005	Hnos. Palero	0	III		30,3	214,1	188,4	1,4	1,50		11	4,00	45,0	39,0	6,0	1,36	1,06	0,30
05/10/2005	Hnos. Palero	0	IV		22,7	88,1	81,2	9,8	0,40		6	0,80	21,0	17,0	4,0	0,53	0,53	0,00
05/10/2005	Hnos. Palero	1	IV		24,5	105,8	100,3	13,7	0,60		3	0,20	30,0	26,0	4,0	0,51	0,51	0,00
05/10/2005	Hnos. Palero	0	III		28,3	170,8	155,3	14,4	1,50		11	2,10	50,0	44,0	6,0	3,67	3,67	0,00
05/10/2005	Hnos. Palero	0	III		25,3	115,4	105,9	14,4	0,50		8	1,40	26,0	21,0	5,0	1,19	0,89	0,30
05/10/2005	Victoria	0	II		31,2	226,4	205,9	26,9	1,70		9	4,10	50,0	43,0	7,0	1,99	1,99	0,00
05/10/2005	Victoria	0	III		30,5	206,1	189,6	13,6	1,20		6	3,10	50,0	44,0	6,0	1,88	1,88	0,00
05/10/2005	Victoria	0	III		27,7	151,9	137,2	23,3	1,10		12	2,10	44,0	38,0	6,0	1,55	1,55	0,00
05/10/2005	Victoria	0	III		26,4	154,5	142,8	18,6	1,20		8	1,50	53,0	46,0	7,0	2,30		
05/10/2005	Victoria	0	II		28,5	161,8	146,7	11,6	1,40		10	3,00	30,0	24,0	6,0	1,57	1,57	0,00
05/10/2005	Victoria	1	III		26,4	152,7	144,3	12,3	1,40		3	0,10	30,0	24,0	6,0	0,84	0,84	0,00
05/10/2005	Tío i Nebot	0	IV		22,40	84,4	77,2	15,7	0,50		6	0,80	31,0	27,0	4,0	1,29	0,79	0,50
05/10/2005	Tío i Nebot	1	II		20,1	53,6	49,3	10,9	0,40		5	0,80	18,0	15,0	3,0	0,29	0,29	0,00

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
05/10/2005	Tío i Nebot	1	IV		24	97,0	90,8	7,8	0,60		5	0,70	29,0	24,0	5,0	0,79	0,63	0,16
05/10/2005	Tío i Nebot	1	IV		22	70,5	65,1	5,7	0,20		6	0,90	36,0	31,0	5,0	0,61	0,51	0,11
05/10/2005	Tío i Nebot	1	IV		22,4	70,3	66,0	10,6	0,40		2	0,10	24,0	20,5	3,5	0,42	0,26	0,17
05/10/2005	Tío i Nebot	0	IV		24	114,9	101,0	11,7	1,20		10	2,60	42,0	36,0	6,0	4,22	1,42	2,80
05/10/2005	Tío i Nebot	0	IV		22,1	75,2	69,6	12,7	0,40		7	0,90	35,0	31,0	4,0	0,03	0,03	0,00
05/10/2005	Tío i Nebot	0	III		23,1	101,5	94,1	17,0	0,60		5,5	1,10	23,0	20,0	3,0	0,39	0,28	0,11
05/10/2005	Tío i Nebot	0	IV		23,5	104,8	94,7	8,9	0,30		7	1,40	35,0	30,5	4,5	2,60		
05/10/2005	Tío i Nebot	0	I		21	74,5	58,9	21,0	0,50		8	1,00	35,0	31,0	4,0	0,80	0,58	0,21
05/10/2005	Tío i Nebot	0	IV		24,4	115,7	106,2	17,6	1,10		6,5	1,40	33,0	29,0	4,0	0,44	0,44	0,00
05/10/2005	Tío i Nebot	1	I		20,6	58,1	54,3	7,9	0,30		1	0,10	15,0	12,0	3,0	0,30	0,30	0,00
05/10/2005	Tío i Nebot	1	IV		21,6	71,4	66,5	8,9	0,40		2	0,10	20,0	17,0	3,0	0,44	0,44	0,00
05/10/2005	Tío i Nebot	0	III		22,7	87,1	76,3	11,8	0,60		6	0,60	36,0	33,0	3,0	1,78	0,53	1,25
05/10/2005	Tío i Nebot	0	III		22	74,9	68,5	11,5	0,30		8	0,80	31,0	27,0	4,0	0,45	0,35	0,10
05/10/2005	Tío i Nebot	0	I		21,5	66,3	60,3	8,6	0,60		6	1,00	18,0	13,0	5,0	0,40	0,40	0,00
05/10/2005	Tío i Nebot	0	IV		23,1	83,3	71,2	8,8	0,50		6	1,00	25,0	20,0	5,0	4,05	0,65	3,41
05/10/2005	Tío i Nebot	0	I		19,2	46,0	41,7	9,1	0,20		6	0,90	15,0	12,0	3,0	0,38	0,31	0,07
05/10/2005	Victoria	0	IV		22,2	73,8	70,2	11,8	0,40		5,5	0,80	30,0	25,0	5,0	0,38	0,28	0,10
05/10/2005	Victoria	0	IV		22	77,0	73,3	10,8	0,70		3	0,20	18,0	13,0	5,0	0,65	0,65	0,00
05/10/2005	Victoria	0	I		20,2	64,2	59,2	9,7	0,30		5	1,00	20,0	16,0	4,0	0,40	0,40	0,00
05/10/2005	Victoria	0	IV		21,7	70,8	66,6	12,6	0,50		6	0,80	20,0	15,0	5,0	0,38	0,38	0,00
05/10/2005	Victoria	0	I		21,9	73,0	67,3	9,1	0,60		6	0,60	24,0	20,0	4,0	0,40	0,40	0,00
05/10/2005	Victoria	0	I		22,1	76,0	70,7	11,7	0,60		4	0,40	20,0	15,0	5,0	0,27	0,27	0,00
05/10/2005	Tío i Nebot	0	IV		22,5	86,0	79,8	16,5	0,70		6	0,80	27,0	23,0	4,0	0,43	0,43	0,00
05/10/2005	Tío i Nebot	0	I		20,1	57,9	52,3	7,8	0,30		8	0,70	31,0	27,0	4,0	0,64	0,18	0,45
05/10/2005	Tío i Nebot	0	I		21,1	64,2	59,0	11,3	0,30		10	3,10	30,0	25,0	5,0	1,16	0,34	0,82
05/10/2005	Tío i Nebot	0	I		21,5	78,8	71,0	13,3	0,80		2	0,10	15,0	11,0	4,0	0,72	0,57	0,16
05/10/2005	Tío i Nebot				21,5	63,3	58,9	7,8	0,50		6	0,80	31,0	26,0	5,0	0,90		
05/10/2005	Tío i Nebot				20,7	60,4	54,8	10,0	0,30		5	0,30	20,0	16,0	4,0	1,90		
05/10/2005	Tío i Nebot	0	IV		28,6	180,6	161,4	22,8	2,70		10	3,10	49,0	43,0	6,0	2,56	1,31	1,25
05/10/2005	Tío i Nebot				23,6	92,1	84,1	14,2	0,30		6	0,90	28,0	24,0	4,0	1,00		
05/10/2005	Tío i Nebot	1	IV		21,8	68,9	64,2	12,6	0,50		2	0,10	10,0	5,0	5,0	0,36	0,36	0,00
05/10/2005	Tío i Nebot	0	III		26,5	135,1	123,7	15,9	0,80		5	1,60	34,0	28,0	6,0	1,24	1,07	0,17
05/10/2005	Tío i Nebot				22,5	84,1	79,7	9,6	0,50		2	0,10	28,0	23,0	5,0	0,80		
05/10/2005	Tío i Nebot				23,7	103,5	92,0	11,8	1,00		6,5	2,20	35,0	30,0	5,0	3,20		
05/10/2005	Tío i Nebot	0	I		23,7	89,0	82,1	17,2	0,50		8	0,90	26,0	22,0	4,0	0,77	0,77	0,00

S. lusitanica

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
05/10/2005	Onremo	1	IV		22,4	81,6	76,8	10,9	0,60		1	0,10	20,0	16,0	4,0	0,34	0,34	0,00
05/10/2005	Onremo	0	III		25,1	133,7	114,9	17,5	0,90		10	2,70	43,0	37,0	6,0	7,22	1,49	5,73
05/10/2005	Onremo	0	IV		23,8	97,5	86,1	13,2	0,60		5	1,20	29,0	23,0	6,0	4,30		
05/10/2005	Onremo	1	IV		23,4	98,1	91,0	15,7	0,50		3	0,10	29,0	24,0	5,0	0,60	0,60	0,00
23/01/2006	Tío i Nebot	0	IV		23	94,0	88,6	16,4	0,80		8	1,10	36,0	32,0	4,0	0,65	0,50	0,15
23/01/2006	Tío i Nebot	0	IV		25	139,1	129,8	20,3	1,30		8	1,60	41,0	36,0	5,0	1,14	0,96	0,18
23/01/2006	Tío i Nebot	0	IV		24	104,5	101,2	11,5	0,60		6	1,30	25,0	20,0	5,0	1,20	1,20	0,00
23/01/2006	Tío i Nebot	1	IV		23	86,3	83,5	7,6	0,50		1	0,10	14,0	10,0	4,0	0,95	0,52	0,43
23/01/2006	Tío i Nebot	0	IV		26	127,5	119,9	20,8	0,90		8	1,70	35,0	30,5	4,5	0,89	0,70	0,19
23/01/2006	Tío i Nebot	0	IV		25	108,4	101,0	6,2	0,90		8	1,50	32,0	27,0	5,0	0,89	0,89	0,00
23/01/2006	Tío i Nebot	1	IV		21,00	78,5	75,2	11,7	0,70		3	0,10	15,0	11,0	4,0	0,50	0,50	0,00
23/01/2006	Tío i Nebot	0	IV		25	118,2	111,5	8,8	1,00		8	1,70	36,0	31,0	5,0	1,19	0,86	0,33
23/01/2006	Tío i Nebot	0	IV		25	132,2	117,1	13,9	0,70		7	1,60	43,0	38,0	5,0	0,86	0,86	0,00
23/01/2006	Tío i Nebot	0	IV		26	129,9	121,0	11,1	1,50		9	1,80	45,0	39,0	6,0	1,28	0,79	0,49
23/01/2006	Tío i Nebot	0	IV		23,5	105,0	98,6	13,4	0,50		4	1,10	27,0	21,0	6,0	1,99	0,96	1,03
23/01/2006	Tío i Nebot	0	III		26	143,9	134,4	14,2	0,90		8	1,90	36,0	31,0	5,0	1,85	1,16	0,68
23/01/2006	Tío i Nebot	0	IV		25	119,4	111,9	16,6	1,10		8,5	1,50	38,0	33,0	5,0	1,29	0,83	0,46
23/01/2006	Tío i Nebot	0	III		27	166,4	153,1	21,5	1,50		11	2,00	43,0	39,0	4,0	0,51	0,51	0,00
23/01/2006	Tío i Nebot	0	IV		22	85,8	80,5	14,4	0,50		7	0,80	22,0	18,0	4,0	0,84	0,39	0,45
23/01/2006	Tío i Nebot	1	IV		22,2	83,3	79,9	13,0	0,80		3	0,20	20,0	16,0	4,0	1,69	0,43	1,26
23/01/2006	Tío i Nebot	1	IV		23,3	89,9	86,2		0,60		3	0,20	28,0	25,0	3,0	0,78	0,35	0,44
23/01/2006	Tío i Nebot	0	I		22	82,7	77,7		0,50		0,8	1,20	28,0	22,0	6,0	1,06	1,06	0,00

