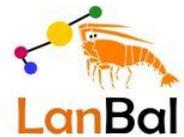




Estudio integral de la langosta roja *Palinurus elephas* en las Islas Baleares para su gestión sostenible

Informe final 2013



Centre Oceanogràfic de les Balears
Instituto Español de Oceanografía
Diciembre 2013



Unión Europea
Fondo Europeo
de Pesca
FEP351NBAL0002

Título: Estudio integral de la langosta roja *Palinurus elephas* en las Islas Baleares para el diseño de un sistema de gestión pesquera sostenible

Proyecto LANBAL

Informe final 2013

Este informe ha sido realizado por el Instituto Español de Oceanografía (Centro Oceanográfico de Baleares).

Responsable del proyecto:

Dra. Raquel Goñi Beltrán de Garizurieta

Autores del informe:

Dra. Raquel Goñi Beltrán de Garizurieta

Dra. Sandra Mallo Martínez

Dr. David Díaz Viñolas

Jaume Mora Vidal

Ángel Mateo Ramírez

Anabel Muñoz Caballero

Asesores especialistas en taxonomía:

Dra. Alba Vergés Guirado (Universitat de Girona)

Dra. Noemí Sánchez (Universitat de Girona)

Dr. Enric Ballesteros Sagarra (Centre d'Estudis Avançats de Blanes, CSIC)

Marta Díaz Valdés (Centre Oceanogràfic de les Balears, IEO)

Agradecimientos:

Deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento al Laboratorio de Investigaciones Marinas y Acuicultura (LIMIA), situado en el puerto de Andratx, perteneciente al Gobierno de las Islas Baleares, por la prestación de sus instalaciones y servicios técnicos, así como por toda la ayuda aportada por su personal técnico en el mantenimiento de las condiciones experimentales. Debemos un agradecimiento especial a Elena Pastor (LIMIA) por su continuo apoyo y ayuda en la solución de problemas en la instalación de acuicultura y a Antoni M^a Grau (Dirección General de Pesca del Gobierno Balear) por promover la investigación para la sostenibilidad de la pesquería de langosta de las Islas Baleares. También damos las gracias a Cristina Alonso por su asistencia técnica en el laboratorio y a Fran Sobrado por el trabajo realizado en el análisis de imágenes. Por supuesto, nuestro más sincero agradecimiento a Cisco y Joan Canals del buque pesquero Curniola, por su constante ayuda y apoyo en la realización de las campañas de pesca experimental. Agradecer a Javier Llorente, coordinador de la reserva marina del Llevant de Mallorca-Cala Rajada, y a toda la tripulación del buque de vigilancia "Luz Murube" por su apoyo en las tareas de supervisión de los colectores de langosta en el Canal de Menorca. Por último y no menos importante queremos dar las gracias a los patrones y tripulaciones de los B/O "Odón de Buen", "Emma Bardán" y "Socib" por su trabajo en las campañas COLECTORES que se han realizado a lo largo de todo el proyecto.

Citar como:

Goñi, R., Mallol, S., Díaz, D., Mora, J., Mateo, A. y Muñoz, A. 2013. Estudio integral de la langosta roja (*Palinurus elephas*) en las Islas Baleares para el diseño de un sistema de gestión pesquera sostenible. Informe final 2013 proyecto LANBAL. Proyecto LANBAL (2010-2013). IEO-COB/LANBAL/13-1, 90 pág. Solicitar copias a: raquel.goni@ba.ieo.es

Antecedentes

El Instituto Español de Oceanografía (IEO) tiene entre sus funciones, reguladas en su Estatuto establecido por Real Decreto 1950/2000, establecer convenios con organismos públicos y privados, tanto nacionales como internacionales, para la realización de proyectos de investigación y otras actividades de carácter científico y tecnológico. El Centro Oceanográfico de Baleares (COB), perteneciente al IEO, desarrolla la mayor parte de sus actividades de investigación marina en el mar Balear.

En el marco de las funciones mencionadas, desde 1998 el IEO ha suscrito sucesivos convenios con la Secretaria General del Mar (SGM) (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) para el seguimiento del efecto reserva sobre los recursos pesqueros de la Reserva Marina de las Islas Columbretes y su entorno, y en particular de la langosta roja *Palinurus elephas*. Los estudios enmarcados en dichos convenios han sido realizados bajo la dirección de la Dra. Raquel Goñi de la Unidad de Reservas Marinas y Ecología Litoral (RESMARE) del IEO-COB, y han constituido un gran avance en el conocimiento de una especie de gran interés pesquero sobre la que, por su alto valor unitario y relativa escasez, se sabía muy poco.

Desde 1998, el IEO ha apostado firmemente por la línea de investigación de reservas marinas y sus efectos sobre las pesquerías artesanales, las especies que las explotan y la diversidad. En el marco general del proyecto "RESERVAS", se ha realizado el proyecto "ERICOL" (Efecto reserva sobre los recursos pesqueros de la Reserva Marina de las Islas Columbretes y su entorno, 1998-2012). En los 15 años de proyecto se ha desarrollado una línea de investigación sobre la langosta roja *P. elephas*, que abarca todos los aspectos de su biología, ecología, pesquerías, impactos de la pesca y respuestas a la protección.

Aunque esta línea de trabajo es de gran relevancia en las Islas Baleares debido a la importancia socio-económica de la langosta roja, sólo recientemente se han iniciado estudios dirigidos a mejorar el patrón de explotación y el conocimiento de esta especie en Baleares. En 2010 se inició el proyecto LANBAL fruto de un convenio de colaboración entre el IEO y la Dirección General de Pesca del Govern Balear. Este proyecto, objeto del presente informe, pone el énfasis en medidas que puedan mejorar la gestión y el estado de las poblaciones de langosta y se centra en el Canal de Menorca por ser la zona de Baleares que concentra más capturas de langosta roja. Para el IEO este convenio supone expandir una línea de investigación, en la que el equipo del IEO-COB se ha convertido en referente europeo, y ampliar la base de conocimientos de la langosta roja en aspectos innovadores relativos al reclutamiento, la capacidad de predicción de capturas futuras y la selectividad de artes.

Resumen

El proyecto LANBAL ha tenido los siguientes objetivos:

1. Aportar información útil para implementar medidas técnicas que incentiven la devolución al mar de ejemplares inferiores a la talla legal o hembras maduras.
2. Conocer la distribución de la langosta roja, su variabilidad estacional y su evolución con el fin de informar para una gestión pro-activa del recurso que asegure su sostenibilidad.
3. Conocer la selectividad relativa de distintos tipos de redes de trasmallo con vistas a mejorar el patrón de explotación y minimizar sus impactos potenciales sobre especies y hábitats sensibles.
4. Determinar la tendencia anual del asentamiento (reclutamiento al fondo de juveniles) y su posible correlación con la abundancia de adultos en años posteriores.
5. Caracterizar las áreas de concentración de juveniles.

Objetivo 1- Esta línea de estudio ha consistido en determinar en condiciones experimentales la viabilidad de aplicar la marca en forma de triángulo (*V-notch*) en el abanico caudal de la langosta roja. Estas marcas son empleadas con éxito en las pesquerías de bogavante para marcar ejemplares de talla inferior a la legal o hembras ovadas que los pescadores devuelven al mar. Los bogavantes marcados así no pueden ser comercializados hasta que dicha marca desaparece o se reduce mediante mudas sucesivas hasta un tamaño previsto en la legislación. Los resultados de los experimentos realizados durante 2010-2011 en la langosta roja, los primeros en una langosta espinosa, indican que la supervivencia no se ve afectada por la marca y que, en condiciones de cautividad, en un adulto joven el tamaño de la marca se vería reducido en un 50% tras cuatro mudas, lo que sucedería en aproximadamente dos años. Se concluye que la marca en "V" sería una medida efectiva para proteger durante un tiempo las hembras ovadas devueltas al mar y así aumentar el potencial reproductivo de la población. Para determinar si la tasa de crecimiento en el medio natural es superior, y por tanto la recuperación más rápida, a la observada en este experimento como sospechamos, sería necesario realizar un experimento de campo a gran escala con la colaboración de los pescadores. Resultados publicados en: Mallol S, Díaz D, Sobrado F & Goñi R (2013) First V-notching experience of a spiny lobster: V-notch recovery and impacts on health and growth of *Palinurus elephas*. *Journal of Crustacean Biology*. En prensa. Resultados presentados también en forma de póster en la 9th International Conference and Workshop on Lobster Biology and Management (Bergen, 19-24 junio de 2011) p. 74 y en las VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears (Palma, 16-18 octubre de 2013). *Soc. Hist. Nat. Balears*. p. 230.

Objetivo 2. Los resultados de estudio basados en campañas de pesca experimental mensuales a lo largo de un ciclo anual han permitido constatar por primera vez en el Mediterráneo la existencia de migraciones batimétricas estacionales pre-reproductivas de la langosta hacia fondos someros y post-reproductivas hacia zonas profundas, más marcadas en hembras que en machos. Las migraciones de las hembras ovadas hacia zonas profundas tendrían como objetivo la búsqueda de condiciones estables para la incubación de los huevos durante el otoño – invierno, y quizás realizar la eclosión de los huevos lejos de la costa para maximizar la dispersión de las larvas.

La evolución de la población explotada en Baleares se ha examinado a partir de datos de capturas y esfuerzo de la flota langostera del archipiélago. Para ello se han recopilado, estandarizado y analizado los datos oficiales de desembarcos y esfuerzo durante el periodo de 2002 a 2013. Se constata una reducción del 20% en el número de efectivos que se dedican a esta pesquería. Mientras que las descargas se han

mantenido relativamente estables en las islas de Menorca, Ibiza y Formentera, en la isla de Mallorca los desembarcos han sido más fluctuantes. Para todo el archipiélago las capturas anuales descargadas en lonja han oscilado entre 24 y 33 toneladas. Los puertos más importantes para esta pesquería son Ciudadela y Cala Rajada. A partir de entrevistas a pescadores, por primera vez en el área de estudio, se ha podido elaborar un mapa con la distribución espacial del esfuerzo pesquero y los principales caladeros en la zona del Canal de Menorca. La estabilidad de las capturas unida a una reducción del número de embarcaciones puede sugerir que la rentabilidad de la pesquería ha aumentado para una flota el 20% más pequeña. Sin embargo, a tenor de las quejas de algunos pescadores, y a falta de tener datos fiables de capturas, cabe pensar que el esfuerzo de pesca efectivo en la pesquería no ha disminuido.

Objetivo 3. Para este objetivo se han hecho campañas mensuales de pesca experimental con dos tipos de trasmallos de propiedades selectivas diferentes, tanto en lo que respecta a la especie objetivo, la langosta roja, como a las especies acompañantes, incluyendo las especies estructurantes que se puedan ver afectadas por esta actividad pesquera. Se constata que el trasmallo experimental es más selectivo, capturando menos langostas de talla legal pero también menos langostas juveniles y de talla inferior a la legal, así como menos especies estructurantes. Los rendimientos de especies acompañantes de interés comercial, principalmente peces, han sido similares en los dos tipos de trasmallo. El cambio de la red tradicional por la experimental conllevaría una pérdida inmediata de un 13-22% del valor económico de la captura comercializada (langosta + bycatch comercial). La magnitud de la pérdida depende de los precios de la langosta roja y del bycatch comercial, siendo mayor cuanto más alto es el precio de la langosta y más bajo el del bycatch. En compensación por esta pérdida de ingresos inmediata es posible identificar beneficios inmediatos que se traducen en una mejora del estado, y por tanto del precio, de la captura en la red experimental respecto a la red tradicional. Las pérdidas inmediatas de captura de langosta roja vendrían así mismo acompañadas de beneficios a medio y largo plazo derivados de la mayor supervivencia de los juveniles asociada a una reducción de su tasa de captura del 48%. Esta reducción mejoraría la productividad y el potencial reproductivo de la población a largo plazo y facilitaría el cumplimiento de la normativa de tallas mínimas legales. Finalmente, la captura de maèrl, que se produciría en menos de un tercio de los lances en vez de en la mitad de ellos como ocurre con la red tradicional, se reduciría en un 64% con las redes experimentales. Resultados presentados: Mallol S, Mora J, Díaz D & Goñi R. 2013. Changes in trammel net material can lessen the ecosystem impacts of spiny lobster fishing. VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears (Palma, 16-18 octubre de 2013). Soc. Hist. Nat. Balears. p. 229.

Objetivo 4. El objetivo de esta línea de estudio ha sido determinar la tendencia anual del asentamiento (o reclutamiento al fondo) de la langosta roja en el medio natural y en colectores artificiales, y correlacionarlos con la abundancia de adultos en años posteriores. Los avances realizados en este objetivo se han centrado en la instalación de una red de estaciones experimentales de colectores de post-larvas con el fin de obtener índices de reclutamiento (asentamiento al fondo) estandarizados en distintas zonas del Canal de Menorca, tanto costeras como profundas. Se constata que este es un método eficaz, y estandarizado, para la construcción de series de índices de reclutamiento de langosta roja, pero que para hacerlo viable es necesario un mayor número de colectores y el consiguiente esfuerzo de mantenimiento y muestreo. Los índices de reclutamiento estimados en 2011 han sido considerablemente inferiores a los de 2010. Los bajos índices de reclutamiento en 2011 y 2012 pueden afectar negativamente a los rendimientos de la pesquería en 2015-2017. Se recomienda continuar la serie de los índices de asentamiento para poder testear los efectos de variaciones en éstos sobre los rendimientos pesqueros. Este estudio necesita no solo de una serie de varios años de índices de reclutamiento sino también series de datos de captura y esfuerzo representativos y fiables en años posteriores. Resultados presentados: Díaz D, Mallol S, Muñoz A, Alvarez E, Mateo A, Llorente J & Goñi R. 2013. Monitorización

del asentamiento de langosta a partir de colectores artificiales en el mar Balear. VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears (Palma, 16-18 octubre de 2013). Soc. Hist. Nat. Balears. p. 276.

Objetivo 5. Este estudio constituye un primer paso en el conocimiento de las características fisiográficas y bióticas de los hábitats que albergan densidades altas de juveniles en el Canal de Menorca. De los análisis realizados se evidencia una asociación de las langostas pequeñas con refugios medianos y con refugios muy cercanos al fondo, así como con la presencia de conchas muertas. Por otra parte, se aprecia una correlación negativa entre las rocas de gran porte y refugios grandes y presencia de langostas rojas, tanto juveniles como adultas. La razón más aparente de esto es la facilidad de localización de estos fondos por parte de la flota pesquera, y que por tanto están sometidos a mayor explotación que las zonas con rocas de menos altura, más dispersas y por ello menos conocidas. Además, en estos fondos de rocas grandes la rugosidad y los refugios son más abundantes y la densidad de depredadores es mayor, lo que redundará en una mayor mortalidad de las langostas. Los resultados obtenidos hasta ahora sugieren que el hábitat de reclutamiento no es limitante y que la abundancia de juveniles estaría inversamente relacionada con la presión pesquera y/o la densidad de depredadores. La conclusión preliminar es por tanto que la mayor densidad de juveniles se encuentra en áreas que por su relieve y estructura son poco conocidas por los pescadores y que albergan pocos depredadores. Si esto se confirma, la ausencia de correlación entre la pesca y la presencia de juveniles de langosta favorece la toma de decisiones por parte de la administración con el fin de establecer zonas de especial conservación. Resultados presentados: Díaz D, Muñoz A, Mallol S, Grinyó J & Goñi R. 2013. Caracterización fisiográfica del hábitat de langosta roja en el canal de Menorca a partir de imágenes mediante vehículo autónomo tripulado. VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears (Palma, 16-18 octubre de 2013). Soc. Hist. Nat. Balears. p. 277.

ÍNDICE

1. Estudio de la viabilidad del V-notching	13
1.1. Objetivos previstos y modificaciones introducidas	13
1.2. Metodología	14
1.2.1. Captura y mantenimiento de los ejemplares de langosta	14
1.2.2. Adecuación y preparación del tanque experimental en el LIMIA	15
1.2.3. Traslado y mantenimiento de los ejemplares en el LIMIA	16
1.2.4. Diseño del estudio: identificación de variables, diseño experimental y de muestreo	17
1.2.5. Inicio del experimento de marcado "V-notch"	18
1.2.6. Diseño de una base de datos específica	20
1.2.7. Toma de datos y análisis estadísticos	21
1.2.8. Estudio de gabinete: Estado del conocimiento sobre las aplicaciones y efectividad del "V-notch"	22
1.3. Resultados	24
1.3.1. Efecto de la marca en "V" sobre la supervivencia y la presencia de necrosis del caparazón	25
1.3.2. Regeneración de la marca en "V"	28
1.4. Discusión	31
2. Estado, evolución y estacionalidad de la langosta en el Canal de Menorca	35
2.1. Tendencias en las descargas y el esfuerzo	35
2.1.1. Objetivo	35
2.1.2. Metodología	35
2.1.3. Resultados	35
2.1.3.1. Caracterización de la flota langostera	35
2.1.3.2. Evolución de las descargas	37
2.1.3.3. Estacionalidad de la pesca de langosta roja	38
2.1.3.4. Esfuerzo espacial de la flota langostera en el Canal de Menorca	39
2.2. Distribución batimétrica y estacional de la langosta	40
2.2.1. Objetivo	40
2.2.2. Metodología	40
2.2.2.1. Diseño de las campañas de pescas experimentales TRASLAN	40
2.2.2.2. Diseño de las redes de trasmallo experimentales TRASLAN	41
2.2.2.3. Protocolo de muestreo a bordo	42
2.2.2.4. Protocolo de muestreo en laboratorio	43
2.2.3. Resultados	44
2.2.3.1. Abundancia: cambios estacionales y batimétricos	45
2.2.3.2. Abundancia por clase de talla: cambios estacionales y batimétricos	46
2.2.3.3. Distribución estacional y batimétrica de hembra ovadas	48
2.2.3.4. Talla media: estacionalidad y batimetría	49

3. Selectividad relativa de dos tipos de trasmallo	51
3.1. Objetivo	51
3.2. Métodos	51
3.3. Resultados	51
3.3.1. Selectividad respecto a la langosta	51
3.3.1.1. Diferencias en la captura por talla y total	51
3.3.1.2. Diferencias en la captura de langosta de talla legal (nº y peso)	52
3.3.1.3. Diferencias en la estructura de tallas de la captura de langosta	53
3.3.2. Selectividad respecto a la captura acompañante (<i>bycatch</i>)	54
3.3.2.1. Diferencia en la captura de megabentos	55
3.3.2.2. Diferencias en el <i>bycatch</i> comercial	55
3.3.2.3. Diferencias en la captura de las principales especies de peces (peso)	57
3.3.2.4. Talla media de las principales especies de peces	58
3.3.3. Costes y beneficios de usar redes PMF <i>versus</i> MMF	59
3.3.3.1. Objetivo	59
3.3.3.2. Métodos	59
3.3.3.3. Resultados	60
4. Índices de asentamiento en colectores y hábitat natural. Relación con la profundidad y factores ambientales	65
4.1. Introducción	65
4.2. Objetivo	65
4.3. Material y métodos	66
4.4. Resultados	68
4.4.1. Estación profunda (Canal de Menorca)	68
4.4.2. Estaciones litorales	70
4.4.3. Muestreos en hábitat natural	72
4.4.4. Correlación colectores – hábitat natural	73
4.5. Discusión y Conclusiones	73
5. Caracterización e identificación de hábitats de juveniles y “hotspots”	75
5.1. Introducción	75
5.2. Material y métodos	75
5.2.1. Selección de zonas de estudio	75
5.2.2. Campañas de video	76
5.2.3. Especies	77
5.2.4. Variables fisiográficas	77
5.2.5. Análisis de datos	78
5.3. Resultados	78
5.3.1. Características del muestreo	78
5.3.2. Hábitats	79
5.3.3. Langosta	81
5.3.4. Características del hábitat y presencia de langosta	81
5.4. Conclusiones	83

6. Referencias bibliográficas	85
7. Anexos	89
7.1. Artículo científico publicado en Journal of Crustacean Biology correspondiente al estudio de la viabilidad del <i>V-notching</i> en langosta roja	
7.2. Resumen del póster presentado en la 9th International Conference and Workshop on Lobster Biology and Management (Bergen, 19-24 junio de 2011)	
7.3. Resúmenes de los trabajos presentados en las VI Jornadas de Medio Ambiente de las Islas Baleares (Palma, 16-18 octubre de 2013)	

1- Estudio de viabilidad del V-notching

En este apartado se han unido las líneas de trabajo 1 y 2 correspondientes al proyecto.

Línea 1: Estudio de la viabilidad del “V-notching” en ejemplares sub-adultos.

Línea 2: Estudio de la viabilidad del “V-notching” en hembras maduras.

1.1. Objetivos previstos y modificaciones introducidas

Estas dos líneas de trabajo se plantearon con el objetivo de proporcionar conocimientos que permitan la explotación sostenible de la langosta roja *Palinurus elephas* en Baleares mediante la implementación de técnicas que incentiven la conservación (devolución al mar) de los ejemplares de talla inferior a la legal y/o de hembras ovadas (prohibida su captura y comercialización según *Orden del 23 de marzo de 2001 BOIB núm. 38 del 29 de marzo de 2001 para aguas interiores de las Islas Baleares; Orden del 30 de mayo de 2001 BOE núm. 141 del 13 de junio de 2001 para aguas exteriores próximas a las Islas Baleares y Reglamento CE nº 1967/2006 del Consejo del 21 de diciembre de 2006*).

Para alcanzar este objetivo se evaluó la viabilidad del marcado tipo “V-notch” en langostas de talla inferior a la talla legal (longitud del cefalotórax LC= 90 mm). La viabilidad del marcado de tipo “V-notch” se evaluó en términos de:

- 1) Mortalidad/pérdida de vitalidad, así como de la inocuidad y ausencia de efectos secundarios, provocados por la marca “V-notch”.
- 2) Durabilidad (visibilidad) y recuperación de la marca “V-notch” a largo del tiempo (mudas).

El principio de este tipo de marcado es el que los pescadores puedan aplicarlo en las langostas de talla inferior a la legal o en hembras ovadas antes de devolverlas al mar, según la normativa. La persistencia de la marca en “V” permite identificar de una manera fácil y rápida a los individuos ilegales que se quieran introducir en el mercado a través de los canales de comercialización establecidos.

La marca “V-notch” es ampliamente empleada desde hace décadas por los pescadores de bogavante americano (*Homarus americanus*) y europeo (*H. gammarus*) en ambas costas del Atlántico. Sin embargo, este estudio es el primero de “V-notching” que se realiza con una langosta espinosa y por ende en la langosta roja. Por tratarse de especies con características vitales muy diferentes, incluyendo el patrón de crecimiento, no es posible extrapolar a la langosta roja los resultados de estudios similares con el bogavante.

Inicialmente se planteó realizar dos estudios separados, uno con langostas de talla inferior a la legal y otro con hembras maduras. La duración prevista para cada uno de estos estudios era 12 meses, empezando con el estudio de los pequeños en agosto de 2009, y después con el de las hembras maduras en junio de 2010. A la vista de los resultados del estudio en los pequeños, que indicaban una baja tasa de recuperación del “V-notch” a la 1ª muda, y el prolongado uso del tanque requerido para poder alcanzar mudas sucesivas, se tomó la decisión de extender hasta junio de 2011 este experimento en lugar de iniciar uno nuevo con hembras maduras. La principal razón de este cambio fue que la prolongación de uno de los experimentos nos proporcionaría resultados más útiles que la realización de los dos experimentos durante periodos más cortos, ya que se podría determinar cuántas mudas son

necesarias para que la marca se reduzca en una proporción como mínimo del 50% (como lo prevé la reglamentación del bogavante americano). Además las langostas inferiores a la talla legal empleadas finalmente en el experimento estaban por encima de la talla de primera madurez lo que hace que, en el caso de las hembras, las tasas de crecimiento y de recuperación del “V-notch” puedan considerarse representativas de las de hembras maduras.

1.2. Metodología

1.2.1. Captura y mantenimiento de los ejemplares de langosta

Durante agosto de 2009 los pescadores de Cala Rajada fueron guardando langostas en buen estado que habían sido capturadas en la pesquería. Los ejemplares requeridos fueron 60 en total, machos y hembras de entre 75 y 87 mm de longitud del cefalotórax (LC). A medida que los pescadores fueron capturando los ejemplares, estos se colocaron en un tanque de 900 litros de los viveros colectivos que posee la cofradía y que se reservó exclusivamente para este experimento durante el tiempo de espera previsto. Además, se hicieron cinco embarques en los que también se guardaron los ejemplares requeridos. En total, al finalizar la temporada de pesca de langosta se habían adquirido 64 langostas, 33 hembras y 31 machos de tallas comprendidas entre 74,8 y 89,8 mm LC, con una talla media de $84,0 \pm 3,4$ mm LC para las hembras y de $84,5 \pm 4,1$ mm LC para los machos. A principios de septiembre todos los viveros colectivos de la cofradía quedaron vacíos y se aprovechó para distribuir la mitad de las langostas a otro tanque adicional de 900 litros con las mismas condiciones de mantenimiento (circuito cerrado con refrigeración de agua a 11°C).

En un principio las langostas solo tenían que estar alojadas en los viveros de la cofradía de Cala Rajada hasta mediados de septiembre en espera de su traslado al LIMIA (Laboratorio de Investigaciones Marinas y Acuicultura) del puerto de Andratx, donde se llevaría a cabo el experimento. Los viveros de la cofradía de Cala Rajada nos fueron de gran utilidad durante la fase de captura de los ejemplares, pero estas instalaciones están concebidas como tanques de mantenimiento para la estabulación transitoria de langosta durante el periodo desde la pesca a la comercialización, el cual no suele durar más de cinco días. Sin embargo, un retraso en la preparación y adecuación de las instalaciones definitivas en el LIMIA nos obligó a mantener las langostas en los viveros de Cala Rajada durante más tiempo de lo previsto, lo que resultó en algunas bajas. Las condiciones de los viveros no eran adecuadas para un mantenimiento a largo plazo debido principalmente a: 1) el reducido espacio de los tanques en relación a la elevada cantidad de individuos estabulados, 2) los viveros estaban ubicados dentro de una cámara frigorífica a una temperatura de 10°C que era la que por intercambio con el ambiente daba la temperatura al agua; esto provocó que no se pudiera aumentar dicha temperatura debido al sistema de seguridad de la cámara, ya que a más temperatura saltaba la alarma, 3) aunque la baja temperatura fue bien porque mantuvo las langostas en un estado poco activo, por otro lado dificultó su alimentación para poderlas mantener en un estado óptimo de salud, 4) el sistema en circuito cerrado de los viveros provocó que cuando se empezó a dar de comer se produjesen diversos episodios de elevadas concentraciones de nitritos y nitratos y también la acumulación de agregados espumosos, 5) el reducido espacio donde se ubicaban los viveros dificultó mucho las tareas de limpieza y mantenimiento de los tanques (Figura 1.1).



Figura 1.1.- Tanques de espera en los viveros de Cala Rajada donde se alojaron las langostas tras la captura.

La estancia de las langostas en los viveros de la Cofradía de Cala Rajada fue de 83 días, durante los cuales se produjeron 10 mudas, 6 de las cuales provocaron la muerte de los individuos. Al final 22 langostas de las 64 iniciales murieron en los viveros de la Cofradía. Este retraso por tanto resultó en una pérdida del 35% de las muestras ya antes de iniciar el estudio.

El 21 de octubre de 2009 se averiaron los viveros de la Cofradía donde estaban todas las langostas guardadas en espera de ser trasladadas al LIMIA. Por suerte, la avería fue detectada a tiempo y todos los ejemplares sobrevivieron, pero tuvieron que ser trasladados de urgencia a un vivero particular que nos cedió un pescador. La capacidad de este vivero era de 800 litros divididos en dos compartimentos con circuito cerrado y refrigerado a 13°C. Se continuó alimentando a las langostas cada dos días, alternando mejillón y jurel, pero la baja temperatura del agua inhibía la alimentación. Durante esta etapa murieron 2 langostas más.

1.2.2. Adecuación y preparación del tanque experimental en el LIMIA

Para el mantenimiento de las langostas en cautividad a largo plazo se habilitó en el LIMIA del puerto de Andratx un tanque rectangular (5 x 2,2 x 1 metros) de fibra de vidrio con capacidad para albergar 10.000 litros, al cual se le acopló un sistema de refrigeración formado por dos enfriadores, una bomba de recirculación y un filtro biológico de grandes dimensiones (Figura 1.2), con el fin de mantener lo más fielmente posible las condiciones de esta especie en el medio natural. El montaje de esta infraestructura se prolongó más de lo previsto debido a problemas surgidos con los proveedores del material requerido y a demoras en el montaje de la instalación del circuito.

En un principio y con el fin de poder controlar la temperatura en todo momento, el sistema de mantenimiento fue en circuito cerrado. Se llenó el tanque con agua de mar, bombeada al inicio mediante colectores submarinos situados en las inmediaciones del centro de experimentación, hasta un nivel de 50 cm. Las langostas fueron mantenidas en condiciones de temperatura controlada a través de los dos refrigeradores, a los cuales se les iba regulando periódicamente la temperatura según la variación anual que sufre el medio natural de donde provienen los individuos. El tanque estaba dotado de un sistema de aireación mediante el aporte de aire comprimido en burbujeo y de un sistema de salto en cascada producido por la recirculación del agua. Además, se dispuso de un sistema de oxigenación adicional mediante un circuito de oxígeno medicinal, de posible utilización en caso necesario. Debido a la gran

cantidad de agua y a que el tanque no estaba impermeabilizado, la temperatura más baja a la cual se pudo mantener todo el circuito fue de 16,5°C en las condiciones más óptimas durante los meses más calurosos.



Figura 1.2.- Instalación del sistema de bombeo, enfriadores y filtro biológico en el LIMIA.

Se dividió el tanque en tres compartimentos iguales (sección 1, 2 y 3) mediante la colocación de unos mamparos contruidos con rejilla de plástico fijada a un marco rígido de acero inoxidable. Además, en cada sección se instaló un refugio construido con bloques de hormigón horadados y con una plancha de PVC azul de 1 metro de largo por 50 cm de ancho a modo de techo. Para que las langostas estuvieran más tranquilas y no se viesan afectadas por la luz artificial de las instalaciones, se optó por tapar todo el tanque con una tela sombreadora transpirable de color negro.

Previamente al traslado e inicio del experimento, y de acuerdo con el Real Decreto 1201/2005, del 10 de octubre, sobre la protección de los animales utilizados en experimentación y otras finalidades científicas, se solicitó una autorización previa y expresa de procedimiento, con resolución favorable obtenida por parte de la consejera de Agricultura y Pesca para llevar a cabo este trabajo experimental.

1.2.3. Traslado y mantenimiento de los ejemplares en el LIMIA

Los 40 ejemplares que sobrevivieron fueron trasladados desde los viveros de Cala Rajada hasta el LIMIA del Puerto de Andratx el día 9 de noviembre de 2009. El transporte se efectuó en seco con las langostas estibadas en dos arcones forrados con telas húmedas, y repartidas en diversos pisos alternando capas de 5 langostas cubiertas con trapos húmedos y placas refrigeradoras. El transporte transcurrió sin incidentes. Todas las langostas llegaron en condiciones óptimas, a excepción de una que estaba aún blanda debido a la reciente muda y otra que en la muda anterior había perdido una parte del cefalotórax y tenía las branquias al descubierto. Al día siguiente estos dos ejemplares habían muerto.

A su llegada al LIMIA se introdujeron todas las langostas en un tanque de espera con agua de mar convenientemente oxigenada. Previamente a la introducción definitiva en el tanque experimental, todos los ejemplares fueron sometidos a una desparasitación por balneación. Esta operación consistió en sumergir a todos los ejemplares dentro de un baño de formaldehído diluido a 150 ppm durante 30

minutos en un tanque de 100 litros de agua de mar a 18 °C (temperatura ambiente del agua de mar en aquellos momentos). Como la capacidad del tanque de balneación era pequeña, se hicieron los baños por turnos de 6 langostas cada media hora. Una vez terminado el proceso de desparasitación se estabularon todos los ejemplares en el tanque de 10.000 litros donde se las mantuvo durante toda la duración del experimento.

A lo largo de todo el experimento, se intentó alimentar a las langostas con una dieta variada compuesta por jurel fresco, mejillón congelado, calamar patagónico congelado, erizos vivos y algas calcáreas frescas. Aunque se empezó alternando en la dieta los diferentes tipos de alimentos mencionados anteriormente, al final solo se mantuvo una dieta basada en mejillón y jurel debido a problemas de suministro regular del resto de especies que componen la dieta de la langosta. Al principio se alimentaron las langostas diariamente pero hubo problemas de eutrofización que nos llevaron a cambiar el sistema de circuito cerrado a circuito abierto, manteniendo un ligero caudal de 0.17 l/s de entrada y salida de agua de mar. Además, como medida complementaria para mantener la limpieza del agua, se optó por alimentar a los ejemplares cada dos días. La cantidad de alimento aportado correspondía a un 10% en peso de los ejemplares estabulados.

Las tareas de mantenimiento y limpieza del tanque se realizaron semanalmente, mediante sifonado, con el fin de eliminar los restos de materia orgánica no consumida y los *pellets* de las langostas.

1.2.4. Diseño del estudio: identificación de variables, diseño experimental y de muestreo

Para efectuar un seguimiento adecuado y controlado se determinaron una serie de variables a medir. Por un lado las variables físico-químicas, que nos darían información sobre el medio donde se mantienen las langostas, y por otro las variables individuales. El medio fue controlado y por tanto no se esperaban grandes fluctuaciones de las variables físico-químicas que se establecieron siguiendo el protocolo utilizado en el LIMIA para el cultivo del centollo, y son las siguientes:

Variables físico-químicas del tanque

- Temperatura (diariamente)
- Salinidad (diariamente)
- Oxígeno (semanalmente)
- Nitritos/nitratos (semanalmente)

Por otro lado, se midieron toda una serie de variables biológicas individuales, tanto cualitativas como cuantitativas que aportaron información sobre el estado de cada ejemplar durante el experimento.

Variables individuales

Cada ejemplar fue identificado con un código y se dispuso de una ficha individual donde se anotó la siguiente información:

Al inicio del experimento

- Réplica (Nº)
- Fecha
- Talla del cefalotórax (LC mm)
- Sexo
- Color, dureza e incrustaciones
- Estado general del individuo (Vitalidad, lesiones e infecciones)
- Aplicación o no de la marca “V-notch”
- Sección del tanque o muestra

Durante cada muestreo quincenal

- Vitalidad: Medida de acuerdo a una escala basada en la estridulación (ruido producido por el rozamiento de las antenas), la fuerza de agarre en las patas y el bateo de la cola.
- Lesiones: a) pérdida de extremidades; b) lesiones por infección (necrosis) según el índice establecido por Estrella (1991) que mide el porcentaje de caparazón infectado (0 = sin infecciones, 1 = pocas infecciones (< 10%), 2 = infecciones moderadas (11-50%) y 3 = infecciones severas (> 50%).
- Muda (sí/no)
- Talla del cefalotórax (LC mm)
- Estado de la marca “V-notch”
- Evolución de la recuperación o cicatrización del “V-notch” mediante la toma de fotografías de cada individuo
- Dureza, color e incrustaciones en el caparazón.

Para el registro de todas estas variables se elaboraron tres tipos de fichas control, una para las variables físico-químicas, otra para el control de la alimentación y por último una ficha individual para el seguimiento de las variables biológicas que afectaron a cada ejemplar.

En el diseño experimental, se dividió el tanque en tres compartimentos iguales (secciones) con el fin de tener 3 muestras. En cada compartimento se estableció el mismo número de langostas manteniendo una proporción de sexos 1:1. La mitad de las langostas de cada uno de los sexos serían individuos control a los cuales no se les aplicaría ningún tipo de marca, y la otra mitad serían marcados con un “V-notch”.

1.2.5. Inicio del experimento de marcado “V-notch”

Tras 40 días de aclimatación en el tanque, el día 18 de diciembre de 2009 se inició el experimento de marcado de “V-notch” siguiendo el diseño experimental expuesto a continuación y representado en la Figura 1.3. Al inicio del experimento se contaba con 38 individuos, 36 de los cuales formaron parte del experimento que fue dividido en tres muestras de 12 individuos (6 machos y 6 hembras), disponiendo cada muestra en una de las tres secciones del tanque, y los dos individuos restantes se mantuvieron

conviviendo con el resto de las langostas, en las mismas condiciones, para suplir, en caso de baja a alguno de los individuos que participaban en el experimento.

Antes de aplicar la marca "V-notch" cada langosta fue identificada individualmente mediante la colocación de una etiqueta redonda numerada (1.5 cm de diámetro) impresa en papel resistente al agua y fijada al cefalotórax con cola de cianocrilato de secado rápido usada en medicina.

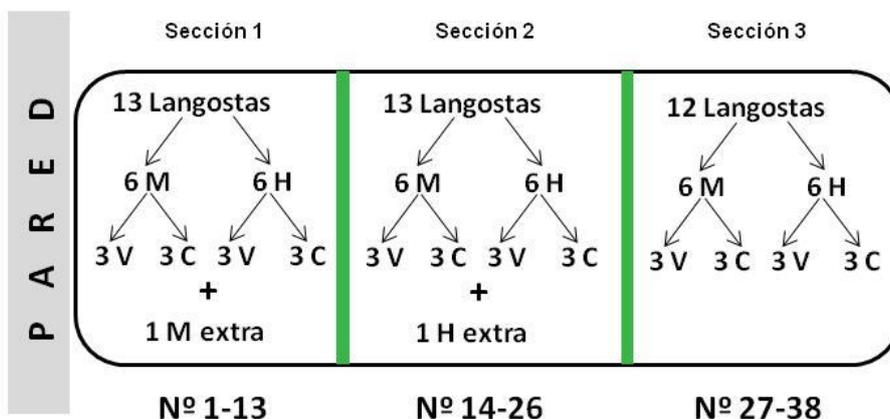


Figura 1.3.- Diseño experimental del experimento de "V-notching". M=macho, H=hembra, V=marca "V-notch" y C=control. N° corresponde al número identificativo de cada individuo.

Para las tareas de marcado e identificación de los individuos el procedimiento fue el siguiente (Figura 1.5):

- 1) Extracción de todas las langostas de uno de los compartimentos (ej. muestra 1) y traslado a un tanque de espera con agua de mar convenientemente oxigenada.
- 2) Toma individual de todas las medidas y observaciones anteriormente mencionadas.
- 3) Identificación individual mediante la colocación de etiqueta.
- 4) Fotografiado del ejemplar entero y del telson antes del marcaje en "V-notch".
- 5) Práctica de la marca "V-notch" en el primer urópodo situado a la derecha del telson en posición ventral del individuo. Este tipo de marca se ha efectuado con una herramienta muescadora, practicando una muesca triangular de 1 cm de lado (Figura 1.4 y Figura 1.5 J), utilizada normalmente en ganadería para marcar las orejas de las crías de cerdo.
- 6) Fotografiado del telson después del marcaje "V-notch".
- 7) Aplicación de solución desinfectante de clortetraciclina (Cloriven) en spray.
- 8) Retorno al compartimento pertinente (muestra 1, 2 o 3) dentro del tanque de mantenimiento permanente.



Figura 1.4.- Herramienta muescadora utilizada para hacer las marcas en "V".

