

**Estado de *Patella ferruginea*
en las Islas Chafarinas
y estudios previos
para la traslocación de ejemplares**



Informe final

noviembre 2006

Realizado por:

Javier Guallart Furió



ORGANISMO AUTÓNOMO
DE PARQUES NACIONALES

Asistencia Técnica
Expediente 10P/05

**Estado de *Patella ferruginea*
en las Islas Chafarinas
y estudios previos
para la traslocación de ejemplares**

Informe final

noviembre 2006

Realizado por:

Javier Guallart Furió

Doctor en Ciencias Biológicas
NIF 22549040R

Para:

ORGANISMO AUTÓNOMO DE PARQUES NACIONALES
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MATERIAL Y MÉTODOS	10
2.1. Estancias en el archipiélago.....	10
2.2. Aspectos biométricos	10
2.3. Prospecciones de distribución y abundancia	11
2.4. Censos en transecto.....	14
2.5. Marcaje de ejemplares.....	17
2.5.1. Técnica de marcaje	17
2.5.2. Comportamiento.....	19
2.5.3. Crecimiento individual	21
2.5.4. Cambio de huella	21
2.6. Captura y procesado de ejemplares.....	22
2.7. Sexado de ejemplares mediante técnicas no letales.....	23
2.8. Sustratos desmontables y colectores de juveniles	25
2.9. Ensayo de fecundación artificial.....	29
3. RESULTADOS	31
3.1. Análisis de la distribución y abundancia de <i>Patella ferruginea</i> en las islas Chafarinas	31
3.1.1. Caracterización del litoral del archipiélago	31
3.1.2. Distribución y abundancia	32
3.1.3. Cálculo del <i>stock</i> poblacional.....	38
3.1.4. Selección del hábitat	40
3.1.5. Evolución de la población.....	44
3.2. Determinación de parámetros biológicos de utilidad para trabajos de traslocación y reintroducción de ejemplares	49
3.2.1. Aspectos biométricos.....	49
3.2.2. Caracterización de estados reproductores.....	49
3.2.3. Ciclo reproductor.....	54
3.2.4. Madurez sexual	56
3.2.5. Distribución de sexos por tallas	59
3.2.6. Tamaño de huevos y fecundidad	63
3.2.7. Ensayo de fecundación	64
3.2.8. Reclutamiento	66
3.2.9. Crecimiento.....	72
3.2.10. Comportamiento	84
3.2.10.1. Desplazamientos tróficos.....	84
3.2.10.2. Área de campeo.....	87
3.2.10.3. Cambios de huella	88

3.2.11. Depredadores naturales.....	93
3.3. Realización de experiencias de apoyo a futuras experiencias de traslocación y reintroducción de ejemplares	96
3.3.1. Experiencias precedentes	96
3.3.2. Planteamiento de los trabajos.....	99
3.3.3. Sustratos desmontables	101
3.3.4. Captación de juveniles	105
3.3.5. Experiencias de traslocación.....	106
3.4. Elaboración un marco de criterios de actuación para la extracción de ejemplares con fines de investigación o de reintroducción	108
3.5. Contribución al plan de emergencia del archipiélago en lo referente a <i>Patella ferruginea</i>	113
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
5. REFERENCIAS CITADAS	132

1. INTRODUCCIÓN

La lapa ferruginosa (*Patella ferruginea* Gemlin, 1791) es un molusco gasterópodo litoral endémico del Mediterráneo occidental. Se trata de una de las pocas especies de invertebrados marinos incluidas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas en la máxima categoría de protección que establece la legislación española, “en peligro de extinción” (Orden de 9 de junio de 1999, BOE, 148, de 22 de junio de 1999)

Patella ferruginea es una especie que habita la franja mesolitoral superior, por encima del nivel medio del mar. Es uno de los mayores moluscos litorales del Mar Mediterráneo, con una concha que puede superar los 10 cm de longitud.

Su área de distribución antaño se extendía por la práctica totalidad de la cuenca occidental del Mediterráneo, tal y como lo constata la presencia en numerosos yacimientos paleolíticos y neolíticos, y que indican su uso ya en el pasado como alimento y objeto decorativo (LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1991a). Sin embargo ésta ha sufrido un reducción considerable durante el pasado siglo, proceso que parece haberse acentuado a lo largo de las últimas décadas.

Las causas de este declive no han sido claramente determinadas, si bien se supone que su rarefacción ha sido debida principalmente a la recolección por parte del hombre. Su gran tamaño junto con la accesibilidad del hábitat que ocupa la hacen muy susceptible a estas capturas, que durante mucho tiempo se han realizado para el consumo de su carne, para uso como cebo, o simplemente por coleccionismo. Algunos autores señalan además las alteraciones de su hábitat como una causa adicional de su estado de regresión (PORCHEDDU y MILELLA, 1991; LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1991a, 1991b; DONEDDU y MANUNZA, 1992; TEMPLADO et al., 2004).

Actualmente se considera completamente extinguida en muchas de las zonas de su área distribución original. Éste es el caso de la mayor parte de la costa continental europea, incluyendo toda la costa de Francia, la práctica totalidad de la península italiana (en la que únicamente se han citado durante las últimas décadas algunos ejemplares aislados) y la mayor parte de la península ibérica (CURINI-GALLETTI, 1979; BIAGI y POLI, 1986; PORCHEDDU y MILELLA, 1991; LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1991a, 1991b; DONEDDU y MANUNZA, 1992). Otras zonas en las que aún se presentan poblaciones relativamente importantes, aunque sometidas a diversos impactos negativos y sobre los que en algunos casos se observan fenómenos de regresión incluyen las islas de Córcega, Cerdeña y otras islas de menor tamaño (BOUDOURESQUE y LABOREL-DEGUEN, 1986; LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1991a; 1991b; PORCHEDDU y MILELLA, 1991; DONEDDU y MANUNZA, 1992; BLACHER et al., 1998).

La única zona donde parecen conservarse poblaciones importantes corresponde al litoral de la costa magrebí. BAZAÏRI et al (2004) han realizado un revisión de las

citas recientes en la costa de Marruecos. señalando la presencia de poblaciones en algunos enclaves con una densidad de ejemplares moderada. En Argelia se suponen poblaciones abundantes, sobre todo a partir de los trabajos llevados a cabo por FRENKIEL (1975), si bien ya hace más de tres décadas y de los datos aportados por BOUMAZA y SEMROUD (2001) para el archipiélago de las islas Habibas. Sin embargo no se dispone de información reciente del estado de sus poblaciones para la mayor parte de las costas argelinas ni para las de Túnez.

En el territorio español, si bien hasta el siglo XIX se distribuía en la mayor parte de su litoral, en la actualidad su presencia en la península ibérica se restringe a algunos enclaves de las costas andaluzas, en general representada por pequeños grupos de ejemplares. MORENO (2006) ha presentado recientemente un inventario de las poblaciones de esta especie en el litoral andaluz, realizando una revisión de los datos aportados por otros autores recientes (GRANDFILS ACCINO, 1982; CHRISTIAENS, 1983; LUQUE, 1986; MORENO, 1992; TEMPLADO y MORENO, 1997; PARACUELLOS et al., 2003; ESPINOSA et al., 2005) y llevando campañas de cabo prospecciones a lo largo de su costa. De acuerdo con este trabajo las poblaciones peninsulares de *P. ferruginea* se restringirían a las provincias de Cádiz, Málaga y Granada, con una población total de unos 700 ejemplares, a las que se sumaría la población existente en la isla de Alborán que superaría los 100 ejemplares.

En realidad es en los enclaves de soberanía española en el norte de África donde se encuentran las mejores poblaciones del territorio español. ESPINOSA (2005) ha llevado a cabo recientemente algunos trabajos sobre *P. ferruginea* en el litoral Ceuta si bien no presenta estimas de su *stock* poblacional; de acuerdo con TEMPLADO (com. pers.) éste podría ser de en torno a 12.000 ejemplares. En Melilla asimismo existe una población importante, estimada en 18.000 ejemplares adultos (obs. pers.). Sin embargo son las islas Chafarinas donde se presenta la población más abundante, estimada en unos 45.000 ejemplares (GUALLART, 2000), y posiblemente en mejor estado de conservación.

Las islas Chafarinas constituyen un pequeño archipiélago situado a unas 27 millas náuticas al Este de Melilla, y en las proximidades de la costa de Marruecos, frente al Cabo del Agua, del cual dista 1,9 millas náuticas (Figura 1.1). Está formado por tres islas, Congreso, Isabel II y Rey Francisco, con una superficie total de en torno a 51 hectáreas. En 1982 fueron declaradas Refugio Nacional de Caza (R.D. 1115/1982, de 17 de abril, B.O.E. nº 130 de 1 de junio) y posteriormente, en 1989, designada como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA). En la actualidad la única población que habita el archipiélago es una pequeña guarnición militar junto con el personal a cargo de la Estación Biológica.

La presencia de *Patella ferruginea* en las islas Chafarinas fue destacada en 1991 por parte del equipo del Laboratorio de Biología Marina de la Universitat de València (AA.VV., 1991), el cual, posteriormente, llevó a cabo en 1994 el primer estudio encaminado a cuantificar la abundancia de esta especie en las islas (AA.VV., 1994; APARICI et al, 1995). En este trabajo se puso ya de manifiesto la elevada densidad de ejemplares presentes en algunas zonas del archipiélago. Desde 1999 se han venido realizando distintos trabajos de estudio de la población de *P. ferruginea* en el archipiélago por el autor del presente informe (GUALLART, 1999; 2000; 2001; 2002) dentro de una serie de Contratos de “Control y Seguimiento de los Ecosistemas del

R.N.C. de las Islas Chafarinas” llevadas a cabo por la empresa GENA S.L. para el Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente).