S. scrofa

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
14/07/2004	Eustaquio	1	IV	6	34,0	546,2	448,8		30,15	13,95		0,26	31,5	24,0	7,5	15,50	15,50	0,00
14/07/2004	Eustaquio		I	2	12	31,2	28,6		0,34	0,71			7,0	4,0	3,0	1,60	0,76	0,84
14/07/2004	Eustaquio	1	IV	7	28,5	425,6	392,2		12,29	9,51			26,0	20,0	6,0	10,31	9,29	1,03
14/07/2004	Tío i Nebot	0	I	2	12,7	43,7	39,1		1,32	1,03		0,08	11,0	8,0	3,0	1,25	0,86	0,38
15/07/2004	Hortensia	1	IV	7	37,0	507,8	441,8		13,59	18,01		0,80	39,0	32,5	6,5	15,19	15,19	0,00
15/07/2004	Hortensia	1	I	5	17,5	88,9	83,2		0,74	2,53			15,0	11,0	4,0	2,78	2,28	0,50
15/07/2004	Hortensia	0	IV	6	24,5	257,5	242,9		2,46	4,34		0,44	23,5	18,5	5,0	6,58	5,54	1,04
15/07/2004	Tío i Nebot	0	IV	6	29	442,4	406,7		8,86	10,19		0,43	33,0	26,0	7,0	14,07	9,91	4,16
15/07/2004	Tío i Nebot	0	IV	7	25	264,5	248,2		3,22	6,45		0,48	24,5	18,5	6,0	7,75	7,32	0,44
15/07/2004	Tío i Nebot	1	I	5	20	139,8	127,7		2,79	3,60			19,0	13,5	5,5	6,42	3,29	3,14
15/07/2004	Eustaquio		I	2	15	55,9	52,3		0,48	1,10			12,5	9,5	3,0	1,24	0,96	0,28
19/07/2004	Hortensia	1	I	3	17	80,1	75,9		0,46	2,31			9,5	6,0	3,5	2,15	1,73	0,42
19/07/2004	Hortensia	1	I	5	17,5	89,8	83,0		1,25	2,62			20,0	16,0	4,0	2,49	2,08	0,41
19/07/2004	Hortensia	0	IV		22,8	211,2	196,4		2,52	4,63		0,45	20,5	16,0	4,5	6,24	5,66	0,58
19/07/2004	Hortensia	0	IV	5	20	150,9	140,4		1,61	3,59		0,23	20,0	16,0	4,0	4,10	3,48	0,63
19/07/2004	Hortensia	0	IV	6	26	352,6	318,6		9,97	9,14		0,72	31,0	24,0	7,0	12,82	9,10	3,73
21/07/2004	Tachi	0	III	6	32,9	722,1	632,2		35,00	14,24		20,52	34,0	27,5	6,5	14,42	13,57	0,85
21/07/2004	Tachi	0	III	6	26,2	343,2	313,9		10,02	6,33		1,70	30,0	24,2	5,8	8,19	7,13	1,06
21/07/2004	Tachi	0	I	3	19,5	131,8	124,4		2,26	2,31		0,14	19,5	16,0	3,5	2,28	2,07	0,21
21/07/2004	Tachi	0	I	3	17,2	98,1	91,2		2,07	1,96		0,09	18,0	14,0	4,0	2,16	1,72	0,43
26/07/2004	Tachi		I	2	11,5	28,7	26,1		0,53	0,61			12,5	9,5	3,0	1,10	0,60	0,50
26/07/2004	Tachi		I	1	8,9	14,6	11,7		0,22	0,36			10,0	6,0	4,0	2,26	0,60	1,67
26/07/2004	Tachi		I	2	15	59,7	55,8		0,39	1,37			16,5	13,5	3,0	2,09	1,13	0,96
26/07/2004	Tachi	0	I	2	17,0	101,5	91,8		1,06	1,46		0,18	16,0	11,5	4,5	5,65	2,01	3,64
26/07/2004	Tachi	0	IV	6	22	211,6	197,9		3,63	5,18		0,36	26,0	21,7	4,3	4,22	3,60	0,62
26/07/2004	Tachi	1	I	3	19,8	137,8	131,2		0,94	2,40			19,0	15,0	4,0	3,06	2,68	0,39
26/07/2004	Tachi	1	IV	6	28,5	455,8	430,2		5,42	7,17		0,17	28,5	22,2	6,3	11,66	9,51	2,16
27/07/2004	Eustaquio	0	IV	4	23,5	241,3	226,0		1,61	4,42		0,33	25,5	20,5	5,0	6,81	6,02	0,79
27/07/2004	Eustaquio	1	IV		31,5	551,1	497,7		15,56	11,48		0,25	33,5	26,5	7,0	15,95	14,69	1,26
27/07/2004	Eustaquio	0	IV	7	29,4	471,7	435,1		12,20	7,45		0,75	33,0	26,0	7,0	10,62	9,25	1,38
27/07/2004	Tachi	0	I	2	13,4	40,4	37,0		0,47	0,67		0,02	11,5	8,7	2,8	0,82	0,66	0,17
27/07/2004	Tachi		I	2	13	36,6	32,9		0,52	0,74			13,5	9,7	3,8	1,12	0,77	0,36
27/07/2004	Tachi		I	2	13,4	46,6	41,2		0,51	0,89			10,5	7,1	3,4	2,21	0,85	1,36
07/03/2005	Hortensia	0	IV	6	23	221,8	202,3		2,70		1,7	0,20	19,0	19,0				
07/03/2005	Hortensia	1	I	5	23	210,8	193,9		1,40		1,5		18,0	18,0				

S. scrofa

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
07/03/2005	Hortensia	1	I	3	20,1	157,6	138,6		2,50				20,0	20,0				
07/03/2005	Bollo	0	IV	5	23,3	236,4	213,2		5,70		2,1	0,40	23,5	23,5				
07/03/2005	Bollo	0	IV	6	23,3	240,7	218,4		2,80		2,0	0,40	21,0	21,0				
14/03/2005	Tachi	0	IV	4	25,5	321,3	296,1		7,00		3,0	1,20	27,0	18,0	9,0	4,60	4,60	0,00
14/03/2005	Hnos. Palero	1	IV	8	32	658,5	617,3		7,00		2,1	0,20	22,0	17,0	5,0	9,60	9,60	0,00
14/03/2005	Hnos. Palero	0	IV	7	31,5	618,7	562,5		16,70		5,0	2,40	30,0	25,0	5,0	10,60	10,60	0,00
23/03/2005	Eustaquio	0	III	7	31,5	531,6	496,2		8,60		9,0	1,20	25,5	17,5	8,0	13,80	13,60	0,20
07/04/2005	Eustaquio	0	III		32	576,9	550,0	178,9	36,40		5	30,10	34,0	29,0	5,0	10,10	10,10	0,00
13/04/2005	Bollo	0	III		31,7	575,0	532,8	142,1	13,40		5	1,70	14,0	7,5	6,5	11,10	11,10	0,00
13/04/2005	Bollo	0	IV		24,5	282,0	253,6	102,0	3,20		4	1,60	17,0	12,0	5,0	5,34	5,34	0,00
13/04/2005	Bollo				21	178,0	160,0	121,9	3,30				16,0	11,0	5,0	3,17	3,17	0,00
13/04/2005	Hnos. Palero	1	III		26,2	326,0	301,5	127,0	2,00		3	1,70	20,0	16,0	4,0	4,80		
13/04/2005	Hnos. Palero	1	III		24,5	269,0	247,8	159,0	3,50		2,5	0,10	24,0	19,0	5,0	5,11	4,41	0,70
13/04/2005	Hnos. Palero				30,6	521,0	462,8	448,8	6,30		5	0,50	15,0	5,0	10,0	20,10	4,00	16,10
13/04/2005	Tachi				19,4	124,0	116,9	85,0	0,70		2	0,10	15,0	11,0	4,0	1,54	1,54	0,00
18/04/2005	Bollo	1	III		27	362,6	338,0	153,3	3,00		3	1,60	10,0	5,0	5,0	7,37	7,37	0,00
18/04/2005	Bollo	0	III		30,2	623,2	458,5	142,1	7,20		6	1,60	42,0	30,0	12,0	126,50	13,00	113,50
18/04/2005	Bollo	0	III		29,7	522,9	434,6	173,4	1,50		3,1	1,10	15,0	1,0	14,0	65,50	8,20	57,30
28/04/2005	Concha	0	III		29,2	409,0	392,0	111,3	2,00		3	1,00	26,0	22,0	4,0	4,31	4,31	0,00
28/04/2005	H. Pellicer	1	III		28,5	396,1	369,0	156,1	2,80		2	0,20	20,0	13,0	7,0	11,61	4,93	6,68
28/04/2005	H. Pellicer	0	III		26,7	327,7	312,5	188,0	1,60		4	0,70	21,0	16,0	5,0	3,55	3,55	0,00
28/04/2005	H. Pellicer	1	III		16,9	92,0	84,8	79,7	0,80		1	0,10	18,0	14,0	4,0	2,48	1,44	1,04
28/04/2005	H. Pellicer	1	II		16	68,5	63,3	85,1	0,10		1	0,10	15,0	11,0	4,0	1,08	1,08	0,00
28/04/2005	H. Pellicer		I		14	47,7	44,8	66,7	0,70		3	0,20	5,0	2,0	3,0	0,76	0,69	0,07
28/04/2005	H. Pellicer		I		15,5	67,3	64,3	64,8	0,10		1	0,10	10,0	7,0	3,0	1,00	0,97	0,03
25/05/2005	Tachi	1	II		28	465,7	426,3	168,9	15,80	3,20	3	1,40	15,0	11,0	4,0	5,77	5,77	0,00
25/05/2005	Tachi	1	III		30,9	613,0	562,2	161,4	13,00	4,20	3	0,10	30,0	25,0	5,0	11,37	7,15	4,22
25/05/2005	Tachi		IV		29,7	473,2	447,6	144,1	5,40	5,40	2	0,30	10,0	5,0	5,0	4,93	4,93	0,00
25/05/2005	Tachi	1	II		27,8	418,8	388,3	147,3	9,50	9,50	4	1,10	23,0	18,0	5,0	6,80	6,80	0,00
23/05/2005	Concha		IV		21	179,8	171,3	123,3	1,10	1,10	2	0,20	22,0	17,0	5,0	3,60	3,60	0,00
23/05/2005	Tahiti	1	II		27	389,1	367,1	168,0	8,80	2,50	4	0,60	25,0	20,0	5,0	4,40	4,40	0,00
23/05/2005	Tahiti				20	152,9	139,1		0,60	0,60	2	0,20	15,0	12,0	3,0	2,10	2,10	0,00
23/05/2005	Hnos. Palero		IV		31,00	613,6	580,0	166,6	11,40	11,40	2	0,20	26,0	22,0	4,0	5,21	5,21	0,00
29/06/2005	Tahiti	1	II		22,1	212,2	198,1		0,90		4,5	0,30	20,0	18,0	2,0	2,25	2,25	0,00
29/06/2005	Tahiti	1	III		18,2	120,8	112,5	70,5	1,00		2	0,10	10,0	6,0	4,0	1,25	1,25	0,00

S. scrofa

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
29/06/2005	Tahiti				21,2	181,8	167,7	100,8	3,00				12,0	8,0	4,0	1,81	1,81	0,00
29/06/2005	Tahiti	0	III		19,6	162,5	152,4	112,3	1,40		3	0,30	12,0	8,0	4,0	2,60	2,00	0,60
29/06/2005	Tahiti		IV		20,2	157,2	146,3	148,3	1,50		2	0,10	12,0	8,0	4,0	2,80	2,20	0,60
29/06/2005	Tahiti	1	III		20,9	169,7	156,1	106,7	1,00		3	0,20	5,0	2,0	3,0	2,36	2,36	0,00
29/06/2005	Tachi		I		16,5	89,1	82,6	66,2	0,30		3	0,20	4,0	2,0	2,0	1,90	1,30	0,60
29/06/2005	Tachi		I		19,10	138,4	129,8	90,6	0,90		2	0,20	10,0	7,0	3,0	2,10	1,50	0,60
06/07/2005	Tachi				24,8	282,2	261,4	186,3	2,00				28,0	24,0	4,0	5,60		
06/07/2005	Tachi	1	III		24,3	253,3	232,6	136,9	1,50		4	0,40	16,0	11,0	5,0	8,10		
06/07/2005	Tachi	0	III		21,2	180,7	164,5	120,0	0,30		4	0,50	20,0	14,0	6,0	9,20		
06/07/2005	Tachi	0	III		23,5	243,0	223,8	98,9	2,00		4	0,30	12,0	7,0	5,0	9,00		
06/07/2005	Tachi	0	III		23,3	245,0	230,9	194,3	1,60		3	0,50	18,0	14,0	4,0	2,98	2,98	0,00
06/07/2005	Tachi	0	III		26,2	299,6	280,7		2,20		3	0,90	13,0	8,0	5,0	3,83	3,83	0,00
26/07/2005	Tachi				21,5	205,1	180,3	111,2	1,90				20,0	14,0	6,0	15,00		
26/07/2005	Tachi	1	III		22,8	242,3	213,4	114,0	3,00		2	0,10	10,0	3,0	7,0	17,08	3,33	13,75
26/07/2005	Tachi	0	III		22,5	227,7	207,0	126,9	3,00		3	0,40	10,0	6,0	4,0	5,40		
26/07/2005	Tachi	1	III		19,40	125,0	117,1	120,8	0,50		1	0,10	15,0	12,0	3,0	1,79	1,79	0,00
26/07/2005	Tachi		I		17,9	110,6	104,5	73,6	3,30		1	0,10	11,0	7,0	4,0	1,89	1,89	0,00
26/07/2005	Tachi		I		18,5	116,6	107,7	90,6	0,40		1	0,20	15,0	11,0	4,0	1,82	1,82	0,00
26/07/2005	Tachi	1	II		23	244,7	219,6	76,9	2,50		2	0,30	15,0	9,0	6,0	6,30		
26/07/2005	Tachi	0	III		28	435,7	401,6	131,2	4,30		4	1,90	17,0	13,0	4,0	5,70		
26/07/2005	Tachi	1	III		28,1	420,2	386,5	366,7	3,60		3	0,20	20,0	15,0	5,0	7,90		
26/07/2005	Tachi				19	127,0	117,3	76,7	0,80				12,0	9,0	3,0	1,81	1,55	0,26
26/07/2005	Tachi				16,4	88,7	81,7	106,3	0,40				9,0	7,0	2,0	1,10	1,10	0,00
26/07/2005	Tachi				16,7	92,2	85,3	4,5	0,50				15,0	12,0	3,0	1,43	1,43	0,00
26/07/2005	Tachi				16,7	100,0	92,2	95,6	0,10				5,0	3,0	2,0	1,35	1,35	0,00
26/07/2005	Tachi	0	III		25,2	318,5	299,3	103,4	3,20		2	0,60	20,0	16,0	4,0	4,27	4,27	0,00
26/07/2005	Tachi	0	III		28,5	437,9	401,9	99,6	2,40		3	1,00	20,0	15,0	5,0	5,81	4,98	0,83
28/07/2005	Concha	1	III		19	140,6	120,7	76,6	2,70		1	0,10	12,0	8,0	4,0	10,60		
28/07/2005	Concha	1	III		16	93,8	82,4	97,6	1,30		1	0,10	18,0	15,0	3,0	1,01	1,01	0,00
26/07/2005	Hnos. Palero	1	II		19	135,2	128,7	109,7	0,70		1	0,10	7,0	4,0	3,0	1,56	1,56	0,00
26/07/2005	Hnos. Palero	1	III		18	205,1	127,9	108,2	1,90		1	0,10	9,0	4,0	5,0	2,02	1,98	0,04
05/10/2005	Concha	1	II		22,4	191,0	175,4	144,9	0,60		3	0,20	14,0	9,0	5,0	2,97	2,97	0,00
05/10/2005	Concha				17,7	93,0	84,2	91,4	0,10				14,0	10,0	4,0	1,46	1,39	0,06
05/10/2005	Concha	0	III		25,8	294,7	280,4	140,2	1,70		4	0,40	14,0	11,0	3,0	3,78	3,78	0,00
05/10/2005	Concha		IV		23,7	242,0	222,8	92,9	1,40		4	0,10	15,0	11,0	4,0	3,46	3,10	0,36