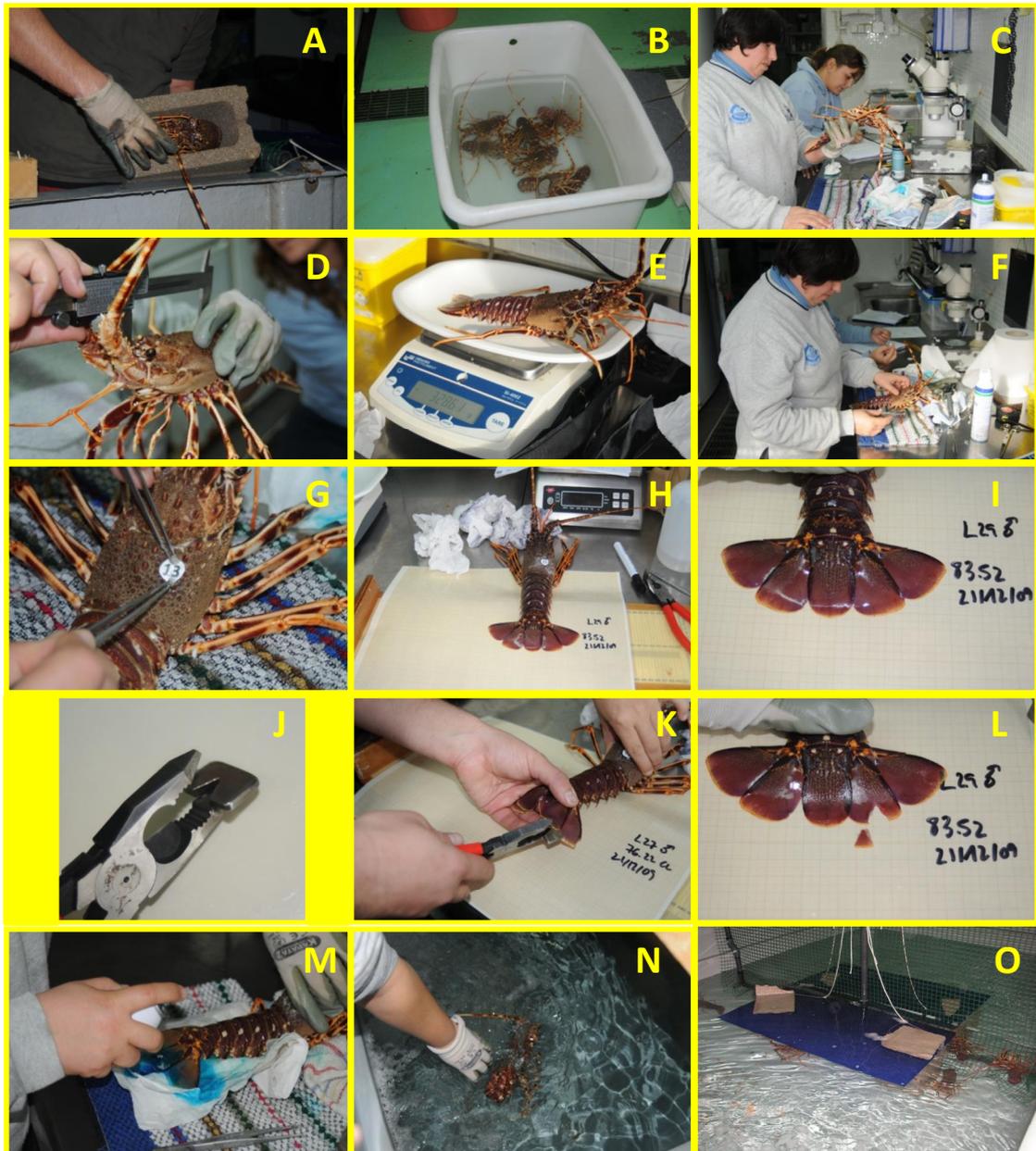


Figura 1.5.- Secuencia del proceso de toma de datos y marcado de las langostas.

Se siguió el mismo proceso de identificación y marcado en todos los individuos de las tres secciones (muestras), teniendo en cuenta que para los individuos “control” no se les ha aplicado la marca en “V-notch” ni tampoco a los dos individuos restantes que servirían de comodín en caso de que hubiera alguna baja al principio del experimento.

1.2.6. Diseño de una base de datos específica

Para almacenar los datos del experimento se diseñó una base de datos en formato Access. Para cada langosta se creó una ficha individual donde se anotaron todas las incidencias surgidas durante el experimento. Los campos de la base de datos son las variables medidas y evaluadas que se han descrito en el apartado del diseño experimental.

Además de la base de datos elaborada para el almacenamiento de los datos cualitativos y cuantitativos recogidos para cada langosta, se creó un banco de imágenes de todos los individuos que se analizarán mediante herramientas de análisis de imágenes a fin de caracterizar la evolución del “V-notch” y calcular la tasa de recuperación en función del número de mudas.

Con todos los datos obtenidos se realizarán los siguientes análisis:

Vitalidad y supervivencia:

- Se determinará la evolución de la vitalidad en función del tiempo y la muda para los ejemplares marcados y no marcados.
- Se determinará el crecimiento de los individuos en cautividad.
- Se calcularán tasas de supervivencia en función del tiempo y la muda para los ejemplares marcados y no marcados.

Recuperación (visibilidad) de la marca “V-notch”:

- Se estimará la relación entre las dimensiones de la marca y la muda.
- Se estimará el efecto de otras variables (ej. infecciones, heridas) sobre las dimensiones de la marca.
- Mediante el análisis de imágenes se establecerá el porcentaje de reducción de las dimensiones del “V-notch” en función de las mudas.

1.2.7. Toma de datos y análisis estadísticos

A lo largo del experimento, que duró 578 días, se muestrearon las langostas cada quince días, anotando todas las variables descritas en el apartado de diseño de muestreo. Además de los datos biológicos, se tomaron fotografías del telson de cada uno de los ejemplares, usando una cámara digital de alta resolución (Nikon D300) y una plantilla de fondo hecha con papel milimetrado plastificado.

Para determinar la tasa de recuperación (crecimiento de tejido) de la marca “V-notch” se emplearon distintas medidas del “V-notch” a partir de imágenes tomadas antes y después de la muda de cada individuo, una vez que el caparazón ya se había endurecido. En este proceso solo se tuvieron en cuenta los individuos que presentaban un patrón regular de crecimiento y recuperación del “V-notch”, excluyendo los individuos que exhibían infecciones o necrosis severas en los urópodos. Las medidas de anchura (mm), altura (mm) y área (mm²) de la marca en “V” fueron tomadas y analizadas utilizando el software de análisis de imágenes *Image J 1.43u* (Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA). Para estandarizar las mediciones de la marca “V-notch”, en todas las fotografías se estableció una línea tangente (TangL) conectando los dos puntos exteriores de la marca en “V” (puntos A1 y A2) y luego se trazó una segunda línea, perpendicular a la línea tangente, desde el punto más interior de la muesca en “V” (punto B). La anchura se midió a lo largo de la línea tangente desde el punto A1 al punto A2. La altura se ha medido desde el punto B hasta la intersección de 90° con la línea tangente (TangL). Y finalmente, el área se ha determinado siguiendo el contorno (ContL) de la muesca en “V” partiendo del punto A1 y rodeando toda la marca (Figura 1.6).

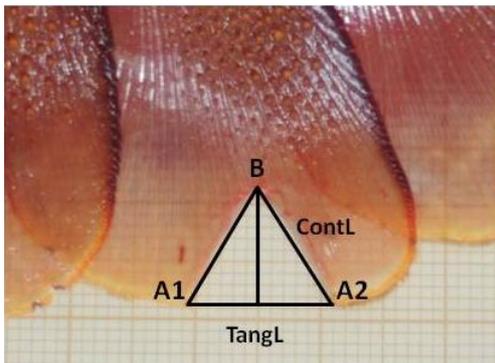


Figura 1.6.- Método de medición de la marca “V-notch” a partir de las imágenes digitales en el estudio del proceso de regeneración de la muesca en “V”.

La supervivencia de las langostas fue analizada mediante el modelo de Kaplan-Meier (Kaplan and Meier, 1958), que nos permitió comparar las tasas de supervivencia globales entre las tres secciones del tanque y determinar si el tratamiento (marca “V-notch”) tiene algún efecto sobre la supervivencia de los individuos. El modelo de Kaplan-Meier se basa en la estimación de las probabilidades condicionales en cada tiempo en el cual tiene lugar un evento (en nuestro caso la muerte del individuo) y en tomar el límite del producto de esas probabilidades para estimar la tasa de supervivencia en cada tiempo. La hipótesis nula planteada en este estudio es que la marca “V-notch” no afecta a la supervivencia de las langostas. El resultado del modelo se representa gráficamente mediante curvas de supervivencia (proporción de supervivientes). Para testar la igualdad de las distribuciones de supervivencia se ha utilizado la prueba Log rango (Mantel-Cox) como estadístico de contraste.

Para determinar si el “V-notching” tiene un efecto sobre la severidad o gravedad de las lesiones o sobre el crecimiento, se ha utilizado el análisis de varianza para medidas repetidas. La evolución mensual de la incidencia de necrosis del caparazón (% langostas) y el valor medio del índice de severidad (% de área afectada) se representaron mediante un gráfico de barras y un gráfico lineal respectivamente. Debido a que todas las infecciones del caparazón desaparecían después de la muda, a fin de minimizar el efecto de diferentes individuos aportando datos referentes a distinto número de mudas, el estudio de evolución de la severidad y la incidencia de las infecciones se ha hecho empleando los datos recogidos en todas las langostas del experimento durante el periodo transcurrido desde el inicio del experimento hasta la primera muda.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con en el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 20, con un nivel de significación establecido en $\alpha = 0.05$.

1.2.8. Estudio de gabinete: Estado del conocimiento sobre las aplicaciones y efectividad del V-notch

Previamente al trabajo de campo y experimentación, se realizó una búsqueda exhaustiva de documentación sobre experimentos de marcaje con “V-notch”. Toda la bibliografía consultada nos sirvió para conocer esta técnica y preparar el experimento de marcaje. Por otro lado, la información recopilada nos fue útil a la hora de comparar los resultados de nuestro experimento con los obtenidos en estudios similares.

La técnica del “V-notching” es una de las técnicas más ampliamente aplicada como medida de conservación de las poblaciones de bogavante americano *Homarus americanus* en las pesquerías del Golfo de Maine (EEUU) desde los años 80 (Glenn y Pugh, 2009; DeAngelis *et al.*, 2010) y de bogavante europeo *Homarus gammarus* en las pesquerías de Escocia e Irlanda desde la década de los 90 (Tully, 2004). Esta técnica, que se aplica generalmente a las hembras, consiste en hacer una muesca o marca en forma de “V” en el primer urópodo situado a la derecha del telson (apéndice central de la cola de la langosta). Bajo esta técnica, a las hembras que son demasiado pequeñas o que están ovadas, se les practica una muesca antes de devolverlas al mar. La marca es fácilmente reconocible, quedando el individuo marcado protegido legalmente frente a la captura y venta comercial, hasta que la muesca se haya recuperado totalmente o haya alcanzado un tamaño mínimo legal. La regeneración de la marca es fruto del crecimiento del exoesqueleto y de los tejidos somáticos, debido a la capacidad que tienen los crustáceos durante el proceso de muda o ecdisis, de restablecer apéndices dañados o perdidos. En el bogavante americano la marca en “V” se mantiene patente como mínimo durante dos mudas.

La primera vez que se utilizó la técnica de marcar langostas ovadas con una muesca fue en 1917, en la pesquería del bogavante americano del Golfo de Maine. Los guardapescas observaron que muchas de las hembras de bogavante, que los pescadores tenían guardados en sus viveros, habían realizado la puesta de huevos. Para evitar que los pescadores quitaran los huevos y vendieran las hembras, los guardapescas decidieron comprar todas las hembras ovadas y liberarlas al mar marcadas, haciendo un agujero redondo en uno de los urópodos, perforándolo con una taladradora de papel (Kelly, 1990). Más tarde, entre los años 1917 y 1948, el Gobierno de Maine compró miles de langostas para aplicarles la misma técnica de perforación y marcado. Finalmente, en 1948, se estableció una regulación firme sobre el marcado de bogavantes y se sustituyó el agujero redondo por una marca triangular, estableciéndose de forma legal la técnica del “V-notching” (Acheson y Gardner, 2010). Desde entonces la actividad del “V-notching” está regulada por ley de manera que cuando se captura un espécimen marcado, es ilegal retenerlo, desembarcarlo o comercializarlo y debe ser devuelto vivo al mar. Esto asegura que los bogavantes tienen la oportunidad de hacer como mínimo una puesta antes de que la marca desaparezca, ya que esta especie se reproduce y muda en años alternos. La finalidad de esta medida es incrementar la producción de huevos y el reclutamiento de la población, mediante la protección frente a la presión pesquera de una fracción de la población de hembras (Leslie *et al.*, 2006). Para conseguir este objetivo, la organización South Wales Sea Fisheries llevó a cabo un programa de compra y marcaje de hembras maduras, con el cual se consiguió liberar 35.000 individuos con “V-notch” durante el período 2005-2007 (FIFG Monitoring Report, March 2008; www.swsfc.org.uk). Además de estas acciones especiales, los gobiernos de estos países mantienen un programa de marcaje y seguimiento donde los pescadores participan de forma voluntaria en la recopilación de información a través de un diario de a bordo, donde se anotan las capturas de langostas de talla ilegal, de talla legal y las que están marcadas con “V-notch” (Gulf of Maine Lobster Foundation, 2008). También se realizan embarques de observadores científicos para validar la información recopilada en los cuadernos de abordaje y registrar información técnica adicional de las capturas de bogavante.

1.3. Resultados

El experimento duró 578 días, finalizando el 28 de junio de 2011. De las 38 langostas que inicialmente formaron parte del experimento 26 sobrevivieron hasta el final. A lo largo del experimento se produjeron 12 bajas debidas bien a fallos en el sistema de mantenimiento o en la manipulación de los ejemplares (Tabla 1.1). Todas las langostas que llegaron al final del experimento fueron marcadas con marcas T-bar de color blanco, y posteriormente liberadas, la mitad en Dragonera y la otra mitad en el Cabo Formentor.

Tabla 1.1.- Resumen de la evolución del estado de las langostas a lo largo del experimento “V-notch”.

	LANGOSTA	SEXO	V-NOTCH	MUDAS	SUPERVIV.	CAUSAS
SECCIÓN 1	1	M	SI	2	☠	Fallo en el sistema de refrigeración Temp. 24,5 °C (25/07/2010)
	2	M	SI	2	✓	
	3	M	SI	4	✓	
	4	F	SI	1	☠	Fallo en el sistema de refrigeración Temp. 24,5 °C (25/07/2010)
	5	F	SI	2	☠	Naturales. Mucha necrosis (23/02/2011)
	6	F	SI	3	✓	
	7	M	NO	2	✓	
	8	M	NO	2-3	☠	Fallo en el sistema de refrigeración Temp. 21,6 °C (16/06/2011)
	9	M	NO	2	✓	
	10	F	NO	3	✓	
	11	F	NO	3	✓	
	12	F	NO	3	✓	
	13	M	NO	3	☠	Naturales. Mucha necrosis (27/05/2011)
SECCIÓN 2	14	M	SI	2	☠	Caída y rotura de cabeza visita periodistas (22/10/2010)
	15	M	SI	2	✓	
	16	M	SI	2	☠	Fallo en el sistema de refrigeración Temp. 21,6 °C (15/06/2011)
	17	F	SI	2	✓	
	18	F	SI	3	☠	Fallo en el sistema de refrigeración Temp. 21,6 °C (17/06/2011)
	19	F	SI	3	✓	
	20	M	NO	2	✓	
	21	M	NO	2	✓	
	22	M	NO	3	✓	
	23	F	NO	2	✓	
24	F	NO	2	✓		
25	F	NO	2	✓		
26	F	NO	2	☠	Fallo en el sistema de refrigeración Temp. 21,6 °C (15/06/2011)	
SECCIÓN 3	27	M	SI	3	✓	
	28	M	SI	1	☠	Fallo en el sistema de refrigeración Temp. 24,5 °C (25/07/2010)
	29	M	SI	1	☠	Succionada y triturada por la bomba (01/02/2010)
	30	F	SI	3	✓	
	31	F	SI	3	✓	
	32	F	SI	2	✓	
	33	M	NO	2	✓	
	34	M	NO	3	✓	
	35	M	NO	1	☠	Succionada y triturada por la bomba (01/02/2010)
	36	F	NO	3	✓	
	37	F	NO	3	✓	
	38	F	NO	2	✓	

Todas las langostas del experimento llegaron a efectuar la primera muda, con un pico entre los meses de febrero y marzo de 2010 en los machos y entre abril y mayo de 2010 en las hembras. Tras la primera muda murieron 4 langostas debido a problemas con la bomba de succión y el sistema de refrigeración (Tabla 1.1). Las 34 langostas restantes llegaron a efectuar una segunda muda, exhibiendo un máximo en julio en los machos y en octubre en las hembras. Entre enero y junio de 2011, 16 de las 34 langostas realizaron una tercera muda y finalmente una de ellas consiguió alcanzar una cuarta muda (Figura 1.7).

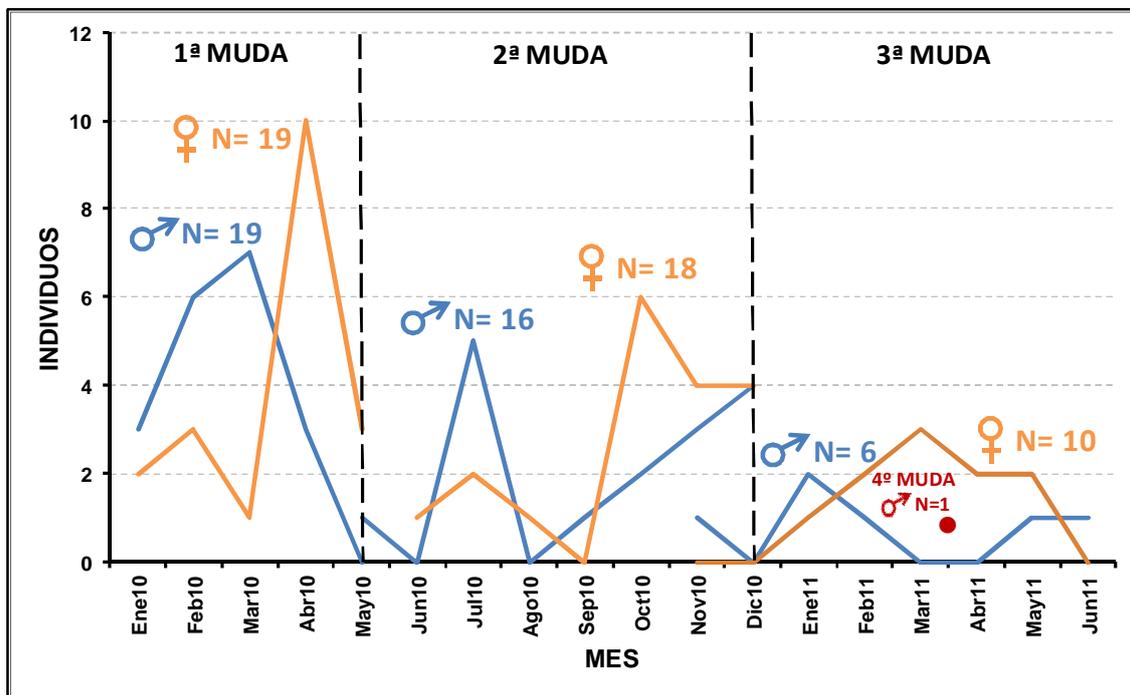


Figura 1.7.- Secuencia mensual del proceso de mudas para machos y hembras durante todo el periodo experimental.

1.3.1. Efecto de la marca en “V” sobre la supervivencia y la presencia de necrosis del caparazón.

El efecto de la marca “V-notch” sobre la supervivencia se ha ilustrado por medio de curvas de supervivencia siguiendo el método de Kaplan-Meier (Figura 1.8). No existen diferencias significativas de supervivencia en langostas con y sin “V-notch” en ninguna de las tres secciones (muestras) (sección 1 $X^2=1.750$ y $p=0.186$; sección 2 $X^2=3.635$ y $p=0.057$; sección 3 $X^2=0.355$ y $p=0.551$), a pesar de que los individuos con “V-notch” de las secciones 1 y 2 se vieron más afectados por la alta mortalidad sufrida en los meses de verano que en la sección 3.

La estabulación prolongada de los individuos en condiciones de cautividad ha causado diversos problemas derivados de las condiciones de mantenimiento (básicamente T^a y circulación del agua) que han afectado a la buena “salud” de las langostas. El problema más generalizado ha sido la frecuente aparición de puntos de necrosis tanto en el caparazón como en las partes blandas. La práctica totalidad de este tipo de lesiones desapareció tras la muda. A pesar de estas dolencias la vitalidad de todas las langostas no se vio afectada en ningún momento.

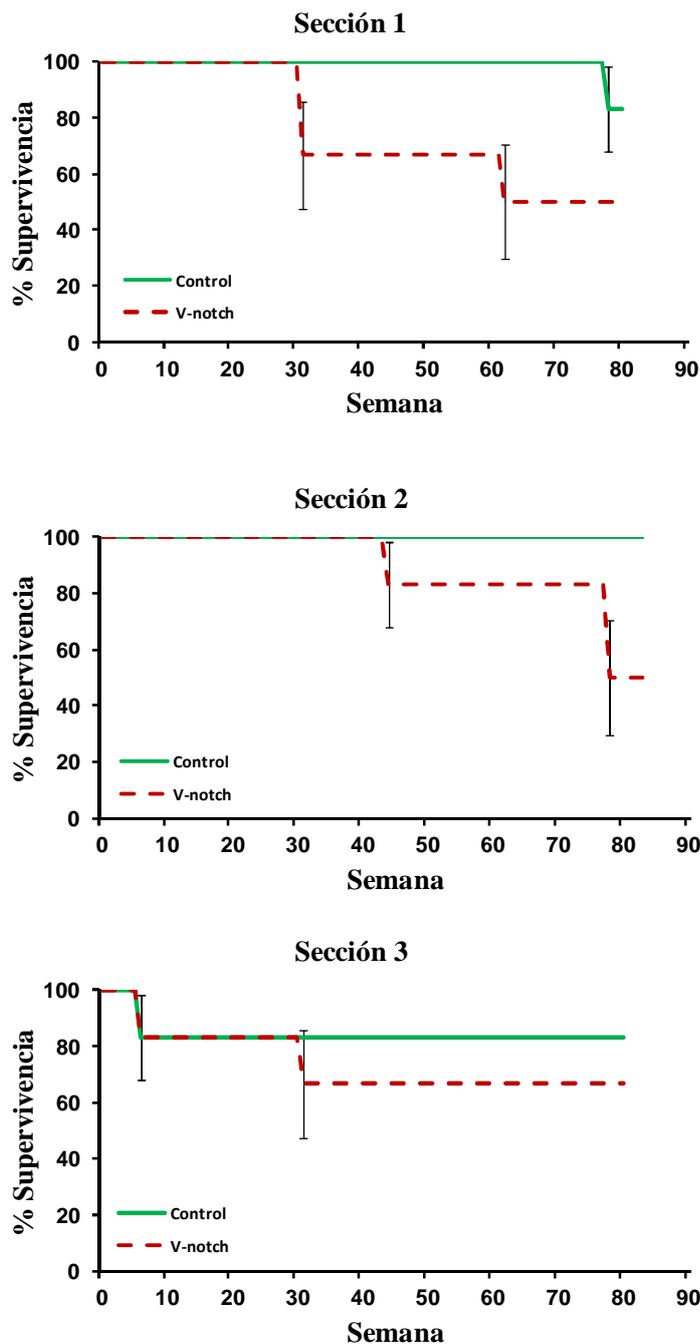


Figura 1.8.- Curvas de supervivencia en cada una de las secciones del tanque, donde se muestra la fracción de individuos supervivientes por tratamiento (control y “V-notch”) a lo largo del experimento.

La afectación del caparazón por necrosis fue examinada en términos de porcentaje de incidencia y grado de severidad, con el fin de determinar si el tratamiento (control o “V-notch”) podía estar relacionado con las lesiones. En la Figura 1.9 se representan estas variables durante el experimento que abarca hasta la consecución de la primera muda de todos los individuos. Así pues, los resultados gráficos nos muestran que la incidencia y severidad de las necrosis muestran valores bajos durante el otoño e invierno y altos en primavera y verano (Figura 1.9). Los resultados del test comparando la incidencia de necrosis en individuos marcados y control no revelan diferencias significativas ($F_{1,24}=0.784$, $p=0.385$), a pesar de que

se registró una mayor afectación de los individuos control, principalmente en verano. Por otro lado, no se detectaron diferencias significativas en el grado de severidad entre langostas con y sin “V-notch” ($F_{2,24}=1.441$, $p=0.256$).

También se testó el posible efecto del “V-notch” sobre el crecimiento por muda ($F_{1,76}=0.058$, $p=0.810$) y la existencia de diferencias de crecimiento entre las langostas de las tres secciones del tanque ($F_{2,77}=2.552$, $p=0.084$), siendo ambos resultados estadísticamente no significativos.

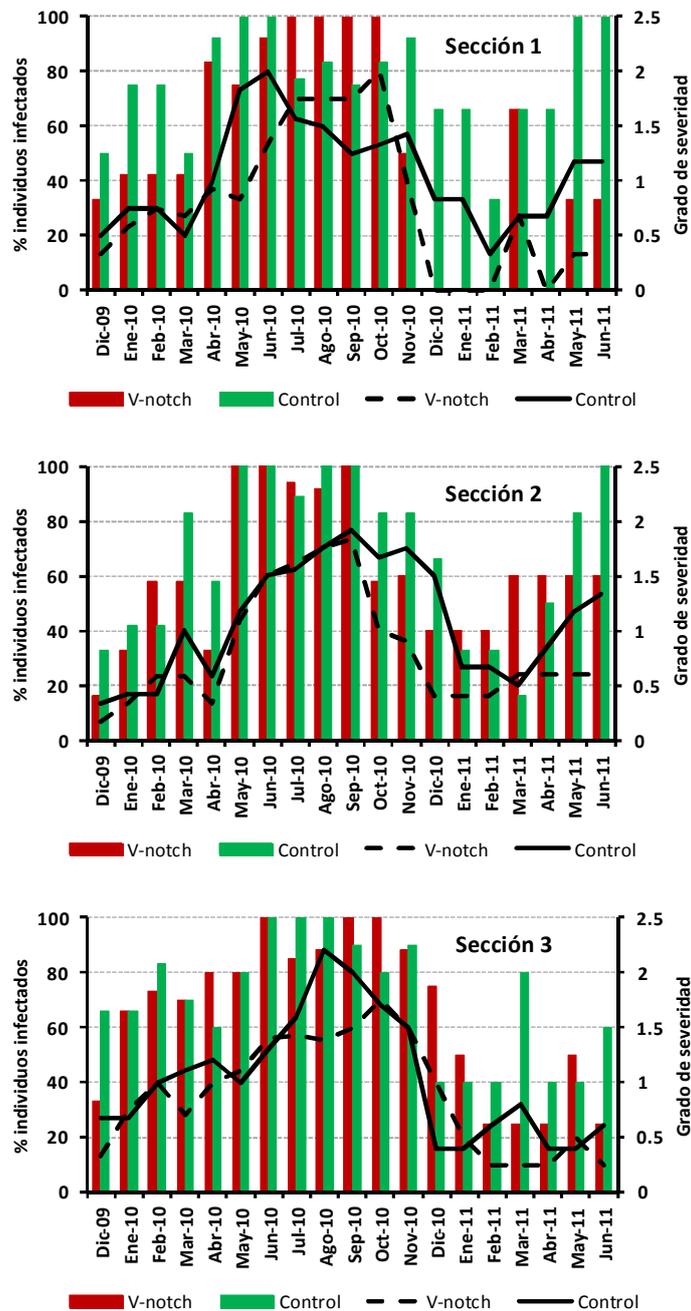


Figura 1.9.- Proporción mensual media de langostas con necrosis (barras) y del grado de severidad de las necrosis (líneas) en langostas con y sin “V-notch” en cada una de las secciones del tanque.

1.3.2. Regeneración de la marca en “V”

El proceso de recuperación de la marca “V-notch” fue evaluado a lo largo del experimento mediante los cambios producidos en tres medidas: altura, anchura y área del “V-notch”. La regeneración del “V-notch” se produjo de manera diferente dependiendo de los individuos y las condiciones fisiológicas en las que se encontraban. Se observó que los individuos que no padecían infecciones ni habían perdido apéndices experimentaron un crecimiento mayor y una recuperación del “V-notch” mayor.

La recuperación del “V-notch” tras la primera muda fue baja: la altura y el área se redujeron como media un 10% mientras que el ancho de la marca se incrementó en el mismo porcentaje. Tras la segunda muda la altura y el área del “V-notch” quedaron reducidas un 27% y un 30% del valor original respectivamente. Tras la tercera muda la altura y el área del “V-notch” se habían reducido como media un 33% y 32% del original, respectivamente (Figura 1.10). Finalmente, tras la cuarta muda (datos de un solo individuo) el “V-notch” se había reducido casi a la mitad (52% de la altura y el 49% del área) de su tamaño original.

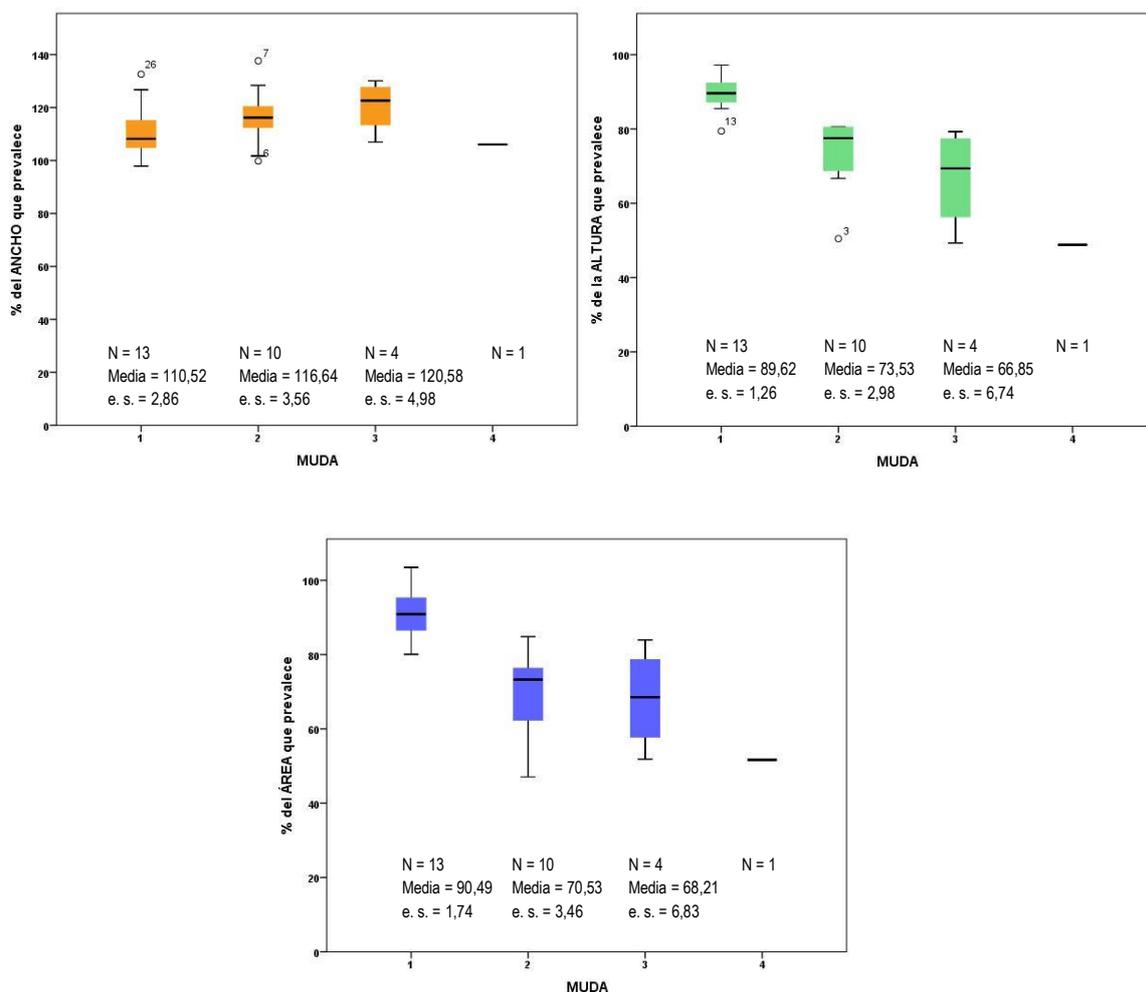


Figura 1.10.- Gráficos de caja representando la altura, anchura y área de la marca en “V” tras cada muda. La línea indica la mediana, la caja el intervalo de confianza del 95% y los valores extremos.

La regeneración del “V-notch” empieza desde el punto más interior de la muesca (punto B Figura 1.6) y se va avanza hacia los márgenes. Este patrón de regeneración provoca que mientras la altura decrece en

cada muda, la anchura se incrementa. Finalmente, el área del “V-notch” se va reduciendo a consecuencia de las diferentes mudas y de que la regeneración en altura es mayor que la regeneración en anchura, siendo el área la resultante del producto de ambos parámetros, siguiendo esta un grado de regeneración influenciada más por los buenos resultados de la recuperación de la altura de la marca que de la anchura (Figura 1.11). El número de langostas sobre las cuales se ha podido seguir la recuperación del “V-notch” (Figura 1.10) ha sido diferente en cada muda debido a las bajas por fallecimiento, al diferente número de mudas completadas por cada langosta y a la presencia de necrosis o heridas que han provocado una involución de la marca en “V”.

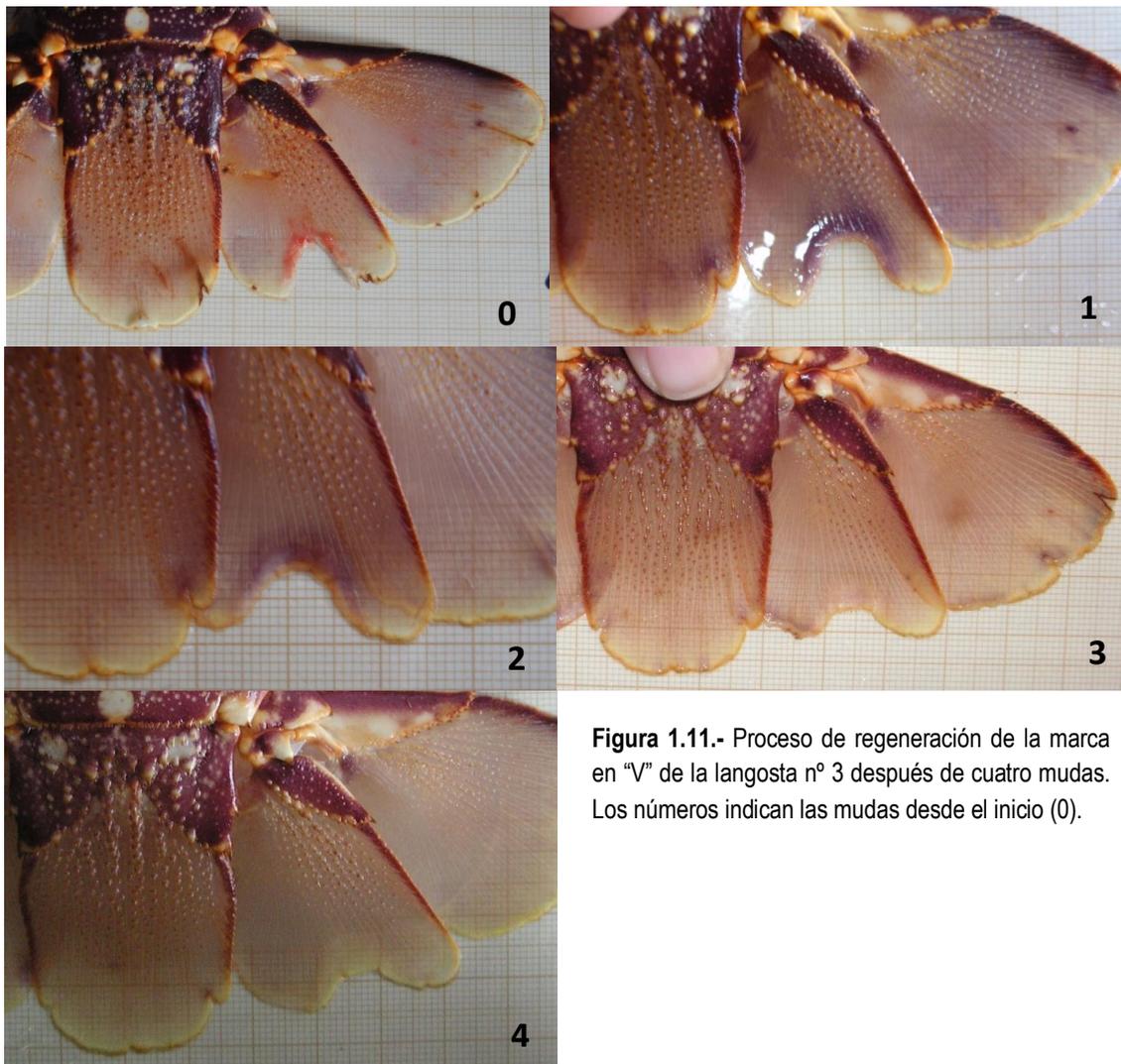


Figura 1.11.- Proceso de regeneración de la marca en “V” de la langosta nº 3 después de cuatro mudas. Los números indican las mudas desde el inicio (0).

Los experimentos en cautividad nos han permitido también estudiar los efectos que pueden causar las enfermedades infecciosas sobre los caparazones de las langostas y tejidos blandos como el telson. A continuación se muestran algunos ejemplos gráficos de procesos de infección que se han producido durante el experimento, tanto en langostas control como en langostas marcadas con “V-notch” (Figuras 1.12 a 1.14).



Figura 1.12.- Imágenes de infecciones bacterianas y fúngicas que producen necrosis en diversas partes del caparazón.

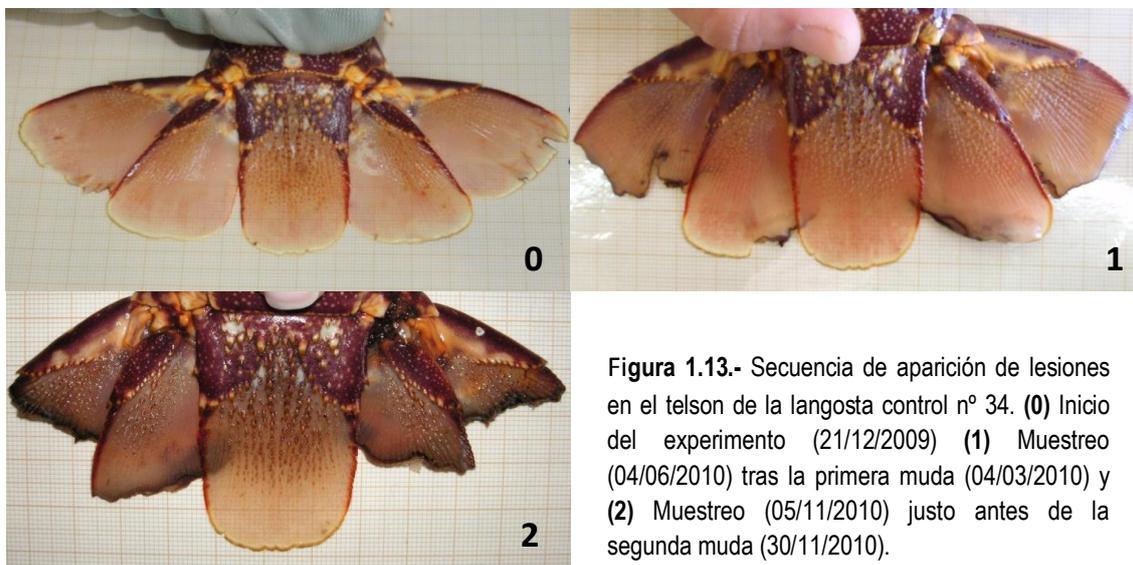


Figura 1.13.- Secuencia de aparición de lesiones en el telson de la langosta control nº 34. (0) Inicio del experimento (21/12/2009) (1) Muestreo (04/06/2010) tras la primera muda (04/03/2010) y (2) Muestreo (05/11/2010) justo antes de la segunda muda (30/11/2010).