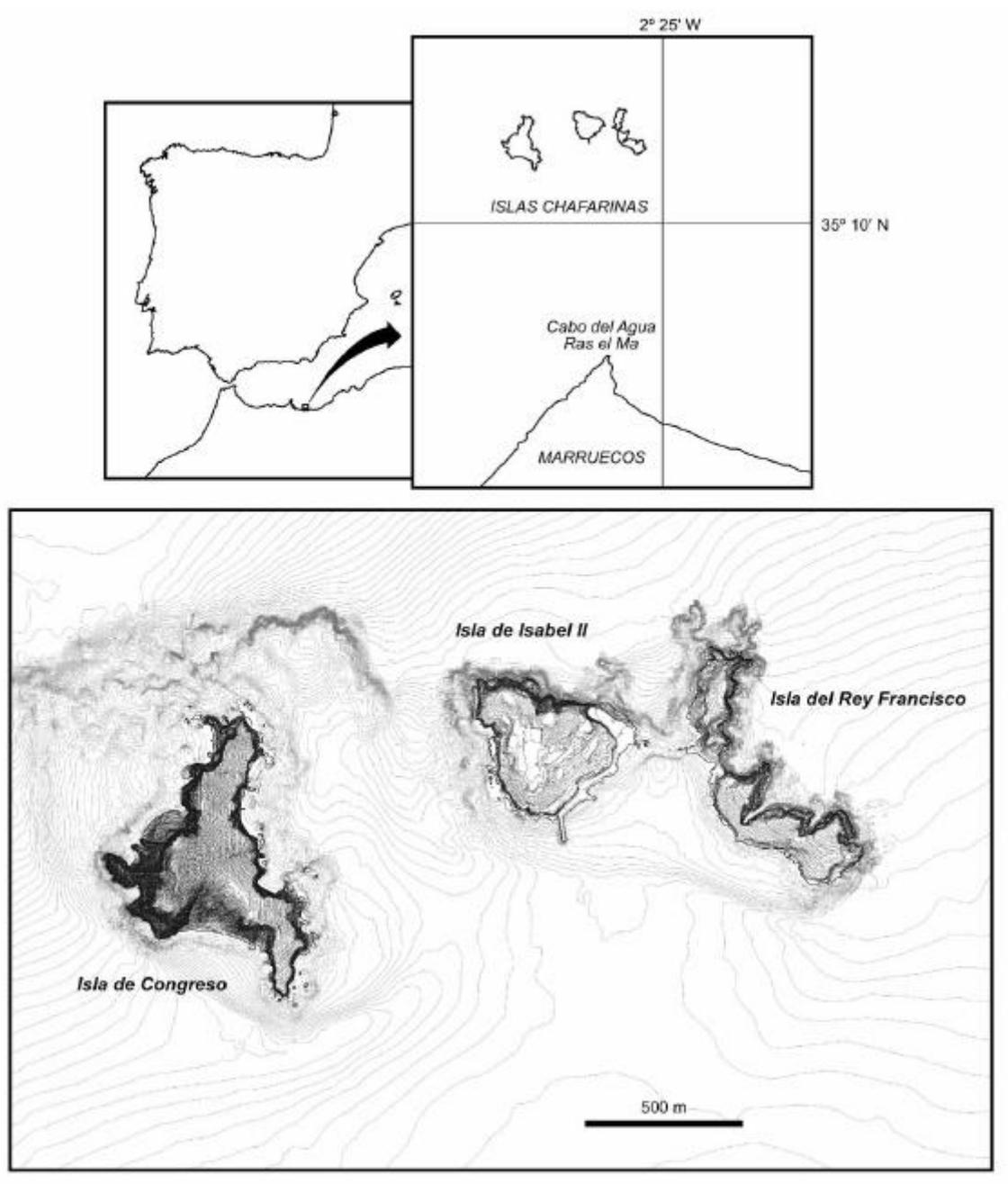


Figura 1.1. Localización geográfica de las islas Chafarinas.

El estado de regresión de las poblaciones de *P. ferruginea* motivó su inclusión en el catálogo de “Especies Animales y Vegetales de Interés Comunitario que Requieren una Protección Estricta” (Directiva 92/43/CEE, DOCE nº L 206, de 22 de julio de 1992). Ha sido declarada asimismo como “Especie estrictamente protegida” en el Anejo II del Convenio de Berna (1979, ratificado en el Real Decreto de 13 de mayo de 1986, BOE, 235, de 1 de octubre de 1986; enmienda de diciembre de 1996) y como “Especie en peligro o amenazada”, en el Anejo II del Convenio de Barcelona (Mónaco, 24 de noviembre de 1996, ratificado en el Real Decreto-Ley 22/1999, de 17 de

diciembre, BOE, 302, de 18 de diciembre de 1999). En 1999 fue incluida por la legislación española en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas como “en peligro de extinción” (Orden de 9 de junio de 1999 del Ministerio de Medio Ambiente, BOE de 22 de junio de 1999).

La inclusión de una especie en esta última categoría de protección, de acuerdo con lo estipulado en la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres (BOE de 28 de marzo de 1989) “*exigirá la redacción de un Plan de recuperación para la misma, en el que se definirán las medidas necesarias para eliminar tal peligro de extinción*” (Artículo 31.2)

Un hecho destacable sin embargo es la escasez de conocimientos que se disponen acerca de la biología de *P. ferruginea*, incluyendo entre éstos aspectos básicos de su ciclo vital, necesarios para el desarrollo de cualquier actuación dirigida a la recuperación de la especie. Esto puede resultar llamativo en una de las especies consideradas como emblemáticas del conservacionismo de la fauna marina del Mediterráneo pero responde sin duda a la escasez de poblaciones y ejemplares en las costas europeas, donde se centran los principales grupos investigadores. Aún en islas de países europeos donde todavía existen poblaciones representativas, la escasa densidad de ejemplares apenas ha permitido realizar algunas observaciones limitadas acerca de su distribución, selección de hábitat y comportamiento. La escasez de ejemplares, la fragilidad de estas poblaciones, así como el estatus de protección de la especie ha motivado sin duda el que no se hayan llevado a cabo en estas zonas estudios de aspectos fundamentales (e.g. ciclo reproductor) que requerirían la captura de numerosos ejemplares.

Trabajos recientes que sintetizan los conocimientos disponibles acerca de la biología de *Patella ferruginea* pueden dar la falsa impresión de que se dispone información en numerosos aspectos de ésta (e.g. LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1991b, TEMPLADO et al., 2004). Sin embargo los datos disponibles en la mayoría de casos son puntuales o meras observaciones registradas en alguna publicación. Particularmente representativo resulta el hecho de que prácticamente toda la información disponible acerca de la biología reproductiva de la especie procede de un único trabajo, realizado por FRENKIEL (1975) en la zona de Argelia hace unos 30 años. No han existido trabajos posteriores que contrasten los resultados de este artículo o que permitan valorar en este aspecto la posible variabilidad geográfica o poblacional.

Respecto a su biología reproductiva, se supone que *P. ferruginea* presenta hermafroditismo proterándrico, es decir, un mismo individuo al alcanzar la madurez sexual es macho y posteriormente conforme crece se transforma en hembra; la madurez sexual se alcanzaría a una talla en torno a 24 mm DM mientras que el cambio de sexo tiene lugar entre 35 y 45 mm DM. Presenta un ciclo reproductor corto, centrado entre los meses de septiembre y diciembre, mientras que durante el resto del año las gónadas permanecen en reposo. No se han descrito sus formas larvianas. LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1991b) indicaron que *P. ferruginea* presenta una baja fecundidad y sugirieron que, a partir del tamaño de los ovocitos (200 μm) y su elevada densidad, cabría suponer que la vida larvaria podría ser relativamente corta, entre varios días y varias semanas. Estos datos, junto con la existencia de un ciclo reproductor corto, supondrían una dificultad para la colonización natural de zonas muy alejadas de núcleos reproductores activos.

Esta reducida de capacidad de dispersión natural atribuida a *P. ferruginea* ha sido considerada uno de los factores que contribuyen a su actual estado de regresión y, sobre todo, a que en zonas donde hoy en día no existe presión antrópica (e.g. reservas naturales en la costa continental europea) no llegue a producirse una regeneración natural de sus poblaciones.

Por este motivo algunos autores han planteado la reintroducción de ejemplares como la principal estrategia para la recuperación de la especie. El objetivo sería bien restablecer las poblaciones de áreas en que ésta hubiera desaparecido o aportar ejemplares a poblaciones con contingentes muy mermados, con fin de favorecer su potencial reproductor.

Sin embargo las experiencias de reintroducción de ejemplares de *Patella ferruginea* llevadas a cabo hasta la fecha han tenido escaso éxito. Un ejemplo representativo lo constituye el intento de reintroducción llevado a cabo en 1987 por de ejemplares procedentes de Córcega al Parque Nacional de Port-Cros en Francia LABOREL-DEGUEN, 1991c). Se extrajeron 222 ejemplares, para los que durante las recolección, transporte y primera noche en el lugar destino se había producido ya una mortalidad del 51%. Al cabo de dos años únicamente permanecían vivos un 10% (23 ejemplares), todos ellos del rango de tallas de mayor tamaño, supuestamente todos ellos hembras, constituyendo por tanto con toda probabilidad un grupo poblacional inviable.

Una de las causas a las que cabe atribuir este hecho era sin duda la escasez de conocimientos que se disponía acerca de la biología de *Patella ferruginea*, tal y como se ha expuesto anteriormente. El problema radica en que, siendo de por sí difíciles de realizar con un éxito razonable este tipo de intervenciones, lo es todavía más si no se dispone de información suficiente para la toma de decisiones en la elaboración del plan del trabajo. Cuestiones fundamentales como la distribución de tallas de los ejemplares a capturar, la representación de cada uno de los sexos, la época del año en la que llevar a cabo el trasplante o la elección de las zonas concretas donde reimplantar los ejemplares requieren para su planificación ser decididas en base información concreta de la que apenas se dispone: relación talla / sexo y madurez sexual, factores ambientales que determinan la selección del hábitat y limitan el desarrollo o el reclutamiento, fenología reproductiva, comportamiento y épocas de máxima movilidad y cambio de morada, depredadores, ...

Ante esta perspectiva, la presente Asistencia Técnica se planteó con el fin de aportar en lo posible este tipo de información.

Los conocimientos adquiridos durante los últimos años acerca de la población de las islas Chafarinas destacaban la importancia que el archipiélago podía tener en este sentido. Su buen estado de conservación, reflejado tanto por una elevada densidad de ejemplares con amplia distribución en el archipiélago como por la evidencia regular de reclutamiento, unido a la accesibilidad que supone la Estación Biológica, lo convierte en un enclave idóneo y casi único para llevar a cabo estudios acerca de los distintos aspectos de la biología de la especie. Por otra parte, estimas preliminares del *stock* poblacional del archipiélago indicaban que la abundancia existente podía permitir sin riesgo para la población la extracción y sacrificio de un cierto número de ejemplares

para el estudio de algunos aspectos fundamentales de su biología (e.g. ciclo reproductor) que así lo requiriesen.

De este modo los objetivos generales de la presente Asistencia Técnica se han centran en dos aspectos principales: evaluar el estado actual de la población de *Patella ferruginea* en el conjunto del archipiélago de las Islas Chafarinas y obtener una base de conocimientos necesaria para llevar a cabo en un futuro trabajos de traslocación de ejemplares entre diferentes enclaves.

De acuerdo con lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y en la Propuesta Técnica presentada, los objetivos específicos de la presente Asistencia Técnica pueden enumerarse como:

- 1.- Análisis de la distribución y abundancia de *Patella ferruginea* en las islas Chafarinas
- 2.- Determinación de parámetros biológicos de utilidad para trabajos de traslocación y reintroducción de ejemplares
- 3.- Realización de experiencias de apoyo a futuras experiencias de traslocación y reintroducción de ejemplares
- 4.- Elaboración un marco de criterios de actuación para la extracción de ejemplares con fines de investigación o de reintroducción
- 5.- Contribución al plan de emergencia del archipiélago en lo referente a *Patella ferruginea*.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Estancias en el archipiélago

Los trabajos de campo para el presente estudio se llevaron a cabo durante un total de 8 estancias en el archipiélago entre junio de 2005 y agosto de 2006. La distribución temporal de estas estancias se realizó en función de los datos conocidos acerca del ciclo reproductor de *Patella ferruginea* procedentes del trabajo de FRENKIEL (1975), procurando centrar un mayor porcentaje de esfuerzo de muestreo durante el otoño, época en la que en principio se centra la actividad reproductora de la especie. De este modo las estancias se llevaron a cabo durante los meses de junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2005, y de abril, junio-julio y agosto de 2006. Todas las estancias llevadas a cabo entre septiembre y diciembre de 2005 se realizaron durante la segunda quincena del mes; esta información resulta relevante para analizar con precisión los resultados del desarrollo de la actividad reproductora obtenidos a lo largo de estos meses.

Además de las anteriores, el autor del presente informe realizó una estancia en el archipiélago en marzo de 2005, con anterioridad a la firma del Contrato. Durante este periodo, se llevaron a cabo algunas observaciones y trabajos preparatorios cuyos resultados se han utilizado en este informe.

Por otra parte, se solicitó la captura de algunos ejemplares de *P. ferruginea* a los responsables del equipo de GENA S.L. en algunos periodos de interés en los que no se había planificado llevar a cabo ninguna estancia por parte del equipo del presente Contrato. Estas muestras fueron obtenidas en la segunda quincena de los meses de enero y julio de 2006.