S. scrofa

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
05/10/2005	Concha		IV		23,6	226,7	205,3	172,8	1,40		2,5	0,10	20,0	15,0	5,0	3,91	3,91	0,00
05/10/2005	Concha	1	III		22,5	210,4	192,8	92,6	1,10		4	0,40	10,0	6,0	4,0	2,26	2,26	0,00
23/01/2006	Tachi	0	III		30	417,3	402,6	44,0	1,10		3	1,20	26,0	22,0	4,0	5,93	4,23	1,70
23/01/2006	Tachi	1	III		23	228,9	220,7	117,7	1,20		2	0,10	17,0	13,0	4,0	3,37	2,65	0,72
23/01/2006	Hnos. Palero	0	III		28	401,2	384,1	53,0	0,40		7	1,80	17,0	12,0	5,0	5,32	5,32	0,00
23/01/2006	Hnos. Palero		IV		24	236,1	227,9	177,4	0,50		3	2,00	11,0	7,0	4,0	3,84	3,84	0,00
23/01/2006	Hnos. Palero	1	II		23	262,5	250,4	77,7	2,70		2,5	0,60	11,0	7,0	4,0	3,88	3,88	0,00
23/01/2006			I		19	125,3	121,9	60,7	0,10		2	0,10	8,0	5,0	3,0	1,40	1,40	0,00
23/01/2006			I		19	131,7	127,0	22,9	0,40		1	0,20	6,0	3,0	3,0	1,58	1,58	0,00
23/01/2006			I		18	110,5	106,5	111,1	0,30		1	0,20	7,0	4,0	3,0	1,44	1,44	0,00

T. torpedo

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
16/06/2004		1	III	43	1207,4	1102,5		67,10		5	1,10	16,0	6,0	10,0	24,00		
02/07/2004	Hortensia	0	III	41,5	1424,4	1139,5		95,60	28,00		131,00	24,5	14,5	10,0	29,00	22,30	6,70
02/07/2004	Hortensia	0	III	35,0	683,8	575,1		41,80	16,30		36,00	20,0	10,5	9,5	14,90	13,00	1,90
02/07/2004	Hortensia	0	III	43,5	1412,9	1180,0		70,20	39,40		94,10	28,4	14,9	13,5	37,80	26,40	11,40
12/07/2004	Eustaquio	1	I	33,0	576,9	508,6		24,21	15,35		1,08	21,8	11,8	10,0	12,87	10,84	2,03
26/07/2004	Tío i Nebot	1	I	17,5	94,4	81,8		3,51	3,12		0,23	14,0	7,2	6,8	3,04	2,22	0,82
26/07/2004	Tío i Nebot	1	I	18,5	96,5	83,1		4,07	3,77		0,28	12,7	6,7	6,0	4,34	2,14	2,20
26/07/2004	Tío i Nebot	1	I	19,0	119,5	100,7		6,96	3,62		0,35	15,0	7,5	7,5	4,69	2,79	1,90
28/07/2004	Tío i Nebot	0	I	14,7	50,5	43,4		1,72	1,64			11,6	6,0	5,6	1,65	1,25	0,40
28/07/2004	Tío i Nebot	0	I	16,2	72,0	61,3		2,03	2,46		0,21	13,0	7,6	5,4	2,42	1,97	0,45
28/07/2004	Tío i Nebot	0	I	15,0	66,3	56,4		2,30	2,48		0,24	12,2	7,2	5,0	1,56	1,13	0,43
28/07/2004	Tío i Nebot	0	I	14,0	47,7	40,1		1,21	1,59		0,16	10,5	5,5	5,0	1,73	1,04	0,69
28/07/2004	Tío i Nebot	0	I	12,5	36,7	30,0		1,31	1,45		0,09	9,5	4,1	5,4	2,23	0,79	1,44
28/07/2004	Tachí	1	I	39,8	832,4	721,7		51,92	25,15		1,71	25,6	14,1	11,5	26,90	15,85	11,06
10/03/2005	Hortensia	0	I	14	38,9	32,0		1,60		4,0	0,10	9,0	5,0	4,0	1,30	0,80	0,50
10/03/2005	Hortensia	0	I	17,5	93,1	77,0		4,20		5,0	0,20	11,0	6,0	5,0	6,40	1,10	5,30
10/03/2005	Tachí	1	I	25	254,5	220,0		16,00		2,0	0,10	15,0	8,0	7,0	5,30	4,20	1,10
10/03/2005	Tachí	1	I	13	28,7	24,0		0,90				7,5	5,5	2,0	0,80	0,60	0,20
10/03/2005	Tachí	0	I	11,5	23,4	19,0		0,70				7,0	4,0	3,0	0,70	0,50	0,20
10/03/2005	Tachí	0	I	13	42,7	37,1		2,00		3,0	0,10	7,5	4,5	3,0	1,10	0,80	0,30
10/03/2005	Tachí	1	I	12	26,2	23,5		0,90				6,5	4,5	2,0	0,60	0,30	0,30
10/03/2005	Victoria	1	III	32	562,2	514,7		32,20		7,0	2,10	20,0	10,0	10,0	11,60	10,00	1,60
10/03/2005	Victoria	1	III	30	429,5	383,4		19,40		7,0	2,00	18,5	9,5	9,0	11,80	8,70	3,10
14/03/2005	Tachí	0	I	27,7	371,0	323,8		25,40		5,0	0,70	20,0	11,0	9,0	11,70	7,40	4,30
21/03/2005	Marisol	0	III	38,5	937,1	770,2		50,20		12,0	16,40	22,0	11,5	10,5	20,00	18,80	1,20
21/03/2005	Concha	0	III	44,2	1618,0	1218,9		105,00		11,0	14,30	27,5	11,5	16,0	93,30	31,20	62,10
21/03/2005	Tahití	0	III	34,5	682,6	543,4		41,00		8,0	6,40	17,0	8,0	9,0	13,90	11,90	2,00
21/03/2005	Tachí	1	III	36,5	676,5	621,6		32,50		6,0	4,70	21,0	11,0	10,0	13,80	11,60	2,20
23/03/2005	Tachí	1	III	40,5	957,0	870,4		40,00		10,0	5,10	20,0	9,0	11,0	18,50	15,40	3,10
07/04/2005	Concha	0	II	23,5	222,6	180,6		12,60		3	0,50	15,0	9,0	6,0	12,90	12,90	0,00
07/04/2005	Tahití	1	III	34,3	581,8	510,6		29,00		1	0,10	23,0	13,0	10,0	19,00	7,00	12,00
07/04/2005	Tahití	1	II	12,3	31,8	26,5		1,00		1	0,00	11,0	8,5	2,5	0,30	0,30	0,00
28/04/2005	Tachí	1	I	14,2	60,0	51,7		2,70				10,0	4,0	6,0	4,30		
23/05/2005	Tachí	0	II	25	267,2	234,1		15,30	6,80	7	0,10	17,0	8,5	8,5	4,39	1,35	3,04
23/05/2005	Tío i Nebot	0	II	20	126,1	111,8		7,60	7,60	2	0,10	14,0	7,0	7,0	3,50	3,50	0,00

T. torpedo

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gónada (cm)	W Gónada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
23/05/2005	Tío i Nebot	1	II	16	67,7	61,7		2,50	2,50	2	0,10	9,0	4,0	5,0	1,50	1,50	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	I	13	39,8	36,3		1,30	1,30	2	0,00	5,0	3,0	2,0	1,20	1,20	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	1	III	39	877,2	802,9		37,50	2,10	9	3,00	16,0	10,0	6,0	5,73	5,73	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	1	II	21	142,8	129,0		5,90	3,10	3	0,10	9,0	3,0	6,0	4,90	4,90	0,00
23/05/2005	Tío i Nebot	0	I	16,00	89,9	75,0		3,80	3,80	4	0,10	14,0	7,0	7,0	5,64	1,24	4,40
25/05/2005	Tío i Nebot	1	I	13,9	44,7	38,4		1,10	1,10	1	0,00	6,0	3,0	3,0	1,30	1,30	0,00
25/05/2005	Tío i Nebot	0	I	13,7	47,2	41,6		1,50	1,50	1	0,10	6,0	1,0	5,0	1,20	0,70	0,50
29/06/2005	Tío i Nebot	1	III	32	518,5	477,7		21,80		8	0,40	15,0	6,0	9,0	11,40	8,00	3,40
29/06/2005	Hnos. Palero	1	III	39	1061,0	957,5		56,80		6	2,70	17,0	12,0	5,0	12,44	12,44	0,00
03/10/2005	Hnos. Palero	1	III	41	930,9	809,0		66,80		7	1,60	22,0	10,0	12,0	23,51	10,75	12,76
03/10/2005	Hnos. Palero	0	III	42	1247,8	1118,7		54,10		9	19,40	23,0	12,0	11,0	30,00		
05/10/2005	Grauro	0	III	32	511,8	426,6		28,30		5	7,00	12,0	3,0	9,0	17,60		
05/10/2005	Grauro	0	I	16,3	73,3	61,4		2,50		4	0,10	6,0	3,0	3,0	1,25	0,95	0,30
05/10/2005	Grauro	0	I	16,2	73,7	63,6		2,10		3	0,10	7,0	2,0	5,0	1,25	0,76	0,49
05/10/2005	Grauro	0	III	28,3	347,1	298,8		14,80		5	6,50	12,0	7,0	5,0	4,98	4,98	0,00
05/10/2005	Grauro	0	III	29,20	414,1	323,7		23,20		7	9,00	14,0	6,0	8,0	16,50		
05/10/2005	Grauro	1	I	12,5	35,4	29,7		1,10		1	0,10	5,0	3,0	2,0	0,30	0,30	0,00
05/10/2005	Hnos. Palero	0	III	43	1241,0	1032,3		56,50		10	20,90	24,0	10,0	14,0	68,20		
05/10/2005	Tachi	0	I	21	161,1	142,0		7,30				8,0	4,0	4,0	3,50	3,50	0,00
05/10/2005	Tachi	1	I	21	173,6	146,4		10,20				12,0	6,0	6,0	2,70	2,33	0,37
05/10/2005	Caramero	1	II	19,2	114,3	101,6		3,90				6,0	2,0	4,0	2,40	1,50	0,90
23/01/2006	H. Pellicer	1	III	33,5	479,8	427,4		33,50		6	0,80	14,0	6,0	8,0	11,30		
23/01/2006	Tío i Nebot	1	III	40,00	1189,0	1071,4		72,70		5	1,70	16,0	6,0	10,0	27,70		
23/01/2006	Bollo	0	III	35	659,3	540,6		38,50		6	50,00	17,0	7,0	10,0	15,10		
23/01/2006	Tío i Nebot	1	II	22	180,3	159,0		10,40				10,0	2,0	8,0	6,20		
23/01/2006	Tío i Nebot	0	I	19	107,2	93,7		5,30				8,0	3,0	5,0	5,30		
23/01/2006	Tío i Nebot	0	I	19	136,2	122,3		6,70				8,0	3,0	5,0	6,99	1,72	5,27
23/01/2006		1	III	38	986,7	900,7		52,90		7	2,30	14,0	4,0	10,0	19,50		