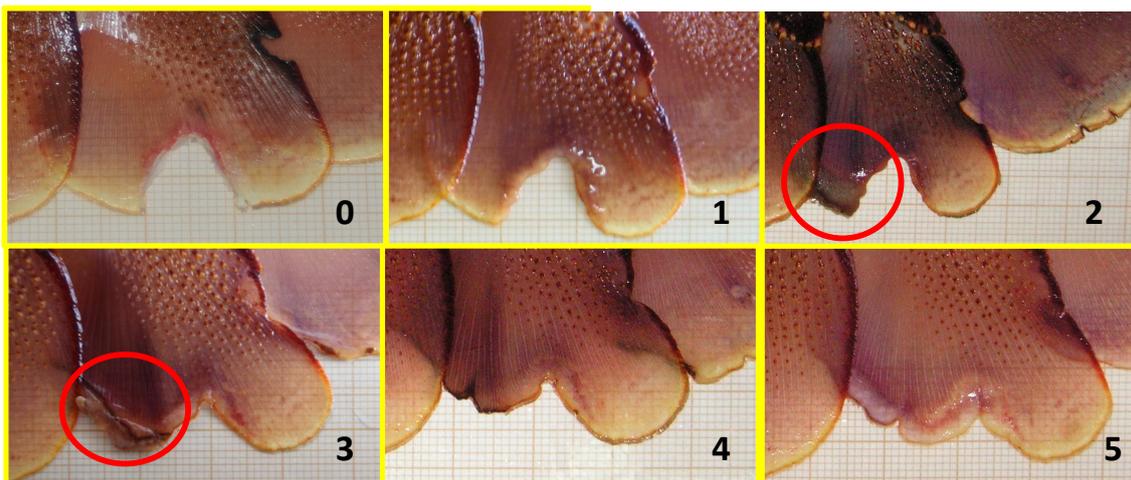


Figura 1.14.- Secuencia de regeneración del "V-notch" parcialmente necrosado después de la primera muda (Langosta nº 34). (0) Inicio del experimento (21/12/2009), (1) Muestreo tras la primera muda (12/02/2010), (2) Muestreo justo antes de la segunda muda (16/07/2010), (3) Muestreo después de la segunda muda (30/07/2010), (4) Muestreo antes de la tercera muda (05/11/2010), (5) Muestreo después de la tercera muda (25/02/2011).

1.4. Discusión

Esta línea de estudio ha proporcionado los primeros resultados a nivel mundial sobre los efectos de la aplicación de la técnica de “V-notching” sobre la supervivencia y el crecimiento de langostas espinosas. Los resultados obtenidos muestran que no existe ningún efecto significativo del “V-notch” sobre la salud ni sobre el crecimiento de langosta roja *Palinurus elephas*. Se propone que a efectos de gestión del recurso mediante esta técnica, la principal variable a tener en cuenta para determinar el grado de regeneración del “V-notch” es la altura. La recuperación de la marca alcanzó el 50% (altura del “V-notch”) transcurridas cuatro mudas, que en los adultos pequeños estudiados requeriría un periodo de dos años aproximadamente. Este grado de recuperación relativamente lento sugiere que para la langosta roja la técnica del “V-notching” sería más efectiva para la protección de hembras ovadas que para sub-adultos, ya que estos podrían alcanzar la talla mínima legal de captura sin haber recuperado una fracción significativa (ej. 50%) del “V-notch”.

Tal y como se desprende de los resultados, la supervivencia de la langosta roja no se ve afectada por la práctica del “V-notching”. Resultados similares se han obtenido en el bogavante americano (*Homarus americanus*) según el estudio de DeAngelis *et al.* (2010). Aunque durante el experimento se han producido diversas bajas que afectaron en mayor número a los individuos con “V-notch”, se ha podido constatar que la casi totalidad de estas muertes fueron producidas por las condiciones de mantenimiento, principalmente por fallos en el sistema de refrigeración que produjeron un aumento brusco de la temperatura, con valores superiores a los 20°C, que se mantuvieron durante varias horas, provocando dos episodios de mortalidad durante los veranos de 2010 y 2011. Episodios similares de mortalidad han sido constatados en el bogavante europeo *H. gammarus* al cual temperaturas superiores a los 25°C le pueden provocar estrés fisiológico con consecuencias letales (Waddy *et al.*, 1995).

La aparición de necrosis en los caparazones de las langostas ha sido habitual a lo largo de todo el experimento. A pesar de ello, los análisis efectuados muestran que la aparición de enfermedades no está relacionada con la presencia del “V-notch”, habiendo sido además los individuos control los más afectados por las lesiones infecciosas aunque no de manera significativa. Casualmente esta observación coincide también con los resultados obtenidos por DeAngelis *et al.* (2010) en el bogavante americano.

La incidencia y el grado de severidad de las necrosis fueron aumentando durante la inter-muda, afectando en algunos momentos al 100% de los individuos con diferentes grados de severidad, independientemente de su condición de tratamiento (control o “V-notch”). Cualquier rastro de infección desapareció siempre después de cada muda, reapareciendo en algunos individuos durante la siguiente inter-muda y desapareciendo por completo hasta el final del experimento en otros. Previamente a nuestro estudio, tan solo se había descrito la presencia de infecciones en la langosta roja en una ocasión, también en condiciones de cautividad (Mancuso *et al.*, 2010). Las infecciones en los caparazones de los crustáceos es un síndrome bastante extendido, teniendo un origen polimicrobiótico (Chistoserdov *et al.*, 2012).

Aunque los patógenos fúngicos y bacterianos presentan amenazas significativas para la cría de langostas en acuicultura, hasta el momento sólo se ha identificado un patógeno viral que puede perjudicar a la langosta espinosa *Panulirus argus* en la naturaleza (Shields, 2011). Por lo contrario, en *H. americanus* está ampliamente documentada la existencia de infecciones del caparazón que afectan severamente a las poblaciones de esta especie (Gomez-Chiarri y Cobb, 2012; Shields, 2012). En la naturaleza, las infecciones del caparazón han sido asociadas a dietas pobres, basadas principalmente en el cebo que se utiliza para la pesca de *H. americanus* con nasas (Myers y Tlusty, 2009; Bethoney *et al.*, 2011), mientras

que en la langosta espinosa *Jasus edwardsii* la necrosis del telson se ha atribuido a la manipulación de los individuos de talla no legal que son capturados y devueltos al mar repetidamente (Freeman y MacDiarmid, 2009). Ambas causas podrían justificar las infecciones acaecidas en las langostas utilizadas en nuestro experimento, a pesar de que fueron alimentadas con una dieta variada. Además, aunque las causas antropogénicas, como la contaminación, no hayan sido demostradas (Vogan *et al.*, 2008), hemos podido constatar que las infecciones progresan rápidamente a temperaturas elevadas y en condiciones pobres de circulación del agua, ya que para poder enfriar todo el tanque se redujo el flujo de entrada de agua de mar. Estas condiciones podrían haber dado lugar a una acumulación de bacterias u hongos quitinoclasticos, resultando en un ennegrecimiento del exoesqueleto y necrosis de la cutícula, como describen Evans y Brock (1994). Durante nuestra prolongada experiencia con muestreos a bordo de los buques pesqueros nunca hemos encontrado ejemplares de *P. elephas* afectados por necrosis o con lesiones similares a las que han aparecido en este experimento. Por lo tanto, es muy probable que las infecciones en *P. elephas* no supongan un problema habitual en la naturaleza, estén las langostas marcadas o no con “V-notch”.

Hemos constatado también que la presencia del “V-notch” no afecta al crecimiento de la langosta. Sin embargo, mientras que el crecimiento medio por muda fue similar entre los individuos con “V-notch” y los individuos control, la tasa de crecimiento en nuestro experimento fue menor que el observado en la naturaleza (Díaz, 2010). La presencia de necrosis, y la pérdida de apéndices, como resultado de las altas temperaturas en el experimento, puede haber frenado el crecimiento, como se ha observado en *H. americanus* (Stevens, 2009). Por tanto, la ausencia de infecciones en el caparazón de *P. elephas* en estado salvaje sugiere que el crecimiento, y por lo tanto la regeneración del “V-notch”, puede ser más rápida que la que se ha determinado en este estudio, siempre y cuando no se produzcan otras lesiones durante las operaciones de marcado.

Las tres dimensiones estudiadas en el proceso de regeneración del “V-notch”: altura, anchura y área, siguieron patrones de recuperación diferentes. La altura (o profundidad) del “V-notch” disminuye en cada muda y es la dimensión más fácil de medir con precisión, por lo que se recomienda como medida en caso de aplicar la técnica “V-notching” en planes de gestión de la langosta roja. El área del “V-notch” se reduce siguiendo un patrón similar al de la altura, pero es más difícil de medir en condiciones de campo, tanto para los pescadores como para los inspectores de pesca. En las pesquerías de bogavante, donde la reglamentación del “V-notching” está implantada, la altura de la muesca es la dimensión empleada para fines de reglamentación (DeAngelis *et al.*, 2010). El telson de los bogavantes, de naturaleza quitinosa como el caparazón, presenta sedas marginales repartidas por todo el contorno de los urópodos. Dicha característica también se emplea, en la reglamentación, para regular la captura de ejemplares marcados con “V-notching”. El tamaño original de la marca en “V” en *H. americanus* es de 11,10 mm y el individuo queda protegido de la comercialización hasta que la marca se regenere hasta tener una altura igual o menor a 6,35 mm (más o menos el 50% de reducción) y le hayan crecido de nuevo las sedas marginales en el urópodo marcado. Por el contrario, el telson de las langostas espinosas está formado por tejido blando y carece de sedas en los bordes, por lo que la medida de la altura del “V-notch” sería la única medida aplicable a fines de reglamentación.

En un experimento similar con el bogavante americano, tras la primera muda la altura del “V-notch” se redujo por debajo de la talla legal (6,35 mm) en el 59% de los individuos, mientras que el 84% presentaba sedas en los urópodos (DeAngelis *et al.*, 2010). Al finalizar la segunda muda, el 11% de los bogavantes aún no habían sobrepasado la talla mínima legal de la marca pero en cambio todos los ejemplares ya exhibían las sedas en los urópodos. Para aumentar el tiempo de protección de las hembras ovadas de *H. americanus* se ha propuesto el establecimiento de una nueva altura mínima legal del “V-notch” en 3,18

mm. Los resultados de este mismo estudio muestran que con esta nueva talla legal el 75% de los bogavantes con “V-notch” quedarían aún protegidos de la captura y comercialización después de la segunda muda. En la actualidad, la industria pesquera del bogavante en Maine (USA) está experimentando capturas récord, debido en gran parte a un plan de gestión eficaz una de cuyas medidas importantes de conservación es la práctica del “V-notching” voluntario, realizado por miles de pescadores de la región (Acheson y Gardner, 2011).

Según Tully (2001) las poblaciones de bogavante con altos niveles de explotación pueden incrementar de manera substancial el potencial reproductivo de la población aplicando programas de “V-notching” en hembras ovadas. La principal ventaja que ofrecen las medidas de gestión voluntarias como la del “V-notching” es que incentiva a los pescadores a cuidar del recurso con ciertas garantías de que su esfuerzo no es en vano. Si se implementase una medida de gestión basada en el “V-notching” para la pesquería de *P. elephas* en aguas de Baleares, la regeneración del 50% de la altura original tardaría aproximadamente dos años (4 mudas), tal y como se ha deducido en condiciones experimentales. Esta tasa de recuperación, relativamente lenta del “V-notch”, sugiere que en esta especie, el “V-notching” sería más eficaz para protección de hembras maduras y no tanto de los individuos sub-adultos, ya que estos podrían alcanzar la talla mínima legal de venta (90 mm LC), sin haber regenerado una porción significativa del “V-notch”. En todo caso, dado el bajo crecimiento registrado en este experimento, sería muy conveniente comprobar los efectos del “V-notching” sobre el crecimiento y la tasa de recuperación de la marca mediante un experimento a gran escala en el medio natural.

2- Estado, evolución y estacionalidad de la langosta en el Canal de Menorca

2.1. Tendencias en las descargas y el esfuerzo

2.1.1. Objetivo

El objetivo de esta línea de estudio es conocer el estado de las poblaciones de langosta roja explotadas por la flota de artes menores de Baleares a partir de la evolución de sus capturas y esfuerzo de pesca, a fin de informar y sentar las bases para una gestión pro-activa del recurso que promueva su sostenibilidad.

2.1.2. Metodología

Para determinar el estado del recurso se reconstruyó la evolución de las descargas de langosta a partir de datos de capturas desembarcadas durante los últimos doce años (periodo 2002-2013). Para ello se emplearon las ventas diarias de la flota que captura langosta roja en Baleares, segmentada por islas (Mallorca, Menorca, Ibiza y Formentera). Dicha información nos ha sido proporcionada por la Dirección General de Pesca del Gobierno Balear tal y como estaba establecido bajo convenio en las prescripciones de este proyecto. La caracterización de la flota pesquera operativa, que se dedica a la pesca de langosta en Baleares, se ha realizado a través de las fichas técnicas de cada embarcación, cuyos datos están disponibles en el censo de la flota pesquera operativa que posee la Secretaría General del Mar del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. La distribución espacial del esfuerzo ejercido en el Canal de Menorca durante la temporada de pesca de langosta ha sido determinada a partir de entrevistas realizadas a pescadores y dirigidas a elaborar un mapa con los principales caladeros de la zona del canal de Menorca.

2.1.3. Resultados

2.1.3.1. Caracterización de la flota langostera

En 2013 la flota pesquera artesanal dedicada a la pesca de la langosta ha contado con un total de 165 barcos. En las tres cofradías de la Isla de Menorca se concentra el 30% de las embarcaciones dedicadas a la langosta en Baleares. Mallorca alberga el 44% de la flota langostera repartida en diez cofradías, siendo las cofradías situadas al noreste, frente al canal de Menorca, las que se dedican en mayor proporción a esta pesquería (49% del total de la flota de Mallorca). En la zona este de la isla es donde se ejerce menor actividad de pesca de langosta habiendo desaparecido por completo en la cofradía de Portocristo durante los años 2009-2011, siendo reanudada por una embarcación en 2012 y hasta la actualidad. En Ibiza se concentra el 16% de la flota dedicada a la pesca de langosta en Baleares y el restante 10% se encuentra en Formentera (Figura 2.1).

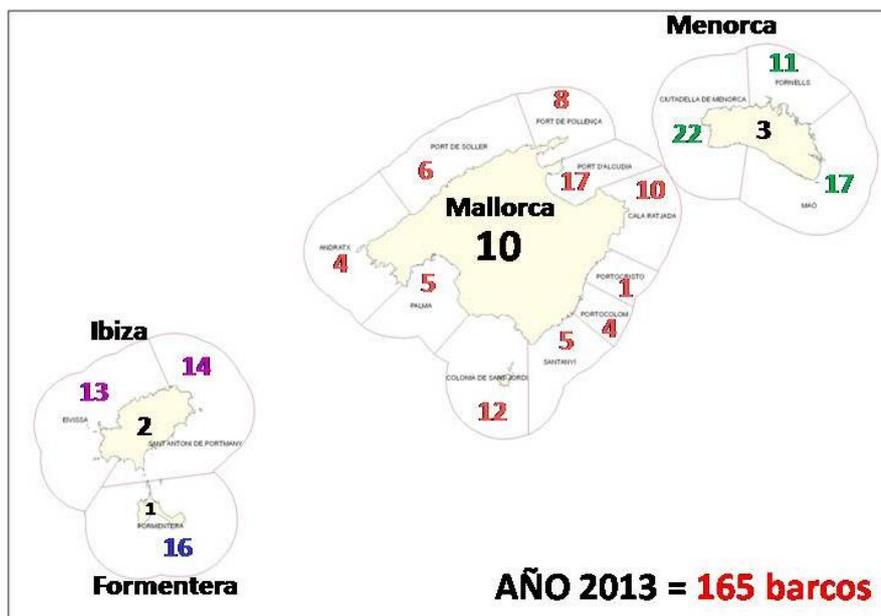


Figura 2.1.- Distribución por islas y puertos de la flota pesquera de langosta operativa durante el año 2013.

La mayoría de las embarcaciones se ubican en los puertos correspondientes a cada cofradía pero existe una pequeña parte de la flota que se refugia en calas y puertos naturales diseminados a lo largo de la costa, sobre todo embarcaciones de la cofradía de Mahón y en la Isla de Formentera.

A lo largo de la última década, la flota langostera operativa en Baleares ha disminuido sus efectivos en un 20%, traduciéndose en una disminución del 16% del TRB y del 15% tanto del GT como de la potencia (caballos de vapor) respectivamente para el total de la flota (Figura 2.2).

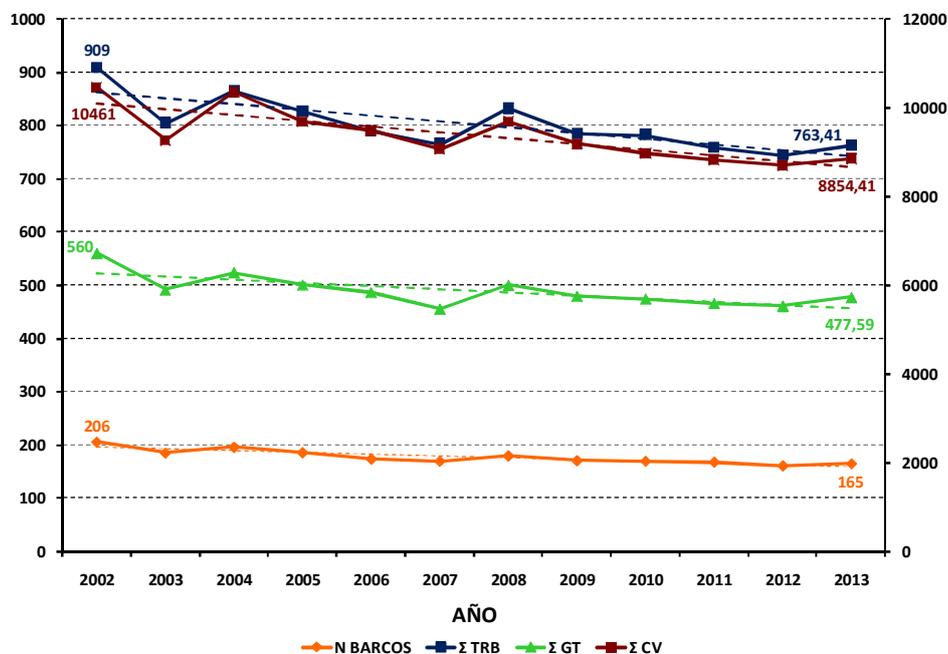


Figura 2.2.- Evolución del número de embarcaciones, TRB (toneladas de registro bruto), GT (*gross tonnage* = arqueado bruto) y potencia en caballos vapor (CV) de la flota dedicada a la pesca de la langosta en Baleares durante el periodo 2002-2013. En el eje de ordenadas principal (izquierda) se representa el número de barcos, el TRB y el GT, mientras que en el eje secundario (derecha) se representa la potencia (CV).

2.1.3.2. Evolución de las descargas

Las descargas de langosta roja se mantuvieron estables durante el periodo de 2002 a 2013 en Menorca (oscilando entre 10 y 11 toneladas anuales) e Ibiza y Formentera (alrededor de 2 toneladas anuales respectivamente), mientras que en Mallorca se observa una tendencia fluctuante, ligeramente decreciente, hasta el año 2007 y una posterior recuperación de las descargas durante el periodo 2008-2010 con valores por encima de las 15 toneladas anuales culminando en 2010 con 18 toneladas. En 2011 las descargas en Mallorca experimentaron un fuerte descenso situándose en 13 toneladas y han seguido bajando hasta 2013 donde se registraron 12,4 toneladas (Figura 2.3). Para el conjunto de las Islas Baleares las descargas anuales del periodo 2002-2013 han oscilado entre 24 y 33 toneladas.

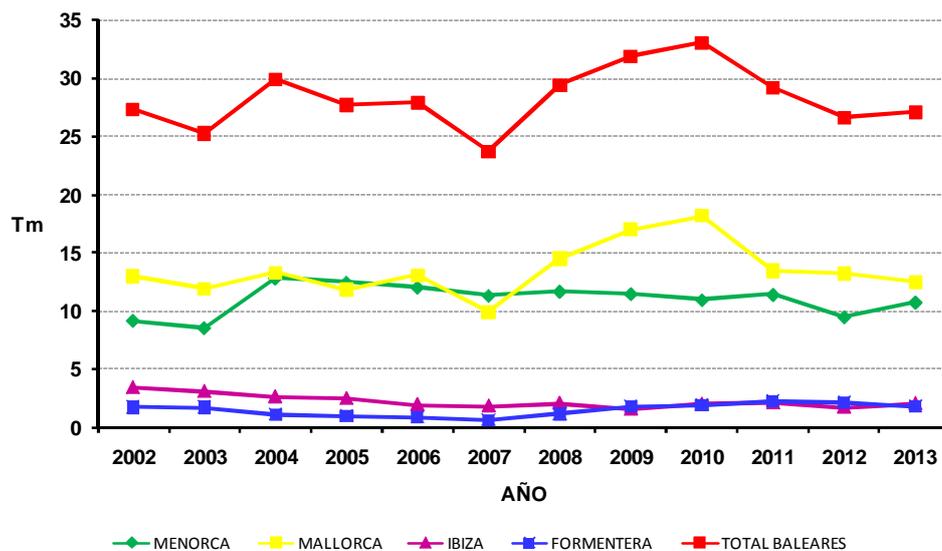


Figura 2.3.- Evolución de las descargas anuales (Tm= toneladas) por isla de langosta roja en Baleares (2002-2013).

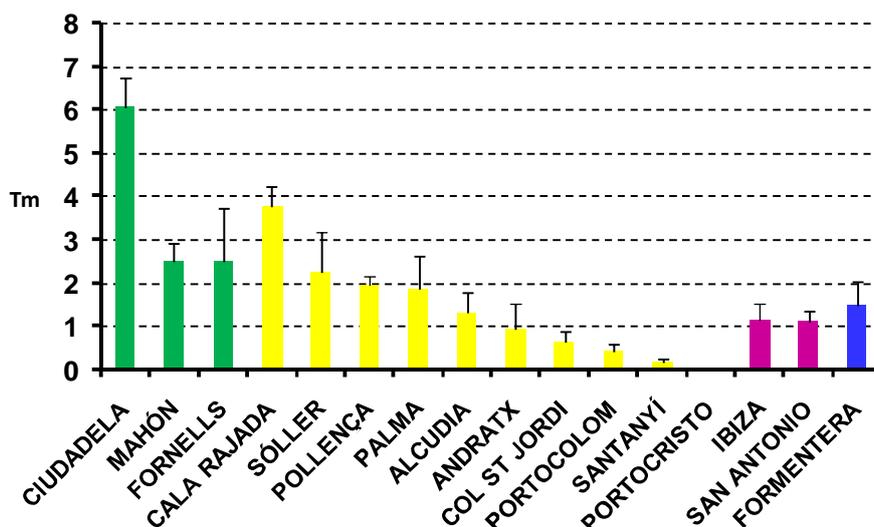


Figura 2.4.- Descargas medias (Tm= toneladas) anuales de langosta roja efectuadas por las flotas langosteras de los puertos de Baleares durante el periodo 2002-2013.

Si analizamos las descargas medias por puerto efectuadas durante la última década en Baleares, observamos que el puerto con mayores descargas es Ciudadelada en Menorca, seguido del de Cala Rajada en Mallorca. En su conjunto los puertos de Menorca son los que descargan el mayor volumen de langosta. En cambio, en la isla de Mallorca, a excepción de Palma, los puertos que descargan más toneladas son los que operan en la zona del Canal de Menorca, siendo esta zona la más productiva para la pesca de langosta debido a la amplia plataforma continental con fondos y hábitats muy propicios para esta especie. Las descargas efectuadas en la isla de Formentera son como media ligeramente superiores a las descargas efectuadas en la isla de Ibiza (Figura 2.4).

2.1.3.3. Estacionalidad de la pesca de langosta roja

La modalidad de pesca de langosta se caracteriza por una estacionalidad marcada por la legislación vigente (*Orden del 23 de marzo de 2001 BOIB núm. 38 del 29 de marzo de 2001 para aguas interiores de las Islas Baleares* y *Orden del 30 de mayo de 2001 BOE núm. 141 del 13 de junio de 2001 para aguas exteriores próximas a las Islas Baleares*) que desde el año 2001 determina que la temporada de pesca se realiza entre el 1 de abril y el 31 de agosto (5 meses). Esto supuso una reducción de 1 mes (el mes de marzo) de la temporada de pesca respecto al periodo anterior legislado (*Orden del 27 abril de 1987 por la que se regula la pesca de langosta (Palinurus elephas) en aguas del mar territorial español correspondiente al archipiélago Balear, con exclusión de sus aguas interiores, BOE núm. 107 del 5 de mayo de 1987*).

La evolución mensual de las descargas durante la temporada de pesca sigue una tendencia creciente desde abril hasta julio, siendo este el mes con mayores descargas en Baleares en general y también en Mallorca y Menorca en particular (Figura 2.5). En cambio en las Pitiusas (Ibiza y Formentera) las descargas van creciendo desde el principio hasta el final de la temporada. En las estadísticas pesqueras salen reflejadas también algunas ventas efectuadas en septiembre, dichas ventas corresponden a capturas del mes de agosto que han sido comercializadas a principios del mes de septiembre, justo después de cerrar la temporada de pesca.

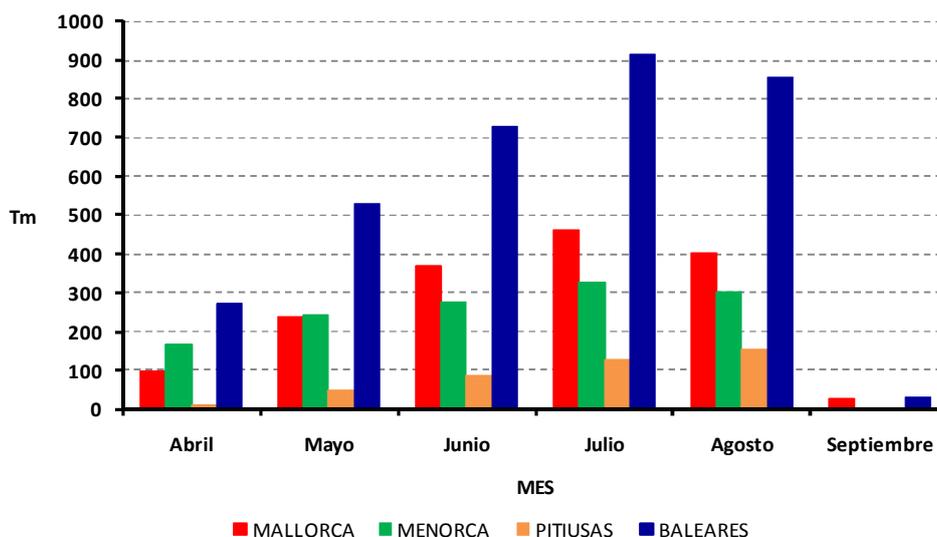


Figura 2.5.- Estacionalidad de las descargas de langosta roja (Tm= toneladas) efectuadas por la flota langostera durante el periodo 2002-2013 por islas y para el conjunto de Baleares (totales mensuales acumulados durante el periodo de estudio).

2.1.3.4. Esfuerzo espacial de la flota langostera en el Canal de Menorca

En la Figura 2.6 se representa la distribución espacial del esfuerzo de la pesquería de langosta obtenida a partir de entrevistas y encuestas entre los patrones de las embarcaciones dedicadas al *métier* de langosta en el Canal de Menorca. El nivel de resolución espacial es variable según el grado de colaboración en cada puerto. Las zonas del Canal de Menorca más habituales para la pesca de langosta se corresponden con fondos de coralígeno, cascajo y maërl, comprendidos entre 40 y 110 metros de profundidad, hábitats esenciales para esta especie objetivo.

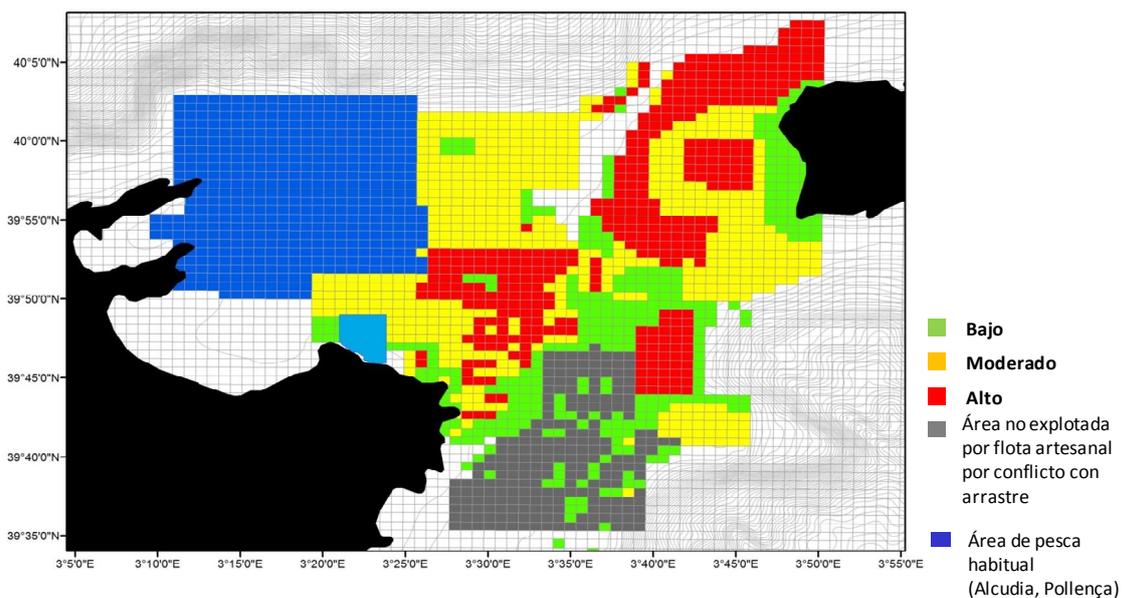


Figura 2.6.- Distribución espacial del esfuerzo de la pesca de langosta, obtenida mediante entrevistas y cuestionarios realizados en 2010 en pescadores voluntarios de las cofradías de Pollensa, Alcudia, Cala Rajada y Ciudadela.

2.2. Distribución batimétrica y estacional de la langosta

2.2.1. Objetivo

El objetivo que se persigue en este estudio es mejorar el conocimiento de la ecología de la langosta, y en particular de los cambios batimétricos y estacionales de distribución y de los comportamientos asociados a estrategias reproductivas o de otra índole. La mayor parte del conocimiento de la distribución de *P. elephas* proviene de datos pesqueros, ausentes durante la veda anual de septiembre hasta marzo y en cotas batimétricas poco accesibles para la flota artesanal que explota este recurso. Este estudio pretende contribuir a llenar ese vacío.

2.2.2. Metodología

2.2.2.1. Diseño de las campañas de pescas experimentales TRASLAN

Para la consecución de estos objetivos se diseñó un muestreo aleatorio estratificado por tiempo (mes) y profundidad (estrato de 20 m), cubriendo el rango batimétrico de 40 a 165 m de profundidad que abarcan los fondos susceptibles de albergar langosta roja. Con el fin de obtener un muestreo exhaustivo se seleccionó una única área dentro del canal de Menorca. Tras algunas pruebas, se escogió la zona norte del Canal de Menorca por presentar un gradiente de profundidad apropiado en un espacio abarcable con la autonomía de navegación de las pequeñas embarcaciones artesanales que realizarían las campañas (Figura 2.7).

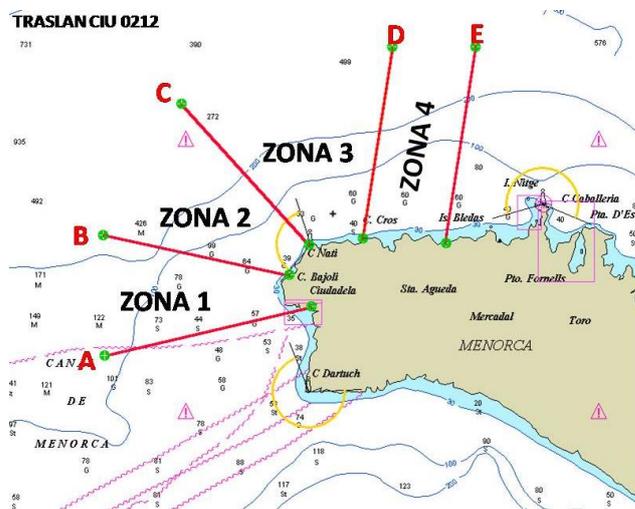


Figura 2.7.- Diseño experimental de las campañas TRASLAN con las cuatro zonas de estudio, cubriendo rangos de profundidad diferentes desde 40 m hasta 165 m.

Las campañas mensuales comenzaron en septiembre 2011 tras terminar la temporada de pesca y continuaron hasta completar un ciclo anual en agosto de 2012. Inicialmente se realizaron 25 lances de pesca experimental por mes repartidos en 4 zonas de trabajo y 7 estratos de profundidad (40-60, 60-80, 80-100, 100-120, 120-140, 140-160 y >160 m). Más tarde se redujo el número de lances a 20 por mes, manteniendo los estratos, debido a la dificultad de encontrar condiciones meteorológicas estables durante el tiempo suficiente para poder completar las campañas mensuales. En la Figura 2.8 se muestra el calendario de las campañas TRASLAN realizadas desde septiembre de 2011 hasta agosto de 2012 y se completaron pescas en noviembre 2012.

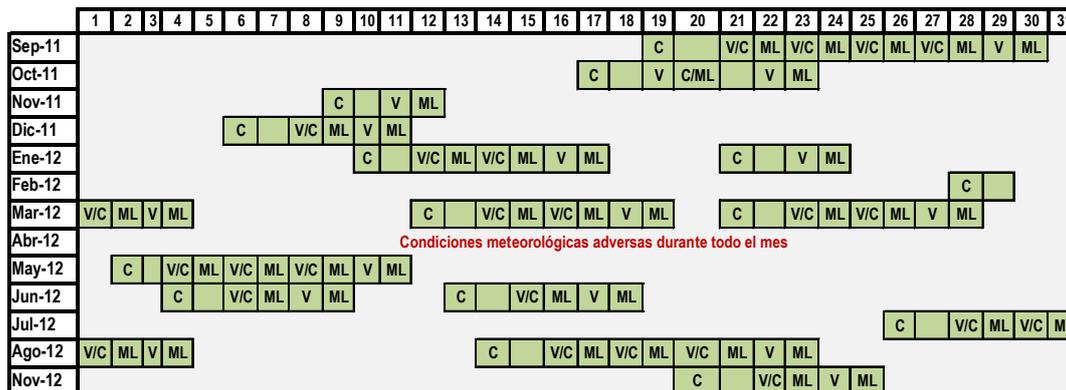


Figura 2.8.- Cronograma de los lances de pesca experimental realizados en la serie de campañas TRASLAN mensualmente desde septiembre 2011 hasta agosto 2012 y pescas complementarias en noviembre 2012) C=calado; V=virado; ML=muestreo laboratorio.

La posición de los lances se eligió al azar dentro cada zona y estrato de profundidad. En las campañas de septiembre a diciembre de 2011 se realizaron 25 lances por campaña, calando 5 tendidos de trasmallo por día de pesca, y a partir de enero hasta agosto de 2012 se realizaron 4 días de pesca por campaña, calando el mismo número de tendidos por día. En noviembre de 2012 se realizaron pescas complementarias. Todas las campañas se llevaron a cabo con una embarcación de pesca profesional alquilada para tal fin. La dinámica de la operación de pesca fue la misma que la de una jornada de pesca comercial y los lances permanecieron calados dos noches, tal y como es habitual en la pesquería de langosta. Los lances que por razones meteorológicas permanecieron calados menos o más de dos días fueron considerados no válidos.

2.2.2.2. Diseño de las redes de trasmallo experimentales TRASLAN

Las campañas realizadas para el estudio de la distribución espacio-temporal de la langosta (este Capítulo 2) se emplearon también para estudiar la selectividad relativa de dos tipos de trasmallo respecto a la langosta y al conjunto de especies capturadas (ver Capítulo 3: Selectividad relativa de dos tipos de trasmallo para langosta). Para ello cada tendido (= lance) de trasmallo estaba compuesto por 12 redes, 6 redes de poliamida multifilamento (PMF, red tradicional) y 6 redes de multi-monofilamento de polietileno de 8 hilos x 0.2 mm (MMF8, red nueva o experimental) intercaladas tal y como se muestra en la Figura 2.9. Así, cada lance constaba de 12 redes, 6 antiguas y 6 nuevas. Ambos tipos de redes tenían una luz de malla de paño interior de 160 mm (2,5 p/p), el mismo grosor de hilo y estaban armadas de forma idéntica, la única diferencia ha radicado en el material utilizado en el paño interior del trasmallo (PMF o MMF) (Figura 2.10). Todos los lances efectuados se balizaron siguiendo la normativa vigente sobre artes menores (Artículo 15 de la Orden APA/37/2007 por la que se regula la pesca con artes fijos y artes menores en el Mediterráneo). Además, las banderas llevaban impreso el logo del IEO y también se marcó cada boya con un cartel indicando que los lances eran para un estudio experimental de langosta.

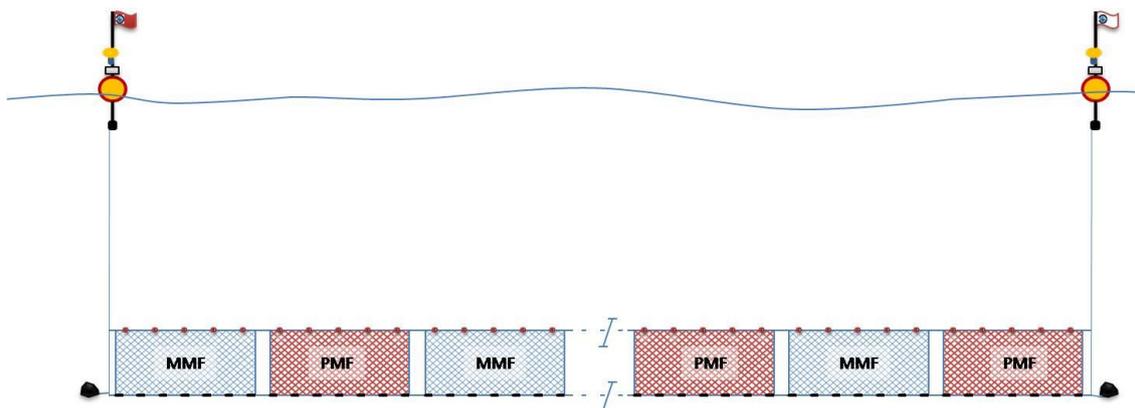


Figura 2.9.- Esquema de un lance experimental compuesto por 12 redes (6 PMF y 6 MMF) intercaladas.