2.2. Aspectos biométricos

En los distintos aspectos del trabajo, se define la talla de los ejemplares de *P. ferruginea* en función del tamaño de la concha. En la mayoría de aspectos, se tomaron dos parámetros biométricos diferentes de la concha de los ejemplares: “Diámetro máximo” (DM) y “Anchura máxima” (AM) (Figura 2.1). El diámetro máximo se define como la longitud máxima de la concha a lo largo de su eje longitudinal, incluyendo las prominencias en su perfil debido a la prolongación de las “costillas” que habitualmente recorren su superficie. La anchura máxima se define como la amplitud máxima de la concha en un eje perpendicular al anterior.

A lo largo del estudio se ha utilizado el “Diámetro máximo” (DM, en milímetros) como parámetro representativo de la talla de los ejemplares.

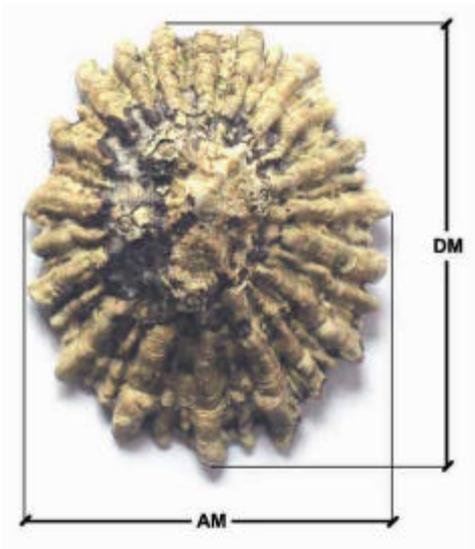


Figura 2.1. Biometría de ejemplares de *Patella ferruginea*. DM: Diámetro máximo; AM: anchura máxima

2.3. Prospecciones de distribución y abundancia

Se ha realizado una revisión de los datos de distribución y abundancia de *P. ferruginea* en las islas Chafarinas, disponibles a partir de trabajos realizados en el archipiélago durante 2000 (GUALLART, 2000). El objetivo era adaptar la información existente a la revisión del trazado de la línea de costa del archipiélago llevada a cabo durante la batimetría elaborada en 2004 y que había mostrado algunas diferencias relevantes con el precedente de la cartografía terrestre elaborada en 1999 y utilizada en los trabajos iniciales. Durante las tareas llevadas a cabo se han realizado asimismo algunas observaciones que han puesto de manifiesto el cambio de densidad de ejemplares en algunos tramos del litoral, resultados que han sido utilizados para actualizar la información acerca de la especie en el archipiélago.

La metodología utilizada para el estudio de la distribución y abundancia se basa en: (1) definir a lo largo de la totalidad del litoral de las tres islas tramos de costa con una densidad de ejemplares homogénea y, en lo posible, con uniformidad en cuanto a factores que pudieran influir en la distribución de la especie: (orientación, inclinación, tipología costera,...); y (2) realizar estimas de densidad de ejemplares para cada uno de estos tramos. La densidad de ejemplares por metro lineal de costa se ha usado de este modo como parámetro de abundancia de la especie en cada tramo de litoral. Por otra parte, una estima del número de ejemplares presentes en cada tramo se puede calcular mediante el producto de la densidad por metro lineal de costa por la longitud en metros del tramo de costa en que se encuentra.

Estos recorridos se realizaron a pie o bien, en aquellas zonas no accesibles (e.g. acantilados verticales), desde la embarcación neumática. La definición de los tramos de costa se realizó durante estas prospecciones. Se prospectaron asimismo los escollos y rocas separadas de la línea de costa; dado que en éstos la distribución de los ejemplares no suele ser "lineal" sino "en superficies", en la mayoría de los casos se realizaron recuentos o estimas del total de ejemplares en cada uno de éstos. En total se ha dividido el litoral del archipiélago en 394 tramos de los cuales el 19,3 % (n = 33) corresponden a

escollos y rocas separadas de la línea de costa (Tabla 1). La longitud de los tramos de costa oscila entre 3,9 y 240,1 m, con un promedio de 31,7 m, siendo el 86,3 % de los tramos definidos de una longitud inferior a 50 m. Para la determinación de la longitud de cada uno de los tramos se ha utilizado la cartografía más reciente y detallada disponible, elaborada inicialmente por Servicio Geográfico del Ejército en 1999, con las correcciones aportadas para la línea de costa en la batimetría llevada a cabo en 2005. Esta cartografía está elaborada para ser impresa a una escala 1:1.000. Todas las mediciones se han realizado a partir de soporte digital.

Los distintos recorridos se llevaron a cabo en diferentes épocas del año. Aunque no se siguió un orden preciso para completar las prospecciones de la totalidad de las tres islas, en el caso de la isla de Rey Francisco la mayor parte de trabajos se realizaron a finales del verano y principios de otoño, con el fin minimizar el impacto negativo que pudieran tener los recorridos sobre las aves nidificantes en épocas de cría.

Las estimas de densidad y abundancia de ejemplares se realizaron mediante distintos procedimientos en función de la accesibilidad del perfil de la costa y de la densidad de ejemplares. En aquellas zonas más accesibles, en general, se llevó a cabo para cada tramo recuentos de ejemplares en segmentos de 1 m de longitud lineal de costa, distribuidos aleatoriamente en el interior de cada tramo. La densidad estimada se consideró como el promedio de los distintos valores obtenidos por este procedimiento. En aquellas zonas accesibles pero con una baja de densidad de ejemplares, se realizaron habitualmente recuentos de la totalidad de ejemplares observados en la zona, calculando posteriormente la densidad como el cociente entre el número de ejemplares y la longitud del tramo de costa. En cambio, en las zonas menos accesibles, en las que las observaciones se tuvieron que realizar desde la embarcación, se realizaron directamente estimas visuales de densidad. Todos los recuentos y estimas de densidad de ejemplares se realizaron en periodos de bajamar.

A todos los efectos, se han considerado únicamente en estos trabajos los ejemplares de tamaño superior a 30 mm DM. Se decidió excluir del estudio a los ejemplares de talla inferior a ésta por varios motivos. En primer lugar, los recorridos llevados a cabo desde embarcación no permiten la búsqueda detallada de los ejemplares de menor tamaño por lo que la inclusión de estos últimos hubiera supuesto un claro sesgo entre las prospecciones desde embarcación y los recorridos a pie. Por otra parte, este límite de talla corresponde aproximadamente a la talla de madurez sexual por lo que, en principio, el estudio puede considerarse que se ha centrado sobre el contingente de adultos. Además, tal y como se puso de manifiesto durante los censos en transecto realizados estacionalmente (ver apartado de “Reclutamiento”), la abundancia de ejemplares de menor tamaño en una zona fluctúa a lo largo del año, debido en buena parte al reclutamiento invernal y a la mayor mortalidad natural de juveniles durante el primer año de vida; su inclusión en el estudio hubiera supuesto la necesidad de realizar todos los trabajos en una única época del año, con el fin de garantizar la comparabilidad de los resultados de distintas zonas.

Se ha caracterizado cada tramo del litoral en función de 6 parámetros: grado de exposición al hidrodinamismo, inclinación, anchura del mesolitoral, grado de cobertura de *Chthamalus* spp, grado de presencia de *Dendropoma petraeum* y grado de desarrollo vertical de las formaciones de esta última especie.

El *grado de exposición al hidrodinamismo* se categorizado en 4 valores, desde 1 “muy protegida” hasta 4 “muy expuesta” a partir de los datos de frecuencia y velocidad media del viento registrados a lo largo de un ciclo anual en la Estación Biológica, así como del *fetch* correspondiente a cada orientación de la rosa de los vientos. En la Figura 2.2 se observa que los vientos más frecuentes proceden de las orientaciones N, E y W, a las cuales corresponden asimismo de forma aproximada las mayores velocidades medias del viento. Sin embargo la distribución del *fetch* es diferente, siendo mayor para las orientaciones del primer y cuarto cuadrante comprendidas entre el NW y NE, y marcadamente menor el *fetch* correspondiente a la orientación W, por la proximidad del Cabo de Tres Forcas. De este modo, se ha considerado que las zonas más expuestas corresponden a las orientadas hacia vientos del primer cuadrante, entre N y NE mientras que un grado de orientación inferior se ha asignado a los sectores expuestos al W y NW. Los tramos orientados al S se han considerado relativamente resguardados. Para asignar el grado de exposición a cada tramo se ha tenido en cuenta además otros factores de la topografía de las islas como la presencia de escollos o rocas aisladas de la línea de costa que disminuyen la acción del oleaje, o la posición relativa respecto a las otras islas, que puede suponer un cierto resguardo respecto a la orientación de los vientos dominantes.

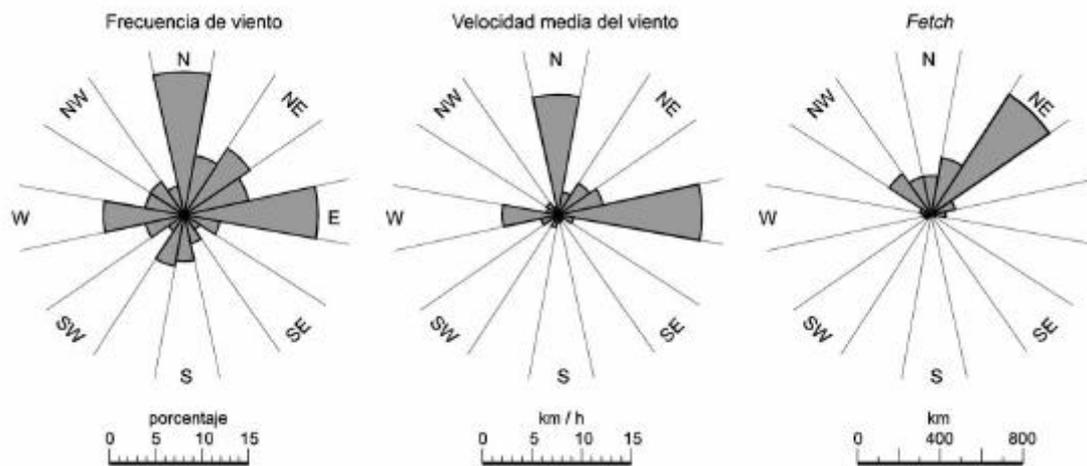


Figura 2.2. Distribución para las distintas orientaciones de frecuencia y velocidad media del medio y *fetch* en las Islas Chafarinas.

La *inclinación del sustrato* se ha agrupado en una escala 5 valores, entre 0 (plataformas subhorizontales) y 4 (paredes verticales o extraplomadas).

La *anchura del mesolitoral* hace referencia a la anchura identificable del piso mesolitoral superior, tomando como límite inferior el nivel medio del mar donde se localizan habitualmente formaciones de *Dendropoma petraeum* y el límite superior la zona donde alcanzan a distribirse ejemplares de *Chthamalus* spp., siempre por debajo del área de cobertura del líquen *Verrucaria symbalana*. Se ha agrupado en 3 categorías:

Anchura del mesolitoral

- 1: menor de 0,5 m
- 2: entre 0,5 y 1 m
- 3: mayor de 1 m

El *grado de cobertura* de *Chthamalus* spp. sobre la roca se ha categorizado en 5 valores, entre 0 (ausente) y 4 (*Chthamalus* cubriendo de manera casi completa la superficie en el mesolitoral superior).