U. scaber

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Higado (g)	W Branq. (g)	L Gonada (cm)	W Gonada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
01/07/2004	Velasco	1	I	2	20,5	140,9	128,5		2,65	2,16		0,45	15,0	11,0	4,0	3,38		
01/07/2004	Tachi	1	I	3	19,5	116,7	105,3		2,29	1,43		0,65	16,0	12,0	4,0	3,40	2,62	0,79
01/07/2004	Hortensia	1	III		22	159,8	143,9		4,70	2,02		2,50	16,0	12,0	4,0	3,47	3,12	0,35
01/07/2004	Hortensia	0	II	5	23,4	205,5	177,3		3,75	4,47		11,13	20,0	15,0	5,0	6,14	5,58	0,56
01/07/2004	Tío i Nebot		I	2	16,0	61,9	55,4		0,73	1,98		0,21	13,0	9,5	3,5	2,26		
01/07/2004	Hortensia	0	III		22,8	209,1	175,7		3,41	3,92		8,53	17,0	12,0	5,0	11,54		
01/07/2004	Hortensia	1	III		24,5	234,9	201,9		6,69	5,17		4,92	24,5	19,5	5,0	5,08		
02/07/2004	Eustaquio	0	I		23,5	207,1	184,3		4,71	2,41		1,15	20,5	15,5	5,0	7,63		
02/07/2004	Eustaquio	0	I	1	20,5	147,6	134,7		3,35	2,32		0,72	18,0	14,5	3,5	3,35		
02/07/2004	Picardies	1	I	1	21	159,1	145,5		5,75	2,30		0,65	17,5	14,0	3,5	3,76		
12/07/2004	Moby Dick	1	I	2	21	145,1	133,1		1,80	2,03		0,53	19,5	15,5	4,0	4,05	3,05	1,00
12/07/2004	Moby Dick	1	III	4	25	250,8	227,1		4,80	2,80		4,60	16,5	12,5	4,0	4,90	4,01	0,89
12/07/2004	Moby Dick	1	II	5	23,5	198,4	180,4		6,38	2,27		2,08	16,8	12,4	4,4	4,23	3,86	0,37
12/07/2004	Moby Dick	1	I		18,5	94,2	86,0		0,73	1,43		0,53	17,0	13,0	4,0	2,66	2,49	0,17
12/07/2004	Moby Dick	0	III	3	24,5	264,3	226,5		4,23	2,76		10,07	21,5	16,3	5,2	8,34	6,21	2,13
12/07/2004	Moby Dick	0	III	4	30,0	437,9	376,6		11,32	3,95		32,52	33,0	27,5	5,5	13,18	11,84	1,34
12/07/2004	Moby Dick	0	III		34,0	543,1	437,1		13,93	10,06		49,70	32,0	24,5	7,5	26,28	23,40	2,88
14/07/2004	Hortensia	0	I	3	19,5	110,3	100,7		1,82	1,26		0,48	15,5	11,0	4,5	4,37	1,98	2,40
14/07/2004	Eustaquio	0	I	3	19,5	121,4	110,1		1,97	1,51		0,51	16,8	12,6	4,2	3,62	3,62	0,00
15/07/2004	Tío i Nebot	1	I	2	18,5	107,2	96,4		1,02	1,40		0,33	15,0	10,5	4,5	5,35	2,51	2,84
15/07/2004	Hortensia	0	IV	3	20,5	133,7	119,0		1,36	1,06		0,64	20,0	15,0	5,0	8,81	4,63	4,17
19/07/2004	Hortensia	1	I	2	18	82,7	76,0		0,43	0,94		0,17	13,0	9,5	3,5	3,02	1,92	1,10
19/07/2004	Moby Dick	0	III		30,0	498,1	414,7		20,53	4,08		34,62	27,0	22,0	5,0	12,62	9,58	3,04
27/07/2004	Eustaquio		I		16,8	77,0	70,3		0,87	0,80		0,20	12,0	9,0	3,0	2,11	1,70	0,41
27/07/2004	Tachi	0	III		31,5	582,9	515,7		13,15	6,74		18,62	34,5	29,0	5,5	15,97	12,66	3,30
27/07/2004	Tachi	0	II	8	31,5	510,7	465,6		5,13	5,72		11,02	25,0	19,0	6,0	14,23	11,35	2,88
27/07/2004	Tachi	0	I	2	18,9	102,4	92,6		0,81	1,20		0,37	13,8	10,2	3,6	2,79	2,06	0,73
27/07/2004	Tachi	1	I		17,5	81,2	74,5		1,07	0,90		0,27	14,5	11,5	3,0	1,75	1,43	0,32
27/07/2004	Tachi	1	I		18,5	95,9	87,9		0,95	0,80		0,15	16,0	12,6	3,4	2,24	1,56	0,68
27/07/2004	Tachi	1	I	3	17,3	81,1	71,3		0,35	0,77		0,27	15,5	11,7	3,8	4,21	1,65	2,56
27/07/2004	Tachi	0	III	6	31,5	506,6	452,1		12,90	4,31		10,92	25,0	18,7	6,3	15,04	11,32	3,72
07/03/2005	Bollo	1	IV		23,2	194,1	167,5		2,70		2,3	1,00						
10/03/2005	Concha	0	IV		27,5	405,0	339,0		15,40		5,5	22,90	35,0	29,0	6,0	17,90	10,90	7,00
14/03/2005	Hnos. Palero	1	IV		24,8	299,7	237,1		12,10		2,5	3,00	25,0	16,2	8,8	30,00	7,10	22,90
14/03/2005	Concha	0	IV		23,7	231,5	197,3		4,30		2,6	6,30	23,5	17,3	6,2	6,00	4,50	1,50

U. scaber

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Higado (g)	W Branq. (g)	L Gonada (cm)	W Gonada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
21/03/2005	Hortensia	0	III		24	240,0	205,9		8,10		3,0	6,10	20,4	15,2	5,2	6,90	4,50	2,40
21/03/2005	Tachí	0	IV	4	28,5	414,1	353,0		13,10		4,0	12,80	28,0	23,0	5,0	12,40	6,60	5,80
21/03/2005	Marisol	0	IV		30,5	557,2	455,3		15,60		5,0	19,30	35,0	29,0	6,0	30,70	25,00	5,70
14/03/2005	Marisol	0	IV	2	27	363,9	300,9		18,60		4,0	14,00	22,5	16,5	6,0	15,10	8,30	6,80
23/03/2005	Marisol	0	IV	3	26,9	346,1	298,1		18,10		3,3	7,70	22,0	16,3	5,7	9,90	7,80	2,10
23/03/2005	Marisol	0	IV		25,3	271,8	230,8		8,10		3,4	6,80	24,0	18,0	6,0	11,70	7,10	4,60
23/03/2005	Hortensia	0	IV	2	21	164,3	110,0		5,30		2,3	2,20	17,5	11,6	5,9	8,30	3,60	4,70
07/04/2005	Concha	0	II		27,6	380,0	332,2	80,4	7,10		3	10,80	23,0	18,0	5,0	9,98	6,58	3,40
07/04/2005	Concha	0	II		25	284,4	239,1	101,5	7,10		3	6,20	23,0	17,0	6,0	12,42	4,29	8,13
07/04/2005	Tahití	1	II		23	202,3	180,4	113,0	3,60		1,5	1,30	20,0	16,0	4,0	7,59	4,39	3,20
07/04/2005	Tahití	0	III		25,4	294,4	264,8	98,3	4,60		3	3,80	21,0	16,0	5,0	5,60	5,60	0,00
07/04/2005	Tahití	0	III		22	189,6	163,7	41,1	7,80		2,1	0,90	22,0	17,0	5,0	7,56	3,12	4,44
07/04/2005	Nuevo Ana	0	II		24	253,2	216,5	76,3	8,30		4	8,30	24,0	18,0	6,0	8,75	4,00	4,76
13/04/2005	Bollo	0	II		26	307,0	274,0	81,3	9,40		3,5	7,00	20,0	15,0	5,0	4,23	3,17	1,06
13/04/2005	Bollo	0	II		23,7	258,0	217,2	50,6	10,00		3,5	10,90	23,0	18,0	5,0	5,18	3,98	1,20
13/04/2005	Bollo	0	II		24,2	248,0	212,7	81,3	8,90		3	11,30	21,0	17,0	4,0	5,90	4,14	1,76
13/04/2005	Bollo	1	II		25	279,0	227,0	54,8	6,50		3	3,00	25,0	20,0	5,0	24,60	5,00	19,60
13/04/2005	Tahití	0	II		25,5	315,0	264,6	85,6	11,80		5	23,00	23,0	18,0	5,0	5,03	4,47	0,56
13/04/2005	Tahití	0	II		24	238,0	200,0	59,4	8,60		4	9,10	20,0	14,0	6,0	6,43	3,84	2,59
13/04/2005	Tahití	0	II		20,9	161,0	138,8	75,1	5,10		3	3,90	26,0	21,0	5,0	5,47	2,71	2,76
18/04/2005	Concha	0	II		26,6	329,6	282,8	68,0	9,60		4	10,60	22,0	16,5	5,5	7,68	5,28	2,40
18/04/2005	Concha	1	II		24,7	265,6	235,0	61,3	5,20		4	6,70	24,0	20,0	4,0	6,54	3,95	2,59
18/04/2005	Concha	0	II		23,4	233,1	202,0	77,3	8,70		2,5	4,90	21,0	17,0	4,0	5,25	4,24	1,01
18/04/2005	Concha	1	II		21,1	173,1	148,3	73,6	5,10		1	0,50	17,0	11,0	6,0	12,50		
18/04/2005	Concha	0	II		26,2	309,3	261,0	122,8	12,70		4	15,00	22,0	17,0	5,0	7,07	5,79	1,29
18/04/2005	Concha	0	III		24,1	243,7	218,9	85,7	3,20		3	0,90	26,0	21,0	5,0	6,01	3,91	2,10
18/04/2005	Concha	0	II		23	215,2	176,9	66,3	4,70		4	10,40	21,0	16,0	5,0	5,44	4,26	1,18
20/04/2005	Concha	1	II		18,8	111,7	102,9	68,9	1,70		2	0,80	16,0	13,0	3,0	1,96	1,96	0,00
20/04/2005	Velasco	1	II		21,5	171,8	146,6	80,9	4,90		2	0,90	21,0	16,0	5,0	7,04	2,82	4,22
20/04/2005	Tahití	0	III		20,3	121,9	109,1	56,7	2,70		3	1,20	16,0	11,0	5,0	3,02	1,75	1,27
20/04/2005	Concha	1	II		20,2	143,5	125,2	68,0	3,20		2	0,70	25,0	21,0	4,0	4,50	2,79	1,72
20/04/2005	Concha	0	III		24	244,9	215,1	122,7	5,90		2,5	2,70	22,0	16,0	6,0	6,88	4,76	2,12
20/04/2005	Concha	0	III		25,4	307,8	271,0	93,7	7,00		3	5,10	28,0	23,0	5,0	5,10	5,10	0,00
20/04/2005	Concha	0	II		27,4	370,9	318,0	69,6	18,00		4	13,80	25,0	19,5	5,5	11,10	6,00	5,10
28/04/2005	Concha	1	II		21	131,8	115,2	54,4	3,20		2	0,50	18,0	15,0	3,0	2,49	2,23	0,27

U. scaber

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Higado (g)	W Branq. (g)	L Gonada (cm)	W Gonada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
28/04/2005	Concha	0	II		21,4	163,2	137,8	61,5	6,50		3	4,50	18,0	14,0	4,0	2,72	1,82	0,90
28/04/2005	Concha	1	II		20,5	159,6	127,4	59,2	6,10		4	13,70	21,0	17,0	4,0	3,37	3,11	0,26
28/04/2005	Concha	1	II		18,2	101,7	89,0	40,5	1,90		1	0,20	10,0	5,0	5,0	6,00	2,00	4,00
28/04/2005	Concha		I		17,2	78,9	69,3	16,9	1,50		2,5	0,10	14,0	10,0	4,0	1,56	1,38	0,18
28/04/2005	Concha	0	II		29,4	512,6	422,7	133,2	15,70		6	47,70	23,0	18,0	5,0	7,92	6,75	1,18
28/04/2005	H. Pellicer	1	II		20,6	156,1	132,5	65,0	4,70		2	0,80	22,0	16,0	6,0	6,00	3,67	2,33
28/04/2005	H. Pellicer	0	III		18,7	120,9	107,2	52,7	2,10		2	1,10	22,0	15,0	7,0	3,40		
28/04/2005	H. Pellicer	0	II		22,5	198,2	151,9	70,7	6,10		3	6,00	10,0	6,0	4,0	3,81	2,90	0,91
28/04/2005	H. Pellicer	0	II		20,5	176,7	147,2	56,2	6,50		3,5	9,40	23,0	17,0	6,0	4,70		
28/04/2005	H. Pellicer	1	II		21,2	176,7	153,3	58,6	3,40		2	2,50	20,0	16,0	4,0	5,76	4,73	1,03
28/04/2005	H. Pellicer	1	II		20	138,2	115,2	42,7	3,10		2	1,20	20,0	15,0	5,0	8,36	2,15	6,21
28/04/2005	H. Pellicer	0	II		23,9	241,9	198,6	49,1	7,60		4	13,70	20,0	14,0	6,0	6,61	5,13	1,48
28/04/2005	H. Pellicer	1	II		14,6	55,9	42,2	35,1	0,40		1	0,10	10,0	6,0	4,0	10,10		
28/04/2005	Tachi	0	II		29,4	477,9	399,7	164,1	9,50		5	33,30	30,0	23,0	7,0	14,50	9,50	5,00
28/04/2005	Tachi	1	II		20,2	140,3	126,5	68,0	1,80		2	0,10	19,0	15,0	4,0	4,01	2,59	1,42
28/04/2005	Tachi		I		13,9	48,8	40,7	36,1	0,70		1	0,10	8,0	4,0	4,0	4,30	1,38	2,92
23/05/2005	Tachi	0	III		20	154,1	129,2	151,5	3,20	3,20	3	10,40	20,0	16,0	4,0	3,72	2,34	1,38
23/05/2005	Hnos. Palero	0	II		27	406,2	312,4	76,8	15,10	1,90	6	46,10	25,0	20,0	5,0	24,30		
23/05/2005	Hnos. Palero	0	II		30	534,5	448,5	77,4	20,20	1,30	5	34,20	32,0	27,0	5,0	14,39	7,46	6,93
23/05/2005	Hnos. Palero	0	II		23,00	217,0	170,5	58,5	5,80	5,80	4	18,90	18,0	12,5	5,5	10,01	2,09	7,92
23/05/2005	Tío i Nebot	1	II		20	123,9	109,8	75,4	4,20	2,80	1,5	0,60	18,0	14,0	4,0	2,33	2,12	0,21
23/05/2005	Hnos. Palero	1	II		19	148,4	130,8	100,1	2,70	2,70	3	0,60	18,0	14,0	4,0	4,61	1,95	2,65
23/05/2005	Hnos. Palero	0	II		27,00	412,4	312,0	87,4	8,50	8,50	5	35,70	24,0	17,0	7,0	45,30	6,00	39,30
23/05/2005	Tahiti	1	III		17,2	91,9	84,1	49,7	0,80	0,80	2	0,50	15,0	11,0	4,0	1,95	1,95	0,00
23/05/2005	Tahiti	1	II		20,6	158,6	143,3	68,3	1,30	1,30	2	0,50	18,0	12,5	5,5	3,39	3,39	0,00
23/05/2005	Tahiti	0	III		19,4	150,4	108,5	53,0	2,90	2,90	3	8,30	19,0	13,0	6,0	24,80	3,00	21,80
23/05/2005	Tahiti	1	II		18,2	116,1	103,2	62,8	2,30	2,30	2	0,50	16,0	11,0	5,0	4,15	1,59	2,56
23/05/2005	Tahiti	0	III		20,4	167,8	138,8	48,4	2,40	2,40	3	5,80	19,0	13,0	6,0	6,43	1,20	5,23
23/05/2005	Tahiti	0	II		23,8	285,9	210,4	72,7	10,00	2,30	4	21,30	30,0	24,0	6,0	35,00	5,70	29,30
25/05/2005	Tachi	0	II		28,5	424,4	360,5		11,30	2,20	4	17,90	25,0	20,0	5,0	9,16	3,82	5,34
25/05/2005	Tío i Nebot	0	II		21,1	176,6	143,2	98,2	5,60	0,80	4	12,90	14,0	10,0	4,0	2,61	2,22	0,39
25/05/2005	Escorpión	1	II		21,9	203,1	178,8	55,3	4,00	4,00	2	0,60	20,0	14,0	6,0	6,41	3,65	2,76
25/05/2005	Escorpión	1	II		20,3	138,7	122,8	53,9	4,80	4,80	2	1,30	18,0	14,0	4,0	1,99	1,55	0,43
25/05/2005	Escorpión	0	II		22,1	233,7	180,8	64,8	7,00	2,70	5	31,60	21,0	18,0	3,0	3,40	3,18	0,22
25/05/2005	Escorpión	1	II		20,2	150,8	129,1	111,1	3,50	3,50	2	0,60	20,0	16,0	4,0	6,71	1,93	4,77