Material PMF



Material MMF



Figura 2.10.- Imágenes en detalle de los dos tipos de material empleados en el paño interior de los trasmallos experimentales. El material PMF (Poliamida Multi Filamento) es el que se utiliza tradicionalmente, y el material MMF (Multi Mono Filamento) es el nuevo material objeto de estudio.

2.2.2.3. Protocolo de muestreo a bordo

El muestreo a bordo en este estudio es similar al realizado en los muestreos a bordo de embarcaciones artesanales comerciales. Para cada lance se anotaron dos tipos de datos: 1) Del lance: n° de lance, fecha y hora de calada y virada, posición GPS, profundidad y tipo de fondo, y 2) De la captura de macrobentos: nombre de las especies, n° de individuos y talla de cada individuo medida según el grupo taxonómico (Peces óseos: longitud total al ½ cm inferior; Peces cartilaginosos: longitud total al ½ cm inferior, anchura del disco al ½ cm inferior y longitud hasta las pelvianas al ½ cm inferior; Crustáceos: en langostas, bogavantes y cigalas se mide la longitud del cefalotórax (LC) en mm y en el resto de crustáceos la anchura máxima del cefalotórax (mm); Cefalópodos: longitud del manto al ½ cm inferior; y en Moluscos gasterópodos y bivalvos la anchura máxima en mm). Las medidas se tomaron con ictiómetro o pie de rey (Figura 2.11). Se determinó el sexo en todas las especies en las que es posible hacerlo. Además, para la langosta se tomaron datos adicionales sobre el estado de muda, así como de la presencia de huevos en hembras y de espermátóforo tanto en machos como en hembras. El resto de especies del macrobentos (ej. equinodermos, briozoos, tunicados, poríferos, algas, etc.) se identificaron y contabilizaron. Los

individuos de cada lance se atribuyeron al tipo (PMF, MMF) y número de la red (1 a 12) en la que fueron capturados.

Tras el muestreo, todos los individuos capturados fueron devueltos al mar. A fin de obtener información sobre migraciones y crecimiento de la langosta en el área de estudio, todas las langostas mayores de 60 mm LC fueron marcadas con marcas T-bar pequeñas de color blanco codificadas individualmente y liberadas en el lugar de captura. Del resto de especies capturadas sólo se retuvieron a bordo para consumo propio los peces muertos de talla legal.



Figura 2.11.- Imágenes del muestreo a bordo durante las pescas experimentales. **(A)** Toma de datos y medidas de una hembra ovada de langosta, **(B)** Marcado de una langosta mediante una marca T-bar, **(C)** Midiendo un trígido.

2.2.2.4. Protocolo de muestreo en laboratorio

Para obtener una estimación completa de la captura accesoria o *bycatch* de los dos tipos de trasmallos se realizó también el análisis completo de la composición de especies de la captura en los dos tipos de trasmallo (PMF y MMF) de especies de menor tamaño (mega-bentos) que no podían identificarse y/o contabilizarse a bordo. Para ello se realizó en laboratorio la extracción completa de todos los organismos presentes en una pieza de trasmallo de PMF y otra de MMF en lances seleccionados. Las piezas de red muestreadas de este modo fueron siempre la 3^a (PMF) y 4^a (MMF) de cada lance seleccionado y se sustrajeron del tendido durante el proceso de levada sin alterar su contenido. Cada paño de red sustraído fue guardado en una espuerta de color diferente al fin de identificar su procedencia dentro de cada lance (Figura 2.12). Las redes se sustituyeron al momento por otras dos limpias, a fin de dejar el tendido completo y preparado con las 12 redes para su posterior calado.



Figura 2.12.- Espuertas desembarcadas conteniendo las redes seleccionadas y correspondiente captura para su estudio en el laboratorio. Nota: 2 espuertas de cada color por lance.

Una vez en el laboratorio se procesó la captura de cada red según el siguiente protocolo (Figura 2.13):

1. Limpieza y vaciado de cada una de las redes. Para evitar la contaminación de las muestras, cada red se ha tratado por separado.
2. Anotado del peso total de cada muestra.
3. Fotografiado de cada muestra entera y referenciada con un cartel.
4. Separación y clasificación de todos los grupos taxonómicos y especies presentes en cada muestra.
5. Elaboración de una lista faunística, hasta nivel de especie o género, con el número y peso (g) de cada una. En el caso de especies no identificadas se asignó un código permanente para la especie durante todo el muestreo hasta su correcta identificación.
6. Elaboración de un catálogo fotográfico de las especies muestreadas.
7. Conservación de muestras para su posterior identificación.
8. Otras especies: En especies cuyos individuos no se pueden contar (ej. algas) se estimó el peso y se calculó el porcentaje que supone cada especie en el total de biomasa de cada muestra. Los cangrejos ermitaños y anémonas se extrajeron de la concha antes de pesar. La captura de organismos coloniales se estimó de forma cuantitativa, anotando como número de individuos el correspondiente a la colonia que esté sustentada por el mismo pedúnculo. En el caso de las algas calcáreas se realizaron fotografías para analizar posteriormente las imágenes y tomar medidas (diámetro total, ancho y largo de las ramificaciones).

Las especies que no pudieron ser identificadas en el laboratorio se enviaron a especialistas de cada grupo taxonómico para su clasificación. Para el grupo de las algas contamos con la ayuda de la Dra. Alba Vergés y la Dra. Noemí Sánchez (Universitat de Girona) y con el Dr. Enric Ballesteros (CEAB-CSIC), que también ha colaborado en la identificación de briozoos, y de Marta Díaz-Valdés para las ascidias.



Figura 2.13.- Secuencia de imágenes de algunas de las tareas de muestreo realizadas en el laboratorio. (A) Limpieza y triado de la 3ª y 4ª red, (B) Identificación y fotografiado de especies, (C) Pesado de las muestras.

2.2.3. Resultados

En la Tabla 2.1 se presenta el número de lances de pescas experimentales realizadas por mes y estrato de profundidad en la serie de campañas TRASLAN de septiembre de 2011 a agosto de 2012 (TRASLAN 0911-0812) y pescas complementarias en noviembre 2012. A lo largo del ciclo anual de campañas previsto se pudieron completar todas las campañas, a excepción de algunos muestreos de octubre-diciembre de 2011 y la campaña de abril 2012, que por causas meteorológicas adversas quedaron pendientes a espera de poderlos completar en los meses correspondientes de 2012 y 2013, de los cuales

solamente se pudo recuperar una campaña en noviembre de 2012. En total se realizaron 200 lances de pesca experimentales y en 146 se extrajeron dos redes para muestreo completo en el laboratorio.

Tabla 2.1.- Número de lances de pesca experimental de las Campañas TRASLAN 0911 – 0812 y 1112. Para los análisis aquí presentados se han creado tres estratos de profundidad (<60 m, 60-100 m y >100 m).

Nº Lances/Prof.	40-60 m	60-80 m	80-100 m	100-120 m	120-140 m	140-160 m	> 160 m	Total
Sep-11	4	12	4	1	2	2	0	25
Oct-11	1	4	2	0	1	2	0	10
Nov-11	0	1	2	1	0	1	0	5
Dic-11	1	2	2	2	1	2	0	10
Ene-12	2	7	2	2	5	2	0	20
Feb-12	4	4	4	4	1	3	0	20
Mar-12	3	5	4	3	3	1	1	20
Abr-12	Condiciones meteorológicas adversas durante todo el mes							
May-12	3	6	3	2	3	3	0	20
Jun-12	2	5	4	3	3	1	2	20
Jul-12	3	4	3	5	3	2	0	20
Ago-12	2	4	4	5	3	1	1	20
Nov-12	2		2	2	3	1		10
TOTAL	27	54	36	30	28	21	4	200
Estratos agrupados	27	90		83				200
	< 60 m	60-100 m		> 100 m				

2.2.3.1. Abundancia: cambios estacionales y batimétricos

En la Figura 2.2.1 se aprecia como la máxima abundancia de machos y hembras en el estrato superficial (<60 m) coincide con el periodo de reproducción (verano) acorde con nuestras observaciones de cambios batimétricos de abundancia en la reserva marina de las Islas Columbretes (Goñi *et al.*, 2001). En el otoño se observa una reducción de la abundancia en fondos someros reflejada en valores en promedio más altos, aunque más variables, a profundidades superiores (60-100 m y >100 m). En el estrato intermedio (60-100 m) la abundancia de machos presenta una cierta estabilidad durante los meses de enero a marzo y de mayo a agosto, mientras que las hembras muestran variaciones con valores máximos en primavera y verano. Las variaciones más significativas para ambos sexos se producen en los meses de otoño en los estratos intermedio (machos) y profundo (hembras), quizás reflejando movimientos en masa, probablemente migraciones post reproductivas. La alta variabilidad en algunos meses puede ser también fruto del pequeño tamaño de muestra (nº lances) que componen los valores promedios (ej. machos en el mes de agosto para el estrato de <60 m, nº lances= 2; noviembre en el estrato de 60-100 m, nº lances=3), y/o la captura ocasional de numerosos individuos en algún lance aislado.

Así, la característica más notoria de la distribución batimétrica y estacional de langosta en el área de estudio es el máximo de abundancia en fondos someros antes de la reproducción y su disminución tras la reproducción. Estas observaciones, las primeras en el Mediterráneo español, apoyan observaciones en el Atlántico de que *P. elephas* realiza una migración pre-reproductiva hacia fondos someros y una post-reproductiva hacia hábitats más profundos (Mercer, 1973; Ansell y Robb, 1977). En las hembras estas migraciones tendrían el objeto de buscar condiciones estables para incubar los huevos. Incluso se ha propuesto que la eclosión tendría lugar en zonas profundas, y por tanto más alejadas de la costa, al objeto de maximizar la dispersión de las larvas. Las variaciones más significativas para ambos sexos se producen en los meses de otoño en los estratos intermedio (machos) y profundo (hembras), lo que puede responder a la migraciones batimétricas mencionadas.

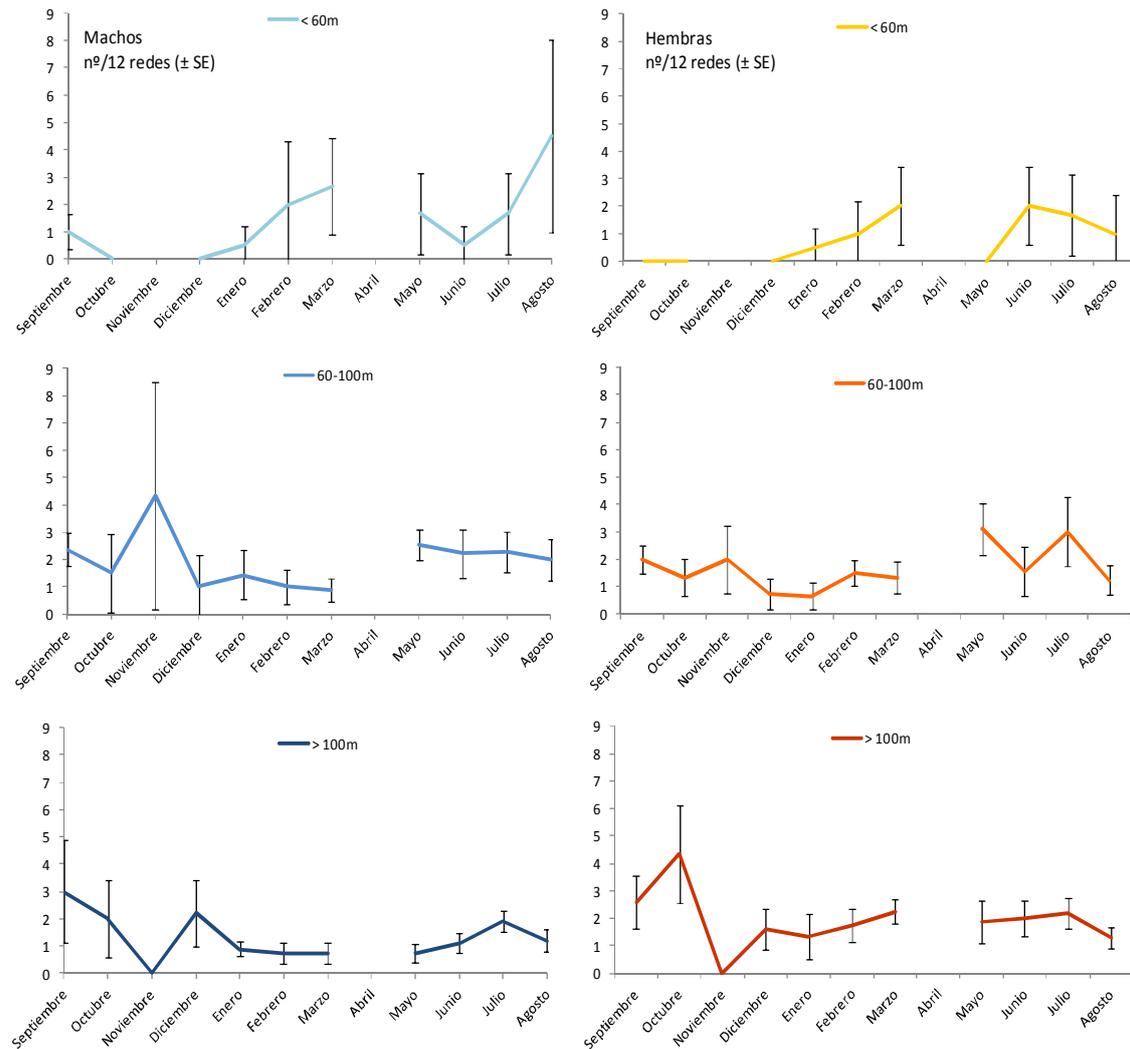


Figura 2.14.- Evolución mensual de la abundancia de langosta roja (nº/12 redes) por sexo y estrato de profundidad. Campañas TRASLAN 0911 - 0812 (Datos combinados de las 12 redes: 6 PMF y 6 MMF intercaladas).

2.2.3.2. Abundancia por clase de talla: cambios estacionales y batimétricos

Los juveniles de langosta (<60 mm CL, 2-3 años) se encuentran preferentemente en profundidades superiores a 60 m, especialmente entre 60 y 100 m, siendo muy escasos en fondos someros (Figura 2.15). Los pre-adultos (60-80 mm LC, hasta 4 años de edad) muestran una preferencia por fondos entre 60 y 100 m, especialmente en el otoño. Los adultos pequeños (80-100 mm LC), que son los más abundantes, sufren variaciones según el rango batimétrico, dominando a profundidades >100 m en otoño y en superficie en la época de reproducción (verano). Los reproductores medianos (>100-120 mm LC) también escasean en zonas superficiales en otoño aumentando paulatinamente durante el invierno y primavera. En estratos más profundos se observan variaciones de abundancia poco destacadas. La clase de grandes reproductores (>120 mm CL), dominada por machos, presenta abundancias bajas y muy variables. En suma, los cambios batimétricos de las clases maduras en general reflejan las migraciones pre- y post-reproductivas mencionadas en el apartado anterior. Los pre-adultos y juveniles, presentando

grandes variaciones debido a la baja abundancia / capturabilidad, se encuentran en general en mayor abundancia en los estratos intermedio y profundo.

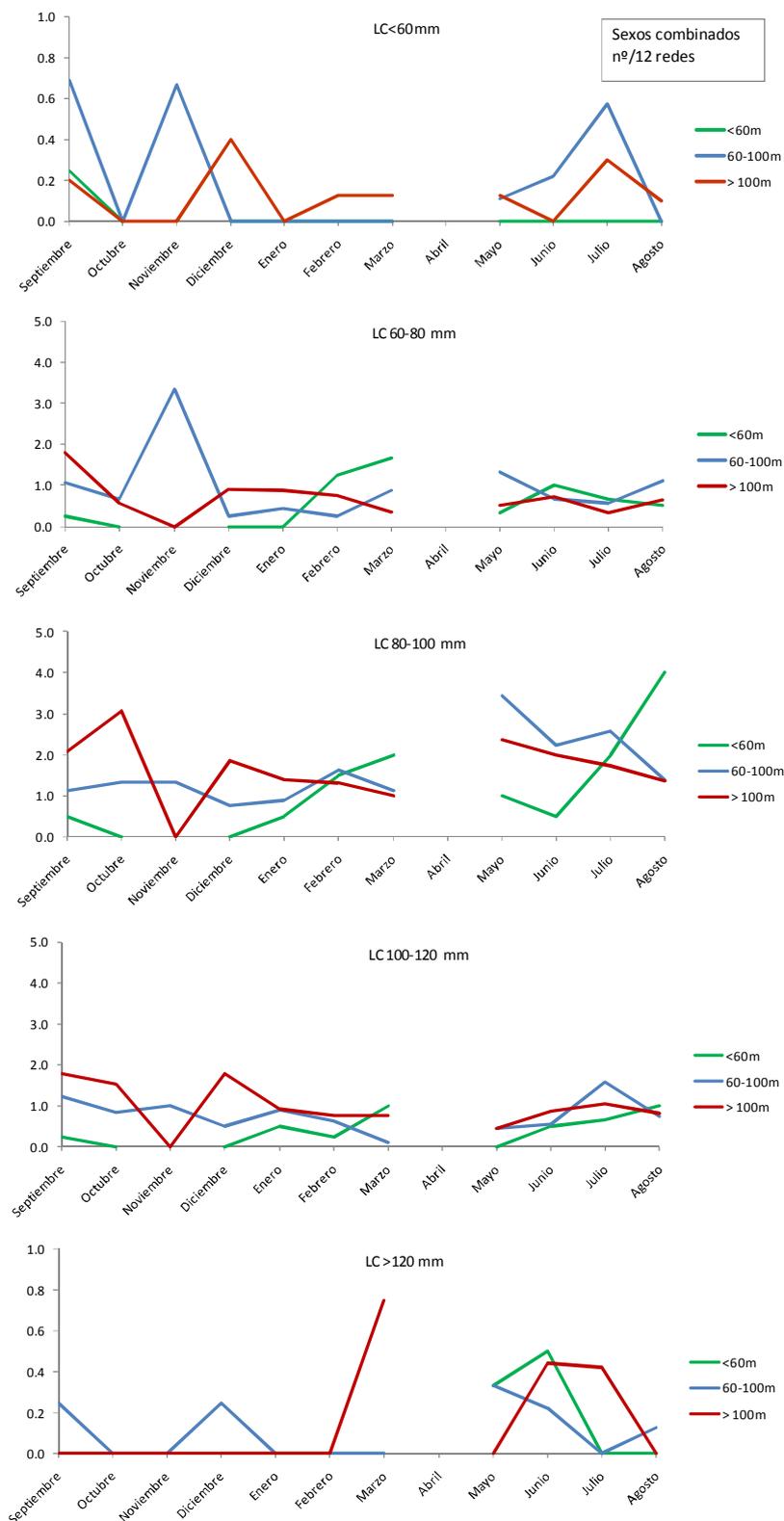


Figura 2.15.- Evolución mensual de la abundancia de langosta roja (nº/12 redes) por sexo y estrato de profundidad. Campañas TRASLAN 0911- 0812 (Datos combinados de 12 redes: 6 PMF y 6 MMF intercaladas).

2.2.3.3. Distribución estacional y batimétrica de hembras ovadas

Las hembras ovadas se observaron durante los meses de septiembre a febrero en profundidades superiores a 60 m (Figura 2.16). En el estrato de profundidad con la máxima abundancia de langostas (60-100 m), en promedio el 45% de hembras estaban ovadas durante los meses de septiembre a diciembre. En el estrato más profundo (>100 m), más del 75% de las hembras capturadas estaban ovadas durante los meses de septiembre a enero. El descenso de la abundancia de hembras ovadas en el estrato >100 m durante el mes de noviembre se atribuye al bajo número (n= 2) de muestras obtenidas a causa de las adversas condiciones meteorológicas encontradas. Este resultado confirma que las hembras realizan migraciones post-reproductivas, abandonando los fondos someros durante la incubación de los huevos. También corrobora que la eclosión de los huevos se realiza principalmente entre diciembre y enero.

La presencia de hembras ovadas entre septiembre y febrero confirma las observaciones realizadas en otras áreas del Mediterráneo Occidental de que la duración del periodo de incubación de la langosta roja en esta región es de 4-5 meses (Goñi *et al.*, 2003). Por su carácter anual, este estudio ha permitido constatar la ausencia de langostas ovadas en fondos someros, indicando una vez más que la incubación y eclosión de los huevos se produce en profundidad. Esta observación necesita ser corroborada ya que se basa en un número de muestras, en fondos someros, relativamente bajo por comparación a los otros dos estratos.

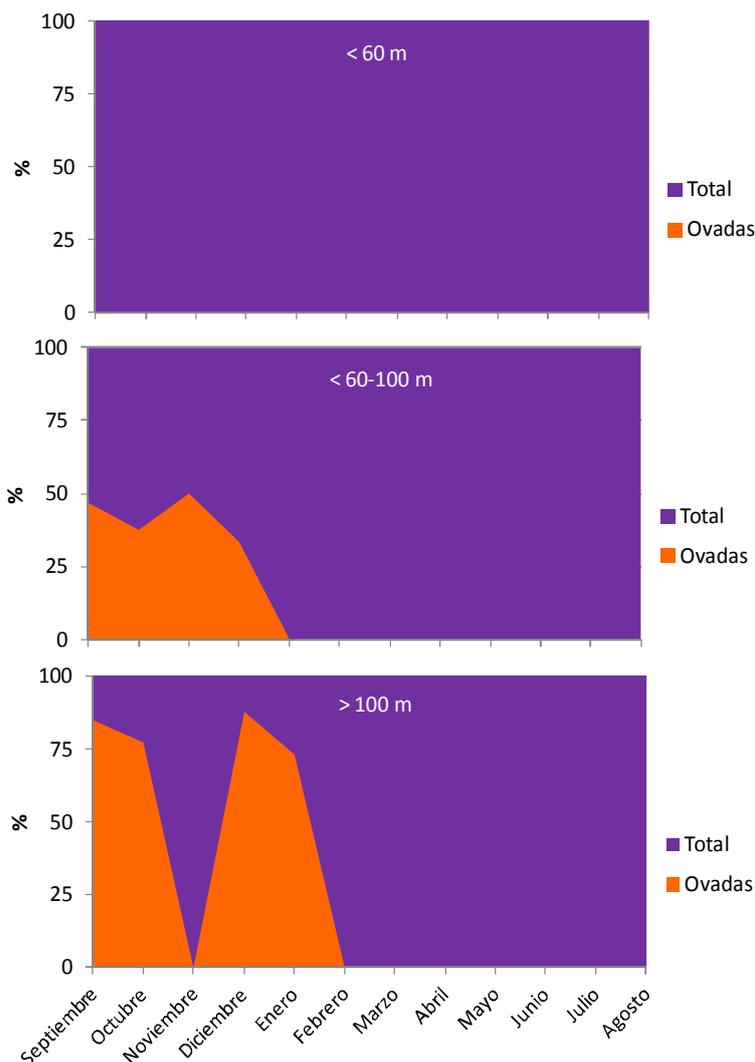


Figura 2.16.- Distribución batimétrica y estacional de hembras ovadas. Campañas TRASLAN 0911 a 0812 (datos combinados de 12 redes: 6 PMF y 6 MMF intercaladas).

2.2.3.4. Talla media: estacionalidad y batimetría

Durante las campañas TRASLAN 0911 a 0812 se capturaron 627 langostas, 308 (49%) hembras (Tabla 2.2).

Nº muestras	Machos			Hembras		
	<60m	60-100	>100	<60m	60-100	>100
Septiembre	4	38	15		32	13
Octubre		9	6		8	13
Noviembre		13			6	
Diciembre		4	11		3	8
Enero	1	13	8	1	6	12
Febrero	8	8	6	4	12	14
Marzo	8	8	6	6	11	18
Abril						
Mayo	5	23	6		28	15
Junio	1	20	10	4	14	18
Julio	5	16	19	5	21	22
Agosto	9	16	12	2	10	13
Total	41	168	99	22	151	146

Tabla 2.2.- Número de langostas capturadas en cada mes y estrato de profundidad en las campañas TRASLAN 0911 - 0812. Datos combinados de 12 redes: 6 PMF y 6 MMF intercaladas.

La talla media de las langostas a lo largo del ciclo anual se sitúa entorno a los 90 mm LC tanto en machos como en hembras y se mantiene estable en los tres estratos de profundidad, a excepción de los machos en el estrato profundo, cuya talla media va aumentando desde el otoño hasta el verano. Las oscilaciones estacionales son más marcadas en los machos durante los meses de otoño e invierno (Figura 2.17). Los valores mínimos coinciden en el caso de las hembras principalmente con el periodo de muda (mayo) (barra lila), durante el cual la movilidad (y por ende capturabilidad) de los animales grandes se vería reducida durante un periodo más largo que los pequeños. En los machos los valores más bajos se observan en otoño e invierno, quizás revelando procesos de muda que en su caso tendrían frecuencia bianual (barras lilas).

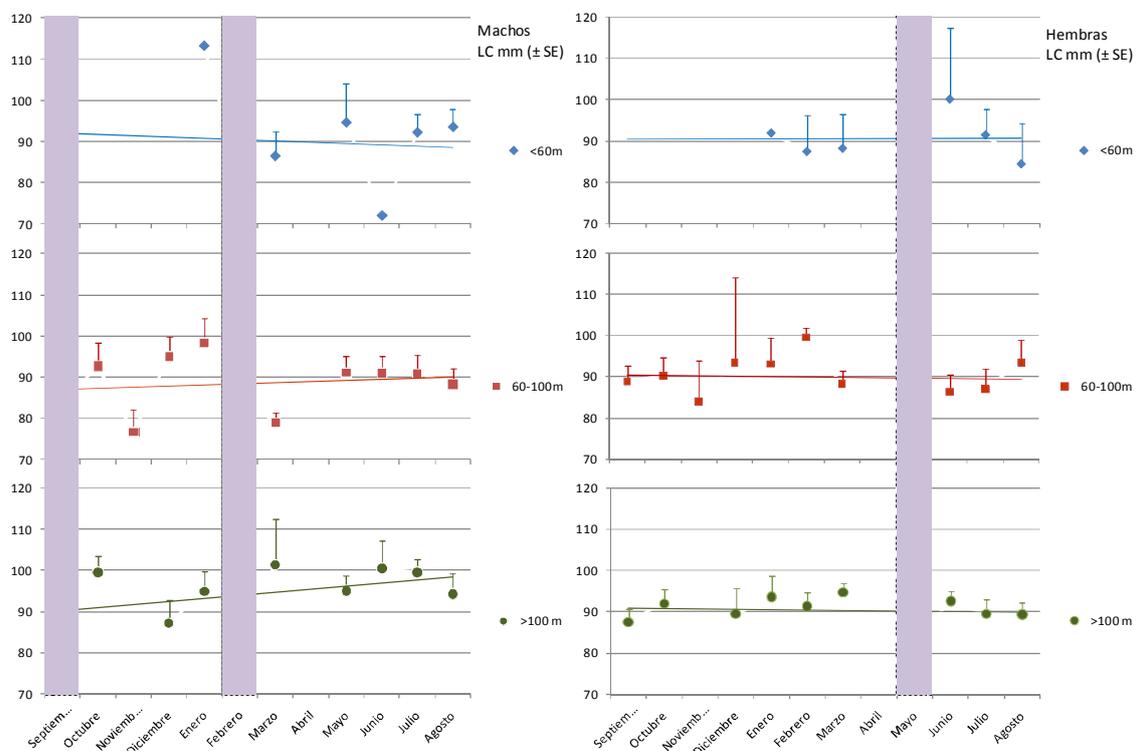


Figura 2.17.- Evolución mensual de la talla media de la langosta roja (LC mm \pm SE) por sexo y estrato de profundidad. Campañas TRASLAN 0911 - 0812. Datos combinados de 12 redes: 6 PMF y 6 MMF intercaladas.

3- Selectividad relativa de dos tipos de trasmallo

3.1. Objetivo

Conocer la selectividad relativa de distintos tipos de redes, testando una red nueva experimental frente a la red tradicional de trasmallo usada en la pesca de la langosta. Se pretende comparar la selectividad de ambas redes respecto a la capturabilidad por tallas y al *bycatch* con vistas a mejorar el patrón de explotación y reducir los impactos potenciales sobre fondos sensibles en los que se explota la especie en Baleares.

3.2. Métodos

Ver sección 2.2.2

3.3. Resultados

En la Tabla 3.1 se presenta la relación de lances de pescas experimentales, por mes y estrato de profundidad en los que se ha realizado el muestreo completo de una red PMF y otra MMF en el laboratorio, que ascienden a 146 de un total de 200 realizados entre septiembre 2011 y agosto 2012, y noviembre 2012 (ver Tabla 2.1).

Tabla 3.1. Relación de los lances de pesca experimental en los que se ha realizado muestreo completo de una red de cada tipo en laboratorio. Campañas TRASLAN 0911 – 0812 y 1112.

Nº Lances/Prof.	40-60 m	60-80 m	80-100 m	100-120 m	120-140 m	140-160 m	> 160 m	Total
Sep-11	4	12	4	1	2	2	0	25
Oct-11	1	4	2	0	1	2	0	10
Nov-11	0	1	2	1	0	1	0	5
Dic-11	1	2	2	2	1	1	0	9
Ene-12	0	5	1	1	3	2	0	12
Feb-12	4	3	1	2	1	3	0	14
Mar-12	2	2	2	3	3	0	1	13
Abr-12	Condiciones meteorológicas adversas durante todo el mes							
May-12	3	0	2	2	3	2	0	12
Jun-12	2	3	4	2	2	1	2	16
Jul-12	3	3	3	2	0	1	0	12
Ago-12	2	4	4	2	1			13
Nov-12	1		1	1	2			5
TOTAL	23	39	28	19	19	15	3	146
Estratos agrupados	23 < 60 m	67 60-100 m		56 > 100 m				146

3.3.1. Selectividad respecto a la langosta

3.3.1.1. Diferencias en la captura por talla y total

El trasmallo PMF obtiene mejores rendimientos de langosta en todos los grupos de talla, a excepción del de langostas más grandes (>120 mm LC) en el que no hay diferencias. En particular los juveniles (<60 mm LC) son 3 veces más capturables con las redes PMF que con las redes MMF, mientras que las

langostas de tallas comprendidas entre 60 y 120 mm LC presentan una capturabilidad del 50% al 70% superior en la red PMF. Esto se traduce en una marcada reducción de la captura en número (todas las tallas combinadas) en la red MMF respecto a la red PMF (Figura 3.1). En conjunto para todo el rango de tallas, las redes PMF capturan un 60% más de langostas que las redes MMF (Figura 3.2).

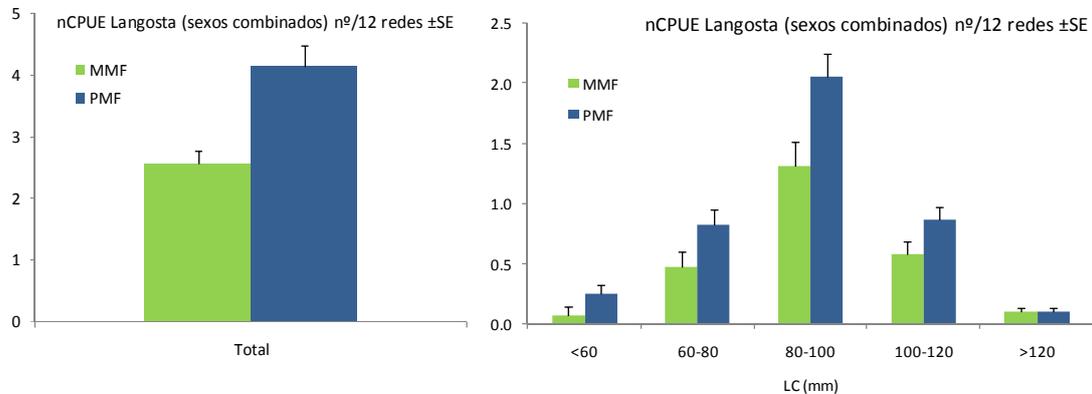


Figura 3.1.- Captura media por lance (nº en 12 redes \pm SE) de langosta con los dos tipos de trasmallo PMF y MMF por clase de talla (izquierda) y para el total de la captura (derecha). Campañas TRASLAN 0911 - 0812.

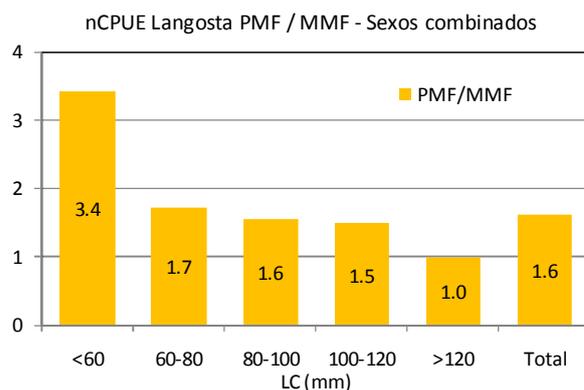


Figura 3.2.- Captura de langosta (nº de individuos) en redes PMF expresada como proporción de la captura en redes MMF por clase de talla y total. Campañas TRASLAN 0911 - 0812.

3.3.1.2. Diferencias en la captura de langosta de talla legal (nº y peso)

En lo que respecta a la talla mínima legal de la langosta, las redes PMF capturan en promedio un número similar de langostas de talla legal (≥ 90 mm LC) ilegal (< 90 mm LC): 2 individuos por lance de 12 redes. Como hemos visto, la red MMF obtiene unos rendimientos de langosta claramente inferiores que la PMF; sin embargo la captura está compuesta de una proporción ligeramente superior de langostas de talla legal: 1,4 y 1,2 langostas en 12 redes de talla legal e ilegal, respectivamente (Figura 3.3). Teniendo en cuenta la captura en peso o lo que es lo mismo, en valor económico, la diferencia entre las dos redes aumenta, y como media el peso de langostas de talla legal es marcadamente superior en la red PMF que en la MMF, con 1,6 kg y 1,1 kg en 12 redes, respectivamente (Figura 3.3).

En terminos relativos (captura en PMF/captura en MMF), la captura de langostas legales es como media 53% y 49% superior, en número y peso respectivamente, en las redes PMF que en las redes MMF (Figura 3.4). En su desventaja, también la captura de langosta de talla inferior a la legal en redes PMF es mayor que en las redes MMF, en un 69% y 56% en número y peso respectivamente (Figura 3.4). Así, mientras que empleando las redes MMF se perdería un 49% de la captura en peso (y en valor económico), se capturaría un 69% menos de individuos < 90 mm LC que no sufrirían el manejo a bordo

antes de ser devueltos al mar ni la mortalidad asociada a la captura. Por tanto, el uso de la red MMF facilitaría a los pescadores cumplir con las restricciones de talla ya que una fracción de langostas de talla inferior a 90 mm LC no llegarían a capturarse.

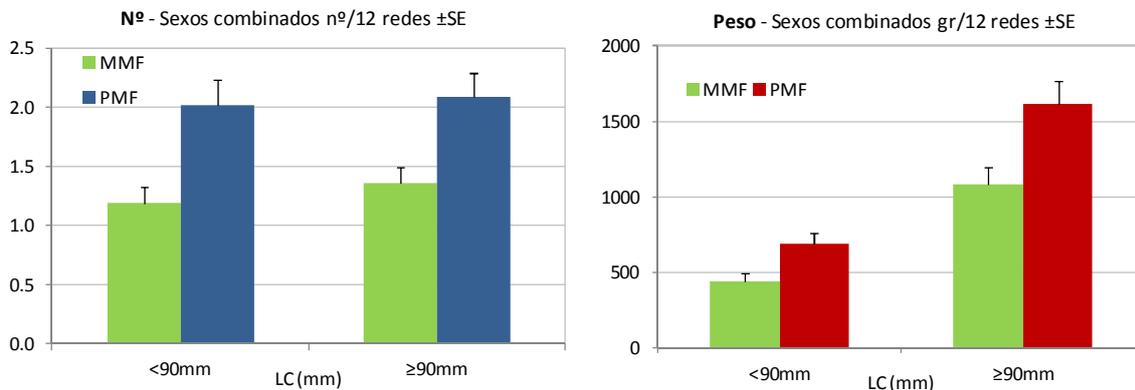


Figura 3.3.- Captura de langosta de talla <90 mm LC y ≥90 mm LC (media por lance en 12 redes ± SE) para los dos tipos de redes PMF y MMF. Campañas TRASLAN 0911 - 0812. Izquierda: nº de individuos; derecha: peso en gramos.

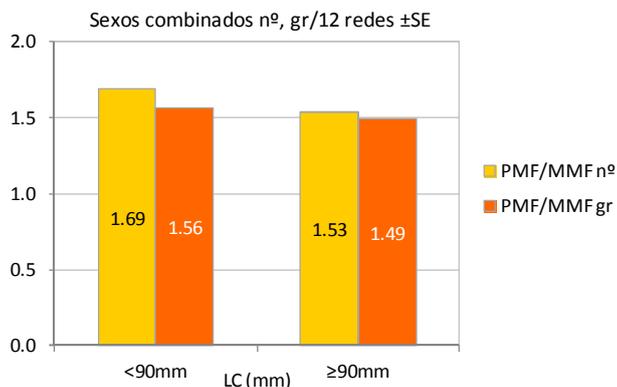


Figura 3.4.- Captura de langosta roja (nº de individuos y peso en gramos) en redes PMF expresada como proporción de la captura en redes MMF para langostas de talla <90 mm LC y ≥90 mm LC. Campañas TRASLAN 0911 - 0812.

3.3.1.3. Diferencias en la estructura de tallas de la captura de langosta

En el curso de los 190 lances de pesca experimental realizados en las campañas TRASLAN 0911 – 0812 se capturaron 627 langostas, 241 en redes MMF (46,9% hembras) y 386 en redes PMF (53,4% hembras) (Tabla 3.2).

Talla (CL mm)	Hembras			Machos			Total		
	MMF	PMF	Total	MMF	PMF	Total	MMF	PMF	Total
35-40	0	1	1	0	0	0	0	1	1
40-45	1	1	2	0	1	1	1	2	3
45-50	0	1	1	0	1	1	0	2	2
50-55	3	1	4	1	1	2	4	2	6
55-60	0	7	7	2	10	12	2	17	19
60-65	0	5	5	3	13	16	3	18	21
65-70	4	6	10	9	12	21	13	18	31
70-75	4	8	12	7	5	12	11	13	24
75-80	6	17	23	11	10	21	17	27	44
80-85	13	23	36	13	16	29	26	39	65
85-90	19	31	50	16	18	34	35	49	84
90-95	13	38	51	16	23	39	29	61	90
95-100	20	29	49	14	13	27	34	42	76
100-105	12	15	27	10	19	29	22	34	56
105-110	9	8	17	8	7	15	17	15	32
110-115	5	8	13	4	16	20	9	24	33
115-120	1	4	5	7	7	14	8	11	19
120-125	2	1	3	5	6	11	7	7	14
125-130	1	1	2	1	2	3	2	3	5
130-135	0	1	1	1	0	1	1	1	2
Total	113	206	319	128	180	308	241	386	627

Tabla 3.2.- Número de langostas capturadas en cada tipo de red (PMF-MMF) por sexo e intervalo de talla. Campañas TRASLAN 0911 - 0812. 12 redes: 6 PMF y 6 MMF intercaladas.