Por último la *presencia* de formaciones de *Dendropoma petraeum* y su *grado de desarrollo vertical* se ha categorizado como:

Presencia

0: *ausente o no detectada*

1: *ejemplares aislados*

2: *manchas dispersas*

3: *banda discontinua*

4: *banda continua*

Grado de desarrollo vertical

0: *mínimo desarrollo vertical; los ejemplares o el conjunto de éstos no forma abultamientos evidentes en el terreno*

1: *desarrollo vertical reducido; las masas de Dendropoma se elevan hasta 5 mm sobre el sustrato.*

2: *las masas de ejemplares forman abultamientos entre 5 y 15 mm aproximadamente*

3: *las masas de ejemplares presentan un marcado desarrollo vertical, superior a los 15 mm*

Las playas de bolos y guijarros presentes en algunos sectores de archipiélago se han considerado como un hábitat inadecuado para esta especie dado que el modo de vida de *P. ferruginea*, al igual que la mayoría de Patellidae, implica la necesidad de un sustrato rocoso estable. En la presentación de los resultados se tratan aparte las zonas de costa con esta tipología costera. En cambio, sí se han considerado como zonas potencialmente adecuadas para *P. ferruginea* los tramos de costa formadas por bloques de tamaño mediano y grande, con evidencias de estar consolidados. En ninguno de los escollos parcialmente emergidos pero sin supralitoral se han detectado ejemplares; por ello, estos enclaves no se han contabilizado en el estudio.

Con fines descriptivos se ha dividido la línea de costa de cada isla en varios sectores: 7 para la isla de Congreso, 6 para Isabel II y 7 para Rey Francisco.

2.4. Censos en transecto

Los censos en transecto consisten en el recuento y categorización por grupos de talla de todos los ejemplares hallados en tramos de litoral de una longitud definida. La información obtenida a partir de estos censos puede resultar de utilidad en diferentes aspectos:

- distribución y abundancia
- detección de reclutamiento (época, abundancia)
- crecimiento

En marzo de 2005 se realizaron censos en 16 transectos distribuidos entre las tres islas: 4 en Congreso, 6 en Isabel II y 6 en Rey Francisco (Figura 2.3). Los límites de cada transecto se marcaron bien mediante marcas de cincel en la roca en forma de “T”, bien utilizando como referencia marcas existentes en el sustrato (e.g. límite de una roca, grietas,...). La longitud aproximada de los transectos estableció en torno a 10 m. En algunos casos se prefirió aprovechar marcas naturales para facilitar el reconocimiento de los transectos, por lo que la longitud establecida fue algo superior a este valor. En conjunto, la longitud de los transectos osciló entre 10 y 13,4 m (media = 12,2 m). Los resultados de los censos se han tipificado dividiendo el número de ejemplares por la longitud del transecto y se presentan a lo largo del presente informe como “densidad de ejemplares”, es decir, número de ejemplares por metro lineal de costa.

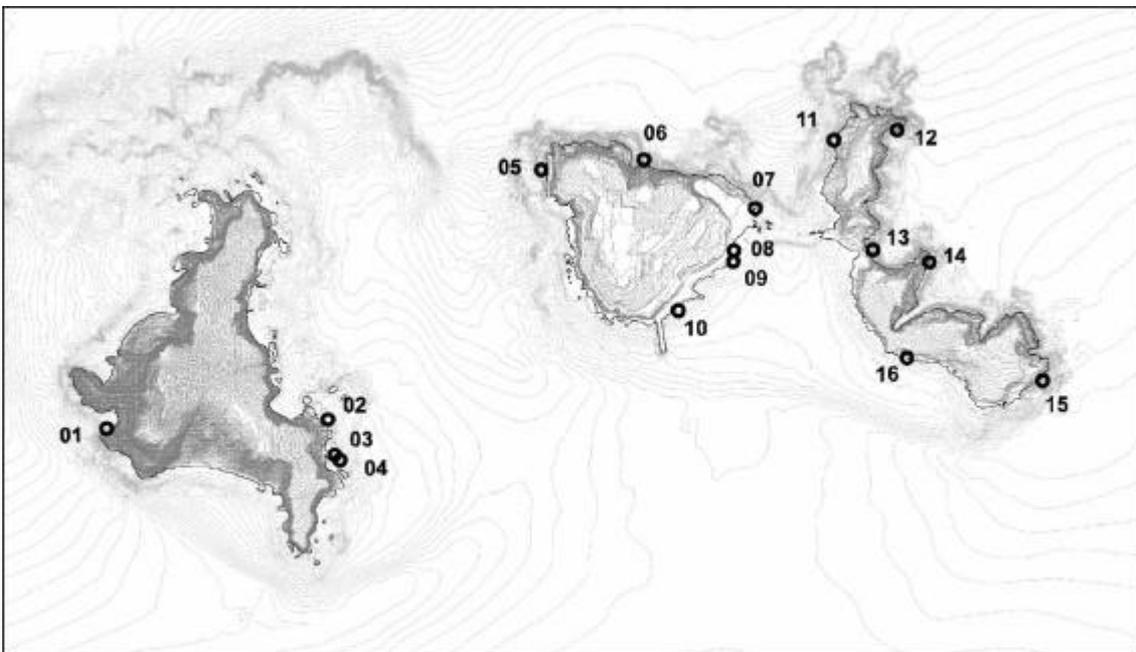


Figura 2.3. Localización de los transectos donde se llevaron a cabo los censos de ejemplares de *P. ferruginea* en marzo de 2005. CONGRESO. 01: Cuevas del Lobo. 02: Sur Cuevas de Lara. 03: Embarcadero de Levante I. 04: Embarcadero de Levante II. ISABEL II. 05: Punta España. 06: Punta de la Torre. 07: Norte dique roto. 08: El Pirata. 09: El mirador. 10: Puerto. REY FRANCISCO. 11: Noroeste Rey. 12: Noreste Rey. 13: La Sartén. 14: Punta de los Cormoranes. 15: Punta Buticlán. 16: El baño de la reina.

A la hora de definir los transectos se decidió, por una parte, realizar algunos censos en zonas para la que se dispusiera de este tipo de información procedente de trabajos realizados con metodología semejante en años anteriores y, por otra, llevar a cabo censos en sectores en que no se hubieran realizado previamente. Dado que parte de los objetivos del trabajo era detectar reclutamiento, estas últimas zonas no se escogieron al azar sino que se seleccionaron algunos tramos en que la densidad de ejemplares observada era media o alta. La única excepción corresponde a un transecto (“08. El Pirata. Isabel”) en que se detectó una disminución considerable de la densidad de ejemplares respecto a observaciones anteriores por lo que se decidió registrar la abundancia existente en ese momento.

Hay que destacar que en los trabajos llevados a cabo en años anteriores en el archipiélago los transectos utilizados para los censos de *P. ferruginea* fueron de longitud superior. En 1994 los primeros censos llevados a cabo por el equipo de Laboratorio de Biología Marina de la Universitat de València se realizaron en transectos de 50 m de longitud. Para ello se basaron en la metodología utilizada por otros autores en *P. ferruginea*; durante estos primeros trabajos se puso de manifiesto que la densidad de ejemplares en el archipiélago era considerablemente mayor a la descrita por estos autores, por lo que cada censo realizado de este modo, que en ocasiones podían incluir casi un millar de ejemplares, suponía un esfuerzo de muestreo considerable. A partir de 1999 y hasta 2003, los censos llevados a cabo por el equipo de GENA S.L. restringieron la longitud de los transectos a 25 m. En el presente estudio se han reducido de nuevo a una longitud en torno a 10 m, al considerar que el número de ejemplares habitualmente hallado en estos transectos es suficientemente representativo, con la ventaja adicional de que la selección de tramos de costa más cortos permite definir zonas con tipología del sustrato más uniforme.

En cada transecto se hizo un recuento de todos los ejemplares de *P. ferruginea* presentes, midiendo el diámetro máximo (DM) de la concha para categorizarlos en grupos de talla de 5 mm de amplitud. Todos los censos se realizaron en condiciones de marea baja y mar en calma, dado que incluso con oleaje suave bañando las rocas es fácil que pasen inadvertidos ejemplares ocultos en grietas o pequeños extraplomos, sobre todo aquellos de menor talla. Se tuvo particular cuidado en la búsqueda de juveniles de pequeño tamaño; sin embargo se consideró que la búsqueda sistemática de todos los juveniles de talla inferior a 5 mm DM (fácilmente camuflables en las anfractuosidades de la roca o entre la cobertura de *Chthamalus* spp.) requeriría un tiempo desmesurado para la realización de cada uno de los censos. En la práctica se considera que el esfuerzo de muestreo utilizado en cada transecto permite identificar la mayoría de ejemplares de talla superior a unos 8 mm DM. Se procuró registrar asimismo los ejemplares juveniles adheridos en la concha de otros individuos adultos, si bien este hecho fue particularmente difícil en los ejemplares localizados en grietas o en pequeños extraplomos.

Este tipo de censos se repitió a lo largo 2005 y 2006 en algunos de los transectos, con el fin de analizar variaciones estacionales de la densidad sobre todo de los juveniles procedentes del reclutamiento anual. Para ello, se seleccionaron tres de los transectos para los que se tenía información procedente de los últimos años:

- Embarcadero Levante Congreso
- Norte Dique Roto Isabel
- La Sartén Rey

En el apartado de resultados se ha utilizado con fines comparativos, y así se señala en cada caso, datos procedentes de censos llevados a cabo en años anteriores: datos de 1994 obtenidos por el equipo del Laboratorio de Biología Marina de la Universitat de València y datos entre 1999 y 2003 procedentes de los trabajos llevados a cabo por personal de GENA, S.L. para el Organismo Autónomo de Parques Nacionales.

2.5. Marcaje de ejemplares

El marcaje de ejemplares, un sistema para el reconocimiento individual de determinados especímenes objeto de estudio y seguimiento, puede presentar utilidad para numerosos aspectos. En concreto en el presente estudio su utilización se ha centrado en trabajos de:

- comportamiento
- cambio de huella
- crecimiento
- identificación de ejemplares traslocados a SD

2.5.1. Técnica de marcaje

La técnica de marcaje utilizada consiste en adherir a la concha unas piezas de plástico de colores numeradas, quedando identificado cada ejemplar mediante la combinación de números y colores (Figura 2.4.). Se han utilizado como marcas piezas circulares de 6 mm de diámetro de una lámina de plástico semirrígido, recortadas mediante el uso de un taladro de papel. Sobre estas piezas se marcaba mediante un troquel un número de un solo dígito, cuya impresión era posteriormente realizada mediante tinta con un rotulador indeleble. De los 10 dígitos disponibles se excluyó el número 9 por poder presentar confusiones con el número 6. El número de códigos utilizable en una determinada zona es por tanto un múltiplo de 9 en función del número de colores de plástico disponible; inicialmente se utilizaron tres colores, azul, rojo y amarillo, si bien posteriormente se utilizaron además los colores verde, naranja y blanco. En los ejemplares de menor tamaño (DM < 25 mm) estas marcas son en la práctica demasiado grandes para ser adheridas adecuadamente sobre la concha; así, en algunos casos se marcaron ejemplares de este grupo de tallas mediante piezas de plástico sin numerar de pequeño tamaño (aproximadamente 2 mm Ø), en las que el código identificativo hacía por tanto únicamente referencia al color de la marca.