U. scaber

Fecha	Barco	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Mad	Edad (años)	LT (cm)	WT (g)	Wt E (g)	Área Boca (cm)	W Hígado (g)	W Branq. (g)	L Gonada (cm)	W Gonada (g)	L Digestivo (cm)	L Intestino (cm)	L Estóm. (cm)	W Estóm lleno (g)	W Estóm vacío (g)	W Contenido estomacal
29/06/2005	Tachi	1	II		22,1	170,7	155,1	78,5	2,50		2	0,60	18,0	15,0	3,0	2,78	2,04	0,73
29/06/2005	Tachi	1	II		20,6	144,0	132,4	139,3	0,70		2	0,50	10,0	7,0	3,0	2,55	2,10	0,45
29/06/2005	Tahiti	0	II		31,5	585,5	475,5	111,6	12,30		5	39,90	28,0	22,5	5,5	23,60		
29/06/2005	Tahiti	0	II		27,50	435,3	365,7	97,8	11,10		6	30,00	26,0	21,0	5,0	10,10	7,00	3,10
29/06/2005	Tahiti	1	II		22,5	164,5	162,0	66,1	1,60		2	0,70	15,0	11,0	4,0	1,80	1,80	0,00
29/06/2005	Tahiti	1	II		19	111,0	100,0	91,6	1,60		3	0,80	15,0	12,0	3,0	1,71	1,55	0,16
29/06/2005	Tahiti	1	III		20,6	145,6	131,4	22,3	0,80		1	0,10	6,0	2,0	4,0	3,36	2,58	0,78
29/06/2005	Tahiti	0	III		19,5	122,9	107,9	67,7	1,10		3	2,30	18,0	15,0	3,0	4,51	1,46	3,05
29/06/2005	Tahiti	1	II		18,20	109,6	94,0	63,6	1,90		3	1,20	16,0	12,0	4,0	6,90	1,20	5,70
29/06/2005	Escorpión	1	III		22,5	197,7	171,5	80,4	3,50		2,5	2,00	16,0	11,0	5,0	9,78	3,14	6,64
29/06/2005	Tahiti	0	II		35,5	788,0	668,4	53,7	16,20		5	24,60	30,0	23,0	7,0	12,97	8,21	4,76
29/06/2005	Tahiti	1	III		21,2	152,4	139,2	175,4	1,30		3	2,00	9,0	7,0	2,0	2,06	2,06	0,00
29/06/2005	Tahiti	0	II		28,5	411,2	349,6	120,9	9,10		5	17,00	20,0	15,0	5,0	9,13	5,11	4,02
29/06/2005	Tahiti				26,7	363,2	329,5	64,0	12,30		4	4,80	12,0	8,0	4,0	4,16	3,54	0,62
29/06/2005	Tahiti	1	II		23,5	204,4	185,3	58,9	4,50		2	2,40	12,0	8,5	3,5	2,65	2,44	0,21
29/06/2005	Tahiti				23,1	209,0	192,7	62,0	3,40		3	1,70	10,0	7,0	3,0	3,40	2,40	1,00
26/07/2005	Tachi	1	II		24	234,7	202,0	75,6	6,00		3	3,00	20,0	15,0	5,0	14,50		
26/07/2005	Tachi	1	III		21,6	175,7	157,7	70,5	2,40		1	0,80	15,0	11,0	4,0	5,70		
26/07/2005	Tahiti	1	II		21,2	146,1	132,4		1,50		2	1,00	4,0	1,0	3,0	1,54	1,54	0,00
26/07/2005	Tahiti	1	II		24,5	211,6	190,6	83,3	1,10		3	1,70	9,0	6,0	3,0	3,59	3,49	0,09
26/07/2005	Tahiti	0	III		33	626,3	547,2	99,4	20,00		5	25,20	15,0	11,0	4,0	10,19	8,58	1,61
26/07/2005	Tahiti	1	II		20,7	160,8	145,2	79,3	2,70		2	0,50	15,0	11,0	4,0	2,57	2,24	0,32
26/07/2005	Tahiti				24	219,5	197,5	59,0	4,80		3	2,90	10,0	6,0	4,0	2,46	2,46	0,00
26/07/2005	Tahiti	1	II		25,5	274,6	245,8	69,5	10,20		3	3,80	10,0	6,0	4,0	5,00		
26/07/2005	Tahiti	1	II		20	139,1	124,5	55,1	1,40		2	1,40	10,0	7,0	3,0	5,00		
26/07/2005	Tahiti	1	II		19,2	114,3	105,3	62,3	0,80		1	0,90	12,0	9,0	3,0	2,31	2,31	0,00
28/07/2005	Tachi	1	II		19,6	127,3	113,8	67,1	1,00		2	1,20	15,0	10,0	5,0	1,74	1,22	0,52
05/10/2005	Hnos. Palero	1	III		24	254,4	215,9	38,5	9,60		1,5	1,00	18,0	13,0	5,0	19,90		
05/10/2005	Hnos. Palero	1	III		19,1	109,6	96,6	45,6	2,20		1	0,40	15,0	11,0	4,0	3,63	2,89	0,74
05/10/2005	Victoria		IV		18,3	91,8	80,7	70,7	0,70		2	1,00	14,0	11,0	3,0	1,05	1,05	0,00
05/10/2005	Victoria		IV		18	85,5	76,9	39,8	0,60		2	0,50	7,0	4,0	3,0	0,91	0,90	0,01
05/10/2005	Victoria		I		17,6	86,6	76,6	28,6	1,40		1	0,20	13,0	9,0	4,0	2,92	1,89	1,03
05/10/2005	Tachi	0	III		26	334,6	271,1	26,5	5,50		2	2,70	18,0	10,0	8,0	33,85	4,22	29,63
23/01/2006		0	III		29	416,0	371,0	52,8	17,30		4	11,80	21,0	16,0	5,0	6,89	5,57	1,33

ANEXO II. CONTENIDO DE METALES EN SEDIMENTO

Verano					
Muestra	fracción	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)
P1	0-5	<0,07	2,18	<0,62	4,89
	5-10	<0,07	3,32	0,73	10,21
P2	0-5	<0,07	2,15	<0,62	4,64
	5-10	<0,07	2,96	1,06	9,87
	10-15	<0,07	3,02	0,70	8,03
P3	0-5	<0,07	2,92	<0,62	6,03
	5-10	<0,07	3,16	1,06	10,34
	10-15	<0,07	3,96	0,88	10,77
P4	0-5	<0,07	2,26	0,73	5,89
	5-10	<0,07	4,18	0,86	11,80
	10-15	<0,07	3,79	1,45	10,69
P5	0-5	<0,07	3,90	0,98	7,14
	5-10	<0,07	5,30	1,72	13,02
	10-15	<0,07	5,45	1,70	13,13
P6	0-5	<0,07	2,16	0,71	5,78
	5-10	<0,07	2,71	0,63	9,58
	10-15	<0,07	3,01	0,76	10,38
P7	0-5	<0,07	2,67	0,96	7,70
	5-10	<0,07	5,42	2,17	15,38
	10-15	0,075	6,67	1,78	17,16
P8	0-5	<0,07	5,75	1,04	7,46
	5-10	<0,07	6,15	1,17	14,19
	10-15	<0,07	5,47	1,81	13,47
P9	0-5	<0,07	1,55	<0,62	4,09
	5-10	<0,07	2,73	<0,62	7,26
	10-15	<0,07	2,95	<0,62	6,53
P10	0-5	<0,07	2,60	1,30	9,30
	5-10	<0,07	2,83	0,99	7,55
	10-15	<0,07	3,69	0,74	7,41
P11	0-5	<0,07	7,44	3,90	18,00
	5-10	0,078	10,39	6,73	33,00
	10-15	<0,07	12,55	18,35	56,93
P12	0-5	0,070	5,21	4,50	19,20
	5-10	<0,07	6,96	3,61	20,47
	10-15	0,073	6,75	3,81	21,01
P13	0-5	<0,07	1,97	<0,62	4,07
	5-10	<0,07	3,09	0,66	11,85
	10-15	<0,07	3,46	0,69	8,82
P14	0-5	0,077	4,03	1,17	14,60
	5-10	<0,07	5,66	1,75	12,37
	10-15	<0,07	5,91	2,05	13,20
P15	0-5	<0,07	3,32	1,61	13,10
	5-10	<0,07	5,58	1,47	12,76
	10-15	<0,07	5,58	1,78	11,84

Invierno				
Muestra (fracción 0-5 cm)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)
P1	0,13	2,70	5,03	12,09
P2	0,07	2,90	1,37	10,40
P3	0,09	2,36	6,65	12,25
P4	0,10	3,44	5,85	13,77
P5	0,16	4,29	6,64	14,58
P6	0,09	2,59	5,95	14,29
P7	0,15	3,61	6,13	13,77
P8	0,14	4,30	7,03	15,17
P9	<0,07	2,59	0,92	8,33
P10	<0,07	2,69	1,06	8,99
P11	<0,07	1,71	7,60	15,50
P12	<0,07	8,64	1,90	17,08
P13	0,12	3,18	6,75	14,20
P14	0,18	3,94	8,59	18,03
P15	0,11	3,91	6,12	14,05

ANEXO III. CONTENIDO DE METALES EN PECES

Mullus surmuletus

Verano									
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Edad	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s	
17,6	65,4		3	Hígado	0,46 ± 0,06	1,3 ± 0,1	18,5 ± 0,2	110 ± 2	
25,2	217,8	0	3		0,483 ± 0,004	2,1 ± 0,1	12,3 ± 0,1	109 ± 2	
25,5	233,9	1	3		0,39 ± 0,01	3,8 ± 0,2	31,5 ± 0,7	87,7 ± 0,9	
26,5	266,1	0	3		0,39 ± 0,02	2,5 ± 0,1	163 ± 9	137,8 ± 0,1	
28,0	326,8	0	4		0,46 ± 0,02	2,8 ± 0,4	1087 ± 46	233 ± 3	
16,4	52,6	1	2	Branquias	0,35 ± 0,05	0,899 ± 0,004	3,9 ± 0,3	57,3 ± 0,1	
17,6	65,8				0,31 ± 0,09	0,35 ± 0,02	3,6 ± 0,4	55 ± 1	
18,3	69,7				0,29 ± 0,01	<0,16	4,6 ± 0,5	51 ± 1	
19,4	86,3	0			0,33 ± 0,01	<0,16	1,8 ± 0,1	52 ± 1	
25,2	217,8	0			0,12 ± 0,01	1,9 ± 0,1	4,4 ± 0,4	56 ± 1	
25,5	233,9	1	3		0,12 ± 0,01	1,3 ± 0,2	6,4 ± 0,3	45 ± 1	
26,5	266,1	0	3		<0,07	1,6 ± 0,1	8 ± 1	71 ± 6	
28,0	326,8	0	4		<0,07	1,5 ± 0,2	4,9 ± 0,3	57,6 ± 0,5	
15,5	41,8	1	1		Músculo	<0,07	<0,16	0,66 ± 0,02	11,8 ± 0,2
17,0	64,8	1	1			<0,07	<0,16	0,84 ± 0,03	10,7 ± 0,3
18,0	66,6	0	2	<0,07		<0,16	0,73 ± 0,02	9,6 ± 0,2	
19,4	90,7	1	3	<0,07		<0,16	0,67 ± 0,03	9,5 ± 0,4	
25,2	217,8	0	3	<0,07		<0,16	0,658 ± 0,002	9,0 ± 0,2	
25,5	233,9	1	3	<0,07		0,340 ± 0,005	0,7 ± 0,1	7,0 ± 0,4	
26,5	266,1	0	3	<0,07		0,184 ± 0,002	0,77 ± 0,02	8,6 ± 0,2	
28,0	326,8	0	4	<0,07		<0,16	<0,6	5,8 ± 0,2	
16,8	58,1			Digestivo	0,244 ± 0,005	3,4 ± 0,4	21,0 ± 0,6	81 ± 2	
18,6	75,7				0,24 ± 0,02	5,2 ± 0,6	13,4 ± 0,4	80 ± 2	
25,2	217,8	0	3		0,14 ± 0,01	4,0 ± 0,5	25,0 ± 0,2	62,64 ± 0,05	
25,5	233,9	1	3		0,317 ± 0,009	1,2 ± 0,1	77 ± 3	92 ± 7	
26,5	266,1	0	3		0,225 ± 0,008	0,78 ± 0,04	39,2 ± 0,9	71,6 ± 0,8	
28,0	326,8	0	4		0,138 ± 0,007	0,918 ± 0,002	22 ± 2	65 ± 7	