La estructura de tallas de la captura de langosta en los dos tipos de redes difiere poco en las tallas más frecuentes (a excepción de la clase de 90-95 mm LC, de las que la red MMF captura menos que la PMF). Se constata que las redes MMF son más selectivas y capturan proporcionalmente menos juveniles (tallas entre 55 y 65 mm LC) (Figura 3.5).

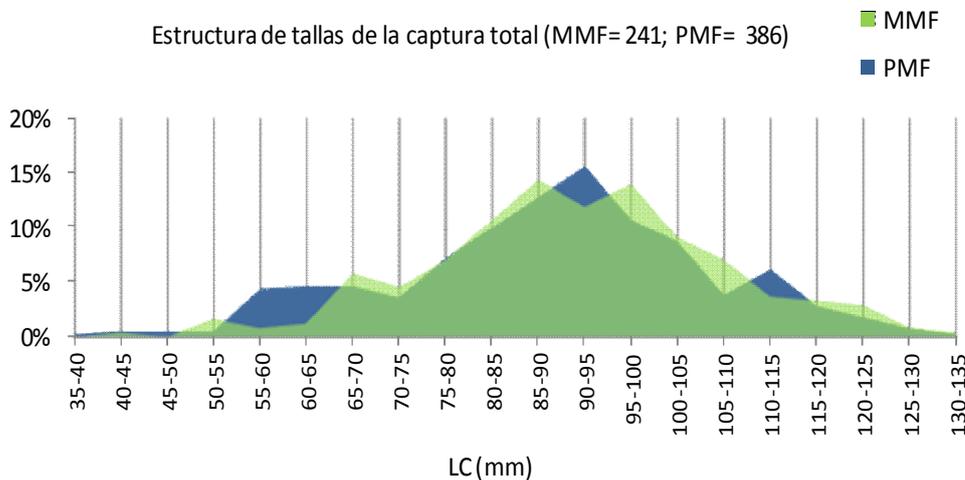


Figura 3.5.- Estructura de tallas de la captura de langosta con los dos tipos de trasmallo MMF y PMF. Sexos combinados. Campañas TRASLAN 0911 - 0812. Nº de lances: 190, 12 redes: 6 MMF y 6 PMF intercaladas.

3.3.2. Selectividad respecto a la captura acompañante (*bycatch*)

El *bycatch* se define como la parte de la captura que no es objetivo de la pesca. En la pesquería de langosta la especie objetivo es la langosta roja, pero la sustitución de la nasa por el trasmallo décadas atrás, trajo consigo los beneficios del *bycatch* que en esta pesquería puede alcanzar un alto valor comercial. Desde el punto de vista del impacto de la pesca sobre los ecosistemas marinos, el estudio del *bycatch* proporciona el conocimiento necesario para obtener una visión lo más completa posible de dicho impacto.

En este estudio hemos evaluado, a distintos niveles taxonómicos, la composición del *bycatch* de las pescas experimentales realizadas con los dos tipos de trasmallo estudiados, agrupando la captura accesoria en las siguientes categorías:

- *Megabentos (fauna y flora)*: Fracción principalmente compuesta por especies de peces, crustáceos, moluscos y equinodermos, poríferos, cnidarios, briozoos y tunicados, además de algas, de porte medio o grande que se pueden contabilizar *de visu* e *in situ* durante el muestreo a bordo.
- *Megabentos comercial (fauna)*: Fracción del megabentos formada por especies comerciales. En este estudio se define como comercial toda especie que se comercialice aunque sea ocasionalmente.
- *Macrobentos (fauna y flora)*: Fracción compuesta por crustáceos, moluscos, equinodermos y organismos de otros grupos taxonómicos de pequeño tamaño cuya cantidad no puede ser

estimada *de visu* durante el muestreo a bordo. Esta fracción fue analizada y cuantificada en el laboratorio a partir de una red de cada tipo en 146 lances de pesca seleccionados por tipo de fondo y estrato de profundidad.

- *Formaciones biogénicas pertenecientes a diferentes tipos de sustrato*: Fracción compuesta por rocas, conchas u otras estructuras cubiertas por diversas algas calcáreas u otras especies incrustantes. Las algas calcáreas se han descrito y clasificado en distintos tipos por su forma, tamaño y tipo de recubrimiento (morfotipo). Esta fracción ha sido analizada y cuantificada en el laboratorio a partir de las mismas redes seleccionadas para la categoría anterior.

Información complementaria sobre los métodos de estudio se puede encontrar en la sección 2.2.2. Métodos.

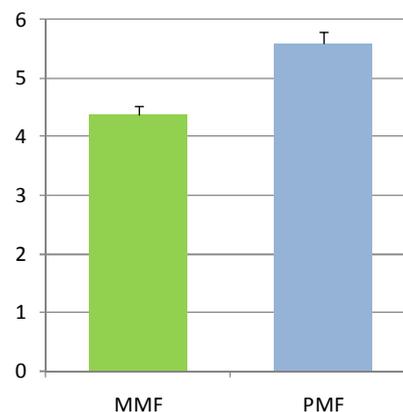
3.3.2.1. Diferencias en la captura de megabentos

En este estudio el número total de especies de la fracción megabentónica del *bycatch* fue ligeramente inferior (6%) en las redes MMF que en las redes PMF (Tabla 3.3). El número medio de especies de megabentos capturadas por lance fue 4.4 y 5.6 especies en las redes tipo MMF y PMF respectivamente (Figura 3.6).

Tabla 3.3. y Figura 3.6.- Número total y medio (\pm SE) de especies de macrobentos en el *bycatch* de redes MMF y PMF obtenidas para el total de lances de pesca realizados en el estudio.

	Numero de especies capturadas	
	MMF	PMF
nº de lances	190	190
nº redes (50 m)	1140	1140
Nº total spp	119	126
Nº spp / lance	4.36 \pm 0.17	5.58 \pm 0.20

Nº medio \pm SE especies bycatch / lance 6 redes



3.3.2.2. Diferencias en el bycatch comercial

El rendimiento medio en número de especies comerciales acompañantes fue un 16% superior en las redes PMF que en las MMF; sin embargo el rendimiento medio en peso fue similar en ambos tipos de redes (Tabla 3.4). Un total de 52 especies (46 peces: 44 especies identificadas + 2 géneros, 5 decápodos y 1 cefalópodo) componían la fracción de *bycatch* comercial en el conjunto de las muestras (PMF+MMF), de las cuales 26 especies se capturaron en mayor cantidad en las redes PMF (7 de las cuales tuvieron captura 0 en las redes MMF) y 19 especies en las redes MMF (8 de las cuales tuvieron captura 0 en las PMF), mientras que 7 especies se capturaron por igual en ambos tipos de red (Figura 3.7).

6 redes	BYCATCH COMERCIAL	
	MMF	PMF
nº de lances	190	190
nº redes (50 m)	1140	1140
Nº total spp	44	43
nCPUE medio	3.68	4.27
gCPUE medio	5323	5434

Tabla 3.4.- Número de especies de *bycatch* comercial capturadas en redes MMF y PMF. Captura por lance CPUE en número (nCPUE) y en peso (gramos, gCPUE) en 6 redes.

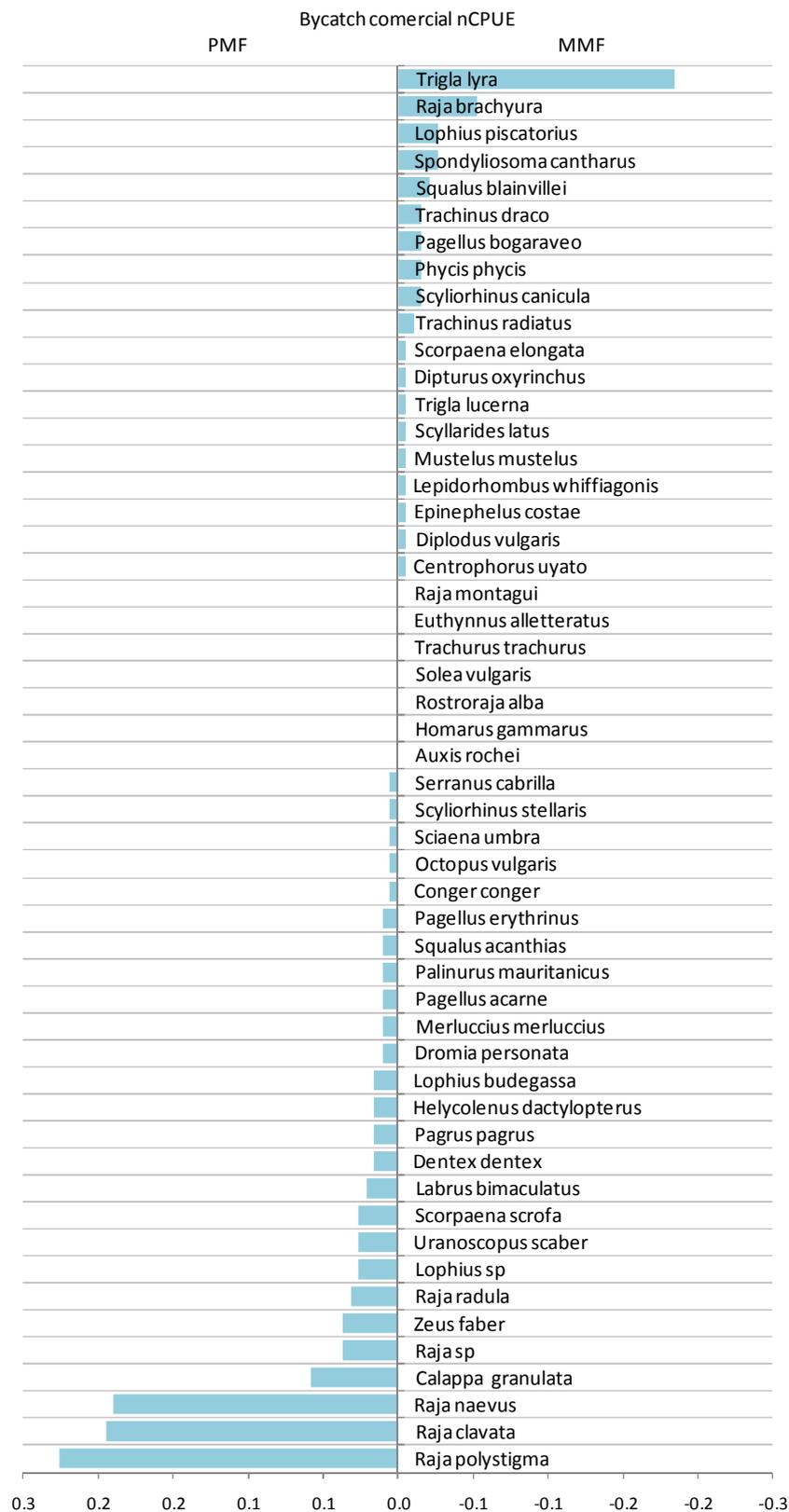


Figura 3.7.- Diferencias en la captura por unidad de esfuerzo media (nº individuos) de especies de interés comercial capturados con redes PMF y MMF expresados en %. Valores positivos indican que PMF captura mayor cantidad que MMF y valores negativos lo contrario Campañas TRASLAN 0911 – 0812. Nº de lances: 190, 12 redes: 6 MMF y 6 PMF intercaladas.

La captura en número de la red PMF está dominada por especies de las rayas *Raja polystigma*, *R. clavata*, *R. naevus* y *R. brachyura*, en orden de importancia decreciente. En la red MMF las rayas también son las especies más capturadas, siendo la tercera especie más capturada el cabracho *Scorpaena scrofa*, una de las especies con mayor valor comercial (Figura 3.8a).

Aunque los rendimientos en número de ejemplares ofrecen una visión más certera del impacto sobre el ecosistema, comparar la captura de ambos tipos de red en peso permite cuantificar el valor comercial de las capturas. Así, los rendimientos en peso de las redes PMF están dominados por tres especies de condriictios, encabezados por *R. clavata*, las dos especies siguientes son osteíctios de elevado valor comercial, rape (*Lophius piscatorius*) y cabracho. En el caso de las redes MMF, *R. brachyura* es la especie con mejores rendimientos en peso, seguida en importancia por las mismas especies que dominan los rendimientos de las redes PMF (Figura 3.8b).

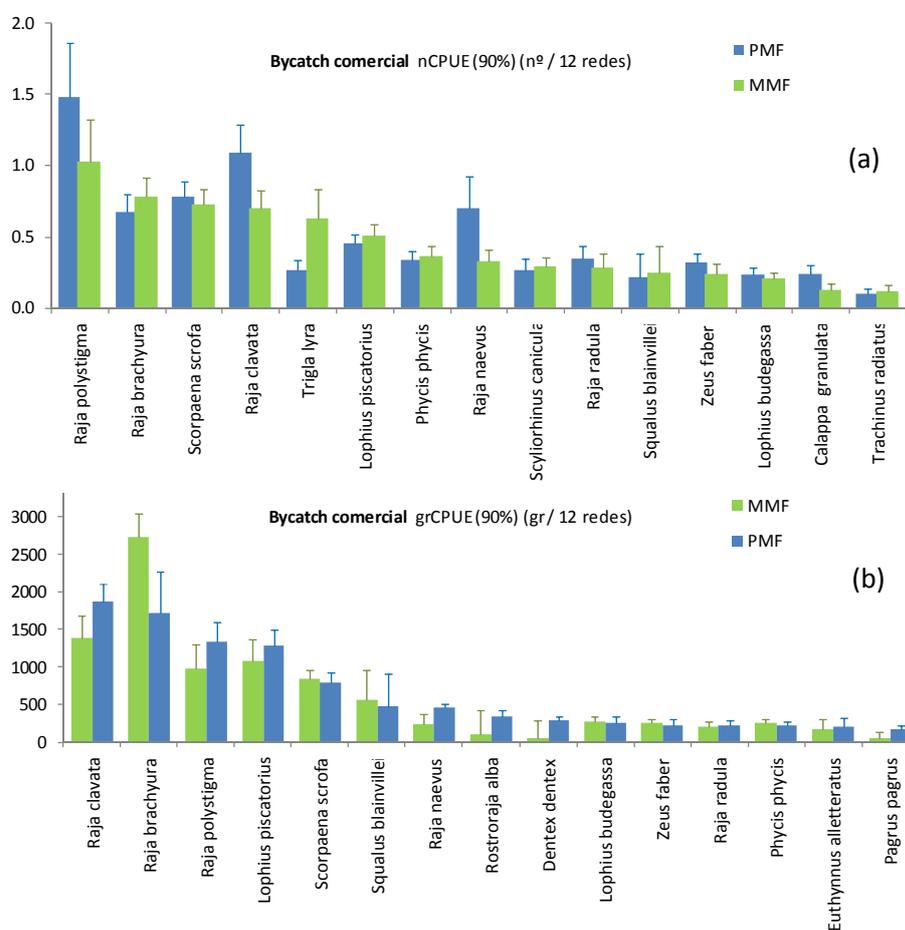


Figura 3.8.- Captura por unidad de esfuerzo (media/12 redes \pm SE), expresada en **(a)** número **(a)** y peso en gramos/12 redes **(b)**, de las principales especies de *bycatch* comercial constituyendo el 90 % en número y peso de la captura, de las redes PMF y MMF. Campañas TRASLAN 0911 – 0812. N° de lances: 190, 12 redes: 6 MMF y 6 PMF intercaladas.

3.3.2.3. Diferencias en la captura de las principales especies de peces (peso)

Considerando los rendimientos promedio en peso, la especie con valores más altos es *R. brachyura* en redes MMF y seguida de *R. clavata* en las redes PMF. También presentan rendimientos promedios altos en ambas redes el rape y el cabracho (Figura 3.9).

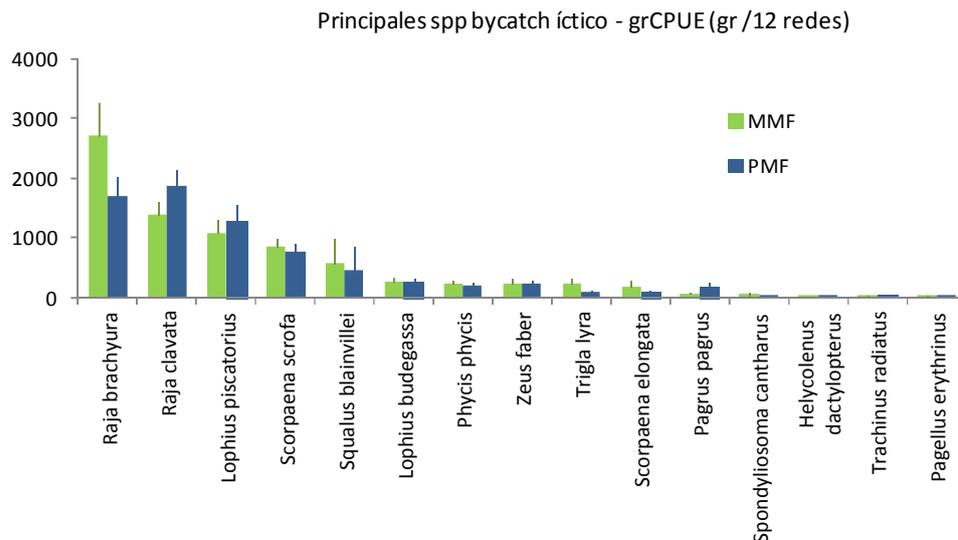


Figura 3.9.- Captura por unidad de esfuerzo en peso (media gramos/12 redes \pm SE) de las principales especies de *bycatch* de peces, constituyendo el 90% en número de la captura de las redes PMF y MMF. Campañas TRASLAN 0911 – 0812. N° de lances: 190, 12 redes: 6 MMF y 6 PMF intercaladas.

3.3.2.4. Talla media de las principales especies de peces

A excepción del pargo (*Pagrus pagrus*) en que la talla media es superior en la red PMF, la talla de las principales especies ícticas tiende a ser mayor en la red MMF que en la red PMF (Figura 3.10), indicando beneficio adicional de las nuevas redes MMF. Así, la talla media del conjunto de especies de peces capturadas con mayor frecuencia en este estudio (n° spp.= 16) es ligeramente superior en la red MMF (LT= 44.9 \pm 8.5 SD) que en la red PMF (LT= 42.9 \pm 7.6 SD).

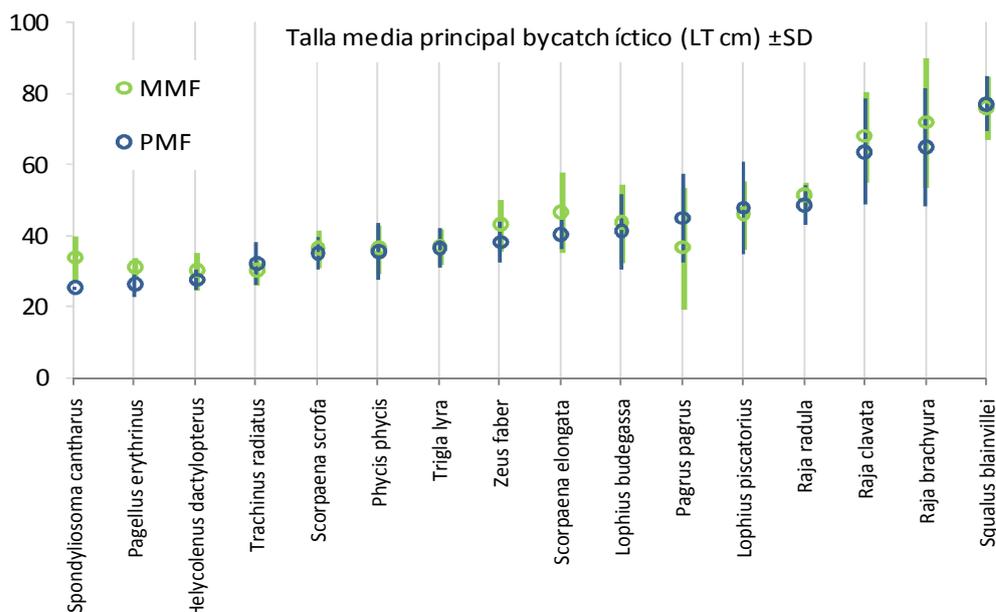


Figura 3.10.- Talla media (LT cm \pm SD) de las especies más frecuentes del *bycatch* íctico de las redes PMF y MMF. Campañas TRASLAN 0911 - 0812. N° de lances: 190, 12 redes: 6 MMF y 6 PMF intercaladas.

3.3.3. Costes y beneficios de usar redes PMF *versus* MMF

3.3.3.1. Objetivo

El objetivo de esta última sección es evaluar los costes y beneficios esperados del uso del trasmallo experimental en lugar del trasmallo tradicional en la pesquería de langosta roja en Baleares.

3.3.3.2. Métodos

Para hacer el análisis de costes-beneficios hemos tenido en cuenta las diferencias de los valores esperados con cada tipo de red para las siguientes variables cuantificadas en este estudio:

1. Variables de rentabilidad económica de la pesquería:
 - a. Tasa de captura en valor económico de la captura de langosta comercial (≥ 90 mm LC).
 - b. Tasa de captura en valor económico de la captura acompañante (bycatch) comercial.
2. Variables de conservación:
 - a. Tasa de captura en número de langostas inmaduras, tomando como talla de primera madurez 80 mm CL (media de los valores estimados por Goñi et al. 2003 para hembras y machos).
 - b. Tasa de captura en número de langostas de talla inferior a la talla mínima legal vigente para el Mediterráneo de 90 mm LC (Reglamento del Consejo (EC) No 1967/2006).
 - c. Tasa de captura en peso de organismos estructurantes, tomando como indicador el conjunto de especies de algas que forman el maërl.

Además introducimos de manera cualitativa variables no evaluadas en este estudio pero que deben tenerse en cuenta para una completa apreciación de las ganancias y pérdidas del uso de uno y otro tipo de red en la pesquería de la langosta. Estas variables tienen que ver con: 1) el tiempo tanto de limpieza de redes antes de la siguiente calada como de procesamiento (desenmalle) de la captura abordo, y 2) el estado tanto de la captura como de las redes, además de la durabilidad de estas últimas. La cuantificación de estas variables requiere un estudio específico que podría contemplarse en un proyecto futuro.

Como colofón, y para dar pie a una discusión adecuada de los costes y beneficios valorados, estos se agrupan de acuerdo con una escala temporal como inmediatos o aplazados (medio/largo plazo).

Para el cálculo del coste inmediato de la aplicación de la red MMF8 se han empleado precios de primera venta de 2013 para la langosta roja en la lonja de Palma (40€/kg para tallas <120 mm LC y 32,5€/kg para tallas ≥ 120 mm LC) y en Ciudadela (50€/kg). Para el cálculo de precios de primera venta del bycatch comercial (principalmente pescado), se ha empleado el siguiente rango de precios medios: 5€/kg, 7€/kg, 10€/kg y 12€/kg.

3.3.3.3. Resultados

Variables de rentabilidad económica de la pesquería

Langosta comercial (€)

El valor medio ($\text{€} \pm \text{ES}$) de la tasa de captura de langosta comercial es de $21,2 \pm 2,2\text{€}$ y $32,0 \pm 2,9\text{€}$ en 6 redes de trasmallo experimental y tradicional respectivamente (Figura 3.11). Esta diferencia es significativa (Mann-Whitney test, $z = -2,272$, $p = 0,023$) y pronostica una pérdida del 34% del valor de la captura de langosta con el uso de la red experimental. Para esta comparación se han empleado los precios de primera venta Lonja de Palma ($40\text{€/kg} < 120\text{ mm}$ y $32,5\text{€/kg} \geq 120\text{ mm LC}$).

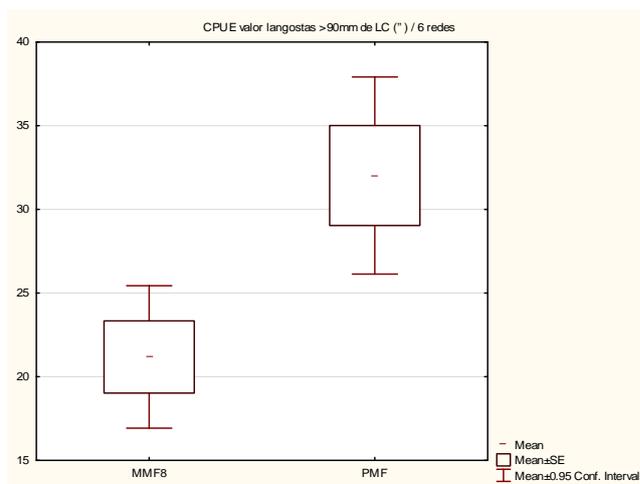


Figura 3.11.- Rendimiento económico ($\text{€} \pm \text{ES}$) de la captura de langostas de talla comercial ($\text{LC} \geq 90\text{ mm}$) en redes experimentales (MMF8) y tradicionales (PMF) (Valor de la captura en € de 6 redes). $N = 200$ lances de 6 redes. Precios primera venta Lonja de Palma ($40\text{€/kg} < 120\text{ mm}$ y $32,5\text{€/kg} > 120\text{ mm LC}$).

Bycatch comercial (€)

El valor medio ($\text{€} \pm \text{ES}$) de la tasa de captura de bycatch comercial en 6 redes de trasmallo experimental y tradicional es de $28,2 \pm 2,3\text{€}$ y $26,8 \pm 3,1\text{€}$ respectivamente (Figura 3.12). Esta diferencia no es significativa (Mann-Whitney test, $z = -0,037$, $p = 0,970$) e indica que el rendimiento económico de la captura de bycatch comercial en la pesquería de langosta no se vería afectado por el uso de la red experimental. Para esta comparación se han empleado un precio medio por 5€/kg de bycatch comercial.

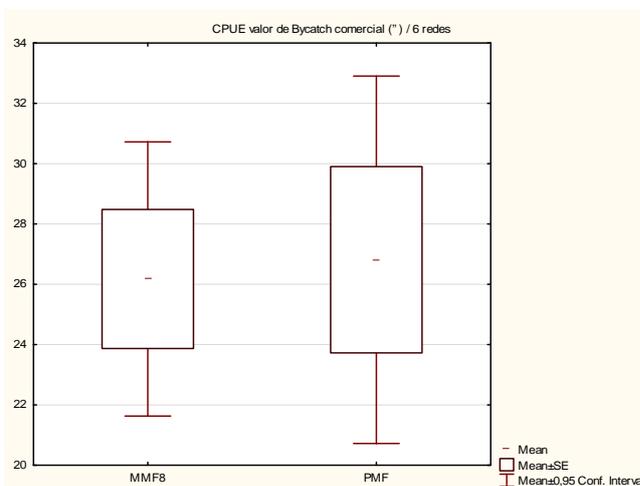


Figura 3.12.- Rendimiento económico ($\text{€} \pm \text{ES}$) de la captura de bycatch comercial en redes experimentales (MMF8) y tradicionales (PMF) (Valor de la captura en € de 6 redes). $N = 200$ lances de 6 redes. Precios medios captura bycatch comercial de 5€/kg .

Variables de conservación de la pesquería y el ecosistema

Captura de juveniles de langosta

La tasa media ($n^{\circ} \pm ES$) de captura de langostas juveniles ($LC < 80$ mm LC) en 6 redes de trasmallo experimental y tradicional es $0,27 \pm 0,04$ individuos y $0,52 \pm 0,08$ individuos respectivamente (Figura 3.13). Esta diferencia es significativa (Mann-Whitney test, $z = -2,220$, $p = 0,026$) y pronostica una reducción del número de juveniles de langosta capturados con el uso de la red experimental del 48%.

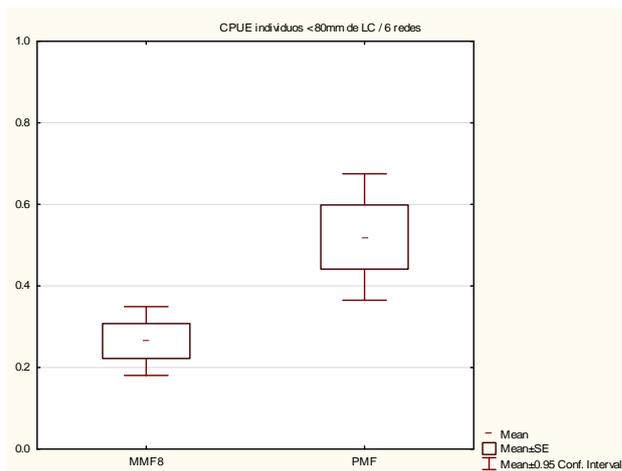


Figura 3.13.- Tasa de captura ($n^{\circ} \pm ES$) de langostas juveniles ($LC < 80$ mm) en redes experimentales (MMF8) y tradicionales (PMF) (n° de ejemplares en 6 redes). $N = 200$ lances de 6 redes.

Tasa de captura de langostas de talla inferior a la talla legal

La tasa media ($n^{\circ} \pm ES$) de captura de langostas de talla inferior a la legal ($LC < 90$ mm LC) en 6 redes de trasmallo experimental y tradicional es $0,60 \pm 0,07$ individuos y $0,98 \pm 0,10$ individuos respectivamente (Figura 3.14). Esta diferencia es significativa (Mann-Whitney test, $z = -2,126$, $p = 0,033$) y pronostica una reducción del número de langostas ilegales capturadas con el uso de la red experimental del 39%.

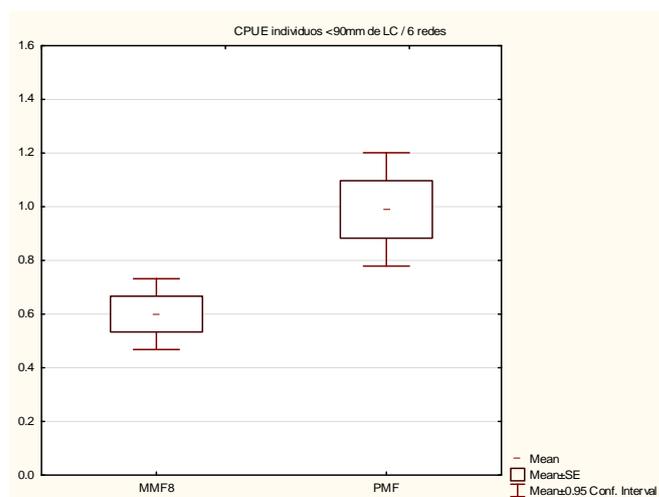


Figura 3.14.- Tasa de captura ($n^{\circ} \pm ES$) de langostas de talla inferior a la legal ($LC < 90$ mm) en redes experimentales (MMF8) y tradicionales (PMF) (n° de ejemplares en 6 redes). $N = 200$ lances de 6 redes.

Captura de organismos estructurantes: Maërl

La tasa media (gr±ES) de captura de maërl por red de trasmallo experimental y tradicional es 57,3± 15,9 gramos y 160,6±42,5 gramos respectivamente (Figura 3.15). Esta diferencia es significativa (Mann-Whitney test, Z-adjust= -3,486, p< 0,001) y pronostica una reducción de la cantidad de maërl capturado con el uso de la red experimental de un 64% en peso.

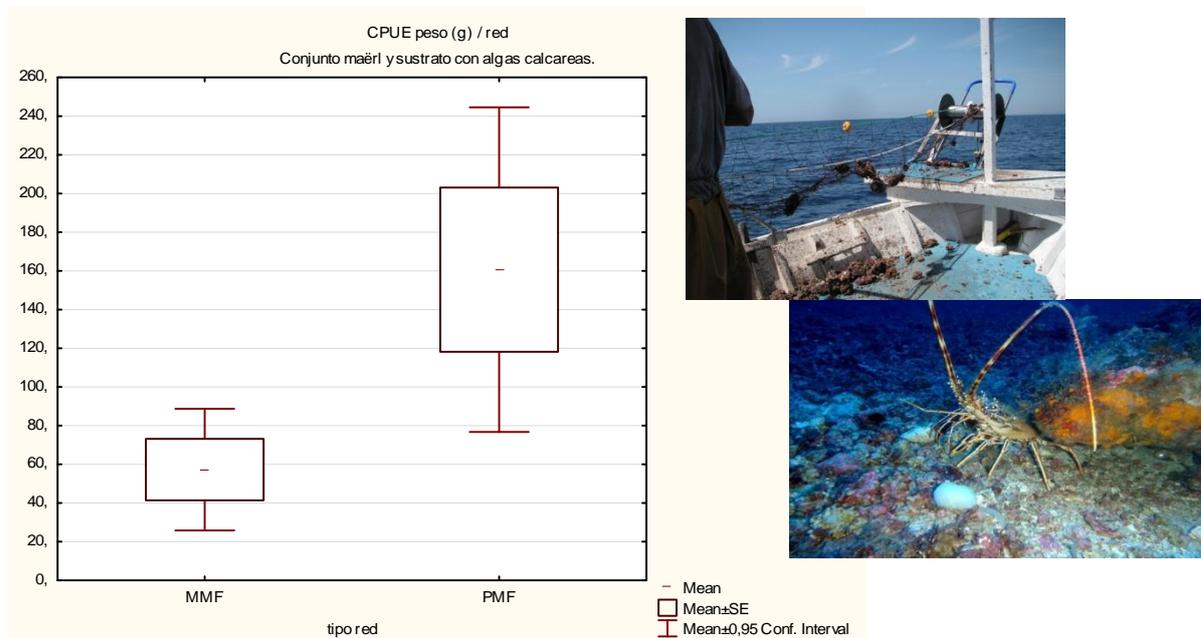


Figura 3.15.- Tasa de captura (gr±ES) de maërl (todas las especies combinadas) en redes experimentales (MMF8) y tradicionales (PMF) (gramos en 1 red). N= 146 redes de cada tipo correspondientes a 146 lances de pesca.

Balace: costes y beneficios

El cambio de la red tradicional por la experimental conllevaría una pérdida inmediata media de un 13-22% del valor económico de la captura comercializada (langosta + bycatch comerciales) (Figura 3.16). La pérdida de ingresos prevista se debe principalmente a la reducción de la captura de langosta comercial con la red experimental (-34%), que constituye el 33% de los ingresos medios de la captura comercializada en Mallorca (precios lonja Palma) y el 38% de los de la captura comercializada en Menorca (datos puntuales Ciudadela) en esta pesquería. Así, la magnitud de pérdida económica prevista depende de los precios de la langosta y del bycatch comercial, siendo mayor cuanto más alto es el precio de la langosta y más bajo el del bycatch.

En compensación por esta pérdida de ingresos inmediata a la implantación de la red experimental se pueden predecir beneficios tanto inmediatos como aplazados que, aun no habiendo sido cuantificados en este estudio, es posible identificar. Los beneficios inmediatos se derivan de las características de los hilos que conforman la malla de la red, que en las MMF8 no están torsionados, pudiendo separarse y de ese modo liberar fácilmente cualquier captura enmallada. En las redes PMF los hilos de la malla están fuertemente torsionados, no separándose libremente y por tanto haciendo más difícil desenmallar la captura. Como resultado de ello, la implantación de la malla experimental resultaría en una mejora del estado, y por tanto del precio, de la captura respecto a la de las redes PMF. También como resultado de esta característica de los hilos, el tiempo de manipulación y limpieza de las redes para su posterior calado

se reducen y los rendimientos por tiempo en el mar mejoran. Además, como hemos visto las redes MMF8 tienen menor impacto sobre especies estructurantes, por lo que las redes se deterioran menos con el uso y tienen mayor duración. Todos estos beneficios inmediatos pueden traducirse en una reducción significativa de los costes o en un aumento de los beneficios a corto plazo, que podrían llegar a compensar parcial o totalmente los costes por pérdida de captura de langosta.

A su vez, las pérdidas inmediatas vendrían acompañadas de beneficios a medio y largo plazo cuya cuantificación no está contemplada en este estudio pero que son fáciles de reconocer. Los beneficios que conciernen a la langosta se derivan de la mayor supervivencia de los juveniles asociada a una reducción de la tasa de captura del 48% en redes MMF8. Además, el aumento de la supervivencia de los juveniles se produciría también por la mayor facilidad de desenmalle y, como consecuencia, de devolver al mar en buen estado, los juveniles de langosta que se capturasen en las redes MMF8. A raíz del aumento de la supervivencia de los juveniles y el consiguiente retraso en la captura, aumentaría la proporción de langostas que alcanzan la madurez y se reproducen, y por ende el potencial reproductivo de la población explotada, así como los rendimientos en peso y valor económico de la captura.

De los beneficios cuantificados en este estudio, el de mayor magnitud es la reducción del impacto de la pesca sobre las especies estructurantes, en este caso representadas por el maërl, y contabilizado en un 64% en peso con las redes MMF8. El desenmalle más fácil de estas especies en redes MMF8 también constituye un beneficio difícilmente cuantificable del uso de estas redes.

La implantación de las redes MMF8 podría resultar en una reducción de los costes de inspección al disminuir la magnitud del problema de protección de juveniles y de cumplimiento de la talla mínima de captura. Finalmente, aunque el impacto de las redes de trasmallo sobre el maërl no está evaluado, la menor incidencia de maërl en la captura de redes MMF8 constituye un beneficio importante para la compatibilización de la pesca y la conservación del maërl.



Figura 3.16.- Esquema del balance de costes y beneficios esperados, a corto y medio/largo plazo, para la pesquería de langosta roja en el Canal de Menorca como consecuencia de la implementación del trasmallo MMF8 respecto al tradicional PMF.

4- Índices de asentamiento en colectores y hábitat natural. Relación con la profundidad y factores ambientales.

4.1. Introducción

El objetivo de esta línea de estudio es determinar la tendencia anual del asentamiento (o reclutamiento al fondo) de la langosta roja y comparar índices de asentamiento en el medio natural y en colectores artificiales. Con ello se pretende aportar información útil para la gestión acorde con la dinámica de la población explotada. Para obtener índices de asentamiento estandarizados se ha empleado una red de colectores artificiales específicamente diseñados para captar post-larvas de langosta (post-puérulus) en el momento del asentamiento. El principio del funcionamiento de los colectores reside en ofrecer un hábitat idóneo para el asentamiento en un hábitat sin refugios viables. Así, para que las post-larvas puérulus usen los refugios de los colectores artificiales los colectores deben estar instalados en fondos sin refugios (fondos blandos sin rocas). Se asume que los índices de asentamiento obtenidos en los colectores artificiales ofrecen una aproximación certera del asentamiento en el medio natural. Para corroborar este supuesto se comparan los índices obtenidos en colectores y en hábitats de asentamiento natural próximos.

Los trabajos de esta línea de estudio tuvieron que ser modificados a partir de su planteamiento inicial. Las estaciones instaladas en 2010 al inicio del proyecto fueron posteriormente reubicadas debido a que las localidades seleccionadas presentaban un hidrodinamismo elevado e inestabilidad del fondo, factores que propiciaron la caída y/o colmatación por arena de los módulos colectores. En estas condiciones los colectores eran inoperativos. En el año 2011 se construyeron nuevos módulos, con bases más estables, que fueron reubicados e instalados en nuevas zonas durante la campaña COLECTORES 0411, realizada a bordo del B/O Odón de Buen. Tras el muestreo de la temporada de asentamiento de 2011, las estaciones de colectores permanecieron en el fondo durante todo el invierno, lo que requirió una limpieza y mantenimiento al final del invierno previo al ciclo de asentamiento de 2012.

Las zonas para la instalación de estaciones de colectores se seleccionaron de acuerdo con un gradiente longitudinal E-O en el Canal de Menorca, con el fin de estudiar el sistema ecológico más productivo de Baleares para la langosta roja y que por lo tanto ofrecía mayor posibilidad de éxito en el asentamiento de larvas.