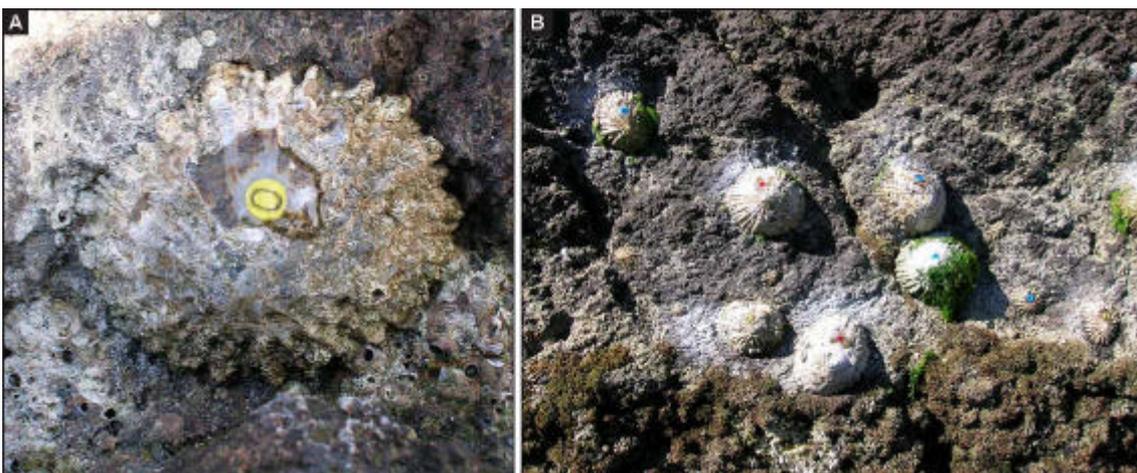


Figura 2.4. Ejemplo de marcaje de ejemplares. (A) Ejemplar “M0” (“amarillo 0”) tras su marcaje, en la zona del “Embarcadero Levante Congreso”. (B) Fotografía de grupo de ejemplares marcados, del conjunto de imágenes utilizadas para el seguimiento de desplazamientos o cambios de huella de los ejemplares marcados.

Estas piezas eran adheridas a la concha mediante una resina de poliéster de dos componentes transparente. Previamente una porción de la concha en su mitad posterior era limada para eliminar el recubrimiento de algas u otros organismos presentes habitualmente sobre éstas y obtener además una superficie lisa. Tras limpiar esta porción de la concha con alcohol para eliminar residuos y facilitar su secado, se colocaba la resina y la marca, procurando que esta última quedara inmersa completamente en la resina.

Tras el marcaje, cada ejemplar era medido (DM: diámetro mayor; AM: anchura máxima) tres veces de manera no consecutiva. El motivo de esta reiteración es que por la morfología de la concha y su ubicación sobre un sustrato irregular, las mediciones de la concha no son muy precisas. De hecho, al realizar las mediciones se observaba entre ellas algunas diferencias que habitualmente eran de entorno al 1% del tamaño de la concha, si bien en determinados ejemplares llegaban a alcanzar hasta el 4%. De esta manera, la talla del ejemplar en cada biometría se ha considerado como el promedio de las tres mediciones realizadas.

El sistema utilizado permite el marcaje de ejemplares en el campo, cuando se hallan localizados sobre su huella. El hecho de que se lleve a cabo sin que precise su separación del sustrato debe contribuir sin duda a la supervivencia de los ejemplares y a que afecte de manera reducida a su comportamiento o crecimiento tras el proceso de marcaje. Requiere sin embargo que éste se realice en situaciones de marea baja y mar completamente en calma, a ser posible con cielo soleado, para que las conchas permanezcan secas mientras son preparadas y para el secado adecuado de la resina. La resina utilizada requiere un mínimo de unos 30 minutos antes de que pueda ser mojada por las olas y de manera ideal precisa de 1 ó 2 horas antes de endurecer completamente. Este hecho ha limitado las posibilidades de marcaje de ejemplares en diferentes zonas, en función de las condiciones meteorológicas durante las estancias del archipiélago.

Durante el seguimiento de los ejemplares en los diferentes aspectos de estudio (comportamiento, crecimiento, cambio de huella) a lo largo de las distintas estancias en el archipiélago ha sido necesario realizar algunas tareas de mantenimiento de las marcas. En general en cada estancia, se ha realizado una limpieza de la superficie de la resina para eliminar organismos epibiontes que dificultarían a medio plazo la identificación de las marcas. Por otra parte, en algunos casos se produjo la pérdida de la marca; en algunos de éstos en que se pudo identificar al ejemplar por la posición de la huella y por el registro fotográfico obtenido previamente, se procedió a colocar una nueva marca con el código identificativo original.

Durante el presente estudio se ha realizado el marcaje de una serie de ejemplares en 4 zonas del archipiélago (Figura 2.5):

- Norte Dique Roto Isabel: 19 ejemplares en marzo de 2005, 13 ejemplares en octubre de 2005 y 24 ejemplares en abril de 2006.
- El Pirata Isabel: 20 ejemplares en abril de 2006
- Embarcadero Levante Congreso.: 27 ejemplares en marzo de 2005
- Baños de la Reina Rey: 25 ejemplares en septiembre de 2005

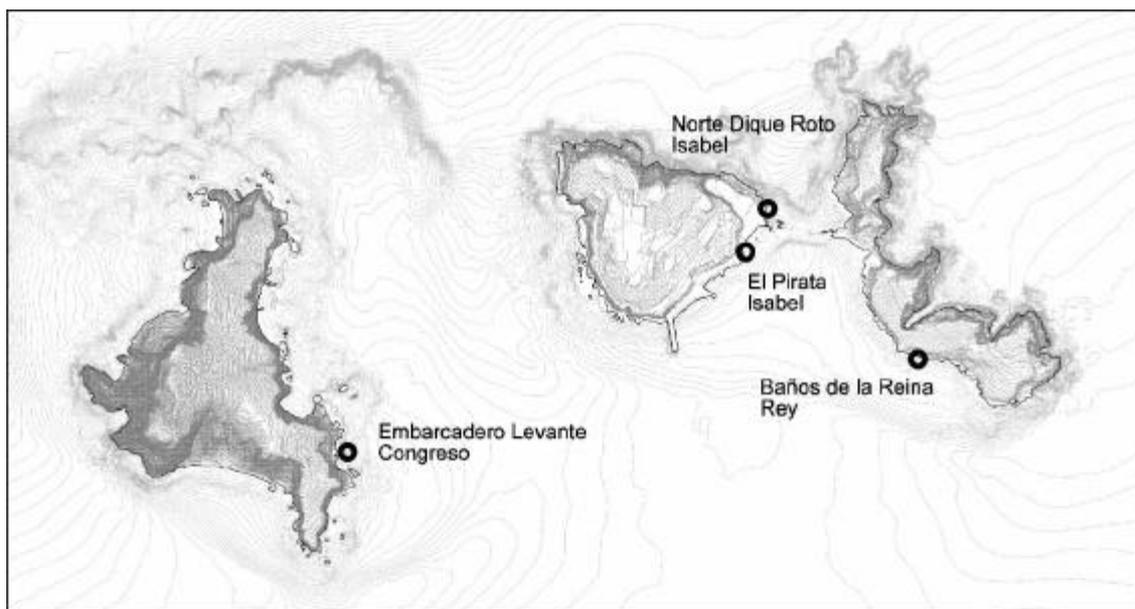


Figura 2.5. Localización de las 4 zonas donde se realizó el marcaje de ejemplares de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas durante el presente estudio.

Tras el marcaje se realizó una fotografía digital de cada uno de los ejemplares marcados. Asimismo, se realizaron fotografías de la zona en que se localizaban. Estas últimas imágenes han sido utilizadas para los trabajos de seguimiento de comportamiento y de cambio de huella

2.5.2. Comportamiento

Los estudios de comportamiento se llevaron a cabo en la zona de marcaje “Norte Dique Roto Isabel” (Figura 2.5). La ubicación de esta zona en las proximidades de la Estación Biológica permite realizar numerosas visitas a la zona en distintos momentos del día o de la noche para el seguimiento de ejemplares.

A partir de fotografías realizadas en este sector, se elaboró una cartografía detallada a escala de la zona, con la posición en su huella de los ejemplares marcados (Figura 2.6.). El seguimiento ha consistido en la visita periódica a la zona para el registro de la posición en el sustrato de cada uno de los ejemplares. En cada caso se anotó sobre la cartografía la posición de cada uno, tomando como referencia marcas e irregularidades del sustrato.

Estas visitas se realizaron de manera no regular en diferentes momentos del día (principalmente al amanecer, unas dos horas antes y después del mediodía, al atardecer y por la noche) y bajo diferentes condiciones de marea y de oleaje. En cada una de ellas se registraron las condiciones de insolación, nivel de marea y grado de inmersión de los ejemplares (este último parámetro, relacionado tanto con el nivel de marea como con el oleaje). Estos parámetros se categorizaron en los siguientes valores:

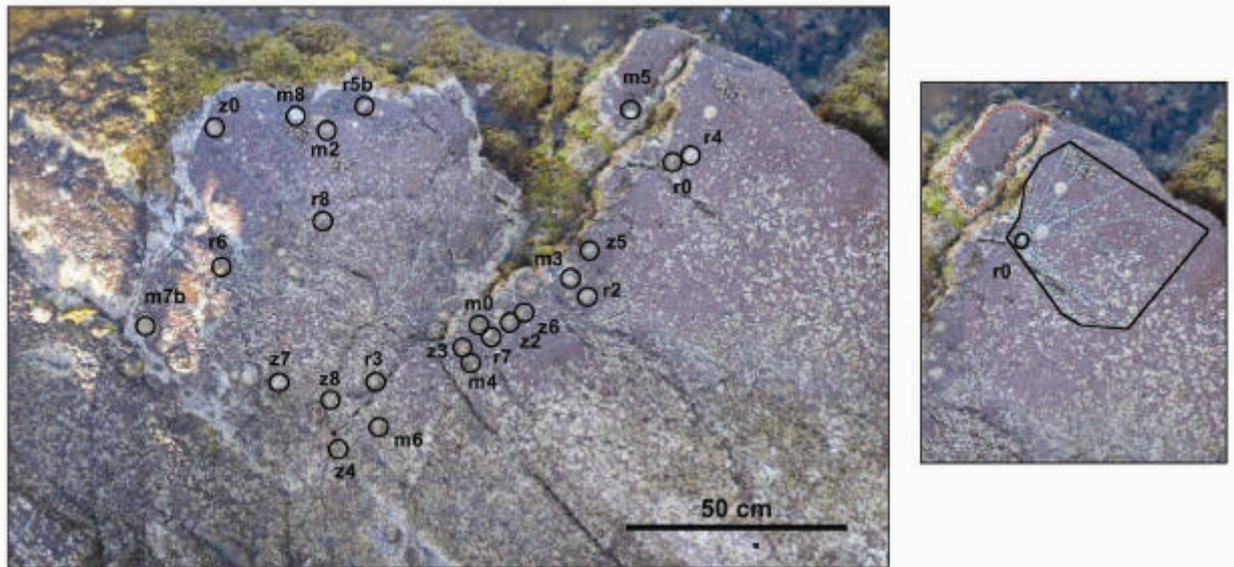


Figura 2.6. Imagen de la zona de marcaje “Norte Dique Roto Isabel”, utilizada para el seguimiento de los desplazamientos tróficos de ejemplares. A la derecha se presenta un detalle de los recorridos realizados por un ejemplar (“r0”) y el área de campeo dibujada a partir de éstos.

Nivel de marea

- 2: muy baja
- 1: baja
- 0: nivel medio
- 1: alta
- 2: muy alta

Grado de inmersión de los ejemplares

- 1: completamente emergidos
- 2: sumergidos ocasionalmente
- 3: frecuentemente sumergidos
- 4: casi permanentemente sumergidos

Grado de insolación

- 1: noche
- 2: nublado o sombra
- 3: sol

De acuerdo con los datos obtenidos por GUALLART (1999) en las Islas Chafarinas la marea astronómica presenta un patrón de carácter semidiurno, al que se le suma los residuos de nivel del mar de origen meteorológico. El rango de oscilación de nivel del mar por la componente astronómica alcanza en las mareas vivas equinocciales aproximadamente 40 cm, siendo en las mareas vivas equinocciales de en torno a 10 cm. El rango total de variación registrado a lo largo de un periodo anual incluyendo ambas componentes fue aproximadamente de 70 cm. Durante el presente estudio la determinación del “nivel de marea” se estimó mediante la observación del nivel del

agua en relación a las formaciones de *Dendropoma petraeum* presentes en la zona que se localizan, de acuerdo con observaciones precedentes, en el nivel medio del mar.