Mullus surmuletus

Invierno								
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Edad	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s
19,2	81,3	0	2	Hígado	0,25 ± 0,02	2,2	38,1	109,6 ± 0,4
23,7	213,1	0			0,104 ± 0,003	0,71 ± 0,04	47 ± 3	528 ± 15
24,9	221,5	0	3		0,251 ± 0,002	1,9 ± 0,1	36,8 ± 0,3	699 ± 14
27,5	270,4	0			0,148 ± 0,003	0,31 ± 0,01	160 ± 6	1006 ± 33
27,5	311,0	0	4		0,099 ± 0,001	1,4 ± 0,2	46 ± 1	517 ± 6
19,2	81,3	0	2	Músculo	<0,07	<0,16	1,12 ± 0,03	14,0 ± 0,3
23,7	213,1	0			<0,07	<0,16	1,60 ± 0,02	15,4 ± 0,6
24,9	221,5	0	3		<0,07	<0,16	2,50 ± 0,07	12,2 ± 0,2
27,5	270,4	0			<0,07	<0,16	4,17 ± 0,03	13,4 ± 0,3
27,5	311,0	0	4		<0,07	<0,16	1,51 ± 0,02	10,4 ± 0,3
19,2	81,3	0	2	Digestivo	0,61 ± 0,02	15 ± 2	19,7 ± 0,2	125,3 ± 0,8
23,7	213,1	0			0,72 ± 0,03	36 ± 2	17,6 ± 0,2	139 ± 3
27,5	270,4	0			0,157 ± 0,003	0,82 ± 0,01	59,9 ± 0,6	58,0 ± 0,4

Synaptura lusitanica

Verano								
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Edad	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s
18,4	45,0			Hígado	0,12 ± 0,01	1,20 ± 0,02	130 ± 6	93 ± 1
25,9	140,7	0	7		<0,07	0,25 ± 0,02	66,1 ± 0,3	86,6
27,5	162	0			0,071	0,87 ± 0,02	228 ± 12	104,1
31,2	237,1	0	8		0,54 ± 0,04	1,3 ± 0,2	275 ± 10	104 ± 3
30,5	241,9	0	9		0,33 ± 0,03	1,1 ± 0,1	177 ± 1	102 ± 3
30,6	244,6	0	8		0,14 ± 0,02	0,73 ± 0,03	441 ± 5	78,3 ± 0,4
31,0	263,7	0	8		0,23 ± 0,01	0,8 ± 0,1	488 ± 85	152 ± 2
34,2	311,6	0	8		0,13 ± 0,03	1,93 ± 0,01	521 ± 47	94 ± 2
34,3	342,5	0	8		0,183 ± 0,003	2,60 ± 0,04	510 ± 67	80,2 ± 0,2
18,4	45,0			Branquias	<0,07	2,207 ± 0,006	2,9 ± 0,3	94 ± 5
30,5	243,2	0	9		<0,07	8,9 ± 0,5	2,9 ± 0,1	108,0 ± 0,7
31,1	250,4	0			<0,07	3,8 ± 0,1	2,9 ± 0,9	101,0 ± 0,4
34,2	311,6	0	8		<0,07	3,30 ± 0,06	6,71 ± 0,01	110,7 ± 0,3
34,3	342,5	0	8		<0,07	0,484 ± 0,000	12,6 ± 0,4	103,0 ± 0,3
16,0	28,2	1	4	Músculo	<0,07	0,362 ± 0,002	1,30 ± 0,05	35,2 ± 0,8
18,8	47,9	1	4		<0,07	0,29 ± 0,02	1,044 ± 0,006	25,8 ± 0,8
19,6	52,7	0	4		0,087 ± 0,002	0,27 ± 0,02	1,145 ± 0,002	35,2 ± 0,8
19,9	57,5	0	5		<0,07	0,272 ± 0,003	0,94 ± 0,02	29,6 ± 0,8
31,2	237,1	0	8		<0,07	0,24 ± 0,01	1,21 ± 0,09	32 ± 2
30,5	241,9	0	9		<0,07	<0,16	0,890 ± 0,005	27 ± 1
30,6	244,6	0	8		<0,07	<0,16	1,17 ± 0,02	37 ± 1
31,0	263,7	0	8		<0,07	<0,16	0,812 ± 0,009	28,1 ± 0,7
34,2	311,6	0	8		<0,07	0,262 ± 0,009	0,84 ± 0,02	44,2 ± 0,4
34,3	342,5	0	8		<0,07	0,39 ± 0,01	1,0 ± 0,1	38,4 ± 0,3
22,9	121,2			Digestivo	0,180 ± 0,004	2,11 ± 0,04	5,68 ± 0,06	102 ± 1

Synaptura lusitanica

Invierno								
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Edad	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s
27,8	150,3	1		Hígado	0,111 ± 0,004	0,31 ± 0,03	376 ± 10	51,8 ± 0,4
27,3	164,2	1	8		0,141 ± 0,003	0,27 ± 0,01	497 ± 45	84,7 ± 0,2
27	169,4	1			0,24 ± 0,02	3,9 ± 0,2	872 ± 32	97,0 ± 0,5
27,6	191,1	0	8		0,18 ± 0,01	0,37 ± 0,04	328 ± 47	101 ± 7
29,3	201,5	0	9		0,129 ± 0,007	0,257 ± 0,008	291 ± 5	94,4 ± 0,6
30,6	256,8	0	9		0,316 ± 0,004	1,61 ± 0,02	1471 ± 92	133,6 ± 0,6
27,8	150,3	1		Músculo	<0,07	<0,16	1,02 ± 0,08	24,1 ± 0,3
27,3	164,2	1	8		<0,07	<0,16	0,74 ± 0,08	24,6 ± 0,3
27	169,4	1			<0,07	<0,16	1,0 ± 0,1	29,4 ± 0,3
27,6	191,1	0	8		<0,07	<0,16	0,95 ± 0,01	33,0 ± 0,2
29,3	201,5	0	9		<0,07	<0,16	0,65 ± 0,07	23,8 ± 0,3
30,6	256,8	0	9		<0,07	<0,16	0,92 ± 0,03	27,3 ± 0,3

Scorpaena scrofa

Verano									
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Edad	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s	
12,1	34,5			Hígado	0,42 ± 0,01	0,46 ± 0,01	8,7 ± 0,2	95 ± 5	
16,2	79,1				0,80 ± 0,08	0,24 ± 0,01	13,3 ± 0,2	103,6 ± 0,4	
18,6	112,1				0,90 ± 0,02	0,28 ± 0,03	17 ± 2	105 ± 2	
25,0	264,5	0	7		1,683	0,18 ± 0,03	11 ± 2	184,5	
26,0	352,6	0	6		0,231	<0,16	34 ± 7	118,1	
37,0	507,8	1	7		0,79 ± 0,08	0,266 ± 0,005	23,4 ± 0,4	100,2 ± 0,4	
34,0	546,2	1	6		0,26 ± 0,04	<0,16	4,2 ± 0,7	65 ± 1	
31,5	551,1	1			0,20 ± 0,02	<0,16	3,38 ± 0,01	159 ± 4	
32,9	722,1	0	6		<0,07	<0,16	5,1 ± 0,6	262 ± 6	
12,1	34,5				Branquias	0,19 ± 0,01	0,322 ± 0,001	3,9 ± 0,1	81 ± 6
16,0	74,3			0,13 ± 0,01		0,296 ± 0,003	2,2 ± 0,1	85 ± 1	
17,5	89,8	1	5	0,258 ± 0,003		0,56 ± 0,04	1,6 ± 0,2	98 ± 6	
17,4	93,5			0,213 ± 0,002		0,366 ± 0,002	2,2 ± 0,1	89 ± 5	
19,7	134,8			0,349 ± 0,006		0,85 ± 0,06	2,1 ± 0,3	80 ± 6	
37,0	507,8	1	7	0,468 ± 0,003		0,859 ± 0,005	1,239 ± 0,001	74 ± 7	
34,0	546,2	1	6	0,63 ± 0,03		0,53 ± 0,09	2,09 ± 0,02	74,9 ± 0,8	
31,5	551,1	1		0,40 ± 0,01		0,46 ± 0,03	3,7 ± 0,3	78 ± 4	
32,9	722,1	0	6	<0,07		<0,16	10,8 ± 0,4	151 ± 17	
11,5	28,7		2	Músculo		<0,07	0,177 ± 0,007	<0,6	11,9 ± 0,2
13,4	46,6		2		<0,07	0,20 ± 0,02	<0,6	17,0 ± 0,2	
17,5	89,8	1	5		<0,07	<0,16	<0,6	14,4 ± 0,2	
19,8	137,8	1	3		<0,07	0,291 ± 0,002	0,624 ± 0,004	18,9 ± 0,2	
37,0	507,8	1	7		<0,07	<0,16	<0,6	11,7 ± 0,2	
34,0	546,2	1	6		<0,07	<0,16	1,1 ± 0,2	22,1 ± 0,2	
31,5	551,1	1			<0,07	<0,16	0,81 ± 0,02	19,5 ± 0,2	
32,9	722,1	0	6		<0,07	<0,16	1,028 ± 0,002	15,1 ± 0,5	
14,9	65,6				Digestivo	0,186 ± 0,006	0,17 ± 0,01	42 ± 5	66 ± 3
17,0	101,5	0	2			0,22 ± 0,03	0,45 ± 0,03	40 ± 3	95 ± 2
32,8	606,5				0,133 ± 0,009	<0,16	11,5 ± 0,4	171 ± 6	

Scorpaena scrofa

Invierno								
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Edad	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s
20,1	157,6	1	3	Hígado	0,7 ± 0,1	<0,16	10,1 ± 0,2	85 ± 2
23,0	210,8	1	5		0,892 ± 0,003	0,231 ± 0,004	16,4 ± 0,3	153,8 ± 0,9
25,5	321,3	0	4		0,135 ± 0,003	<0,16	12 ± 1	122,7 ± 0,5
31,5	531,6	0	7		1,4 ± 0,2	<0,16	21,3 ± 0,5	168,4 ± 0,6
31,5	618,7	0	7		0,332 ± 0,004	<0,16	26 ± 2	358 ± 3
32,0	658,5	1	8		0,74 ± 0,04	<0,16	11,3 ± 0,9	85,0 ± 0,7
20,1	157,6	1	3	Músculo	<0,07	<0,16	0,300	13,3 ± 0,3
23,0	210,8	1	5		<0,07	<0,16	0,814 ± 0,005	15,7 ± 0,3
25,5	321,3	0	4		<0,07	<0,16	0,300	8,2 ± 0,3
31,5	531,6	0	7		<0,07	<0,16	0,79 ± 0,05	22,3 ± 0,2
31,5	618,7	0	7		<0,07	<0,16	0,94 ± 0,02	38,2 ± 0,8
32,0	658,5	1	8		<0,07	<0,16	0,660 ± 0,003	11,8 ± 0,3