4.2. Objetivo

En esta línea de investigación se han contemplado los siguientes objetivos: 1) Construir series de índices de reclutamiento estandarizados mediante colectores artificiales; 2) Determinar la correlación entre índices de asentamiento en colectores y en hábitat natural, 3) Determinar la distribución batimétrica del asentamiento.

4.3. Material y métodos

A fin de obtener índices de asentamiento estandarizados se instaló la red de estaciones de colectores artificiales situados en el levante mallorquín. Esta red se instaló definitivamente en 2011 y está formada por las estaciones de Cala Rajada, Alcudia, Colonia de Sant Pere y Porto Cristo, todas ellas situadas a menos de 25 m de profundidad, además de una estación profunda (>60 m) en el Canal de Menorca (Tabla 4.1; Figura 4.1). Cada estación de colectores está constituida por 12 módulos colocados en cruz y tres de repuesto (Figura 4.2), a excepción de la estación profunda que sólo está compuesta por 12 módulos.

Los censos de post-larvas tanto en colectores como en el hábitat natural se realizaron mediante censos visuales con escafandra autónoma. Los muestreos de los colectores se realizaron desde la embarcación neumática l'AUP del Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Baleares (COB-IEO). Estos censos se realizaron con escafandra autónoma censando cada una de las cuatro caras de los colectores. Para los colectores profundos además de la embarcación neumática del COB-IEO, se contó con la ayuda de la embarcación *Luz Murube* (Secretaría General del Mar) y su tripulación, así como con el apoyo del coordinador de la Reserva Marina de Llevant. La maniobra consiste en pasar un cabo auxiliar (cabo con unas boyas en uno de sus extremos) por unas boyas sub-sumergidas a unos cinco metros, que posee cada uno de los colectores. Todo este conjunto se iza, con la embarcación *Luz Murube* mediante la ayuda de un halador, hasta unos 10 metros de profundidad, donde los colectores son muestreados mediante escafandra autónoma. Una vez terminado el muestreo se baja el colector cuidadosamente hasta el fondo, para después liberar el cabo auxiliar.

Para los censos en hábitat natural se escogieron fondos rocosos próximos a las estaciones de colectores. La unidad de muestreo estándar fue de 5 minutos de muestreo lineal, manteniendo durante todo el censo el mismo tipo de hábitat y profundidad. La densidad de juveniles post-asentados (reclutas) se ha estimado en nº de reclutas/minuto de censo. El muestreo se realizó durante los meses óptimos de asentamiento (julio-agosto). En cada censo realizado se anotó el número de reclutas por censo y la duración, tipo de hábitat y profundidad del censo. Para cada recluta observado se anotó la orientación, distancia al fondo, longitud de cefalotórax, longitud de las antenas, color de las antenas (según tres categorías discretas: (B) amarillas; (BR) amarillo-ralladas y (R) ralladas), presencia de franja amarilla en el abdomen y hábitat específico.

El hábitat natural muestreado fue similar en todas las zonas: sustratos duros de bloques, megabloques, paredes con comunidades esciáfilas y semi-fotófilas. El rango de profundidad de hábitat natural muestreado fue de 15 a 35 metros.

Tabla 4.1.- Red de estaciones de colectores instalados en 2011 y posiciones de las mismas.

Estación	Latitud	Longitud
Alcudia	39° 50.099 N	3° 11.623 E
Colònia de St. Pere	39° 45.262 N	3° 16.423 E
Cala Rajada	39° 45.004 N	3° 26.560 E
Porto Cristo	39° 31.009 N	3° 19.377 E
Canal de Menorca	39° 48.808 N	3° 33.877 E

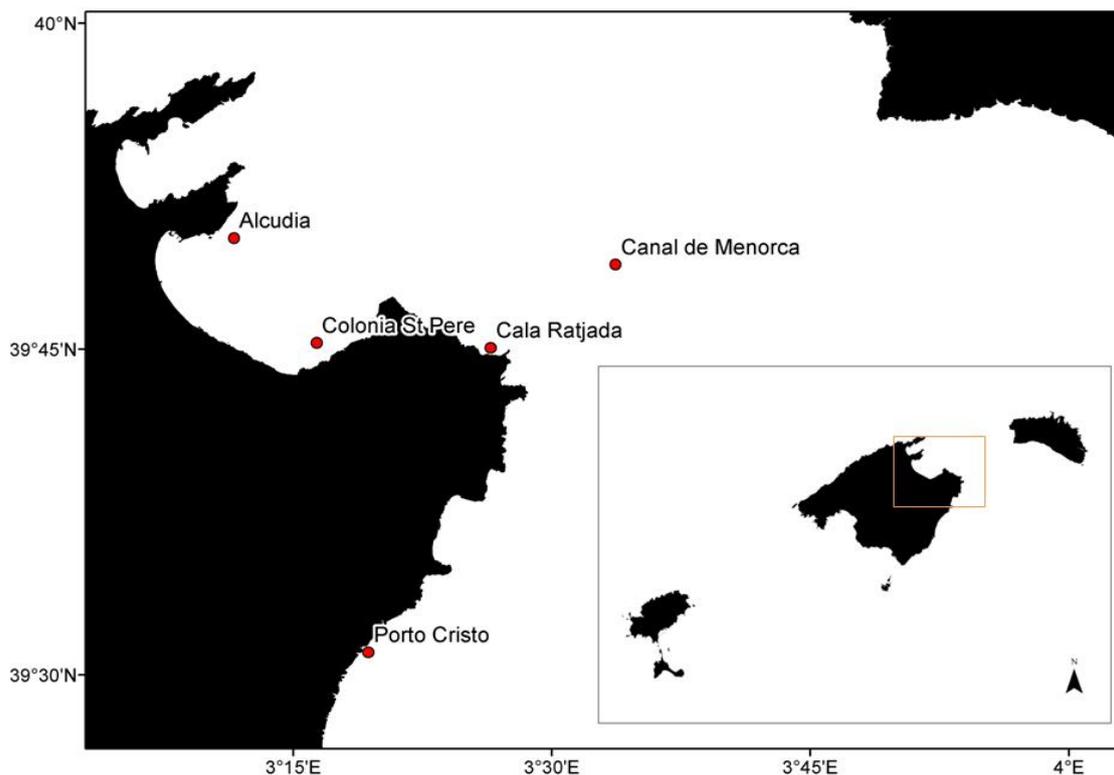


Figura 4.1.- Mapa del Canal de Menorca en el que se detallan las estaciones de colectores artificiales.

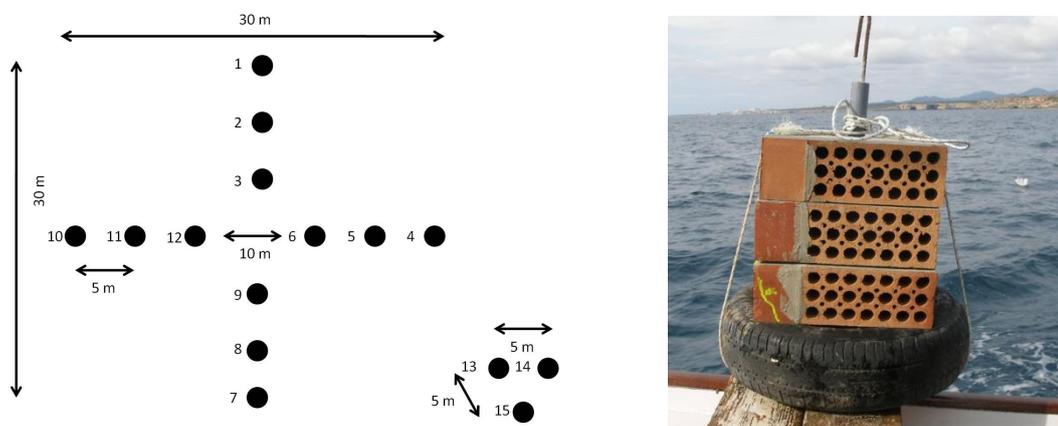


Figura 4.2.- Izquierda: Esquema de la configuración de las estaciones de colectores artificiales. Derecha: Módulo colector de tres unidades con una base de cemento para conferir estabilidad en hábitat arenoso.

4.4. Resultados

4.4.1. Estación profunda (Canal de Menorca)

Durante la campaña COLECTORES 0413 llevada a cabo a bordo del B/O SOCIB (abril 2013), se realizaron operaciones de mantenimiento de todas las estaciones de colectores y se repusieron dos colectores extraviados en las estaciones litorales. El mayor inconveniente del muestreo de colectores en la estación profunda es el desplazamiento de la estación debido a la deriva que sufre la embarcación al realizar el muestreo con el colector izado y sin estar el buque fondeado. Al finalizar las tareas de muestreo y liberar el colector al fondo, éstos se encuentran en otra posición. Estas campañas anuales de mantenimiento y recolocación de los colectores profundos son necesarias, ya que a causa de estas derivas la estación puede verse ubicada al final de la temporada en un fondo no adecuado para la evaluación del asentamiento.

Tabla 4.2.- Posiciones de los colectores de la estación profunda en el Canal de Menorca, en el mes de agosto cuando se realizó la última campaña de muestreo en el año 2012 y al finalizar la campaña de agosto de 2013, cuando se realizó el último censo. El número de colectores en la campaña 2013 se substituyó por otro número, las unidades C77 y C79 se perdieron.

Nombre	Latitud ago-13	Longitud ago-13	Latitud ago-12	Longitud ago-12	PÉRDIDA (m)
C34	39°49,614 N	3°32,787 E	39° 48.345 N	3° 33.863 E	
C36	39°49,519 N	3°32,62 E	39° 48.495 N	3° 33.839 E	
C37/C48	39°49,519 N	3°32,201 E	39° 48.738 N	3° 33.660 E	
C38	39°49,422 N	3°32,426 E	39° 48.665 N	3° 34.202 E	
C40	39°49,695 N	3°32,692 E	39° 48.486 N	3° 34.253 E	
C43	39°49,617 N	3°32,502 E	39° 48.605 N	3° 34.067 E	
C44	39°49,701 N	3°32,457 E	39° 48.809 N	3° 33.922 E	
C45	39°49,568 N	3°32,335 E	39° 48.893 N	3° 34.051 E	
C76/C50	39°49,366 N	3°32,285 E	39° 48.922 N	3° 33.888 E	
C77			39° 48.860 N	3° 33.539 E	X
C78	39°49,676 N	3°32,168 E	39° 48.629 N	3° 33.718 E	
C79			39° 48.447 N	3° 34.055 E	X

La tabla 4.2 muestra las posiciones y variación de las posiciones de los colectores entre dos años de muestreo, así como el cambio de identificador de dos colectores. En cada campaña se realizaron labores de limpieza y eliminación de fauna incrustante, además de restos de materia orgánica en descomposición que suele acumularse en los orificios que sirven de refugio para las langostas. En la figura 4.3 se muestra la disposición inicial en la que se instalaron los colectores al inicio de la temporada 2013. Durante los 2 muestreos que se realizaron en la temporada estival 2013 (julio y agosto) los colectores se desplazaron un promedio de 285 m hacia el noroeste.

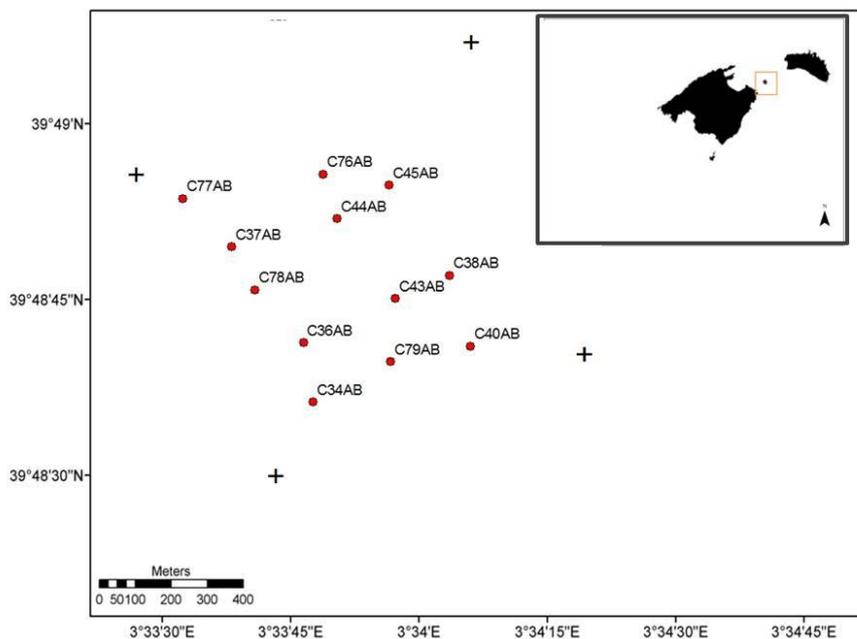


Figura 4.3.- Posiciones de los colectores del Canal de Menorca, en abril (puntos rojos), mes en el que se realizó la campaña COLECTORES 0413. Las cruces negras indican el polígono de protección de la estación de colectores.

Durante la temporada 2013 se encontraron post-puérulus de langosta en los colectores del Canal de Menorca a una profundidad de 72 metros (Figura 4.4 y 4.5). Como se puede observar el colector de la zona del Canal de Menorca no presenta muchas especies incrustantes y los refugios ofrecidos están prácticamente limpios. En esos muestreos el ejemplar post-puérulus está completamente retraído en el fondo del refugio. Este resultado ha sido de vital importancia porque nos ayuda a determinar un rango batimétrico del asentamiento hasta ahora desconocido y que amplía el conocimiento ecológico de la especie.



Figura 4.4.- Ejemplar post-puérulus de *P. elephas* en el módulo superior de un colector en el Canal de Menorca durante el mes de julio de 2013.



Figura 4.5.- Aspecto general de un colector en el Canal de Menorca (-72 m) y muestreo del colector (-8 m) suspendido de la embarcación “Luz Murube” usando el halador.

4.4.2. Estaciones litorales

Las estaciones litorales fueron revisadas cada año antes del inicio de la temporada de asentamiento. Las operaciones de mantenimiento y limpieza se iniciaron el mes de marzo y finalizaron en mayo. Los módulos colectores se dejaron completamente limpios de arena y residuos orgánicos que pudieran contener los orificios (Figura 4.6). Estas tareas eran necesarias para el correcto funcionamiento de los colectores y se realizaron en las estaciones de Cala Rajada, Alcudia, Colonia de Sant Pere y Porto Cristo.



Figura 4.6.- Aspecto general de un colector en la zona litoral de la estación de Alcudia (24 m de profundidad). Se puede observar un buceador censando el colector mediante una linterna, con el fin de comprobar uno por uno los refugios ofrecidos por los módulos colectores.

Con la ayuda del personal de la Dirección General de Pesca (Govern Balear) y mediante la embarcación neumática l'AUP del COB-IEO, entre junio y septiembre de 2013 se realizaron muestreos quincenales en todas las estaciones de colectores operativas (Alcudia, Colonia St. Pere, Cala Rajada y Porto Cristo).

En la estación de Cap d'es Freu se encontraron ejemplares de langosta durante el muestreo del mes de julio, se pueden observar la plasticidad de los post-puérulus en usar los dos tamaños de refugios que presentan los colectores (Figura 4.7). El número de incrustaciones que presentan los módulos colectores, es mucho más elevada que los colectores del Canal de Menorca a 70 metros de profundidad.

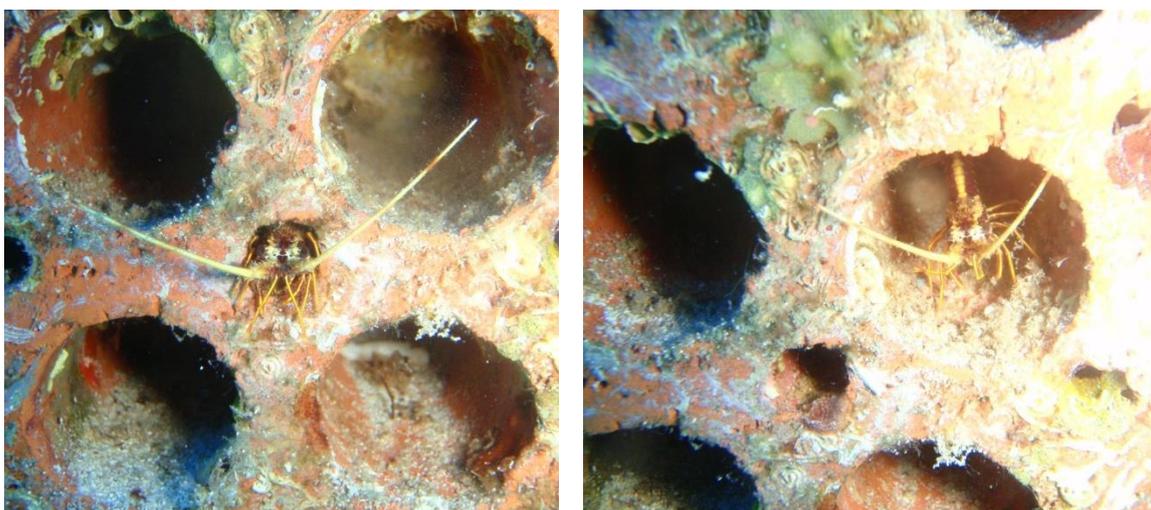


Figura 4.7.- Dos ejemplares de post-puérulus de langosta roja en un módulo colector en la estación de Cap d'es Freu (Cala Rajada) a 24 metros de profundidad.



El mantenimiento de las estaciones litorales de colectores ha sido uno de las tareas que más esfuerzo ha llevado durante el proyecto. La colmatación de los colectores por la sedimentación y el enterramiento ha producido muchas pérdidas de módulos. Al finalizar la temporada 2013 se ha realizado una tarea de mantenimiento para poder localizar los colectores en caso de quedar enterrados durante el invierno (Figura 4.8). Así cada colector ha sido señalado por una línea de 2 metros con una boya, para que en el caso de que se entierren puedan ser localizados durante la temporada siguiente.

Figura 4.8.- Módulo colector señalado y rodeado con un cabo con el fin de evitar la incrustación por parte de organismos en los refugios durante la época de invierno.

4.4.3. Muestréos en hábitat natural

En los muestréos realizados en hábitat natural se registró una disminución marcada en la abundancia de en la zona de Cala Rajada (Bau de la Mula, Cap d'es Freu, Olla y Punta Porcella) entre los años 2011 y 2012, con un promedio de $0,068 \pm 0,022$ y $0,038 \pm 0,012$ reclutas/minuto respectivamente (Figura 4.9).

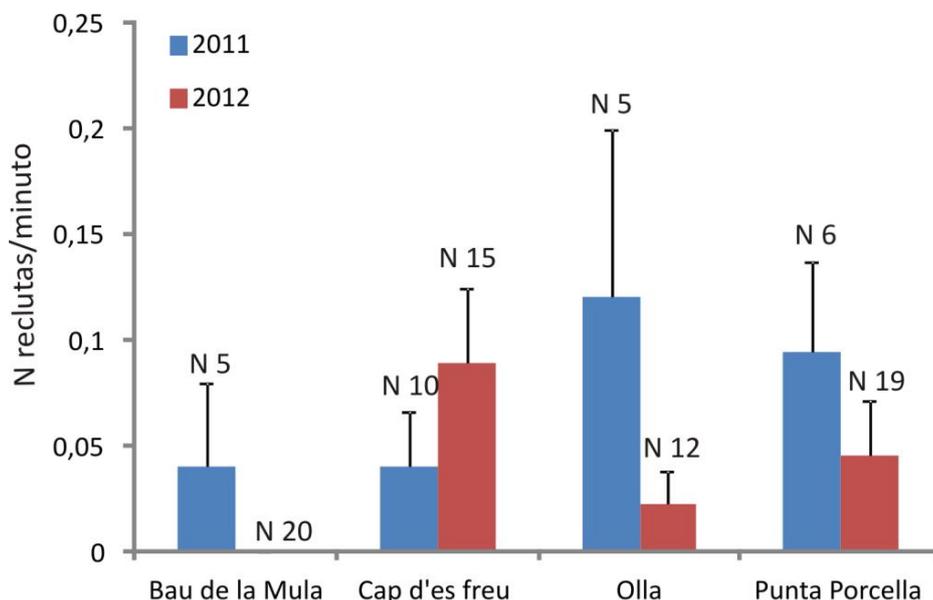


Figura 4.9.- Índices de reclutamiento en hábitat natural en la zona de Cala Rajada para los años 2011 y 2012. Las barras representan el error estándar (SE). El número de censos (N) está indicado encima de las barras de error.

Aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas (U Mann-Whitney = 1215,5; $P = 0,059$), la densidad de reclutas fue como media un 44% inferior en el año 2012 con respecto al año 2011. Durante 2012 (66 censos) se contó con la colaboración de dos muestréadores más que el año 2011 (26 censos), lo que permitió realizar un 60% más de censos (Figura 4.10). La densidad de reclutas en 2012 fue inferior a la del año 2011 en todas las estaciones a excepción de la estación del Cap d'es Freu (Figura 4.9).

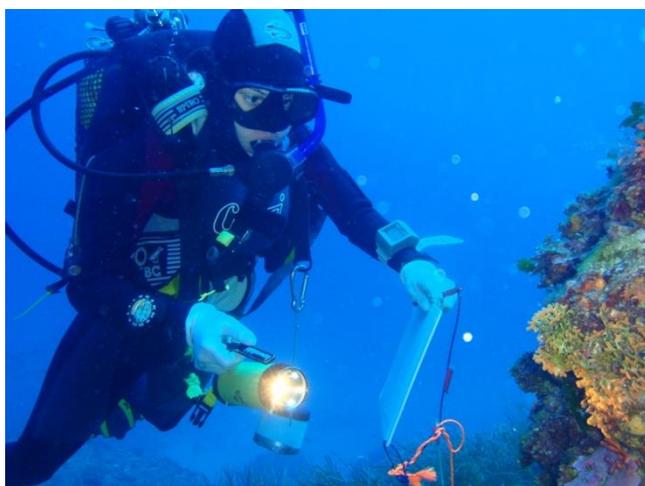


Figura 4.10.- Imagen de un muestréador realizando censos de reclutas en medio natural.

4.4.4. Correlación colectores-hábitat natural

A partir de los censos visuales de post-puéruos y los índices de asentamiento obtenidos en colectores artificiales se ha evaluado la posible correlación entre ambos (Figura 4.11). Como se observa en la figura 4.11 durante el año 2011 los índices de asentamiento en los colectores artificiales tanto del Canal de Menorca como en la estación litoral de Cala Rajada fueron nulos, mientras que en los censos visuales de Cala Rajada sí que se encontraron reclutas. Durante el año 2010 todas las estaciones presentan valores positivos, este año el índice fue superior en la estación del Canal de Menorca. Estos resultados sugieren que a partir de cierto valor mínimo, aún por determinar, las estaciones artificiales de colectores son efectivas en episodios de asentamiento con valores del índice superiores a 0,15 rec/m² en el medio natural.

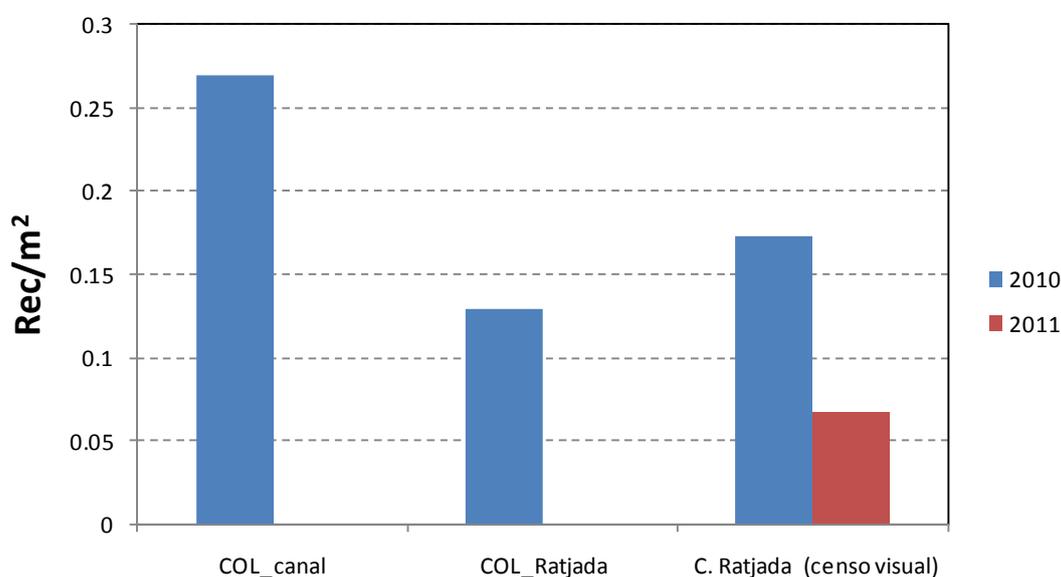


Figura 4.11.- Índices de asentamiento (rec/m²) durante los años (2010 y 2011) para 3 estaciones de muestreo: 2 estaciones de colectores artificiales, una profunda -- Canal de Menorca (COL_canal) y otra superficial -- Cala Rajada (COL_Ratjada); 1 estación en hábitat natural (C.Ratjada (censo visual))

4.5. Discusión y Conclusiones

La experiencia previa que se tenía en la instalación de colectores artificiales fue vital para la consecución de este proyecto, aun así, las complejidades en el mantenimiento de las estaciones de colectores han sido, podría decirse, infinitas (véase introducción Capítulo 4). La selección de la localización de las estaciones litorales es esencial para su mantenimiento posterior. Después de varios intentos, los lugares más apropiados son zonas arenosas cercanas a praderas de posidonia. El modelo de colector artificial que ha mostrado mejores resultados ha sido el que está construido con una base de neumático de automóvil rellena de cemento. Las unidades colectoras son funcionales y el sistema de fijación entre unidades colectoras es excelente.

Los muestreos de las estaciones profundas requieren unas condiciones meteorológicas óptimas con poco o nulo oleaje y viento, difíciles de encontrar durante un mínimo de dos días seguidos, los que se necesitan para llevar a cabo con seguridad el muestreo. Con estas condiciones se minimiza el desplazamiento que se produce en las maniobras de muestreo de los colectores ya que cuando el oleaje es moderado el desplazamiento de los módulos durante el muestreo puede llegar a ser de hasta 0,8 millas de la posición inicial. Por ello, uno de los mayores hándicaps para la obtención de índices de asentamiento en profundidad (estación Canal de Menorca) ha sido la complejidad del muestreo. En la parte positiva ha sido la estación que ha registrado índices de reclutamiento más altos.

A partir de estos resultados se ha podido comprobar que el rango batimétrico del asentamiento es mucho mayor (<70 m) del conocido hasta el momento. Esto indica que el asentamiento de langosta roja puede tener lugar en una área mucho más extensa de la que se conocía. A partir de estos resultados el asentamiento se ha de considerar como un proceso activo y viable en la mayor parte del rango batimétrico de la especie. La localización de un hábitat adecuado por parte de las post-larvas es el factor clave para que se produzca el asentamiento, ésta es la principal característica del éxito de los colectores artificiales. Durante el año 2013, se ha podido comprobar una sincronía en el proceso de asentamiento entre las estaciones del Canal de Menorca y las del litoral (Cala Rajada), ya que durante la misma semana se han detectado post-puérulus de langosta roja en ambas estaciones de colectores.

Durante el año 2011 y 2013 se encontraron ejemplares de post-puérulus en los colectores artificiales, mientras que en 2012 ningún censo dio resultados positivos. El área de asentamiento viable que aportan las estaciones de colectores es ínfima en comparación con el hábitat viable en el medio natural, por lo que el éxito de los colectores depende de su colocación en hábitats totalmente desprovistos de refugios naturales (arenales). El año 2012 nos dio la clave para conocer la viabilidad de los colectores como muestreador del asentamiento, ya que se ha de tener en cuenta que resultados negativos pueden deberse a un pulso de asentamiento insuficiente para que los colectores sean efectivos. En otras palabras, en años con reclutamientos bajos la efectividad de los colectores artificiales se reduce sustancialmente. Mientras los medios no estén disponibles para expandir significativamente la red de colectores y su mantenimiento y muestreo, seguirá siendo necesario obtener índices de asentamiento en hábitat natural para el seguimiento de la dinámica de la especie.

5- Caracterización e identificación de hábitats de juveniles y “hotspots”

5.1. Introducción

El Canal de Menorca sostiene una de las pesquerías de langosta más productivas de la actualidad, lo que sin duda se debe a que ofrece condiciones idóneas para el reclutamiento de la especie. *A priori* todas las zonas de fondos rocosos del Canal tienen potencial de albergar juveniles de langosta. Sin embargo, es sabido que existen zonas donde la densidad de juveniles es particularmente alta. Aunque el aporte de larvas es el factor determinante, no hay razones para suponer que el aporte sea muy diferente en zonas próximas del Canal. Por tanto hay que buscar la explicación de estas diferencias en el otro factor clave, que es la disponibilidad de hábitat propicio para el asentamiento y la supervivencia de juveniles de langosta roja.

El objetivo de este estudio es identificar las características físicas, ambientales y biológicas de las áreas de mayor densidad de juveniles en el Canal de Menorca. Es conocido que existen zonas con mayor concentración de juveniles pero se desconoce qué características reúnen dichas zonas para que constituyan hábitats preferentes para los juveniles. Dicho conocimiento será de utilidad para la creación de áreas de protección de juveniles. En la pesquería de langosta se captura un cierto número de juveniles que aunque sean devueltos al mar de acuerdo con la legislación de tallas mínimas, pueden sufrir alguna pérdida de los apéndices o incluso infecciones si su captura se produce repetidas veces (Freeman y MacDiarmid, 2009), influyendo en la probabilidad de supervivencia. Si las zonas de mayor densidad de juveniles fuesen gestionadas como áreas de especial protección, aumentaría la supervivencia de la fracción más vulnerable de la población que en un futuro inmediato contribuirían al mantenimiento de la población y a mejorar los rendimientos pesqueros.

El conocimiento de las características de las áreas preferentes de juveniles (“hotspots”) sería también de utilidad en caso de plantearse programas de repoblación con juveniles de langosta criados en cautividad si llega a ser factible.

5.2. Material y métodos

5.2.1. Selección de zonas de estudio

La selección de las zonas de estudio se realizó a partir de un análisis espacial de capturas de langosta roja efectuada por la flota artesanal que opera en el Canal de Menorca, así como de información ofrecida por los mismos pescadores sobre la distribución espacial del esfuerzo durante el año 2010. Mediante este procedimiento se identificaron dos zonas situadas en el ámbito de la cofradía de Ciudadela (Menorca) y una en el ámbito de la cofradía de Cala Ratjada (Mallorca), en las que la abundancia de juveniles de langosta es superior a la media del Canal. Estas áreas fueron seleccionadas para una observación mediante video y caracterización detallada (Figura 5.1).

5.2.2. Campañas de video

En septiembre de 2010 y en abril de 2011 se realizaron las campañas SUBLAN0910 y SUBLAN0411 respectivamente, a bordo del B/O García del Cid. Durante ambas campañas se realizó una batimetría fina de las potenciales zonas de estudio con una sonda multihaz de dos frecuencias 50-180 kHz, siendo la unidad de referencia un Octopus F180. Una vez obtenida la batimetría y elegida la zona de estudio, se realizaron inmersiones en el submarino tripulado JAGO (Figura 5.2) y se filmaron los fondos a lo largo de un transecto con una cámara de video de alta definición (Figura 5.3).

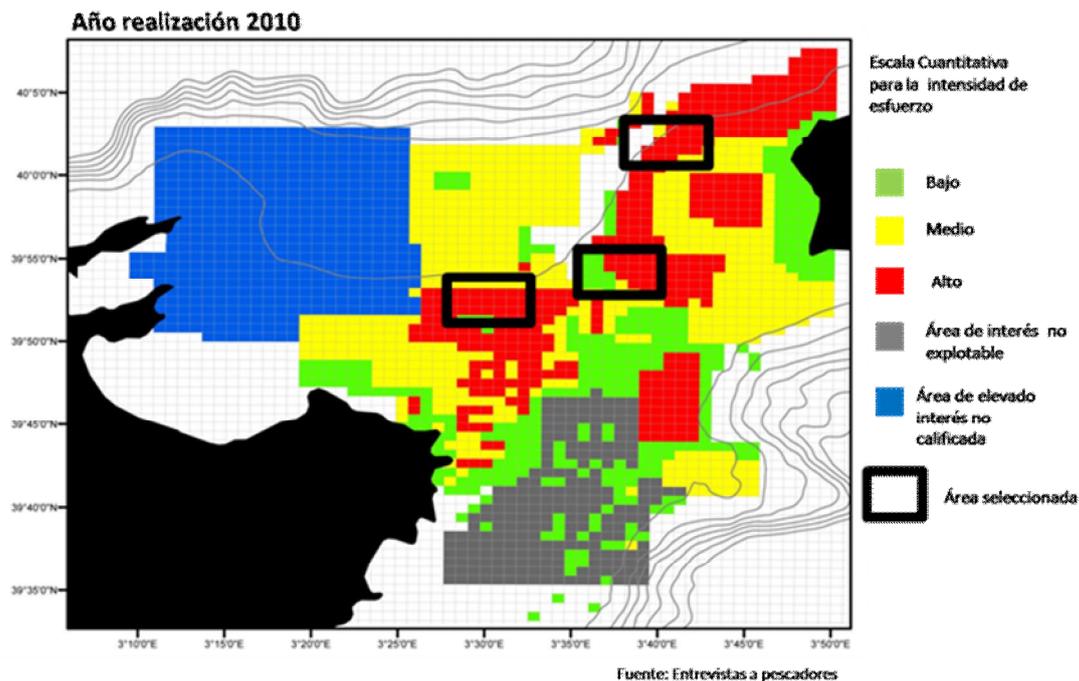


Figura 5.1.- Zonas donde se han realizado los transectos de video con el submarino tripulado JAGO en las campañas SUBLAN0910 y 0411 (enmarcadas en negro). En la zona número tres se realizaron dos transectos uno en 2010 y otro en 2011. Las dos zonas centrales se corresponden a dos áreas situadas en medio del canal de Menorca, una muy frecuentada por pescadores de Cala Ratjada y la otra por pescadores de Ciudadela. La tercera zona, situada más al norte, corresponde a Punta Nati, zona de pesca exclusiva de los pescadores de Ciudadela.



Figura 5.2.- Submarino tripulado JAGO IFG-Geomar. Capacidad para 2 personas, piloto y científico. Además se dispone de un brazo articulado para la recogida de muestras.

La posición del submarino en cada inmersión fue controlada desde el buque nodriza mediante un sistema de posicionamiento acústico, lo que permitió obtener posiciones detalladas de cada “track” para su posterior graficado en un SIG superponiendo la batimetría. Los transectos de video se subdividieron en muestras de unidades de hábitat similar.



Figura 5.3.- Imagen desde el interior del submarino JAGO en la que se aprecia la cámara de video y el brazo articulado para recoger muestras.

5.2.3. Especies

En cada filmación se identificaron, cuantificaron y midieron todas las especies observadas a lo largo del transecto en una franja de 1 metro de ancho. Las algas y algunas esponjas endolíticas se cuantificaron según el recubrimiento. La determinación a nivel de especie a partir de imágenes fue a menudo difícil, aunque el potencial para identificar especies que ofrece la imagen subacuática obtenida mediante el submarino es muy superior a la de cualquier otro medio de captura de imágenes submarinas.

5.2.4. Variables fisiográficas

Para caracterizar detalladamente cada una de las muestras en las que se ha dividido los transectos de video, se registraron 19 variables fisiográficas y ambientales. Unas variables corresponden a características de las rocas censadas en los diferentes transectos (p. ej. n, grupo, altura, longitud, ancho, aislamiento, etc.), mientras que otras corresponden a características del hábitat como el tipo de sustrato y la rugosidad. La variable rugosidad se consideró categórica por la dificultad de asignar un valor continuo. Los refugios también se caracterizaron, básicamente respecto el tamaño en función de que puedan albergar langostas de diferentes tallas (n_reclutas (< 5 cm diámetro), n_pequeños (5-10 cm diámetro), n_medianos (10-25 cm diámetro), n_grandes (25-40 cm diámetro), n_muy grandes (>40 cm diámetro)) y también su distancia al fondo. Otras características, cuantificadas mediante variables continuas están relacionadas con la presencia de impactos antrópicos, tales como el nivel de explotación, la presencia de artes de pesca, etc.

5.2.5. Análisis de datos

La relación entre las principales características fisiográficas y la presencia de langostas de distintas tallas se ha investigado mediante análisis de escalado multidimensional (MDS), habiendo previamente excluido las variables redundantes identificadas mediante análisis de correlación múltiple. El peso de las variables fisiográficas y biológicas seleccionadas sobre la densidad de juveniles se ha investigado mediante modelos generalizados lineares y aditivos.

5.3. Resultados

5.3.1. Características del muestreo

En el transcurso de las dos campañas se realizaron cuatro inmersiones con sus correspondientes transectos de vídeo (Figura 5.4), con una duración media de 165 minutos y un total de 825 minutos de filmación. La profundidad media de los transectos fue 79 m y el rango batimétrico cubierto fue de 75 a 91 metros. El área muestreada en cada transecto abarca en promedio 400 m². Con el fin de poder evaluar cambios en la abundancia de langosta debidos a la pesca, la estacionalidad del muestreo se determinó en función de la temporada de pesca. Así, la primera campaña SUBLAN 0911 se realizó en septiembre, justo al acabar la temporada de pesca (abril-agosto), y la segunda SUBLAN 0411 en abril justo al inicio de la temporada de pesca.

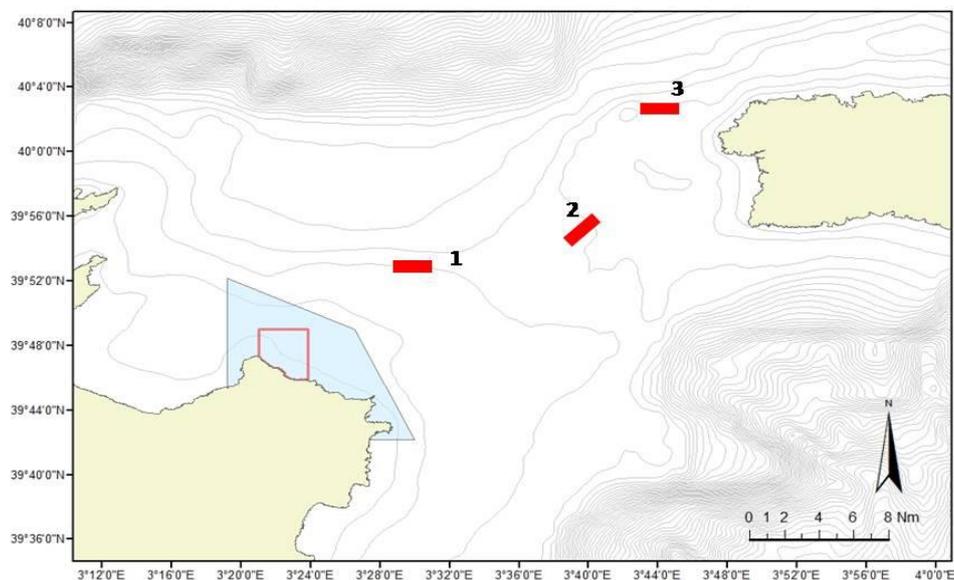


Figura 5.4.- Zonas donde se han realizado los transectos con el submarino tripulado JAGO en los años 2010-2011. En la campaña SUBLAN 0910 se realizó un único transecto en la zona 2 y en la campaña SUBLAN 0411 se realizaron 3 transectos, uno en cada zona.