No se realizaron observaciones en condiciones de fuerte oleaje, por evidentes motivos de seguridad.

Los trabajos relativos a este apartado se llevaron a cabo en marzo y junio de 2005. En el presente informe se han utilizado además datos obtenidos en la zona siguiendo la misma metodología en abril, julio y septiembre de 2003. En conjunto se han obtenido de este modo un total de 166 observaciones. El número de ejemplares objeto de seguimiento en cada caso ha sido variable, entre 14 y 26 (promedio = 19,2), debido a la diferente intensidad del marcaje inicial en los dos años de estudio y a la pérdida progresiva de algunas marcas.

Los resultados de distancia a la huella y área de campeo se calcularon a partir de los registros de posición de los ejemplares en la cartografía. El “Área de campeo” para un ejemplar se ha definido como un polígono con ángulos convexos que comprende todas las posiciones registradas (ver Figura 2.6). En algún caso en que un polígono trazado de esta manera incluía zonas del mesolitoral inferior (el límite en esta zona entre mesolitoral superior e inferior viene marcado por una banda continua de *Dendropoma petraeum*) se ha corregido su trazado para que no incluyera esta zona dado que, a partir de las observaciones realizadas, los ejemplares de *P. ferruginea* nunca ocupan este hábitat. Para definir el área de campeo únicamente se han utilizado aquellos ejemplares para los que se pudo realizar más de 60 observaciones de posición y para los cuales se detectaron más de 15 veces fuera de su huella.

2.5.3. Crecimiento individual

Para los estudios de crecimiento individual de la concha de los ejemplares marcados, se realizaron biometrías de éstos en todas las estancias en el archipiélago en que fue posible. Hay que señalar que este trabajo únicamente se puede realizar en condiciones de mar en calma y marea baja lo cual plantea limitaciones para ser llevado a cabo en función de las condiciones meteorológicas. De esta manera, en algunas de las estancias no ha sido posible realizar la biometría de los ejemplares en algunos o en ninguno de los transectos.

En cada ocasión se revisó la presencia de cada ejemplar, se constató la presencia o ausencia de la marca, se realizó una limpieza de ésta y se llevó a cabo la biometría de la concha. Tal y como se ha señalado anteriormente, cada biometría consistió en la medición 3 veces de manera no consecutiva del diámetro máximo (DM) y anchura máxima (AM) de cada ejemplar. A todos los efectos se ha considerado como medida representativa en cada biometría el promedio entre las tres mediciones realizadas.

2.5.4. Cambio de huella

Durante la revisión de los ejemplares en las zonas de marcaje se comprobó la localización de los ejemplares respecto a su huella anterior, utilizando la cartografía elaborada en cada zona a partir de las fotografías realizadas.

Todos estos trabajos se realizaron en condiciones de mar en calma y marea baja, con el fin de minimizar el riesgo de confundir un cambio de huella con un desplazamiento trófico.

Se consideró que un ejemplar localizado fuera de su posición original había cambiado de huella (y no, por ejemplo, había quedado detenido temporalmente en un punto durante un desplazamiento trófico) cuando mostraba signos de crecimiento de la concha para adaptarse al sustrato sobre el que se localizaba.

2.6. Captura y procesado de ejemplares

Durante el presente estudio ha sido necesaria la captura y sacrificio de un cierto número de ejemplares de *Patella ferruginea* para estudiar determinados aspectos de su biología, particularmente su ciclo reproductor.

Dado el estatus de protección de la especie se planteó inicialmente la captura de un número muy limitado de ejemplares. De acuerdo con este planteamiento, se consideró la captura de hasta un máximo de 200 ejemplares, para lo cual se solicitó y se obtuvo autorización de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (Ministerio de Medio Ambiente).

A lo largo del estudio se capturaron con este fin un total de 168 ejemplares, distribuidos en diferentes épocas del año (Tabla 2.1). El mayor número de ejemplares se obtuvo entre los meses de septiembre y diciembre, época en la que, de acuerdo con los datos previos de FRENKIEL (1975), se centraba la actividad reproductora. En la Figura 2.7 se presenta la distribución de tallas de los ejemplares capturados.

Año	Mes	n° ejs.
2005	Marzo	10
	Junio	10
	Septiembre	20
	Octubre	22
	Noviembre	32
	Diciembre	20
2006	Enero	10
	Abril	10
	Junio	8
	Julio	10
	Agosto	16
TOTAL		168

Tabla 2.1. Número de ejemplares de *P. ferruginea* capturados y procesados durante el presente estudio.

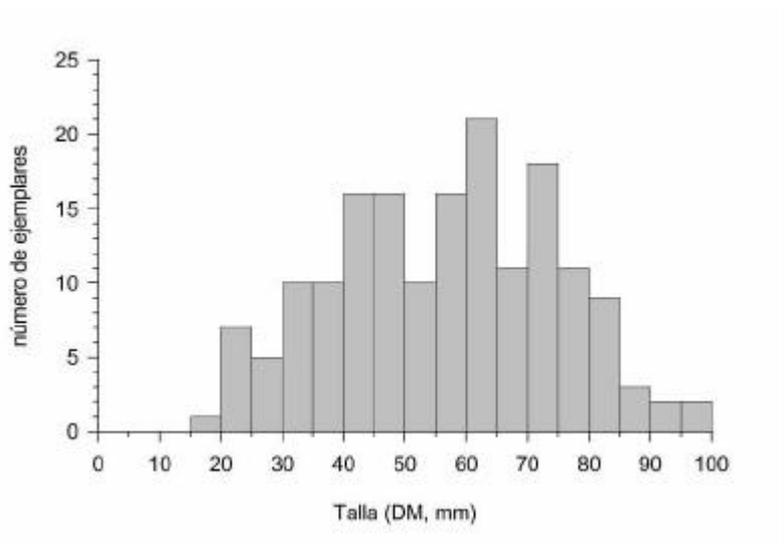


Figura 2.7. Distribución de tallas de los ejemplares de los ejemplares capturados para estudios de reproducción.

Los ejemplares se recolectaron de diferentes zonas del archipiélago. Todos los que sectores en que se obtuvieron presentaban una elevada densidad de ejemplares, superior a 8 ejs./ m.

Los ejemplares previamente a su procesado fueron medidos y pesados. Tras separar la concha, se obtuvo asimismo del peso de la masa corporal del ejemplar sin concha. De cada ejemplar se tomó una pequeña porción del músculo del pie, que fue fijada inmediatamente en alcohol absoluto para la realización posterior de estudios genéticos. La disección de los ejemplares consistió en separar las tres cuartas partes posteriores del pie hasta poner al descubierto la gónada. Ésta se sitúa inmediatamente sobre el pie y bajo el resto de la masa visceral. Tras realizar observaciones acerca de la morfología y características de la gónada, los ejemplares fueron fijados en formalina 7% tamponada con hexametilen-tetramina. Los resultados del presente informe acerca de la biología reproductiva de la especie se basan únicamente en el estudio macroscópico de las gónadas. Todas las muestras de los ejemplares, incluidas sus conchas, han sido depositadas en el Museo Nacional de Ciencias Naturales para posteriores estudios.

En la mayor parte de los casos la disección de los ejemplares y la realización de observaciones acerca de la morfología de las gónadas se llevaron a cabo en fresco en la Estación Biológica de las Islas Chafarinas. Sin embargo las muestras de los meses de enero y julio de 2006, en que no se llevó a cabo ninguna estancia en el archipiélago por parte del autor de este informe, fueron obtenidas gracias a la colaboración del personal de GENA S.L. y los ejemplares fueron fijados enteros en formalina tras su captura. En estos casos, las observaciones de las gónadas llevadas a cabo posteriormente fueron realizadas por tanto a partir de material fijado.

2.7. Sexado de ejemplares mediante técnicas no letales

Se ha ensayado en *P. ferruginea* durante el presente estudio una técnica propuesta por WRIGHT y LINDBERG (1979) y utilizada con éxito en estudios

posteriores (e.g. WRIGHT y LINDBERG, 1982; LE QUESNE y HAWKINS, 2006) que permite la determinación del sexo en ejemplares de Patellidae sin que implique el sacrificio de éstos.

Éste método se basa en obtener una muestra de la gónada mediante una punción con una jeringuilla en la parte posterior izquierda del pie de los ejemplares hasta alcanzar la zona donde se localiza la gónada. La muestra obtenida presenta un color blanco lechoso en el caso de los machos y un color entre anaranjado y marrón, con presencia de ovocitos visibles a simple vista, en el caso de las hembras (Figura 2.8). Esta técnica solo es utilizable en la época en que los ejemplares presentan la gónada bien desarrollada y madura.

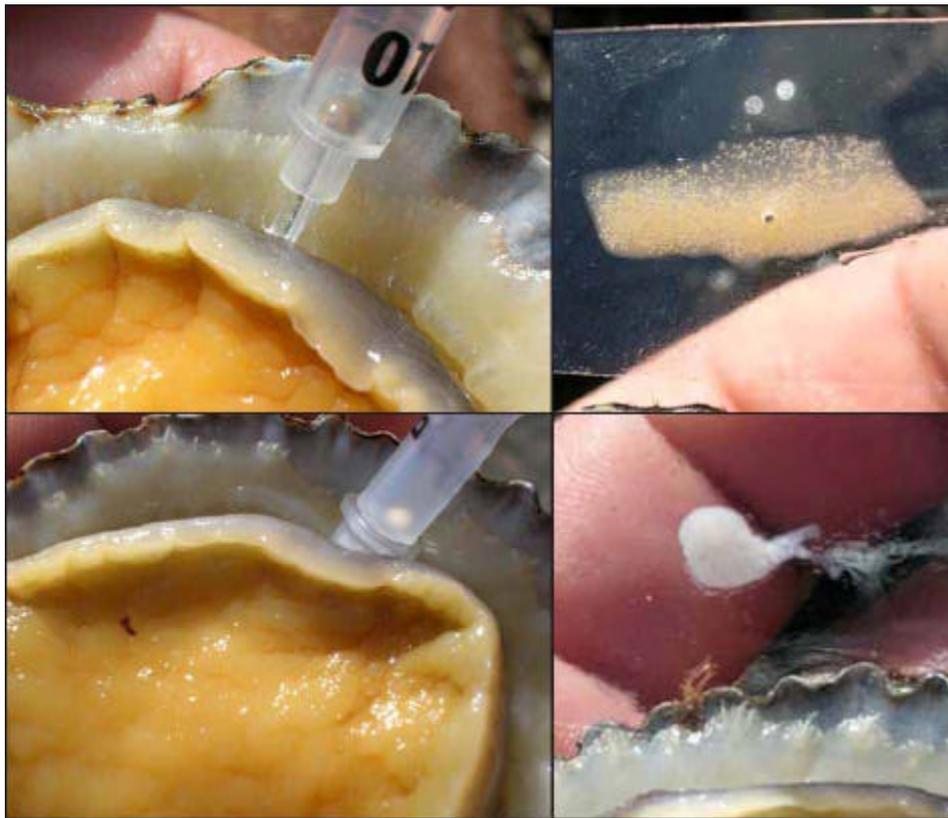


Figura 2.8. Ejemplo de sexado de ejemplares mediante la técnica no letal de WRIGHT y LINDBERG (1979). Las imágenes de la parte superior corresponden al sexado de una hembra mientras que las de la parte inferior al de un macho.