Torpedo torpedo

Verano								
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Madurez I:Inmaduro M:Maduro	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s
12,5	36,7	0	I	Hígado	<0,07	<0,16	13,3 ± 0,5	22 ± 0,01
14,0	47,7	0	I		<0,07	<0,16	31,4 ± 0,6	38 ± 0,01
14,7	50,5	0	I		<0,07	<0,16	19,6 ± 0,6	21 ± 0,01
15,0	66,3	0	I		<0,07	<0,16	24 ± 2	20,2 ± 0,5
16,2	72,0	0	I		<0,07	<0,16	13 ± 2	15,6 ± 0,9
17,5	94,4	1	I		<0,07	<0,16	15 ± 1	16,1 ± 0,4
18,5	96,5	1	I		<0,07	<0,16	11 ± 1	14,9 ± 0,2
19,0	119,5	1	I		<0,07	<0,16	12,3 ± 0,5	9,9 ± 0,3
33,0	576,9	1	I		<0,07	<0,16	11 ± 1	9 ± 1
35,0	683,8	0	M		<0,07	<0,16	6,859 ± 0,002	5,84 ± 0,01
39,8	832,4	1	I		<0,07	<0,16	6,4 ± 0,1	9,6 ± 0,8
41,5	1424,4	0	M		<0,07	<0,16	3,1 ± 0,2	8,8 ± 0,1
43,5	1412,9	0	M		0,4031 ± 0,0001	1,7 ± 0,1	3,9 ± 0,3	5,8 ± 0,3
13,7	45,0	0	I		Branquias	<0,07	0,585 ± 0,009	8,3 ± 0,8
15,0	66,3	0	I	<0,07		0,55 ± 0,08	4,5 ± 0,2	41,3 ± 0,4
16,2	72,0	0	I	<0,07		0,46 ± 0,06	6,2 ± 0,1	37,7 ± 0,8
17,5	94,4	1	I	0,09 ± 0,02		0,72 ± 0,08	9 ± 1	35 ± 2
18,5	96,5	1	I	<0,07		0,22 ± 0,01	8,4 ± 0,8	38 ± 1
19,0	119,5	1	I	<0,07		0,29 ± 0,04	7,0 ± 0,3	35 ± 1
33,0	576,9	1	I	<0,07		1,04 ± 0,05	6,4 ± 0,2	36 ± 2
35,0	683,8	0	M	<0,07		0,40 ± 0,07	7,02 ± 0,98	33,2 ± 0,4
39,8	832,4	1	I	<0,07		0,65 ± 0,06	12 ± 1	34 ± 1
41,5	1424,4	0	M	<0,07		0,46 ± 0,05	9 ± 1	31,4 ± 0,5
43,5	1412,9	0	M	0,113 ± 0,004		0,6 ± 0,0	6,7 ± 0,5	36,6 ± 0,4
12,5	36,7	0	I	Músculo	0,190 ± 0,006	0,228 ± 0,003	1,8 ± 0,1	20,6 ± 0,3
14,0	47,7	0	I		<0,07	<0,16	2,2 ± 0,4	18,3 ± 0,3
14,7	50,5	0	I		0,120 ± 0,002	0,349 ± 0,008	1,4 ± 0,1	16,6 ± 0,3
15,0	66,3	0	I		<0,07	<0,16	2,2 ± 0,1	18,8 ± 0,2

Torpedo torpedo

...Continuación

Verano								
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Madurez I:Inmaduro M:Maduro	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s
16,2	72,0	0	I	Músculo	<0,07	<0,16	2,6 ± 0,3	17,89 ± 0,01
17,5	94,4	1	I		<0,07	<0,16	1,71 ± 0,05	16,6 ± 0,3
18,5	96,5	1	I		<0,07	<0,16	1,6 ± 0,1	17,23 ± 0,06
19,0	119,5	1	I		<0,07	<0,16	1,3 ± 0,2	16,5 ± 0,3
33,0	576,9	1	I		<0,07	<0,16	1,3 ± 0,2	16,6 ± 0,3
35,0	683,8	0			0,083 ± 0,002	<0,16	1,1 ± 0,1	15,36 ± 0,06
39,8	832,4	1			<0,07	<0,16	1,1 ± 0,1	15,90 ± 0,03
41,5	1424,4	0	M		0,091 ± 0,004	<0,16	0,9 ± 0,2	19,80 ± 0,03
43,5	1412,9	0	M		0,0794 ± 0,0002	<0,16	0,77 ± 0,04	19,2 ± 0,3
15,5	66,3		I		Digestivo	<0,07	<0,16	4,1 ± 0,5
29,0	460,1		I	<0,07		<0,16	7,0 ± 0,2	28,0 ± 0,3
39,8	832,4	1		<0,07		<0,16	3,7 ± 0,2	45 ± 6
41,5	1424,4	0	M	<0,07		<0,16	5,3 ± 0,1	39,1 ± 0,4
43,5	1412,9	0	M	<0,07		<0,16	2,6 ± 0,1	47 ± 2

Torpedo torpedo

Invierno								
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Madurez I:Inmaduro M:Maduro	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s
25,0	254,5	1	I	Hígado	<0,07	<0,16	6,0 ± 0,5	8,1 ± 0,3
27,7	371,0	0	I		<0,07	<0,16	5,6 ± 0,4	8,0 ± 0,5
36,5	676,5	1	M		<0,07	<0,16	10,3 ± 0,8	15 ± 1
31,5	682,6	0	M		<0,07	<0,16	19,6 ± 0,3	9,0 ± 0,8
40,5	957,0	1	M		<0,07	<0,16	21,6 ± 0,8	16,6 ± 0,9
44,2	1618,0	0	M		<0,07	<0,16	1,8 ± 0,2	9,8 ± 0,6
25,0	254,5	1	I	Músculo	<0,07	<0,16	1,90 ± 0,01	14,3 ± 0,2
27,7	371,0	0	I		<0,07	<0,16	0,64 ± 0,04	10,0 ± 0,2
36,5	676,5	1	M		<0,07	<0,16	1,9 ± 0,3	14,9 ± 0,3
31,5	682,6	0	M		<0,07	<0,16	0,300	9,5 ± 0,3
40,5	957,0	1	M		<0,07	<0,16	1,05 ± 0,07	12,3 ± 0,3
44,2	1618,0	0	M		<0,07	<0,16	0,300	12,0 ± 0,3
27,7	371,0	0	I	Digestivo	<0,07	0,18 ± 0,02	5,3 ± 0,2	19 ± 1
36,5	676,5	1	M		<0,07	0,205 ± 0,002	7,9 ± 0,4	33,0 ± 0,5
31,5	682,6	0	M		<0,07	<0,16	7,9 ± 0,6	36,6 ± 0,3
40,5	957,0	1	M		<0,07	<0,16	9,2 ± 0,4	36,1 ± 0,3
44,2	1618,0	0	M		<0,07	1,66 ± 0,04	3,29 ± 0,08	47 ± 3

Uranoscopus scaber

Verano									
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Edad	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s	
17,8	87,1			Hígado	<0,07	<0,16	142 ± 1	51 ± 2	
19,5	110,3	0	3		<0,07	<0,16	64 ± 4	29,9 ± 0,2	
19,5	116,7	1	3		<0,07	<0,16	106 ± 5	38,3 ± 0,1	
19,5	121,4	0	3		<0,07	<0,16	71,5 ± 0,9	28 ± 1	
24,5	234,9	1			<0,07	<0,16	29,0 ± 0,9	25,0	
24,5	264,3	0	3		<0,07	<0,16	118,8 ± 0,9	57,2	
30,0	437,9	0	4		1,2 ± 0,1	0,2 ± 0,0004	58,0 ± 0,6	32 ± 1	
30,0	498,1	0			0,10 ± 0,02	<0,16	33 ± 4	27,6 ± 0,4	
31,5	506,6	0	6		0,09 ± 0,01	0,23 ± 0,01	31,1 ± 0,2	38 ± 1	
31,5	510,7	0	8		0,18 ± 0,004	0,22 ± 0,02	147 ± 20	26,0 ± 0,4	
34,0	543,1	0			0,526 ± 0,002	<0,16	348 ± 2	117,2 ± 0,4	
31,5	582,9	0			0,33 ± 0,02	0,24 ± 0,03	184 ± 6	72 ± 1	
17,1	76,8	1	2		Branquias	<0,07	0,30 ± 0,02	4,01 ± 0,09	91 ± 1
18,9	106,9		3			0,0748 ± 0,0003	0,33 ± 0,03	2,98 ± 0,06	98 ± 7
30,0	437,9	0	4	0,3 ± 0,01		0,51 ± 0,04	2,8 ± 0,2	65 ± 2	
30,0	498,1	0		0,11 ± 0,01		0,57 ± 0,03	2,4 ± 0,3	88 ± 1	
31,5	506,6	0	6	0,130 ± 0,007		0,48 ± 0,02	2,5 ± 0,4	76,21 ± 0,08	
31,5	510,7	0	8	0,33 ± 0,02		0,42 ± 0,04	2,6 ± 0,1	76 ± 3	
34,0	543,1	0		0,43 ± 0,01		0,47 ± 0,04	16,7 ± 0,5	92 ± 4	
31,5	582,9	0		2,162 ± 0,005		0,377 ± 0,001	9,7 ± 0,6	75 ± 2	
16,0	61,9		2	Músculo	0,089 ± 0,001	0,20 ± 0,01	0,82 ± 0,06	24,0 ± 0,3	
17,3	81,1	1	3		<0,07	0,30 ± 0,03	1,7 ± 0,2	24,6 ± 0,2	
18,5	107,2	1	2		<0,07	<0,16	0,63 ± 0,06	16,8 ± 0,2	
19,5	116,7	1	3		<0,07	<0,16	0,931 ± 0,004	22,6 ± 0,2	
30,0	437,9	0	4		0,179 ± 0,002	0,159 ± 0,008	1,26 ± 0,04	8,8 ± 0,2	
30,0	498,1	0			<0,07	<0,16	1,14 ± 0,07	16,4 ± 0,2	
31,5	506,6	0	6		<0,07	<0,16	1,4 ± 0,1	11,5 ± 0,2	
31,5	510,7	0	8		<0,07	<0,16	1,2 ± 0,1	14,0 ± 0,2	
34,0	543,1	0			<0,07	<0,16	1,34 ± 0,07	12,1 ± 0,3	

Uranoscopus scaber

...Continuación

Verano								
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Edad	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s
31,5	582,9	0		Músculo	<0,07	<0,16	1,5 ± 0,2	12,8 ± 0,2
17,8	85,4	1		Digestivo	<0,07	0,3 ± 0,0	3,3 ± 0,1	63 ± 4
19,0	106,6		3		0,59 ± 0,01	0,67 ± 0,01	50 ± 4	69 ± 2
30,0	468,0	0	4		<0,07	0,51 ± 0,01	6,9 ± 0,9	30 ± 4
32,3	545,6	0	8		0,17 ± 0,02	2,03 ± 0,05	53 ± 3	52 ± 5

Uranoscopus scaber

Invierno								
Longitud (cm)	W (g)	Sexo 0:Hembra 1:Macho	Edad	Órgano	Cd (µg/g) ± s	Pb (µg/g) ± s	Cu (µg/g) ± s	Zn (µg/g) ± s
21,0	164,3	0	2	Hígado	<0,07	<0,16	4,1 ± 0,3	18,6 ± 0,8
23,2	194,1	1			<0,07	<0,16	64 ± 5	26,4 ± 0,1
24,8	299,7	1			<0,07	<0,16	21,6 ± 0,5	18,91 ± 0,09
27,0	363,9	0	2		<0,07	<0,16	20,9 ± 0,7	14 ± 2
28,5	414,1	0	4		0,105 ± 0,005	<0,16	137,4 ± 0,5	32 ± 4
30,5	557,2	0			<0,07	<0,16	72,9 ± 0,4	23,6 ± 0,6
21,0	164,3	0	2	Músculo	<0,07	<0,16	1,31 ± 0,03	20,0 ± 0,3
23,2	194,1	1			<0,07	<0,16	0,30	12,5 ± 0,3
24,8	299,7	1			<0,07	<0,16	0,83 ± 0,02	22,3 ± 0,3
27,0	363,9	0	2		<0,07	<0,16	1,38 ± 0,02	23,9 ± 0,2
28,5	414,1	0	4		<0,07	<0,16	0,76 ± 0,06	18,8 ± 0,3
30,5	557,2	0			<0,07	0,184 ± 0,01	1,072 ± 0,005	20,1 ± 0,3
21,0	164,3	0	2	Digestivo	<0,07	0,17 ± 0,01	4,7 ± 0,4	36,7 ± 0,3
24,8	299,7	1			<0,07	<0,16	1,52 ± 0,02	6,9 ± 0,9
27,0	363,9	0	2		<0,07	2,149 ± 0,006	5,38 ± 0,07	27,7 ± 0,3
28,5	414,1	0	4		<0,07	2,2 ± 0,3	4,1 ± 0,3	127 ± 15
30,5	557,2	0			<0,07	<0,16	0,91 ± 0,09	35 ± 4

ANEXO IV. CONCENTRACIONES DE METALES OBTENIDAS POR DIVERSOS AUTORES EN DIVERSAS LOCALIDADES Y EN DIVERSAS ESPECIES DE PECES ($\mu\text{g/g}$ P.S.*)