5.3.2. Hábitats

Los hábitats muestreados se clasificaron según el Inventario Español de Hábitats y Especies Marinas (Templado *et al.* 2012), estableciendo 8 hábitats. La enorme variabilidad de la biodiversidad marina requiere la definición de unidades operativas que permitan caracterizar, describir, organizar y clasificar las distintas agrupaciones de especies. Estas unidades, definidas como “hábitats”, permiten conocer la biodiversidad de una zona sin recurrir al conocimiento detallado de las especies. Según la Directiva Hábitats (D. 92/43/EEC), un hábitat se define como el “*área terrestre o acuática diferenciada por sus características geográficas, abióticas y bióticas, ya sean enteramente naturales o seminaturales, en las cuales viven las especies en cualquier estado de su ciclo de vida*”.

Para la clasificación de los hábitats se ha tenido en cuenta como criterio clave la presencia significativa de ciertas especies formadoras de hábitat. En muchos casos los transectos discurren entre diversos tipos de hábitats presentando multitud de fronteras (“ecotonos”) que pueden ser estrechas o amplias y pueden desempeñar un papel importante entre los diferentes ecosistemas, por ejemplo para la conectividad poblacional o el flujo de nutrientes. En este estudio se ha considerado la diferencia entre hábitats como unidades en las que las características fisiográficas presentan relevancia especial en cuanto a la posible presencia de ejemplares juveniles de langosta.

La profundidad de las zonas de estudio se corresponde con el piso circalitoral y el estudio se ha centrado en los sustratos duros de naturaleza calcárea que favorecen la presencia de especies endolíticas. La langosta roja mantiene una estrecha relación con los sustratos rocosos. Así, los hábitats de *sustratos rocosos circalitorales* (0302) han sido los que presentan una mayor asociación con la presencia de langosta roja.

Circalitoral: franja que se extiende desde el límite inferior que alcanzan las fanerógamas marinas y algas fotófilas hasta la profundidad máxima compatible con la vida de las algas esciáfilas, o hasta el borde de la plataforma continental, si se siguen criterios geomorfológicos o batimétricos. Su límite inferior suele coincidir con el borde de la plataforma continental. Ocupa la mayor parte de las plataformas continentales, la luz llega muy atenuada en intensidad y restringida a algunas fracciones de su espectro (franja del azul, azul-verdoso), la temperatura se mantiene relativamente constante (estos fondos se sitúan por debajo de la termoclina estival) y las corrientes son independientes del oleaje en superficie. (Templado *et al.*, 2012)



Figura 5.5.- Roca con grandes refugios en los que se observa la presencia de un ejemplar juvenil (1 año de edad) a una profundidad de 85 metros. *Sustrato rocoso circalitoral* (0302).

Estos ambientes se caracterizan por tener una luz atenuada y unas condiciones hidrodinámicas mucho más estables que las de fondos someros. En el mar balear estos fondos presentan su límite superior a 40 metros de profundidad, pero la transparencia del agua hace que a la profundidad máxima de muestreo de 92 metros se hayan podido detectar abundantes especies algales. A esta profundidad es típico encontrar facies características de *Laminaria rodriguezii* o de algas rojas como la “herba crespá” *Phyllophora crispa* o la “herba torta” *Osmundaria volubilis*.

Dos de los hábitats muestreados con mayor presencia de langosta son los llamados *fondos coralígenos* (03020022). Estos fondos presentan las bioconstrucciones más complejas del Mar Mediterráneo debido a la abundancia de algas calcáreas incrustantes. En los transectos se han observado sustratos rocosos con un recubrimiento del 100% de algas calcáreas incrustantes *Mesophyllum alternans* compartido con algas escumariáceas (*Peyssonnelia* spp). El crecimiento heterogéneo de las distintas algas con pequeñas concreciones, huecos e irregularidades crea una serie de microhábitats que permiten la instalación y crecimiento de una diversidad de organismos que se pueden considerar constructores secundarios. Tanto unos como otros proporcionan los refugios utilizados por las post-larvas y juveniles de langosta roja, ofreciendo unas condiciones idóneas para las primeras fases del ciclo de vida de esta especie. La continua evolución de estas comunidades da lugar a un proceso de creación/destrucción de hábitat, al que se suman los procesos de erosión por hidrodinamismo y de sedimentación. Las sinergias de estos procesos dan lugar a los fondos *detríticos biogénicos litorales* (030405), hábitats en los cuales también es habitual encontrar langostas rojas.

Los principales hábitats en los que se ha registrado la presencia de langostas rojas son los siguientes:

- *Comunidades circalitorales de fondos rocosos dominadas por animales sésiles filtradores* (030202)
 - “ **Roca circalitoral colmatada por sedimento** (03020224)
 - “ 0302022402 Roca circalitoral colmatada por sedimentos con esponjas (*Axinella* spp)
 - “ **Coralígeno con dominancia de invertebrados** (03020225)
 - “ 0302022501 Coralígeno con *Paramuricea clavata*
 - “ 0302022502 Coralígeno con *Eunicella verrucosa*
 - “ 0302022503 Coralígeno con *Alcyonium acaule*
 - “ 0302022504 Coralígeno con *Leptopsammia pruvoti*
 - “ 0302022505 Coralígeno con poliquetos tubícolas (*Filograna implexa*, *Salmacina dysteri*)
 - “ 0302022506 Coralígeno con *Astroides calycularis*
 - “ 0302022507 Coralígeno con *Corallium rubrum*
- *Fondos detríticos biogénicos infralitorales y circalitorales* (030405)
 - “ 03040506 Fondos de maërl

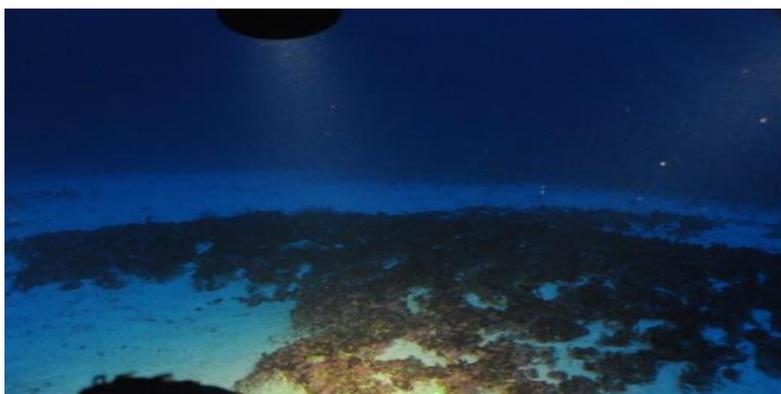


Figura 5.6.- Fondo de maërl (03040506) a 90 metros de profundidad en la zona del Canal de Menorca (caladero de Holanda).

5.3.3. Langosta

En los transectos se observaron 32 langostas de talla entre 30 y 90 mm de longitud de cefalotórax (LC), el 85% de las cuales eran juveniles.

5.3.4. Características del hábitat y presencia de langosta

Del análisis de las características fisiográficas del hábitat y la presencia de langosta roja se desprende que existe una asociación de las langostas pequeñas con la existencia de refugios medianos y de refugios muy cercanos al fondo, así como con la presencia de conchas (Figura 5.7). Contrariamente a lo que se podría prever, no se encontró asociación entre la presencia de langostas y rocas de gran altura y disponibilidad de refugios grandes o muy grandes. Además, el efecto de la pesca se separa claramente de la presencia de langostas. Aunque las zonas de estudio se eligieron por su alta abundancia de juveniles, la escasez de langostas adultas en las zonas de estudio, y en particular donde abundan los refugios adecuados, evidencia un alto grado de explotación pesquera de los caladeros.

Aislada	Roca aislada	Medianos	Refugios medianos (6-10cm)
Alt máx	Altura máxima de la roca	Grandes	Refugios grandes (11-20cm)
Recubr	Recubrimiento	Muy grandes	Refugios muy grandes (> 20cm)
Rugosidad	Rugosidad roca	Distancia 0	Refugios adultos a distancia 0 del fondo
Reclutas	Refugios reclutas (1-2,5cm)	Conchas	Conchas en refugios
Pequeños	Refugios pequeños (2,5-5cm)	Pesca	Zonas pescadas

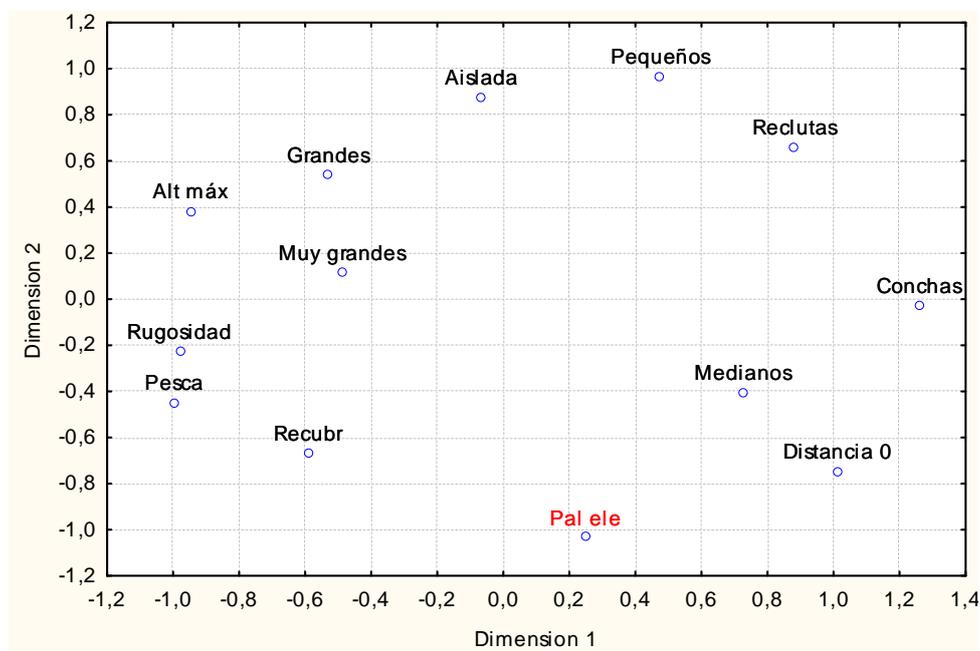


Figura 5.7.- Análisis MDS de los valores fisiográficos y ambientales para *P. elephas* (Pal ele) Stress= (0,128).

El estudio de asociación de especies y langosta roja se realizó en base a 21 de las 70 especies censadas; el resto estaban altamente correlacionadas y se excluyeron de este análisis. Se puede observar que la presencia de *P. elephas* está asociada a la de *Scorpaena scrofa* y de *Spatangus purpureus* (Figura 5.8). Este resultado es coherente con el anterior puesto que la presencia de conchas (restos muertos de *Spatangus purpureus*) son indicadores de cercanía a refugios de langosta. Las especies como *Paramuricea clavata* y *Corallium rubrum* aunque se encuentran en hábitats típicos de coralígeno en la que la presencia de langostas es viable, no aparecen asociados con la langosta ya que estas especies se encuentran en rocas de altura importante, con presencia de grandes refugios y por tanto fáciles de detectar por los pescadores. A estas especies también se le asocian el resto de especies filtradoras como *Eunicella singularis*, *Eunicella cavolini* y *Paramuricea macrospina*, que presentan necesidades ecológicas similares.

Axi dam	<i>Axinella damicornis</i>	Hol for	<i>Holothuria forskali</i>	Par mac	<i>Paramuricea macrospina</i>
Cor rub	<i>Corallium rubrum</i>	Mes alt	<i>Mesophyllum alternans</i>	Phy phy	<i>Phycis phycis</i>
Cra cra	<i>Crambe crambe</i>	Mes lic	<i>Mesophyllum lichenoides</i>	Sco scr	<i>Scorpaena scrofa</i>
Eun cav	<i>Eunicella cavolini</i>	Mul sur	<i>Mullus surmuletus</i>	Ser cab	<i>Serranus cabrilla</i>
Eun sin	<i>Eunicella singularis</i>	Myr tru	<i>Myriapora truncata</i>	Spa pur	<i>Spatangus purpureus</i>
Ech mel	<i>Echinus melo</i>	Pal ele	<i>Palinurus elephas</i>	Spi sma	<i>Spicara smaris</i>
Hal ele	<i>Haliclona elegans</i>	Par cla	<i>Paramuricea clavata</i>	Spo can	<i>Spondyllosoma cantharus</i>

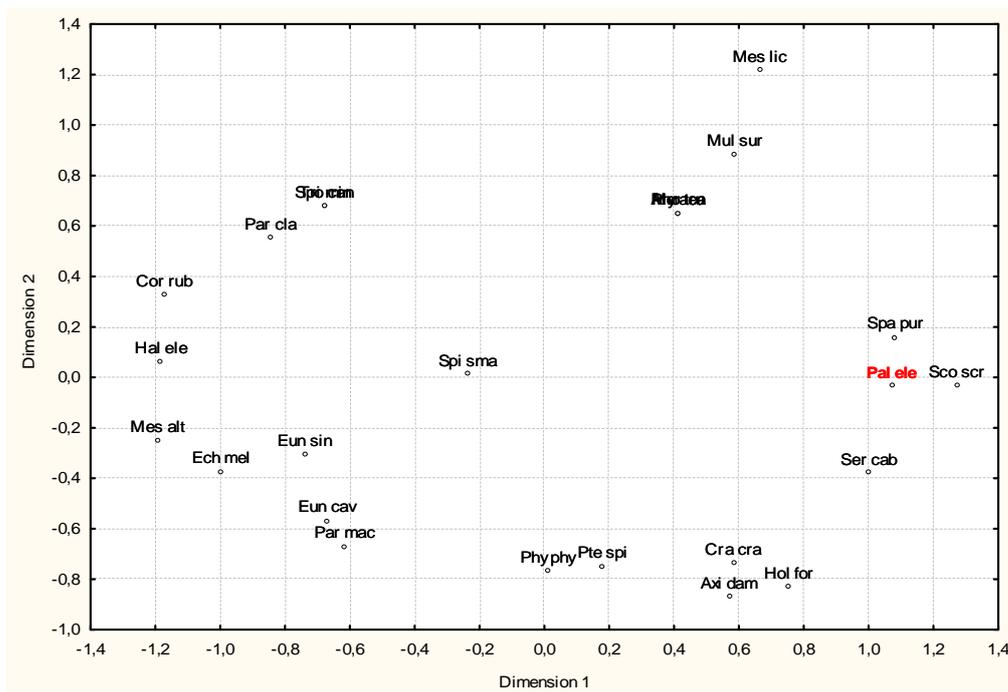


Figura 5.8.- Análisis MDS para el conjunto de especies en relación a la presencia de *P. elephas* (**Pal ele**). (Stress = 0,21).

5.4. Conclusiones

Este estudio pretende dar un primer paso en el conocimiento de las características fisiográficas y bióticas de los hábitats que albergan densidades altas de juveniles en el Canal de Menorca. De los análisis realizados se evidencia una asociación de las langostas pequeñas con refugios medianos y con refugios muy cercanos al fondo, así como con la presencia de conchas de *S. purpureus*. Por otra parte, se aprecia una correlación negativa entre las rocas de gran porte y refugios grandes y presencia de langostas, tanto juveniles como adultas. La razón más aparente de esto es la facilidad de localización de estos fondos por parte de la flota pesquera, que por tanto están sometidos a mayor explotación que las zonas con rocas de menos altura, más dispersas y por tanto menos conocidas. Además, en estos fondos la rugosidad y los refugios son más abundantes y en consecuencia la densidad de depredadores es mayor, lo que redundará en una mayor mortalidad de los ejemplares juveniles de langosta roja.

La ausencia de correlación entre la pesca y la presencia de juveniles de langosta favorece la toma de decisiones por parte de la administración con el fin de establecer zonas de especial conservación. Los resultados obtenidos hasta ahora sugieren que el hábitat de reclutamiento no es limitante y que la abundancia de reclutas está inversamente correlacionada con la presión pesquera y/o la densidad de depredadores. La conclusión preliminar es por tanto que la mayor densidad de juveniles se encuentra en áreas que por su relieve y estructura son poco conocidas por los pescadores y albergan pocos depredadores.

La ingente cantidad y diversidad de datos obtenidos de las filmaciones de video hace que su procesamiento y tratamiento sea muy laborioso de manera que para realizar este informe se han priorizado los análisis presentados. Sin embargo, planeamos análisis más detallados que permitan elaborar y confirmar estas conclusiones, así como obtener otros resultados de interés tales como los derivados de la comparación de los registros antes y después de la temporada de pesca. Con todo ello esperamos estar en posición de hacer recomendaciones respecto a la protección de juveniles de langosta roja en el Canal de Menorca.

6. Referencias bibliográficas

- Acheson, J. M., and Gardner, R. (2010). Evolution of conservation rules and norms in the Maine lobster fishery. *Ocean and Coastal Management* **53**, 524-534.
- Acheson, J. M., and Gardner, R. (2011). The evolution of the Maine lobster V-notch practice: cooperation in a prisoner's dilemma game. *Ecology and Society* **16**(1): 41. Available at <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art41/> [accessed 30 October 2012].
- Ansell, A. and Robb, L. (1977). The spiny lobster *Palinurus elephas* in Scottish waters. *Marine Biology*, **43**: 63-70.
- Bethoney, D. N., Stokesbury, K. D. E., Stevens, B., and Altabet, M. A. (2011). Bait and the susceptibility of American lobsters *Homarus americanus* to epizootic shell disease. *Diseases of Aquatic Organisms* **95**, 1-8.
- Chistoserdov, A.Y., Quinn, R.A., Gubbala, S.L., and Smolowitz, R. (2012). Bacterial communities associated with lesions of shell disease in the American lobster, *Homarus americanus* Milne-Edwards. *Journal of Shellfish Research* **31**, 449-462.
- DeAngelis, B. M., Cooper, R., Clancy, M., Cooper, C., Angell, T., Olszewski, S., Colburn, W. T., and Catena, J. (2010). Impacts of V-notching the American lobster. *Journal of Shellfish Research* **29**, 489-496.
- Díaz, D. (2010). Ecología y dinámica de la fase juvenil de la langosta roja *Palinurus elephas* en el Mediterráneo noroccidental. PhD Thesis, Universitat de Barcelona.
- Estrella, B. T. (1991). Shell disease in American lobster (*Homarus americanus*, H. Milne Edwards, 1937) from Massachusetts coastal waters with considerations for standardizing sampling. *Journal of Shellfish Research* **10**, 483-488.
- Evans, L. H., Jones, J. B., and Brock, J. A. (2000). Diseases of spiny lobsters. In 'Spiny Lobsters: Fisheries and Culture'. 2nd Edn. (Eds B. F. Phillips and J. Kittaka) pp. 586-600. (Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications: Oxford, UK.)
- Freeman, D. J. and MacDiarmid, A. B. (2009). Healthier lobsters in a marine reserve: effects of fishing on disease incidence in the spiny lobster, *Jasus edwardsii*. *Marine and Freshwater Research* **60**, 140-145.
- Glenn, R. P., and Pugh, T. L. (2009). An analysis of the potential impacts of a 1/8 inch v-notch definition and a maximum size on the Outer Cape lobster trap fishery. Massachusetts Division of Marine Fisheries, 9 pp.
- Gomez-Chiarri, M. S., and Cobb, J. S. (2012). Shell Disease in the American Lobster, *Homarus americanus*: A Synthesis of Research from the New England Lobster Research Initiative: Lobster Shell Disease. *Journal of Shellfish Research* **31**, 583-590.
- Goñi, R., Reñones, O. and Quetglas, A. (2001b). Dynamics of a protected population of the lobster *Palinurus elephas* in the marine reserve of Columbretes Islands (Western Mediterranean) assessed by trap surveys. *Marine and Freshwater Research*, **52**: 1577-1587.

- Goñi, R., Quetglas, A., and Reñones, O. (2003a). Size at maturity, fecundity and reproductive potential of a protected population of the spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) from the Western Mediterranean. *Marine Biology*, **143**: 583-592.
- Gulf of Maine Lobster Foundation. (2008). The Maine Lobstermen's Association V-Notch Survey Project. www.gomlf.org
- IBM SPSS Advanced Statistics 20 © Copyright IBM Corporation 1989, 2011. 174 pp.
- Kelly, K. H. (1990). A summary of Maine lobster laws and regulations: 1820-1990. Department of Marine Resources Lobster Informational Leaflet #19, Augusta, Maine, USA.
- Kaplan, E. L., and Meier, P. (1958). Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association* **53**, 457-481.
- Leslie, B., Henderson, S., and Riley, D. (2006). Lobster Stock Conservation – V-Notching. *NAFC Marine Centre Fisheries Development Note* n° 22: 1-4pp. www.nafc.ac.uk
- Mancuso, M., Costanzo, M. T., Maricchiolo, G., Gristina, M., Zaccone, R., Cuccu, D., and Genovese L. (2010). Characterization of chitinolytic bacteria and histological aspects of Shell Disease Syndrome in European spiny lobsters (*Palinurus elephas*) (Fabricius, 1787). *Journal of Invertebrate Pathology* **104**, 242-244.
- Mercer, J. P. (1973). Studies on the spiny lobster (Crustacea, Decapoda, Palinuridae) of the west coast of Ireland, with particular reference to *Palinurus elephas* Fabricius 1787. Thesis, University College, Galway. 331 pp.
- Myers A., and Tlustý M. F. (2009). A long-term assessment of the physiological effects of herring (*Clupea harengus*) as a dietary component of the American lobster (*Homarus americanus*). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **43**, 173-183.
- Orden del Consejero de Agricultura y Pesca del 23 de marzo de 2001, por la que se regula la pesca de la langosta (*Palinurus* spp.) en las aguas interiores de las Islas Baleares. BOIB n° 38 29/03/2001 Núm. 6425.
- Orden de 30 de mayo de 2001 por la que se regula la pesca de la langosta (*Palinurus* spp.) en las aguas exteriores próximas a las Illes Balears. BOE n° 141 13/06/2001 Núm. 11324.
- Rasband, W. S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2011.
- Reglamento (CE) n° 1967/2006 del Consejo, de 21 de diciembre de 2006, relativo a las medidas de gestión para la explotación sostenible de los recursos pesqueros en el Mar Mediterráneo y por el que se modifica el Reglamento (CEE) n° 2847/93 y se deroga el Reglamento (CE) n° 1626/94. Diario Oficial de la Unión Europea L409/11 30/12/2006.
- Shields, J. D. (2011). Diseases of spiny lobsters: A review. *Journal of Invertebrate Pathology* **106** , 79-91.

-
- Shields, J. D. (2012). The impact of pathogens on exploited populations of decapod crustaceans. *Journal of Invertebrate Pathology* **110**, 211-224.
- South and West Wales Lobster “V” notching Programme. 2008. South Wales Sea Fisheries Committee.
www.swsfc.org.uk
- Stevens, B. G. (2009). Effects of epizootic shell disease in American lobster *Homarus americanus* determined using a quantitative disease index. *Diseases of Aquatic Organisms* **88**, 25–34.
- Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Martín, L., and Brito, A. (2012). Inventario Español de hábitats y especies marinos. Guía interpretativa: inventario español de hábitats marinos. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 229 pp.
- Tully, O. (2001). Impact of v-notch technical conservation measure on reproductive potential in a lobster (*Homarus gammarus* L.) fishery in Ireland. *Marine and Freshwater Research* **52**, 1551-1557.
- Tully, O. (2001). Impact of v-notch technical conservation measure on reproductive potential in a lobster (*Homarus gammarus* L.) fishery in Ireland. *Marine and Freshwater Research* **52**, 1551-1557.
- Tully, O. (2004). The Biology and Management of Clawed Lobster (*Homarus gammarus* L.) in Europe. Fisheries Resource Series, Bord Iascaigh Mhara (Irish Sea Fisheries Board), Dun Laoghaire, Ireland. Vol. 2. p. 31.
- Vogan, C. L., Powell, A., and Rowley, A. F. (2008). Shell disease in crustaceans – just chitin recycling gone wrong? *Environmental Microbiology* **10**, 826-835.
- Waddy, S. L., Aiken, D. E., and De Kleijn, D. P. V. (1995). Control of growth and reproduction. In ‘Biology of the lobster *Homarus americanus*’. (Ed J. R. Factor) pp. 217-266. (Academic Press: Toronto.)

7. ANEXOS

FIRST V-NOTCHING EXPERIENCE OF A SPINY LOBSTER: V-NOTCH RECOVERY AND IMPACT ON HEALTH AND GROWTH OF *PALINURUS ELEPHAS*

Sandra Mallol *, David Díaz, Francisco Sobrado, and Raquel Goñi

Instituto Español de Oceanografía – Centro Oceanográfico de Baleares,
 Muelle de Poniente s/n 07015 Palma de Mallorca, Spain

ABSTRACT

V-notching is a conservation technique to delay fishing mortality widely used in fisheries of clawed lobsters. Here we present results of the first V-notching experience of a spiny lobster. The study was conducted on the European spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) with the aim of assessing: 1) V-notch effects on survival, incidence of shell disease and growth, and 2) the pattern of V-notch regrowth. Results of the 20-month-long tank experiment with 36 lobsters showed that V-notching had no impact on shell disease or growth. However, abnormally high summer temperatures in the experiment lowered survival of V-notched individuals relative to control specimens. Three dimensions of the V-notch mark (depth, width and area) were examined to assess V-notch regrowth, and depth is recommended for regulatory purposes. In this study, four moults, and almost two years, were necessary for V-notch depth to shrink by 50%, an amount that would turn legal a V-notched clawed lobster after one moult. We discuss the applicability of these results under conditions in the wild.

KEY WORDS: conservation, management, *Palinurus elephas*, spiny lobster, V-notch

DOI: 10.1163/1937240X-00002203

INTRODUCTION

Palinurus elephas (Fabricius, 1787) is the most commercially important species of spiny lobster in the Mediterranean and North-eastern Atlantic. In the Western Mediterranean *P. elephas* fisheries have great socio-economic importance, supporting a large number of small-scale artisanal vessels. Its high unit value (40-120 € · kg⁻¹ first sale), relatively slow growth and vulnerability (it reaches sexual maturity at age 4-5 and lives up to +20 years), along with the intense exploitation over decades, have led to overfishing of most Mediterranean populations and the virtual disappearance of targeted fisheries in the Atlantic (Goñi and Latrouite, 2005; Groeneveld et al., 2013).

No fishery TAC or quotas are applied, and the only international regulation is the EU minimum landing size (MLS) (Atlantic 95 mm carapace length (CL), Council Regulation (EC) No 724/2001; Mediterranean 90 mm CL, Council Regulation (EC) No 1967/2006). Fishery regulations at national level vary, and are based on technical measures, such as MLS, prohibition of landing berried females, temporal closures, and limits to the quantity of gear deployed and soak time. However, with the exception of temporal closures, compliance is generally low and many regulations are difficult to enforce as *P. elephas* is targeted by a large number of artisanal vessels, typically distributed in many ports along the coastline (Goñi and Latrouite, 2005; Groeneveld et al., 2013).

Hence, managers and scientists alike are looking for measures to encourage voluntary compliance, in particular with national and European MLS regulations and the ban on

landing berried females. V-notching is a fishery management practice widely used to delay fishing mortality of berried females in fisheries of clawed lobsters of the genus *Homarus* (Tully, 2001; DeAngelis et al., 2010). A V-notch is a non-unique identifying mark made by removing a small triangular piece from one uropod. Under this practice, lobsters are V-notched before being returned at sea and designated illegal for commercial sale until it is determined that the V-notch has been reduced to a certain size, e.g., 50%.

Using notches to delay fishing mortality of reproductive female lobsters was first used in 1917 in the Gulf of Maine (USA) American lobster (*Homarus americanus*, H. Milne Edwards, 1837) fishery. Wardens purchased lobsters that had extruded eggs in fisher pounds, and punch a round hole in one uropod to prevent fishermen from removing the eggs and selling them (Kelly, 1990). Between 1917 and 1948 the Maine Government purchased thousands of lobsters to be holed. The V-notch program began in earnest in 1948 when the law was changed and lobsters were marked by a V-shaped notch in the tail. Since the early 1980s the Maine lobster fishermen have voluntarily practiced this conservation technique (Acheson and Gardner, 2010). Later, V-notching was introduced to the fishery for the Irish European lobster, *Homarus gammarus* (Linnaeus, 1758). Nowadays, this conservation method is implemented under National Lobster V-notching Programmes in these countries.

Although V-notching has been primarily aimed at boosting egg production by protecting gravid females, V-notching of undersized individuals could promote much needed compliance with MLS regulations. In fisheries like those of *P. elephas* it could also serve as an incentive and support for

* Corresponding author; e-mail: sandra@ba.ieo.es

compliant fishermen. However, no V-notching studies of spiny lobster species have been published, and information as to the impacts of V-notching on health or growth is lacking. The duration of V-notch retention is also unknown in any species of Palinuridae. The objective of this study is to investigate the viability of V-notching *P. elephas* by assessing its effects on survival, incidence of shell disease and growth, and to determine the pattern of V-notch regrowth.

MATERIALS AND METHODS

Lobster Samples and Experimental Conditions

Thirty six lobsters, captured at 40 to 80 m depth where mean temperature ranges from 13°C in winter to 18°C in summer (Lopez-Jurado et al., 2008), were obtained from local fishermen of Cala Rajada harbor (Balearic Islands, Northwestern Mediterranean) in July-August 2009. Lobsters were transported by cooler to the Laboratory of Marine Research and Aquaculture (LIMIA, Balearic Islands Government) where the study was performed. Lobsters were adults under the MLS of 90 mm CL and equal numbers of males and females were used.

In the laboratory, lobsters were first submitted to a formalin bath (150 ppm for 30 min) in a 100-liter tank with seawater at 18°C in order to delouse the individuals. Lobsters were then placed into a large, rectangular (2.2 m × 5 m × 1 m) fibreglass tank containing 10 000 l of natural seawater. The hatching system was composed of an open continuous-flow seawater circulation system, with a biofilter, aeration system and a water cooler to maintain temperature as close as possible to the range of the species in the wild (13-18°C). The tank was partitioned in three equal size compartments separated by mesh barriers (samples 1, 2 and 3), and each compartment was outfitted with holed concrete blocks and a PVC roof to provide dens and hiding places. Lobsters were allowed to acclimatize for three weeks prior to the start of the experiment.

Temperature, salinity and dissolved oxygen were measured daily. Salinity and dissolved oxygen were reflective of the seawater conditions and therefore changed with season, but temperature had to be controlled. Tank temperature was kept at 14°C in winter-spring and at 18°C during the warmer months, for which it was necessary to keep open circulating seawater at minimum flow.

Lobsters were fed *ad libitum* three times a week with a variety of natural food, alternating fresh fish (*Trachurus mediterraneus*) and frozen mussel (*Mytilus edulis*), complemented with frozen squid (*Loligo gahi*) and live sea urchins (*Paracentrotus lividus*). The tank was cleaned daily.

V-notching and Data Collection

Each lobster was uniquely identified by affixing a pre-numbered 1.5 cm diameter round plastic label glued with fast-acting cyanoacrylate to the right side of the carapace. Twelve lobsters (six females and six males) were assigned to each compartment (sample) (Fig. 1), where three males and three females were V-notched (treatment animals) while the remainder were left intact (control animals). Hence, each compartment contained six V-notched lobsters and six control lobsters. A standard V-notch tool (1 cm side triangle) was used to mark treatment lobsters in the right uropod adjacent to the telson.

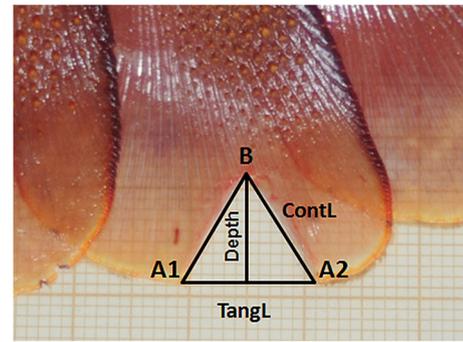


Fig. 2. V-notch measurements on digital images – area, depth and width – used to assess V-notch regrowth. See text in Methods for details of measurement procedure. This figure is published in colour in the online edition of this journal, which can be accessed via <http://booksandjournals.brillonline.com/content/1937240X>.

The experiment was conducted over 578 days, starting in December 2009 and finishing in June 2011. At the start of the experiment all lobsters were measured (0.1 CL mm) and physically examined in order to assign scores for vitality and incidence of shell disease. Vitality was assessed upon observation of performance on three reflex-based indicators: tail flipping, stridulation and leg extension, with a two-category response (yes/no). Incidence and severity of shell disease were assessed by the presence (yes/no) of necrotic spots in the body and the percentage of the shell area affected, respectively. Four categories of severity were established according to the Shell Disease Index of Estrella (1991): 0 = none (0%); 1 = low (<10%); 2 = moderate (11-50%) and 3 = severe (>50%). All necrosis and injuries that affected the shell disappeared after moulting and hence severity and prevalence of shell disease between V-notched and the control lobsters was assessed with data collected from all the lobsters in the experiment up to the first moult. This eliminated variability due to different animals being used in the estimations over time.

Lobsters were examined for vitality and shell disease every two weeks and after each moult. Upon examination, the telson was photographed using a high-resolution digital camera (Nikon D300) with a ruler in the background. Pictures taken before and after moulting were used to analyze the pattern of regrowth of the V-notch. Lobster size was measured after each moult once the carapace had hardened.

The width (mm), depth (mm) and area (mm²) of the V-notch were measured (0.1 mm) using the image analysis software ImageJ 1.43u (Wayne Rasband, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA, available online at <http://imagej.nih.gov/ij/>). To make V-notch measurements, a tangent line (TangL) was drawn connecting the two outer points (A1, A2) of the V-notch. Then, a second line was drawn from the innermost point of the V-notch (B) perpendicular to the tangent line. V-notch width was measured between points A1 and A2 and V-notch depth from point B to the 90° intersection of TangL. The area was measured following the contour line (ContL) starting in point A1 and surrounding all the mark (Fig. 2). V-notch recovery was assessed with individuals that exhibited a regular pattern of overgrowth of the V-notch (i.e., images of necrotic V-notches excluded).

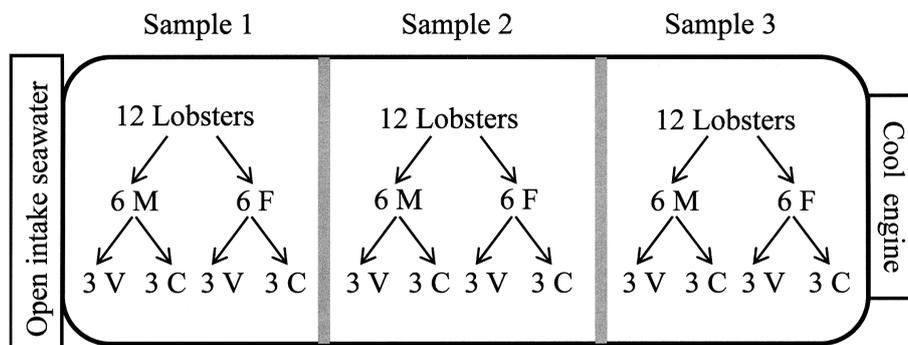


Fig. 1. Design of the experiment with three tank compartments (samples), location of seawater and water cooling pumps and number of treatment and control animals per sample. M = male; F = female; V = V-notched lobsters; C = control lobsters.

Data Analysis

The survival of control and V-notched lobsters was assessed throughout the study using the Kaplan-Meier procedure (Kaplan and Meier, 1958). This model is based on estimating conditional probabilities at each time point when an event occurs, and taking the product limit of those probabilities to estimate the survival fraction. The model reports the variability of the survival fraction through survival curves with standard errors. The log-rank (Mantel-Cox) test was used to compare the survival distributions among samples and between V-notched and control animals. This test generates a Chi-square value testing the null hypothesis that the survival plots are identical.

The proportion of individuals with shell disease and the severity of disease were monitored fortnightly. Regrowth of the V-notch was assessed by the evolution of V-notch depth, width and area as a function of the number of moults. The effect of V-notching on shell disease and growth per moult was tested by repeated-measure analysis of variance (ANOVA). The analyses were performed using the statistical software IBM SPSS Statistics 20.

RESULTS

During the experiment 10 lobsters died, 8 of which were V-notched (Table 1). Two were sucked up by the recirculation pump after the first moult when still in soft condition, one perished upon falling to the ground while being manipulated, six died during two summer warming events caused by failures of the water cooler, and one more, with many necrotic spots, likely succumbed to disease. As a result, 26 lobsters were alive at the end the 578 day-long experiment. The first three fatalities were considered unrelated to their V-notch condition and were excluded from the study of the impact of V-notch on survival. Except the days prior to moulting, all lobsters showed high vitality in the three measures, tail flipping, stridulation and leg strength throughout the experiment.

Effect of V-notch on Survival, Shell Disease, and Growth

Survivorship plots illustrate the percent survival of V-notch and control spiny lobsters over time (Fig. 3). The Log-rank Mantel-Cox did not detect differences in survival among the samples ($X^2 = 1.975$, $p = 0.373$, $df = 2$), although lobsters in samples 1 and 2 were the most affected by the warming events. The test with all the lobsters in the experiment detected a significant negative effect of V-notching on survival ($X^2 = 5.075$, $p = 0.024$, $df = 1$).

Both incidence and severity of shell disease exhibited lowest values in autumn-winter and highest in summer (Fig. 4). Incidence of disease did not differ among samples ($F_{2,23} = 0.455$, $p = 0.640$) but was significantly higher

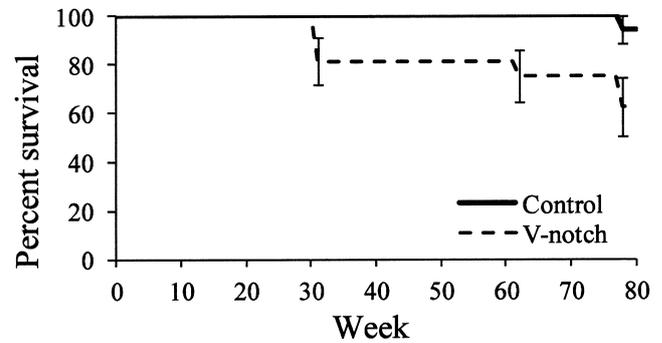


Fig. 3. Survival plots showing the evolution of the survival fraction (\pm SE) of V-notched and control lobsters over time (pooled data).

in control than in V-notched lobsters ($F_{1,23} = 5.514$, $p = 0.028$). Disease severity was similar in the three samples ($F_{2,24} = 1.441$, $p = 0.256$) and between V-notched and control lobsters ($F_{1,24} = 0.784$, $p = 0.385$). Finally, no significant differences were found in mean growth per moult among samples ($F_{2,77} = 2.552$, $p = 0.084$) or in V-notched and control lobsters ($F_{1,78} = 0.058$, $p = 0.810$).

V-notch Regrowth

All lobsters in the experiment underwent one moult, 32 moulted twice, 16 moulted three times and one (V-notched) completed four moults. Mean V-notch depth decreased about 10%, 27% and 33% after the first, second and third moults, respectively (Fig. 5). The fourth moult restored up to 52% of the depth (data of one lobster). The pattern of regrowth of V-notch depth and width were different: regrowth of the V-notch started from the innermost point of the V, extending towards the margins; hence, while V-notch depth decreased with every moult, V-notch width increased (Fig. 6). V-notch area shrank with subsequent moults as a result of the regrowth of the depth; hence, V-notch depth and area recovered at a similar rate (Fig. 5).