De este modo se ensayó este procedimiento en 31 ejemplares, entre los meses de septiembre y noviembre, en los que se centra la actividad reproductora. Los ejemplares se obtuvieron utilizando un cuchillo romo para despegarlas del sustrato en distintas zonas del archipiélago, en momentos de que estaban desplazándose fuera de su huella, coincidiendo con periodos de marea alta o en situaciones en que el oleaje bañaba regularmente las rocas. Tras realizar la punción, los ejemplares fueron devueltos al punto exacto del litoral rocoso de donde fueron obtenidos. En todos los casos, el periodo de tiempo desde su captura hasta su devolución al medio fue inferior a 15 minutos. En todos los ejemplares así tratados, se produjo una adhesión al sustrato en un periodo breve, siempre inferior a un minuto. Se realizaron observaciones para

comprobar que los ejemplares devueltos al medio permanecían adheridos a las rocas después de su devolución; sin embargo no fue posible realizar un seguimiento a medio plazo para verificar que el uso de esta metodología no suponía la mortalidad de algunos de los ejemplares.

De los 31 ejemplares así analizados, se pudo determinar el sexo en 18 de ellos. El resto de ejemplares, en que tras realizar un máximo de tres intentos no pudo obtenerse una muestra de la gónada, fue devuelto al medio con el fin de minimizar las posibilidades de que posteriores intentos pudieran suponer su muerte a medio plazo.

2.8. Sustratos desmontables y colectores de juveniles

Se menciona en el presente informe como “sustratos desmontables” (SD) una serie de elementos de roca fijados al sustrato del litoral de manera que pueden ser desmontados y reinstalados en otra zona de nuevo. El uso de los SD se ha planteado con dos fines:

- traslocación y transporte de ejemplares
- utilización como colectores de juveniles

Respecto a la traslocación y transporte de ejemplares, la idea se basa en el hecho de que *P. ferruginea* presenta un vínculo a un punto del sustrato, la “huella”, al que adapta completamente su concha de manera que se protege de la desecación en los periodos en que se encuentra en emersión y asimismo contribuye a protegerla de los depredadores. En una experiencia de traslocación sencilla en que un ejemplar sería arrancado del sustrato, transportado durante un cierto periodo de tiempo y posteriormente colocado sobre un sustrato extraño, el ejemplar, más o menos debilitado, debería habituarse a un sustrato con una cobertura algal diferente a la original a la vez que sufriría un cierto estrés y debería realizar un gasto energético considerable hasta realizar un crecimiento de la concha que le permita adaptarse totalmente de nuevo al sustrato formando una nueva huella. En este periodo el ejemplar sería particularmente susceptible a la acción de los depredadores, así como a la desecación en casos de oleaje débil y bajamar. En casos de fuerte oleaje, este previsible estado de debilidad podría ser causa de que simplemente fuera despegado del sustrato por las olas lo que conllevaría su muerte. Esta puede ser una de las causas por las que los ensayos de traslocación realizados hasta la fecha en *P. ferruginea* utilizando esta metodología hayan registrado una mortalidad superior al 50 % de ejemplares durante los primeros días (LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1991b; ESPINOSA, 2005).

Frente a esto, se planteó comprobar la viabilidad de usar una metodología que se basaría en disponer una serie de SD en el litoral, dejar que adquieran una cobertura algal natural, colocar sobre ellos ejemplares de *P. ferruginea* inmediatamente tras su captura y esperar a que los ejemplares adaptaran su concha totalmente al sustrato. Una vez en esta situación los ejemplares podrían ser traslocados sencillamente desmontando los SD, transportándolos y reinstalándolos en la nueva zona.

Las ventajas en caso serían varias. En primer lugar, el tiempo en que los ejemplares están separados de su sustrato y fuera del medio natural durante el transporte

sería muy reducido. En un traslado entre dos áreas geográficas esto puede suponer uno o varios días mientras que con la técnica ensayada desde que los ejemplares son capturados hasta que son reubicados en los SD en el litoral, todo ello en el archipiélago, puede pasar menos de una hora. Esto hace que, aunque los ejemplares tengan que realizar crecimiento de su concha para adaptarse a un nuevo sustrato, este proceso lo hagan en un momento en que no habrían sufrido previamente un debilitamiento debido un transporte prolongado.

Por otra parte una vez que los ejemplares han adaptado su concha al SD, su transporte junto a este sustrato debe suponer un estrés mucho menor, dado que al estar completamente adherido a la roca no sufren pérdidas de agua de su cavidad paleal; el estrés que les puede suponer este periodo en que están fuera del medio durante el transporte puede ser semejante al que sufren habitualmente durante los periodos en que permanecen en emersión de manera prolongada en el medio natural bajo condiciones de marea baja y mar en calma.

Por último tras el transporte y una vez reinstalados los SD en su nueva ubicación, los ejemplares se encontrarían con un entorno inmediato con una cobertura algal semejante a la que habitualmente disponen. Esto facilitaría sin duda el progresivo acondicionamiento de los ejemplares a su nuevo hábitat hasta que, tras un cambio de huella, pasaran a ubicarse en el litoral rocoso.

Se planteó la necesidad de instalar los SD en zonas con elevada densidad de ejemplares. Esto en principio garantizaría que se tratara de zonas con condiciones óptimas para el desarrollo de la especie. Sin embargo esta opción planteaba un problema. En estas zonas el número de ejemplares de *P. ferruginea* podía ser tan elevado que resultaba difícil encontrar zonas libres de ejemplares donde colocar los SD. Se decidió por tanto ensayar a colocar los SD en plataformas con superficie ligeramente por debajo del nivel del mar, con cobertura de algas típicas del mesolitoral inferior o del infralitoral; en este caso el grosor de las piezas usadas como SD debía hacer que su superficie superior una vez instalada quedara a una cota sobre el nivel medio del agua.

Los SD se instalaron realizando en ellos dos taladros pasantes a una distancia determinada. Posteriormente en condiciones de marea baja y mar completamente en calma se realizaron perforaciones en la roca del litoral y se colocaron para cada uno sendos tacos de plástico de métrica 8 mm. Los SD se sujetaron a los tacos mediante tornillos y arandelas de acero inoxidable de métrica 6 mm, con una longitud dependiente del grosor del SD, todos ellos entre 60 y 80 mm de longitud.

La zona elegida para colocar los SD fue una zona plataforma adyacente al transecto "Norte Dique Roto Isabel". La instalación de SD fue progresiva y se inició en junio de 2005. Algunos de los SD se perdieron por la acción del oleaje y en la mayoría de los casos fueron reemplazados posteriormente por otras piezas de roca. El número máximo de SD instalados a la vez fue de 11. La superficie proyectada de los SD instalados osciló entre 195,6 y 475,2 cm², con un promedio de 301,2 cm².

Las rocas utilizadas como SD se obtuvieron en la playa de los Cubanos, situada en las proximidades. En la mayoría de casos se trataba de rocas volcánicas (andesita biotítica), idénticas en composición al sustrato natural, dado que procedían de la erosión

de bloques extraídos en su día de la Cantera. En algunos casos se ensayó también con distintos tipos de ladrillos erosionados hallados en la playa.

Previo a la colocación de ejemplares sobre los SD, se dejó siempre al menos un periodo de dos meses para que estos adquirieran cobertura algal así como la colonización por parte de otros organismos. Al colocar los ejemplares, se sujetó sobre ellos una malla que permitía la circulación del agua pero que impedía que, en caso de dificultades para adherirse al nuevo sustrato, éstos pudieran ser arrastrados por el oleaje. Esta malla se retiró uno o dos días después.

En la Figura 2.9 se presentan algunos ejemplos de los SD instalados así como del proceso de traslado de ejemplares.

Los SD se plantearon asimismo con una segunda finalidad: la captación de ejemplares juveniles del medio natural procedentes del reclutamiento anual. La idea consistía en que al colocar los SD en una zona donde el reclutamiento suele ser abundante, podría tener lugar la fijación natural de larvas de manera que, posteriormente estos juveniles pudieran ser empleados para experiencias de traslocación. Su uso tenía un carácter únicamente experimental dada la reducida superficie total que suponía el número de SD instalados. Entre diciembre de 2005, mes en que podían empezar a fijarse postlarvas, y abril de 2006, periodo en que se podría detectar claramente el reclutamiento anual, había instalados 10 SD con una superficie total de 0,27 m².

Por otra parte se planteó el uso de un segundo sistema para intentar la captación natural de juveniles. En este caso se trataba de instalar elementos con elevada superficie relativa en la columna de agua. Para ello se construyó una estructura consistente en una serie de láminas curvadas de PVC dispuestas perpendicularmente y enhebradas a lo largo de un cabo (Figura 2.10). Este cabo se mantenía en la columna de agua al quedar fijado por un extremo a una serie de boyas en la superficie y mediante una cadena a una roca del fondo. En este cabo se dispuso además una pieza de malla plegada de 1 m² superficie, con tamaño de poro de 1 mm.

En principio cabe esperar que la fijación de postlarvas de *P. ferruginea* para el inicio de la metamorfosis tenga lugar en las proximidades de la línea de costa y cerca de la superficie del nivel medio del mar. En este sentido, cabía esperar que la probabilidad de obtener juveniles en este tipo de colectores fuera relativamente baja. A pesar de ello se decidió realizar este esfuerzo de trabajo ante la inexistencia de datos concretos acerca del comportamiento de las larvas de esta especie.

La colocación de estructuras fijadas a boyas en las aguas del archipiélago puede presentar algunos problemas. Por una parte son susceptibles de que puedan ser robadas por personal ajeno al archipiélago (e.g. pescadores de Cabo del Agua, ...). Por otra, a no ser que se señalicen adecuadamente no deben ubicarse en zonas que puedan suponer problemas para el tránsito de embarcaciones. En el caso de los colectores anteriores, su ubicación debía realizarse en una zona donde la densidad de larvas pudiera ser elevada; el único indicio que se puede tomar actualmente a este respecto es la existencia en la proximidades de zonas con un reclutamiento importante. De este modo se consideró que el lugar más apropiado para su instalación era en un punto entre las rocas que representan los restos del dique roto junto a la isla de Isabel II. Esta zona presentaba varias ventajas. Por una parte era fácil su control desde la propia Estación Biológica.



Figura 2.9. Sustratos desmontables (SD). (A) Grupo de SD en la zona “Norte Dique Roto Isabel”; se observan 5 SD y la marca dejada en las algas por otro de ellos recientemente arrancado por el oleaje. (B) Grupo de 3 SD; los dos de la izquierda presentan un ejemplar ya adaptado mientras que el de la derecha lleva la malla para el evitar que el oleaje pueda arrastrar un ejemplar recientemente colocado. (D) Ejemplar sobre un SD consistente en un ladrillo erosionado. (D) Detalle del margen de la concha de un ejemplar sobre un SD, en el que se muestra que la concha ha crecido para adaptarse totalmente al sustrato; a la derecha se observa parte del tornillo de sujeción.