Autor	Tejido	Cd	Pb	Cu	Zn	Origen
Presente estudio. <i>Synaptura lusitanica</i> <i>Mullus surmuletus</i> <i>Scorpaena scrofa</i> <i>Uranoscopus scaber</i> <i>Torpedo torpedo</i>	Músculo	<0.07-0.18 \pm 0.004 <0.07 <0.07 <0.02-0.179 \pm 0.002 <0.07-0.12 \pm 0.002	<0.16-0.36 \pm 0.002 <0.16-0.34 \pm 0.005 <0.16-0.29 \pm 0.002 <0.16-0.3 \pm 0.03 <0.16-0.35 \pm 0.008	0.65 \pm 0.07-1.3 \pm 0.05 <0.6-4.17 \pm 0.03 <0.6-1.028 \pm 0.002 0.3 \pm 0.03-1.7 \pm 0.2 0.3 \pm 0.03-2.2 \pm 0.4	23.8 \pm 0.3-44.2 \pm 0.4 5.8 \pm 0.2-15.4 \pm 0.6 8.2 \pm 0.3-38.2 \pm 0.8 8.8 \pm 0.2-24 \pm 0.3 10 \pm 2-18.8 \pm 0.2	Bahía de Cullera (Mediterráneo. España)
Presente estudio. <i>Synaptura lusitanica</i> <i>Mullus surmuletus</i> <i>Scorpaena scrofa</i> <i>Uranoscopus scaber</i> <i>Torpedo torpedo</i>	Hígado	<0.07-0.33 \pm 0.03 0.099 \pm 0.001-0.48 \pm 0.004 <0.07-1.6 \pm 0.003 <0.07-0.59 \pm 0.01 <0.07-0.4 \pm 0.0001	0.27 \pm 0.01-2.60 \pm 0.04 0.71 \pm 0.04-3.8 \pm 0.2 <0.16-0.46 \pm 0.01 <0.16-0.23 \pm 0.01 <0.16-1.7 \pm 0.1	66.1 \pm 0.3-1471 \pm 92 12.3 \pm 0.1-1807 \pm 46 4.2 \pm 0.7-34 \pm 7 4.1 \pm 0.3-348 \pm 2 1.8 \pm 0.2-31.4 \pm 0.6	51.8 \pm 0.4-152 \pm 2 87.7 \pm 0.9-1006 \pm 33 65 \pm 1-262 \pm 6 14 \pm 2-117.2 \pm 0.4 21 \pm 0.01-5.8 \pm 0.3	Bahía de Cullera (Mediterráneo. España)
Benedito <i>et al.</i> (2007) <i>Solea solea</i> <i>Mullus surmuletus</i> <i>Scorpaena scrofa</i> <i>Sparus aurata</i>	Músculo	<0.02-0.392 \pm 0.014 <0.02-1.009 \pm 0.012 <0.02-0.084 \pm 0.003 <0.02-1.54 \pm 0.02	<0.02 <0.02 <0.02 <0.02	<0.08 <0.08 <0.08-0.62 \pm 0.06 <0.08-3.7 \pm 0.03	13.8 \pm 0.6-29 \pm 3 16.5 \pm 0.6-21.2 \pm 0.05 11 \pm 0.4-32 \pm 3 22 \pm 2-42.6 \pm 1.4	Castellón. España
Benedito <i>et al.</i> (2007) <i>Solea solea</i> <i>Mullus surmuletus</i> <i>Scorpaena scrofa</i> <i>Sparus aurata</i>	Hígado	0.17 \pm 0.02-5.33 \pm 0.003 0.20 \pm 0.03-0.638 \pm 0.013 0.114 \pm 0.009-1.24 \pm 0.12 0.45 \pm 0.04-2.14 \pm 0.04	0.85 \pm 0.1-6.8 \pm 0.3 0.33 \pm 0.007-1.17 \pm 0.1 <0.02-1.42 \pm 0.08 <0.02-2.92 \pm 0.13	436 \pm 42-893 \pm 53 <0.08-12.1 \pm 1.3 3.3 \pm 0.2-28.7 \pm 0.02 4.9 \pm 0.12-39 \pm 2	92 \pm 7-139 \pm 15 66 \pm 1.4-270 \pm 2 18 \pm 1-245 \pm 7	Castellón. España
Pastor <i>et al.</i> (1994). <i>Mullus sp.</i> <i>Scorpaena porcus.</i> <i>Trigla lineada</i> <i>Serranus cabrilla</i> <i>Pagellus sp.</i> <i>Trachinus draco</i>	Músculo	0.002-0.13 0.002-0.003 0.002-0.02 - 0.002-0.013 0.002-0.018	0.013-2.9 0.013-0.016 0.013-0.12 0.013-0.19 0.013-0.09 0.013-0.02			Comunidad Valenciana, Murcia y Baleares.

*El peso seco estimado consiste en el valor original de peso húmedo, transformado por nosotros

Autor	Tejido	Cd	Pb	Cu	Zn	Origen
Hernández <i>et al.</i> (1990). <i>Sardina pilchardus</i> . <i>Mullus sumuletus</i> <i>Mullus barbatus</i> . <i>Thunnus thynnus</i> .	Músculo (Peso seco estimado)	0.00378-0.151 0.011-0.18 0.00378-0.20 0.0032-0.035	0.11-1.13 0.035-0.82 0.01-0.62 0.035-0.147			Castellón. España
Hernández <i>et al.</i> (1990). <i>Sardina pilchardus</i> <i>Mullus sumuletus</i> <i>Mullus barbatus</i> <i>Thunnus thynnus</i> .	Hígado (Peso seco estimado)	0.69-1.52 0.46-1.28 0.0094-5.51 0.65-1.31	0.73-1.77 0.18-1.4 1.14-5.3 0.11-0.28			Castellón
Kucuksezgin <i>et al.</i> (2001) <i>Mullus barbatus</i>	Músculo (Peso seco estimado)	0.02-0.017	0.15-0.78			Mar Egeo (Turquía).
Corsi <i>et al.</i> (2002). <i>Mullus barbatus</i>	Músculo	< límite detec.	< límite detec	1.38±0.64-3.58±1.78	14.37±3.28-21.9±4.86	Adriático y Jónico (Italia)
Kalay <i>et al.</i> (1999). <i>Mullus barbatus</i> <i>Caranx crysos</i> <i>Mugil cephalus</i>	Hígado	1.63±0.25-2.12±1.27 0.84±0.46-5.93±1.14 1.29±0.10-3.61±1.65	6.1±1.17-9.28±5.39 4.73±2.74-15.72±2.86 6.13±1.14-11.21±5.93	9.45±2.58-12.26±1.51 9.46±3.44-28.05±15.84 146±85.4-302±174	35.3±8.33-55.3±9.84 27.3±14.6-76.2±19 40.8±8.35-57.3±12.3	Turquía
Kalay <i>et al.</i> (1999). <i>Mullus barbatus</i> <i>Caranx crysos</i> <i>Mugil cephalus</i>	Músculo	1.03±0.13-1.43±0.97 0.61±0.16-1.36±0.2 0.86±0.07-1.07±0.30	5.34±1.12-9.11±6.05 4.43±1.40-7.50±1.69 5.44±0.83-7.33±2.11	2.26±0.85-5.88±5.92 2.74±0.61-6.15±1.50 3.92±1.27-5.12±1.80	16.1±11.4-25.8±19.3 18±4.11-33.6±3.66 23.5±3.6-30.9±9.98	Mediterráneo (Turquía).
Medina <i>et al.</i> (1986). <i>M. barbatus</i> y <i>M.</i> <i>surmuletus</i>	Músculo	0.019-0.187	0.03-0.803			
Topcuoglu <i>et al.</i> (2002), <i>Dicentrarchus labrax</i> <i>Engraulis encrasicolus</i>	Músculo	0.24±0.02 0.15±0.03	<0.05 <0.05	1.01±0.02 3.09±0.05	25.7±0.1 44.2±0.2	Mar Negro (Turquía)

Autor	Tejido	Cd	Pb	Cu	Zn	Origen
Rayment y Barry (2000). <i>Odonus Niger</i> <i>Carangoides orthogrammes</i> . <i>Lethrinus atkinsoni</i> <i>Naso ulaminghii</i>	Músculo (Peso seco estimado)	0.07 <limite <limite <limite	0.26 0.3 0.11 0.0.34	1.85 1.28 1.77 0.98	22.3 16.6 17.7 25.32	Raine Island (Australia)
Dural et al. (2006) <i>Dicentrarchus labrax</i> <i>Sparus aurata</i> <i>Mugil cephalus</i>	Músculo	0.027-0.107 0.12-0.13 0.06-0.1			63.45-113.1 33.4-67.75 42.2-123.6	Çamlık lagoon (Medit. Turquía)
Dural et al. (2006) <i>Dicentrarchus labrax</i> <i>Sparus aurata</i> <i>Mugil cephalus</i>	Hígado	0.98-1.49 0.58-1.33 0.94-1.64			26.27-94-92 60.16-61.45 70.34-125.7	Çamlık lagoon (Medit. Turquía)
Yilmaz (2003). <i>M. cephalus</i> <i>Trachurus mediterraneus</i>	Músculo (Peso seco estimado)		28.16±13 3.89±1.85	5.48±2.45 4.87±2.7	144.5±55.8 73.8±40.7	Iskenderun Bay (Medit. Tuquía)
Yilmaz (2005). <i>Sparus aurata</i> . <i>Mugil cephalus</i> .	Músculo (Peso seco estimado)		4.84±1.67-7.33±1.85 3.59±1.79-10.02±2.86	N.D-0.51±0.34 0.24±0.22-1.39±0.80	19.31±4.58-31.23±10.21 21.62±10.63-47.25±18.77	Iskenderun Bay (Medit. Tuquía)
Türkmen et al. (2005). <i>M. barbatus</i> <i>Sparus aurata</i> .	Músculo	0.02-2.92 0.09-3.70	0.32-4.83 0.19-6.23	0.24-5.43 0.08-3.46	0.72-9.85 0.86-11.57	Iskenderun Bay (Medit. Tuquía)
Kljakovic et al. (2002) <i>M. barbatus</i> <i>Merluccius merluccius</i>	Músculo (Peso seco estimado)	0.028-0.1 0.015-0.05	0.21-0.59 0.18-0.23			Adriático (Croacia)
Kljakovic et al. (2002) <i>M. barbatus</i> <i>Merlucius merlucius</i>	Hígado	0.011-0.7 0.02-0.57	0.37-3.6 0.15-1.12			

Autor	Tejido	Cd	Pb	Cu	Zn	Origen
Canli y Atli (2003) <i>Sparus aurata</i> <i>Atherina hepsetus</i> <i>Mugil cephalus</i> <i>Trigla cuculus</i> <i>Sardina pilchardus</i> <i>Scomberesox saurus</i>	Músculo	0.37±0.11 0.37±0.08 0.66±0.08 0.79±0.17 0.55±0.08 0.45±0.06	5.54±0.74 6.12±1.25 5.32±2.33 4.27±1.03 5.57±1.03 2.98±0.03	2.84±0.43 4.00±0.56 4.41±1.67 2.19±0.83 4.17±0.58 2.34±0.45	26.66±7.62 24.34±5.30 37.39±6.88 24.89±6.46 34.58±8.64 16.48±2.83	Karatas (Medit. Turquía)
Canli y Atli (2003) <i>Sparus aurata</i> <i>Atherina hepsetus</i> <i>Mugil cephalus</i> <i>Trigla cuculus</i> <i>Sardina pilchardus</i> <i>Scomberesox saurus</i>	Higado	0.96±0.24 1.17±0.78 1.64±0.91 4.50±2.25 2.29±1.31 1.72±0.93	8.87±2.13 41.24±46.27 12.59±5.80 23.01±10.87 39.43±17.91 17.54±7.89	33.37±16.24 54.17±35.38 202.80±265.8 26.09±8.14 29.26±13.19 18.18±6.96	76.47±17.41 70.18±24.87 110.03±34.58 108.64±32.18 73.22±19.84 68.99±14.95	Karatas (Medit. Turquía)
Hamza-Chaffai <i>et al.</i> (1996) <i>Boops salpa</i> <i>Liza aurata</i> <i>Corvina nigra</i> <i>Solea vulgaris</i>	Músculo	0.05 0.09 0.15 0.05		3.15 5.70 5.65 2.98	53 32 33 29	Túnez
Hamza-Chaffai <i>et al.</i> (1996) <i>Boops salpa</i> <i>Liza aurata</i> <i>Corvina nigra</i> <i>Solea vulgaris</i>	Higado	4.88 6.23 1.34 2.51		26.5 276 11.5 278	104 160 43 108	Túnez
Usero <i>et al.</i> (2003). <i>Solea vulgaris</i> <i>Liza aurata</i>	Higado	0.30-1.63 0.53-1.39	0.76-1.59 0.95-1.81	191.65-487.62 51.78-619.92	56.7-96.77 115.66-309.20	Odiel, Cádiz (Atlántico, España)
Usero <i>et al.</i> (2003). <i>Solea vulgaris</i> <i>Liza aurata</i>	Músculo	0.03-0.1 0.05-.011	0.11-0.19 0.11-0.19	1.5-1.89 0.76-2.3	15.7-32.2 11.7-31.7	Odiel, Cádiz (Atlántico, España)

Autor	Tejido	Cd	Pb	Cu	Zn	Origen
Pérez <i>et al.</i> (2001). <i>Dicentrarchus labrax</i> <i>Anguilla anguilla</i>	Músculo (Peso seco estimado)	0.02 0.03-016	0.143 0.16-0.29	2.96 2.5-3.93	42.48 52.9-87.3	Ría de Aveiro (Portugal)
Celik y Oehlenschläger (2004) <i>Melanogrammus aeglefinus</i> <i>Gadus morhua</i> <i>Pollachius virens</i> <i>Molva molva</i> <i>Brosne brosne</i> <i>Merluccius merluccius</i> <i>Microstomus kitt</i> <i>Lepidorhombus whiffiagonis</i> <i>Chelidonichthys gurnardus</i> <i>Zeus faber</i> <i>Lophius piscatorius</i> <i>Merlangius merlangus</i> <i>Scomber scombrus</i> <i>Scylliorhinus caniculus</i>	Músculo (Peso seco estimado)				8.7-15.12 12-12.4 13.9-17.01 10.2-13.6 11.3-13.23 12-12.4 9.8-10.9 7.9-10.9 11.34-15.8 11.7-11.7 9.8-12.4 10.5-12.8 12.4-19.6 32.13-32.8	Tampen, I. Shetland, I. Faroe y Copinsay (Atlántico Noreste)
De Mora <i>et al.</i> (2004). <i>Epinephelus coioides</i> <i>Lethrinus nebulosus</i>	Músculo e hígado (datos conjuntos ambas especies)	<0.001-195	<0.001-0.551	0.235-276	1.82-2400	El Golfo y Golfo de Omán