DISCUSSION

This study provides the first published information on the health and growth effects of V-notching in a palinurid lobster. Our results show that V-notching did not affect the health status or impaired growth of *P. elephas* in aquaria. However, survival was lower for V-notched individuals, which may have been due to abnormally high summer temperatures in the experiment. To assess V-notch for

Table 1. Summary of the status of V-notched (V) and control (C) lobsters in each tank compartment (sample) and causes of death through the experiment. N_{start} = number of lobsters at the beginning of the experiment; Total alive and Total dead = number of lobsters alive or dead at the end of the experiment.

Sample	V-notch	N_{start}	Total alive	Total dead	Causes of death			
					Temperature	Disease	Handling	Pump
1	V	6	3	3	2	1	0	0
	C	6	5	1	1	0	0	0
2	V	6	3	3	2	0	1	0
	C	6	6	0	0	0	0	0
3	V	6	4	2	1	0	0	1
	C	6	5	1	0	0	0	1
Total		36	26	10	6	1	1	2

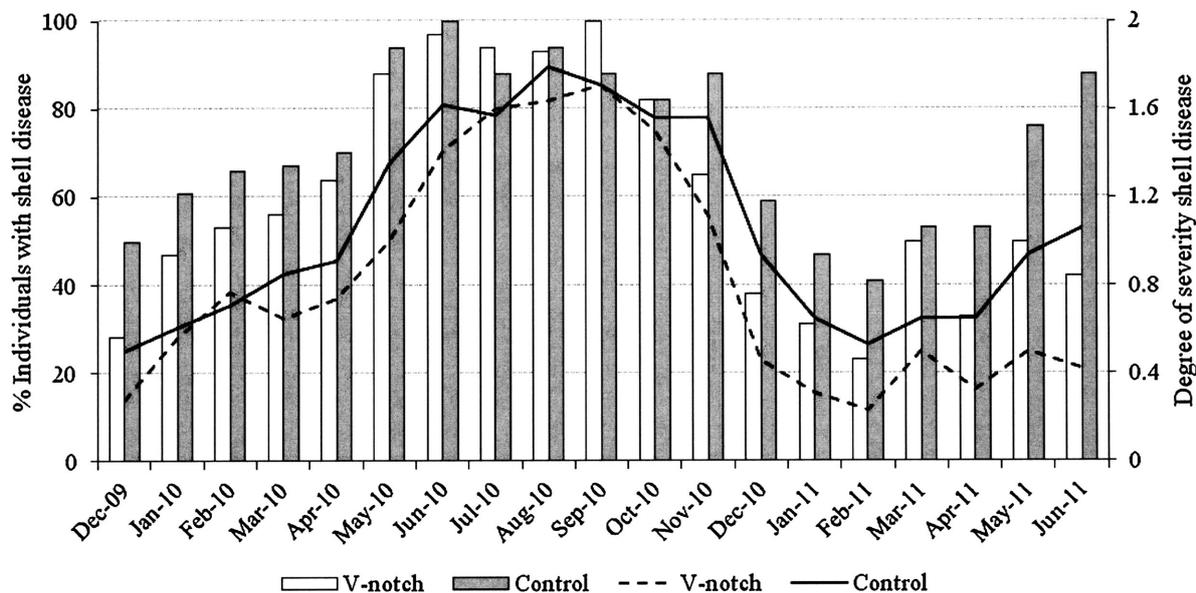


Fig. 4. Monthly percentage of lobsters with shell disease (bar graph) and degree of severity (line chart) for V-notched and control lobsters (pooled data).

management purposes, the most practical dimension is V-notch depth, and reducing V-notch depth by 50%, a management rule in some *Homarus* spp. fisheries, required four moults and almost two years in the conditions of the experiment.

V-notching may affect the survival of *P. elephas* since most fatalities during the warming events were of V-notched lobsters. Mortality episodes occurred during the summer when tank temperature rose abnormally, above 24°C, so we can confirm that *P. elephas* suffers physiologically and can die at temperatures above 24°C. Consistent with a temperature effect, most losses of V-notched specimens took place in compartments 1 and 2, while were minimal in compartment 3 where the water cooling entry pipe was located. Similar results were obtained by Howell et al. (2005) in experimental conditions were V-notched *H. americanus* held in water warmer than 20°C died at a higher rate than non-notched lobsters at the same temperature and that V-notched lobsters held at <18°C. Crossin et al. (1998) showed that *H. americanus* behaviourally thermoregulate and actively avoid temperatures warmer than 19°C. Hence, although V-notched lobsters may have been more susceptible to this type of physiological stress, V-notching is unlikely to affect survival in the wild where under normal circumstances animals choose their preferred environmental conditions. The possibility that V-notched lobsters died in the summer, irrespective of temperature, due to some physiological effect of the notch cannot be ruled out. However, no such effect has been reported in the V-notch literature so far. Results of experiences in *H. americanus*, the physiological tolerance of *P. elephas* to variations in seawater temperature up to 20°C (Chartois et al., 1994) and the fact the compartment closest to the water cooler had the lowest mortality, all support a temperature effect.

The presence of the V-notch did not favour the development of shell disease. On the contrary, on average shell disease affected more control than V-notched lobsters. Here,

incidence and severity of shell disease increased through the moult cycle from post- to pre-moult, affecting at certain times up to 100% of the lobster carapace, regardless of the V-notch condition. Prior to this study shell disease in *P. elephas* had been reported once, also in experimental tanks (Mancuso et al., 2010). Shell disease in crustaceans is a widely recognized syndrome having a polymicrobial etiology (Chistoserdov et al., 2012). Although fungal and bacterial pathogens present significant threats for rearing spiny lobsters in aquaculture settings, so far only one viral pathogen is thought to have affected spiny lobsters: *Panulirus argus* (Latreille, 1804) in the wild (Shields, 2011). In contrast, shell disease in *H. americanus* severely impacting harvested populations is widely documented (Gomez-Chiarri and Cobb, 2012; Shields, 2012) and has been associated with a diet based on fish bait in trap fisheries (Myers and Tlusty, 2009; Bethoney et al., 2011). Also, tail fan necrosis in the spiny lobster *Jasus edwardsii* (Hutton, 1875) has been attributed to repeated handling of undersized individuals (Freeman and MacDiarmid, 2009). Both causes could have been at work in our experiment although we had a diet based on three species groups. Disease increased during the warm season in unsuitable water temperature which could have lead to a build-up of chitinoclastic bacteria or fungi, resulting in blackening of the exoskeleton and necrosis of the cuticle, as described by Evans et al. (2000). During our extensive field experience onboard *P. elephas* fishing vessels, with tens of thousands of lobster sampled, we have never encountered a lobster affected by shell disease. Therefore, shell disease in *P. elephas* is unlikely to be a problem in the wild whether or not lobsters are V-notched.

The presence of a V-notch did not affect the growth of lobsters. However, growth rates in our experiment were lower than observed in the wild (Díaz, 2010). Necrosis, which may have been a result of high temperatures and handling, may have stunted growth, as observed in *H. americanus* (Stevens, 2009). The absence of shell disease

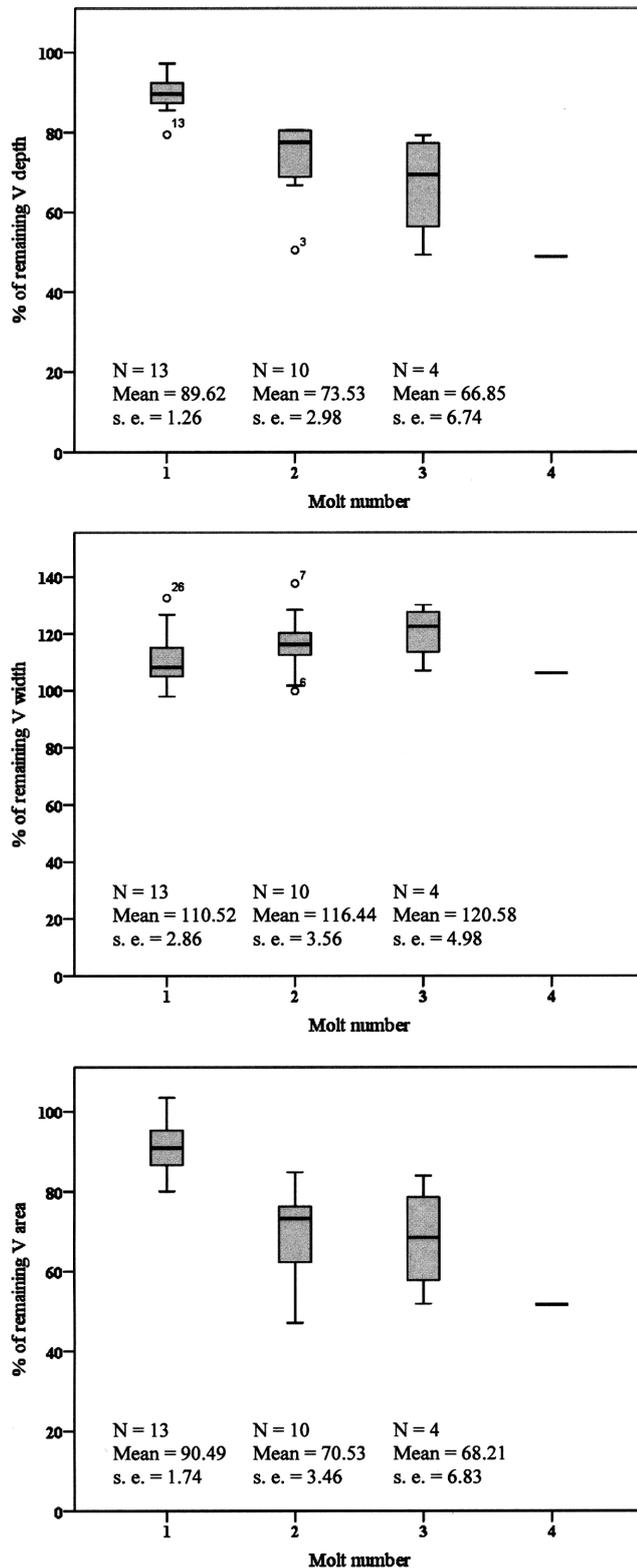


Fig. 5. Median depth, width and area of V-notch as a function of the number of molts for V-notched and control lobsters. Box and whiskers indicate 90% and 95% confidence intervals respectively. Numbers near outlier points = lobster id.

and low incidence of injuries in *P. elephas* in the wild suggests that growth and, hence, V-notch recovery may be

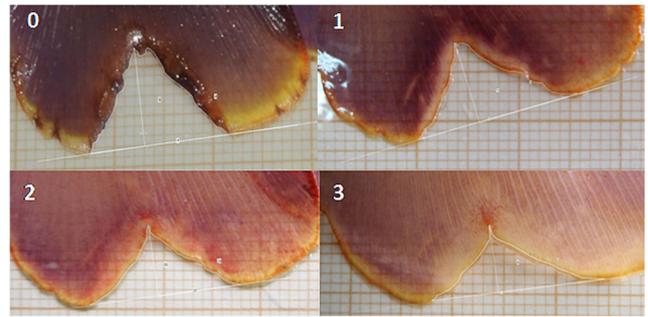


Fig. 6. Images illustrating the regrowth of the V-notch in the uropod of a specimen (id #27). Numbers indicate the number of molts since V-notching. This figure is published in colour in the online edition of this journal, which can be accessed via <http://booksandjournals.brillonline.com/content/1937240X>.

faster than ascertained in this study, provided no injuries are inflicted during V-notching operations. The fact that we choose only healthy (regularly shaped) V-notches to assess the rate of V-notch recovery may have affected results in this study, yet making them more illustrative of conditions in the wild.

The three V-notch dimensions investigated to assess V-notch recovery (depth, area and width) evolved differently. Of them, V-notch depth decreased at each molt and was easiest to measure with precision, and therefore is recommended for management purposes. V-notch area followed a similar pattern of recovery but it is more difficult to measure in field conditions. In *Homarus* spp. fisheries where V-notch is implemented, notch depth is the dimension employed for regulatory purposes, and lobsters are protected from harvest as long as V-notch depth has re-grown less than 50% (DeAngelis et al., 2010).

If this convenient management measure were implemented in *P. elephas*, a 50% reduction of the V-notch would need approximately two years (4 molts) in the conditions of the experiment. Slow V-notch regrowth may reduce the efficacy of this conservation tool for undersize individuals, as lobsters could grow over the MLS without having yet regrown a significant fraction of the V-notch. However, a true assessment of effects of V-notch on growth and, hence, on the pattern of V-notch regrowth, requires a large scale experiment in the wild. Currently, the Maine *H. americanus* industry is experiencing record high catches, partially due to effective management where one of the most important conservation measures is the V-notch voluntary practice undertaken by thousands of fishermen (Acheson and Gardner, 2011). The study by Xu and Schneider (2012) assessing the relative merits of different conservation measures to increase of reproductive value of *H. americanus* estimated a mean increase of 18% by V-notching, considerably lower than the 65% by marine protected areas but much easier to implement. These examples should provide sufficient impetus for testing this conservation technique in the wild with a view of implementing national V-notching programs in fisheries for *P. elephas*.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to express our sincere thanks to the Marine and Aquaculture Research Laboratory (LIMIA) of the Balearic Islands Government for pro-

viding their services, laboratory, tank space and people who assisted in the maintenance of the experiment. Special thanks to Elena Pastor (LIMIA) for her continued support and problem solving in the aquaculture facility and to Antoni Grau (DG Pesca, Balearic Government) for promoting research towards the sustainability of the Balearic Islands lobster fishery. We are also thankful to Cristina Alonso for laboratory help. We acknowledge the helpful comments of Federico Álvarez. Funding information: This work was supported by the DG Pesca of the Balearic Islands Government under FEP program grant (FEP351NBAL0002) and also by the Instituto Español de Oceanografía for the LANBAL project (2010-2013) and by the project RECMARE (2013-2015) (Spanish National Research Plan Ref: CTM2012-36982).

REFERENCES

- Acheson, J. M., and R. Gardner. 2010. Evolution of conservation rules and norms in the Maine lobster fishery. *Ocean and Coastal Management* 53: 524-534.
- , and ———. 2011. The evolution of the Maine lobster V-notch practice: cooperation in a prisoner's dilemma game. *Ecology and Society* 16(1): 41, available online at: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art41/> (accessed 30 October 2012).
- Bethoney, D. N., K. D. E. Stokesbury, B. Stevens, and M. A. Altabet. 2011. Bait and the susceptibility of American lobsters *Homarus americanus* to epizootic shell disease. *Diseases of Aquatic Organisms* 95: 1-8.
- Chartois, H., D. Latrouite, and P. Le Carre. 1994. Stocking and Transportation of Live Crustaceans. Report of the Directorate of Live Resources. IFREMER, Brest, 65 pp. (in French).
- Chistoserdov, A. Y., R. A. Quinn, S. L. Gubbala, and R. Smolowitz. 2012. Bacterial communities associated with lesions of shell disease in the American lobster, *Homarus americanus* Milne Edwards. *Journal of Shellfish Research* 31: 449-462.
- Crossin, G. T., S. A. Al-Ayoub, S. H. Jury, W. H. Howell, and W. H. Watson III. 1998. Behavioral thermoregulation in the American lobster *Homarus americanus*. *Journal of Experimental Biology* 201: 365-374.
- DeAngelis, B. M., R. Cooper, M. Clancy, C. Cooper, T. Angell, S. Olaszewski, W. T. Colburn, and J. Catena. 2010. Impacts of V-notching the American lobster. *Journal of Shellfish Research* 29: 489-496.
- Díaz, D. 2010. Ecología y dinámica de la fase juvenil de la langosta roja *Palinurus elephas* en el Mediterráneo noroccidental. PhD Thesis, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- EC. 2001. Council Regulation (EC) No 724/2001 of 4 April 2001 amending Regulation (EC) No 850/98 for the conservation of fishery resources through technical measures for the protection of juveniles of marine organisms. *Official Journal of the European Communities* L102/16 of 12 April 2001.
- . 2006. Council Regulation (EC) No 1967/2006 of 21 December 2006 concerning management measures for the sustainable exploitation of fishery resources in the Mediterranean Sea, amending Regulation (EEC) No 2847/93 and repealing Regulation (EC) No 1626/94. *Official Journal of the European Union* L409/11 of 30 December 2006.
- Estrella, B. T. 1991. Shell disease in American lobster (*Homarus americanus*, H. Milne Edwards, 1837) from Massachusetts coastal waters with considerations for standardizing sampling. *Journal of Shellfish Research* 10: 483-488.
- Evans, L. H., J. B. Jones, and J. A. Brock. 2000. Diseases of spiny lobsters, pp. 586-600. In: B. F. Phillips and J. Kittaka (eds.), *Spiny Lobsters: Fisheries and Culture*. 2nd Edition. Fishing News Books, Blackwell, Oxford.
- Fabricius, J. C. 1787. Mantissa insectorum sistens eorum species nuper detectas adiectis characteribus genericis, differentiis specificis, emendationibus, observationibus. *Ioh. Christ. Fabricii* 1, 348 pp.
- Freeman, D. J., and A. B. MacDiarmid. 2009. Healthier lobsters in a marine reserve: effects of fishing on disease incidence in the spiny lobster, *Jasus edwardsii*. *Marine and Freshwater Research* 60: 140-145.
- Gomez-Chiarri, M. S., and J. S. Cobb. 2012. Shell disease in the American lobster, *Homarus americanus*: a synthesis of research from the New England lobster research initiative: lobster shell disease. *Journal of Shellfish Research* 31: 583-590.
- Goñi, R., and D. Latrouite. 2005. Review of the biology, ecology and fisheries of *Palinurus* spp. species of European waters: *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) and *Palinurus mauritanicus* (Gruvel, 1911). *Cahiers de Biologie Marine* 46: 127-142.
- Groeneveld, J. C., R. Goñi, and D. Díaz. 2013. *Palinurus* species: Chapter 11, pp. 326-356. In: B. F. Phillips (ed.), *Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries*. 2nd Edition. Blackwell, Oxford.
- Howell, P., C. Giannini, and J. Benway. 2005. Assessment and monitoring of the American lobster resource and fishery in Long Island Sound. Semi-Annual Performance Report. NOAA Grant No. NA16FW1238. 152 pp.
- Hutton, F. W. 1875. Descriptions of two new species of crustacean from New Zealand. *Transactions of the New Zealand Institute* 7: 279-280.
- Kaplan, E. L., and P. Meier. 1958. Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association* 53: 457-481.
- Kelly, K. H. 1990. A summary of Maine lobster laws and regulations: 1820-1990. Department of Marine Resources Lobster Informational Leaflet 19, Augusta, ME.
- Latreille, P. A. 1804. Des langoustes du Muséum National d'Histoire Naturelle. *Annales Muséum Histoire Naturelle Paris* 3: 388-395.
- Linnaeus, C. 1758. *Systema Naturae per Regna tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis*. Editio decima, reformata. Holmiae. (Laurentii Salvii): [1-4], 1-824.
- Lopez-Jurado, J. L., M. Marcos, and S. Montserrat. 2008. Hydrographic conditions affecting two fishing grounds in Mallorca Island. *Journal of Marine Systems* 71: 303-315.
- Mancuso, M., M. T. Costanzo, G. Maricchiolo, M. Gristina, R. Zaccone, D. Cuccu, and L. Genovese. 2010. Characterization of chitinolytic bacteria and histological aspects of Shell Disease Syndrome in European spiny lobsters (*Palinurus elephas*) (Fabricius, 1787). *Journal of Invertebrate Pathology* 104: 242-244.
- Milne Edwards, H. 1837. *Histoire naturelle des Crustacés, comprenant l'anatomie, la physiologie et la classification de ces animaux*. Librairie de Roret, Paris. II: 1-532.
- Myers, A., and M. F. Tlusty. 2009. A long-term assessment of the physiological effects of herring (*Clupea harengus*) as a dietary component of the American lobster (*Homarus americanus*). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 43: 173-183.
- Shields, J. D. 2011. Diseases of spiny lobsters: a review. *Journal of Invertebrate Pathology* 106: 79-91.
- . 2012. The impact of pathogens on exploited populations of decapod crustaceans. *Journal of Invertebrate Pathology* 110: 211-224.
- Stevens, B. G. 2009. Effects of epizootic shell disease in American lobster *Homarus americanus* determined using a quantitative disease index. *Diseases of Aquatic Organisms* 88: 25-34.
- Tully, O. 2001. Impact of the V-notch technical conservation measure on reproductive potential in a lobster (*Homarus gammarus* L.) fishery in Ireland. *Marine and Freshwater Research* 52: 1551-1557.
- Xu, C., and D. C. Schneider. 2012. Efficacy of conservation measures for the American lobster: reproductive value as a criterion. *ICES Journal of Marine Science* 69: 1831-1839.

RECEIVED: 3 June 2013.

ACCEPTED: 13 September 2013.

AVAILABLE ONLINE: 30 October 2013.



Eggs development and captive breeding of the spiny lobsters *Panulirus inflatus* and *P. gracilis*

Raúl Pérez-González and Dagoberto Puga-López

Raúl Pérez-González <raulp@ola.icmyl.unam.mx> (Universidad Autónoma de Sinaloa)

The Mexican tropical Pacific Ocean and Gulf of California spiny lobster fishery is based on *P. inflatus* and *P. gracilis*. Their combined catch averaged 132 t annually over the past 14 years, but with considerable year-to-year variation. Despite the importance of this fishery on the Pacific coast of Mexico, there have been few published studies of this reproductive biology. Therefore, laboratory experiments were used to study the eggs development and incubation periods of these tropical spiny lobsters. *P. inflatus* is a species endemic to Mexico and *P. gracilis* is distributed from southwest coast of Baja California peninsula to Peru. The longest incubation periods observed for *P. inflatus* and *P. gracilis* under experimental conditions were 24 and 36 days during spring and winter and 20 and 44 days during autumn and winter, respectively. Considering females that has newly oviposited eggs and redeveloping ovaries, the minimum period of ovarian maturation should approximate the duration of incubation. Thus, the entire reproductive cycle would be approximately 7 to 9 weeks. Embryonic development was allocated into six stages.

Assessing Bycatch in a Nephrops Trawl Fishery

Rosanna Milligan, Andrew Watts and Douglas Neil Institute of Biodiversity, Animal Health and Comparative Medicine, College of Medical, Veterinary and Life Sciences, University of Glasgow, Scotland, UK

Andrew Watts <a.watts.1@research.gla.ac.uk> (University of Glasgow)

An assessment of the bycatch composition from the Stornoway-based Nephrops trawl fishery was carried out between December 2008 and June 2010 to identify and quantify the animal bycatch occurring in this fishery. A total of 57 two-hour survey trawls were carried out aboard the MV Comrade, and in each case, the entire catch was sorted into 'target' and 'bycatch' animals. Every bycatch species was identified and counted, and the weights of the major taxa and the target catch were recorded. Subsamples of Nephrops and important bycatch species (cod, spurdog, whiting and haddock) were collected from each sampling trip and all data were compared against environmental measures recorded for each trawl. Overall, a total of 94 species were captured during the study, of which the pouts (*Trisopterus* spp.), whiting, lesser-spotted dogfish and crustaceans were typically the most dominant by number and weight, and a significant temporal effect was evident in the data. The occurrence of cod and spurdog was relatively low, with only 99 and 110 respectively being captured over the entire period (representing 0.8% and 0.1% of the average catch biomass respectively). This work establishes a baseline data set for bycatch composition within this Nephrops fishery, from which investigations across the rest of the fleet can be made, with a view to decreasing the occurrence of bycatch animals within the catches. This work was supported by a grant from the European Fisheries Fund (EFF) through Marine Scotland, and by Young's Seafood Ltd.

Impacts of V-notching the spiny lobster *Palinurus elephas*: Results of experiments

Sandra Mallol*, Francisco Sobrado, Cristina Alonso, David Díaz and Raquel Goñi

Sandra Mallol <sandra@ba.ieo.es> (Instituto Español de Oceanografía-Baleares)

V-notching tagging has been practiced for decades in juveniles and ovigerous females of the clawed lobsters *Homarus americanus* and *H. gammarus* as an effective conservation strategy in several European and US fisheries. For the first time a V-notch experimental study was conducted with the spiny lobster *Palinurus elephas* with the aims of: 1) assess survival of notched versus unnotched lobsters, 2) assess differences in the incidence of shell disease of notched and unnotched lobsters, and 3) assess the rate of notch loss (tag retention) with respect to molt frequency. A total of 36 wild young adults were housed in a tank of 10000 litres separated in three replicates of 12 lobsters each one. Half of individuals of each replicate were marked with a v-notch (side 1 cm long). Tank environmental conditions (temperature, salinity and dissolved oxygen) were controlled to mimic conditions in the wild. The experiment lasted 20 months. There were no significant differences in survival or health conditions of notched and unnotched specimens. After 15 months, all the individuals had completed two molts and five of them have undergone the third one. After the second molt on average 25% of the notched area has been overgrown and lobsters with the third molt have overgrown 45% of the notched area. The performance of area, width and height of the V-notch tab for regulatory purposes are discussed.

Changes in trammel net material can lessen the ecosystem impacts of spiny lobster (*Palinurus elephas*) fishing

Sandra MALLOL¹, Jaume MORA¹, David DÍAZ¹ and Raquel GOÑI¹

¹Centro Oceanográfico de Baleares- Instituto Español de Oceanografía; Muelle de Poniente s/n 07015 Palma de Mallorca, Spain; e-mail: sandra@ba.ieo.es

Managing for habitat protection and reducing discards are key components of the ecosystem approach to fisheries management, which is progressively applied to industrial fisheries where required information may be available. However, information about the ecosystem impacts of artisanal gears to elaborate mitigation plans is generally lacking. One of the most important artisanal fishery métiers in the Balearic Islands is the spiny lobster trammel net. This fishery is conducted during the five-month season over rocky and coralligenous grounds and constitutes the annual largest income of most artisanal fishermen in the islands. Therefore, management plans that balance the profitable exploitation of the lobster resource and the health of the ecosystems are vital.

In this study we evaluate the impacts of traditional trammel nets used in the lobster fishery and made of polyamide multifilament (PMF) with those of an experimental trammel net made with polyethylene multifilament (MMF). Experimental fishing surveys were conducted in Menorca Channel (Balearic Islands) from September 2011 to August 2012 at depths of 40 to 160 metres. Fishing sets were composed of alternating PMF and MMF net panels and catch composition and catch rates were determined for the two net types. Results indicate a significant reduction of the bycatch of structural species and of undersize lobsters at the cost of a 40% drop of commercial lobster catch rates with the experimental trammel net compared with the traditional in use.

Quantitatively assessing the ecosystem effects of artisanal gears is important because the long-term survival of nearshore fisheries relies on healthy fishing grounds. Hence, improving gear technology is needed to minimize the impacts of fishing activities on target and non-target organisms as well.

First V-notching experience of a spiny lobster (*Palinurus elephas*): v-notch recovery and impacts on health

Sandra MALLOL¹, David DÍAZ¹, Francisco SOBRADO¹ and Raquel GOÑI¹

¹Centro Oceanográfico de Baleares- Instituto Español de Oceanografía; Muelle de Poniente s/n 07015 Palma de Mallorca, Spain; e-mail: sandra@ba.ieo.es

V-notching tagging is a technique that has been practiced for decades in ovigerous females of the clawed lobsters *Homarus americanus* and *Homarus gammarus*, and is currently used in European and US fisheries as an effective conservation strategy to delay fishing mortality. For the first time a V-notch experimental study was conducted on a spiny lobster (family Palinuridae). Here we present results of the first v-notching experience conducted with the European spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) with the aim of assessing: a) v-notch effects on survival and incidence of shell disease and growth, and b) the pattern of v-notch regrowth. A total of 36 wild young adults were housed in a 10000 liter tank, separated in three replicates of 12 lobsters each. Half of individuals of each replicate were marked with a v-notch (side 1 cm long). Tank environmental conditions (temperature, salinity and dissolved oxygen) were controlled to mimic conditions in the wild. Results of the 20-month long tank experiment showed that v-notching had no impact on shell disease or growth. However, abnormally high summer temperatures in the experiment lowered survival of v-notched individuals relative to control specimens. Three dimensions of the v-notch mark (depth, width and area) were examined to assess v-notch regrowth, and depth is recommended for regulatory purposes. Mean v-notch depth decreased about 10%, 27% and 33% after the first, second and third moults, respectively, and the fourth moult restored up to 52% of the depth. We discuss the applicability of these results for regulatory purposes in the wild.

Influencia de las condiciones ambientales en la dinámica de asentamiento de la langosta roja *Palinurus elephas* en el Mediterráneo occidental

Anabel MUÑOZ¹, David DÍAZ¹, Sandra MALLOL¹ y Raquel GOÑI¹

¹Centro Oceanográfico de Baleares- Instituto Español de Oceanografía; Muelle de Poniente s/n 07015 Palma de Mallorca, Spain e-mail: anabel.mcaballero@ba.ieo.es

Actualmente la langosta roja *Palinurus elephas*, es el crustáceo decápodo de mayor importancia económica y social del Mediterráneo y Atlántico oriental se encuentra en un estado de declive continuado de sus capturas y en una extrema reducción geográfica de sus pesquerías activas. Para realizar una gestión adecuada de un recurso vivo es necesario conocer la dinámica de la especie, siendo el reclutamiento el proceso más influyente por sufrir grandes variaciones interanuales de causalidad compleja. En el caso de la langosta roja, el estudio del reclutamiento mediante el seguimiento de la dinámica larvaria es inabordable debido a la baja densidad en la que se encuentran las larvas filosomas en el plancton. Un mejor indicador de la variabilidad interanual en el reclutamiento es la dinámica asentamiento de las postlarvas en el fondo. En anteriores estudios se ha concluido que la langosta roja en el Mediterráneo noroccidental presenta una dinámica meta-poblacional de "pool larvario común".

En este estudio evaluamos la relación entre los índices de asentamiento y diferentes variables ambientales a fin de determinar la posible relación con los mismos y nuestra capacidad de predicción sobre la dinámica del asentamiento de la especie. Este trabajo se aborda a partir de series de índices de asentamiento, de 10 a 14 años según la zona, en 13 localidades del Mediterráneo noroccidental, que se agrupan en 3 áreas geográficas (Cataluña, archipiélago de las Islas Columbretes y Mallorca). A partir de índices climáticos (NAO, AMO, WEMO, IDEA) y parámetros ambientales (Viento Zonal, Viento Meridional, SST, SST del Golfo de León, Precipitación), y mediante análisis de correlaciones y de componentes principales, se ha determinado la relación entre el ambiente y la fuerza del asentamiento anual de la langosta roja. Se ha constatado la existencia de correlación entre los índices de asentamiento a escala temporal y las variables NAOi, IDEAi y Viento Zonal. Por otro lado, el asentamiento a escala espacial no presenta ningún tipo de correlación con las variables ambientales estudiadas, por lo que la causalidad del asentamiento debe estar determinada por las condiciones fisiográficas locales.

Monitorización del asentamiento de langosta a partir de colectores artificiales en el Mar Balear

David DÍAZ¹, Sandra MALLOL¹, Anabel MUÑOZ¹, Elvira ÁLVAREZ¹, Ángel MATEO¹, Javier LORENTE¹ y Raquel GOÑI¹

¹Centro Oceanográfico de Baleares- Instituto Español de Oceanografía; Muelle de Poniente s/n 07015 Palma de Mallorca, Spain; e-mail: david.diaz@ba.ieo.es

Hace más de medio siglo los fondos rocosos del Mediterráneo entre 30 y 90 metros eran ricos en langosta roja (*Palinurus elephas*). Hoy en día esta especie se encuentra en densidades explotables únicamente en algunas reservas marinas y en caladeros con una presión de pesca sostenible. En el Archipiélago Balear, en concreto en el Canal de Menorca, la pesquería de langosta es aún rentable, pero la población muestra síntomas de sobre-explotación. Esta situación suscita una preocupación creciente en el sector pesquero debido a las acusadas fluctuaciones de las capturas en la última década, efecto que es habitual en poblaciones altamente explotadas. Estas oscilaciones son indicios evidentes de que la captura depende del reclutamiento anual, proceso notoriamente variable en especies marinas.

A pesar de las múltiples regulaciones de la pesca de la langosta roja en el Mar Balear, el estado de sus poblaciones plantea la necesidad de una gestión proactiva de la especie. Dado que el esfuerzo pesquero se ejerce en gran medida sobre una sola cohorte, su gestión proactiva requiere conocer con antelación la fuerza del reclutamiento anual. Desde hace más de una década en Mallorca se vienen obteniendo índices anuales de asentamiento (reclutamiento al fondo) a partir de censos visuales con escafandra autónoma. Esta metodología requiere estandarizar tanto los hábitats censados como el observador, siendo particularmente difícil esto último a la hora de construir una serie histórica de datos comparables. A fin de evitar estos problemas se ha propuesto el uso de colectores artificiales de postlarvas de langosta. El concepto funcional de los colectores reside en el aporte de un hábitat de asentamiento óptimo en un hábitat que no ofrece refugios adecuados. Así, para que las postlarvas (postpuérulus) usen los refugios de los colectores artificiales como única opción viable para su asentamiento, las estaciones de colectores deben ser instaladas en fondos sin substrato firme (ej. arena).

Por ser un sistema muy productivo para la langosta, y *a priori* una zona con alta posibilidad de éxito de reclutamiento, se seleccionó el canal de Menorca para instalar una red de colectores según un gradiente longitudinal E-O. Actualmente se dispone de cuatro estaciones de colectores superficiales (18 y 25 metros) en Portocristo, Cap d'es Freu, Colonia Sant Pere y Alcúdia, y una estación profunda (60-80 m), cada una de ellas formada por 12 unidades de colectores. Siempre que las condiciones meteorológicas lo han permitido, las estaciones se han muestreado mensualmente durante las temporadas de 2011 a 2013.

La estación con valores más altos de reclutamiento de postlarvas ha sido la del Cap d'es Freu, seguida de la estación profunda del Canal de Menorca. Durante los tres años de muestreo, el año 2012 fue el único en el que no se encontraron postlarvas en ninguna de las estaciones. La observación de ejemplares postpuérulus recién asentados a más de 70 metros ha permitido constatar la existencia del asentamiento de langosta roja en profundidad, incógnita de vital importancia para entender la dinámica de la especie.

El objetivo último de esta línea de estudio es entender el proceso de reclutamiento de la langosta y predecir las capturas futuras en base a índices de asentamiento en años anteriores. Para ello se han abordado los siguientes objetivos: 1) Construir series de índices de asentamiento estandarizados; 2) Determinar la correlación entre los índices de asentamiento en colectores y en el medio natural, 3) Determinar el patrón batimétrico del asentamiento, 4) Investigar la relación entre la fuerza del asentamiento y la abundancia de langosta adulta a nivel local y 5) Estudiar la conectividad poblacional a escala regional y la posible influencia de variables ambientales sobre el asentamiento a diferentes escalas temporales.

Caracterización fisiográfica del hábitat de langosta roja en el canal de Menorca a partir de imágenes mediante vehículo autónomo tripulado

David DÍAZ¹, Anabel MUÑOZ¹, Sandra MALLOL¹, Jordi GRINYÓ, Josep Maria GILI y Raquel GOÑI¹

¹Centro Oceanográfico de Baleares- Instituto Español de Oceanografía; Muelle de Poniente s/n 07015 Palma de Mallorca, Spain; e-mail: david.diaz@ba.ieo.es

En el Archipiélago Balear se hallan numerosos fondos con comunidades bentónicas circalitorales de elevado interés ecológico y pesquero, unos de los más extensos y que sufre mayor explotación son los fondos del Canal de Menorca. La actividad pesquera con mayor importancia social de las Islas Baleares es sin duda la pesca de la langosta roja (*Palinurus elephas*), y el Canal de Menorca concentra la mayor actividad de la flota pesquera artesanal dirigida a la misma. La pesca de la langosta se desarrolla principalmente en fondos entre 40 y 90 metros de profundidad, estando su abundancia y distribución espacial íntimamente ligadas a hábitats rocosos en los que se desarrolla gran parte de su ciclo biológico. Sin embargo, debido a la complejidad del estudio de estos hábitats y su difícil acceso, se desconocen las características fisiográficas y estructurales que favorecen la presencia de langosta.

Tradicionalmente los fondos circalitorales han sido objeto de estudio por métodos indirectos, basando su descripción en la recolección de muestras obtenidas con artes de pesca y equipos de muestreo científico como son las dragas. A partir de los años 70, la escafandra autónoma permitió el estudio detallado de las comunidades bentónicas hasta un máximo de 50-60 metros de profundidad. A finales del siglo XX, el desarrollo de los vehículos remotos submarinos (ROV) para fines científicos permitió estudiar directamente las comunidades en fondos circalitorales. Desde entonces se ha empleado esta técnica en numerosos estudios, aunque presenta grandes limitaciones como son la georeferenciación de las comunidades o el nivel de detalle del muestreo, además de su incapacidad propia de maniobra.

Recientemente se ha realizado una batimetría detallada del Canal de Menorca mediante sondas multihaz, y una descripción bionómica de las comunidades bentónicas mediante ROV, dragas y sistemas de video remoto. Sin embargo, esta información resulta insuficiente para entender el papel ecológico que juega el hábitat en la distribución de la langosta en el Canal de Menorca. Por ello, se ha iniciado el estudio de las características fisiográficas del hábitat asociadas a la presencia de langosta roja en el Canal de Menorca a partir de filmaciones realizadas en un vehículo subacuático tripulado. Este tipo de plataforma presenta ventajas respecto a los ROVs, ya que permiten una descripción más precisa de la comunidad y su entorno físico, como son la observación directa de las comunidades, la precisión en la geo-referenciación de los transectos de video y la alta calidad de las imágenes.

En este estudio se han realizado 4 transectos entre 72 y 90 metros de profundidad, los muestreos se realizaron en función de la veda de pesca de la langosta, la primera campaña se realizó en acabar la temporada de pesca (septiembre de 2010) y la segunda en el inicio de la temporada siguiente (abril de 2011). Las 10 horas de filmaciones obtenidas se han dividido en submuestras en función del hábitat con el fin de facilitar la recogida de datos descriptivos y características fisiográficas y bionómicas de los hábitats. Los datos se analizarán comparando diferentes muestras para identificar los factores asociados a la presencia/ ausencia de langostas adultas en los fondos del Canal de Menorca. Se ha determinado la presencia de 4 hábitats principales (según la Guía interpretativa: inventario español de hábitats marinos):

- Roca circalitoral colmatada por sedimento (03020224).
- Coralígeno con dominancia de invertebrados (03020225)
- Fondos detríticos biogénicos circalitorales (030405)
- Fondos de maërl (03040506)

Los resultados preliminares apuntan a las presencia de comunidades circalitorales estructuradas con dominancia de *Paramuricea macrospina* como áreas de alimentación y campeo de la langosta, aunque no de refugio debido a su escasa estructura tridimensional en la zona de estudio. Se ha censado un total de 60 ejemplares de langosta con un rango de tallas entre 30 y 91 mm de longitud de cefalotórax. Así mismo, se ha podido constatar que, debido a su difícil detección y acceso, la pesca no afecta negativamente la abundancia de langosta en zonas en las que el hábitat de refugio de la especie se dispone en forma de pequeños parches aislados. De manera excepcional se ha determinado, por primera vez, la pérdida de estructura y diversidad de comunidades de fondos circalitorales (03020225) causadas por las agregaciones de reproducción de *Spondylosoma cantharus*. Por último, y de manera general, se ha podido constatar el buen estado de

conservación de las comunidades circalitorales sensibles a los artes de pesca habida cuenta de la presión pesquera artesanal a la que están sometidas.