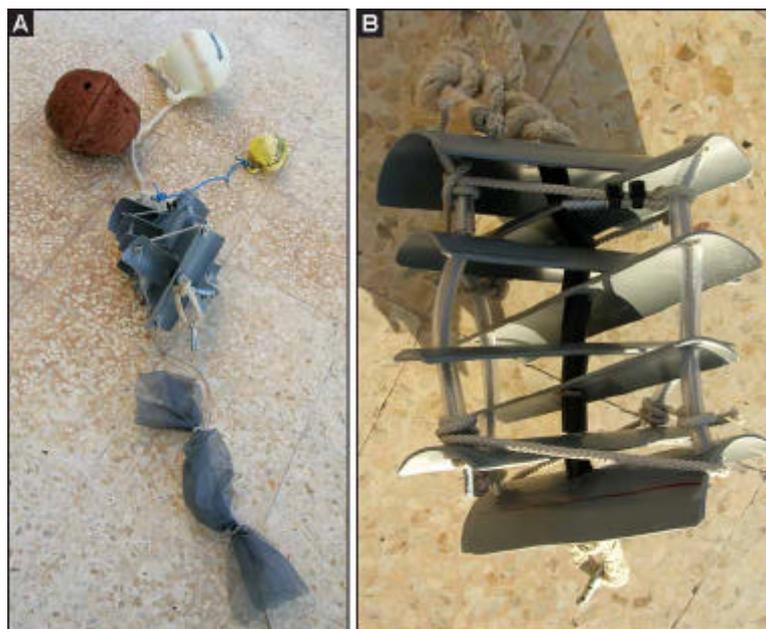


Figura 2.10. Colectores verticales. (A) Aspecto general previo a su instalación. (B) Detalle de las láminas de PVC.

Por otra, la existencia de numerosas rocas a escasa profundidad hace que el tránsito de embarcaciones entre estos restos del dique sea nulo. Por último y particularmente importante, en sus proximidades se encuentra una zona, el transecto “Norte Dique Roto Isabel” donde se han detectado en diferentes años tasas de reclutamiento de juveniles muy elevadas.

Estos colectores se instalaron en noviembre de 2005.

Durante uno de los temporales que tuvieron lugar en febrero de 2006, el cabo que sujetaba los colectores fue arrancado de la cadena que lo fijaba al fondo, perdiéndose todas las estructuras instaladas y sin poder llevar a cabo una revisión para detectar la presencia de juveniles. Por este motivo, no se presentan datos relativos a este tipo de colectores en el capítulo de Resultados.

2.9. Ensayo de fecundación artificial

Aunque no estaba previsto en el plan de trabajo inicial, en noviembre de 2005, durante una estancia en el archipiélago, se realizó un ensayo de fecundación artificial de *P. ferruginea* siguiendo la técnica de DODD (1957). Algunos autores habían señalado que la fecundación en *P. ferruginea* se podía obtener con cierta facilidad mediante esta metodología (FRENKIEL, 1975; LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1991b) si bien no habían descrito resultados acerca de aspectos del desarrollo larvario de esta especie. El objetivo por tanto era realizar una primera evaluación de la viabilidad de esta técnica para la obtención de larvas y, en su caso, estudiar el desarrollo larvario y la posibilidad de obtención de juveniles.

La técnica de DODD (1957) se basa en obtener gametos de ambos sexos no mediante metodologías de inducción a la puesta sino mediante su extracción directa a partir de gónadas obtenidas de ejemplares machos y hembras tras su disección. Los gametos resultantes se juntan en un recipiente con agua de mar para su posterior incubación.

Este ensayo se realizó a partir de un ejemplar hembra que resultó accidentalmente dañado durante el proceso de sexado de ejemplares. El contenido de la gónada de este ejemplar fue puesto en un recipiente con agua de mar y los ovocitos maduros, que tienden a hundirse, fueron aislados por decantaciones sucesivas. La fecundación se realizó utilizando semen procedente no de la disección de un ejemplar, sino de muestras de gónadas de machos no sacrificados obtenidas mediante la técnica de WRIGHT y LINDBERG (1979).

La incubación y desarrollo de las larvas se realizó en un sencillo sistema de circulación de agua de mar instalado en el almacén de la Estación Biológica (Figura 2.11). Hay que destacar que en este ensayo no se dispuso de elementos básicos para el mantenimiento de larvas de moluscos, tales como sistemas de filtración o de esterilización del agua de mar.

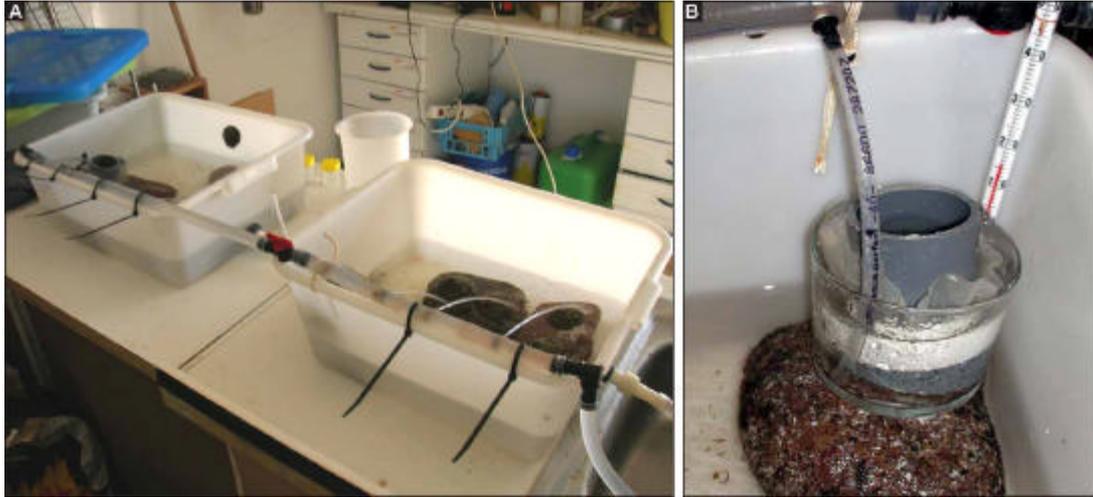


Figura 2.11. (A) Sistema de cubetas utilizado para el mantenimiento de ejemplares, instalado en el almacén de la Estación Biológica. (B) Recipiente utilizado para el mantenimiento de larvas.

3. RESULTADOS

3.1. Análisis de la distribución y abundancia de *Patella ferruginea* en las islas Chafarinas

3.1.1. Caracterización del litoral del archipiélago

El conjunto del litoral de las tres islas que conforman el archipiélago incluye una diversidad considerable en cuanto a tipologías de costa.

Existen amplias zonas con acantilados altos verticales, a menudo tipo *plumbing*, que continúan en bajo el nivel del agua en paredes subverticales hasta alcanzar una cota de entre -25 y -40 m. Estas se localizan sobre todo en las partes más expuestas del archipiélago: cara norte de Isabel II, cara norte y noreste de Rey Francisco y la zona central de la cara occidental de Congreso. Asimismo existen otras zonas con acantilados altos verticales pero que se sitúan sobre zonas con escasa profundidad, a menudo sobre playas de bolos y guijarros; estas formaciones dominan la zona oeste de Congreso entre el Barco Hundido y las Cuevas de Lara, aunque están asimismo presentes en algunos otros enclaves del sur y sureste de Congreso de la cara oeste de Isabel.

El litoral de sustratos sueltos en el archipiélago no es muy extenso pero está bien representando. Se trata de playas de bolos y guijarros, que alcanzan a representar el 9,4 % del contorno de las 3 islas. Se localizan mayoritariamente en la islas de Congreso, donde representan el 20,9 % del litoral, destacando por su extensión Playa Larga (al sur) y la playa de La Sangre (noroeste), aunque asimismo existen playas de menor tamaño a lo largo de toda la cara este de la isla. En Isabel II, las playas representan el 4,0 % su perímetro, destacando únicamente la Playa de los Cubanos, en su cara oriental a resguardo al dique roto y algunas pequeñas playas encajadas bajo acantilados a lo largo de su cara occidental. En Rey Francisco, las playas únicamente representan el 1,0 % de su perímetro, correspondiendo a un pequeño enclave situado en su cara oeste, a resguardo del dique roto.

Algunas zonas del litoral están constituidas por cúmulos de bloques medianos o grandes consolidados, en los cuales es posible encontrar ejemplares de *P. ferruginea*. Algunas se trata de zonas de derrubios de los acantilados adyacentes; el ejemplo más destacado es el que representa El Pedregal (oeste de Congreso) si bien es posible encontrar otras zonas con menor extensión en distintos puntos del perímetro de Congreso y, en mucho menor medida en la cara occidental de Isabel II. Otra zona en que el litoral está formado por bloques medianos y grandes consolidados y en los que se puede hallar ejemplares de *P. ferruginea* es la comprendida en la zona del puerto en Isabel II, entre el muelle del Titán y el Muelle Chico; en este caso estas formaciones tienen origen antrópico.

Por otra parte, existen numerosos escollos y rocas separadas de la línea de costa en el archipiélago. Los escollos, normalmente bloques o lascas rocosas de menos de un metro de altura sobre el nivel del mar, se localizan sobre todo en Congreso, en sus extremos norte y sur y en toda su cara este y en Isabel II, sobre todo en su litoral sur y occidental; en Rey Francisco en cambio son muy escasos, estando presentes solo en su extremo sureste. Además de éstos existen también algunos peñascos de mayores dimensiones y elevación, localizados todos ellos en la isla de Congreso (en su extremo norte y a lo largo de su cara este), todos ellos a una distancia muy reducida del contorno de la isla. Por último, parte de los restos del dique roto que unía las islas de Isabel II y Rey Francisco se presentan actualmente como un conjunto de masas rocosas separadas de la línea de costa.

En el archipiélago se encuentran también algunas zonas con construcciones de origen antrópico. Se localizan en su mayor parte en Isabel II, y comprende distintas estructuras, en general muros verticales, desde el Muelle del Titán hacia el noreste de la isla, en las inmediaciones del dique roto. En Rey Francisco su extensión es mucho más reducida, limitándose además del dique roto al embarcadero que se sitúa en sus proximidades. No existen este tipo de construcciones en el litoral de Congreso. Hay que señalar que la práctica totalidad de estas estructuras están construidas por roca propia de las islas (extraída de la cantera de Isabel II y en menor medida de la de Rey Francisco, durante el acondicionamiento de las islas a finales del siglo XIX y principios del XX). Así, la alteración del hábitat original que supuso estas construcciones hace referencia más a la tipología del sustrato que a la composición o textura de la roca respecto a la costa original.

Por último existen en el archipiélago varias cuevas litorales, que por su carácter, no quedan reflejadas en la cartografía. Varias de ellas se sitúan en Congreso: las Cuevas del Lobo (cara oeste), Cueva del Faro (extremo sureste) y otras pequeñas cuevas poco profundas en su cara oriental. En Rey Francisco destaca la cueva del Baño de la Reina, cerca de su extremo suroriental. En el fondo de los Tajos (del Cementerio, de los Piratas y del Halcón) las paredes forman marcados extraplomos pero sin llegar a formar auténticas cuevas.

3.1.2. Distribución y abundancia

Patella ferruginea presenta una amplia distribución a lo largo del conjunto del litoral de las tres islas. En las Figuras 3.1 , 3.2 y 3.3 se representa la distribución y abundancia de *Patella ferruginea* en las islas de Congreso, Isabel II y Rey Francisco respectivamente. En la Tabla 3.1 se resumen los resultados del estudio.

Se han hallado ejemplares de *P. ferruginea* en un conjunto de tramos que representan el 86,34 % del litoral rocoso (no incluyendo las playas de bolos o guijarros, o los escollos y zonas aisladas de la línea de costa). Estos se distribuyen a lo largo de las tres islas, si bien se presentan algunas diferencias remarcables entre éstas.

La Isla de Congreso es la más extensa y la que presenta una mayor longitud de costa, con un perímetro estimado en 3.761 m. Esta isla presenta la mayor heterogeneidad en cuanto a la distribución de *P. ferruginea*. Esto responde en primer lugar a su mayor diversidad en cuanto a tipología costera. Aproximadamente la quinta

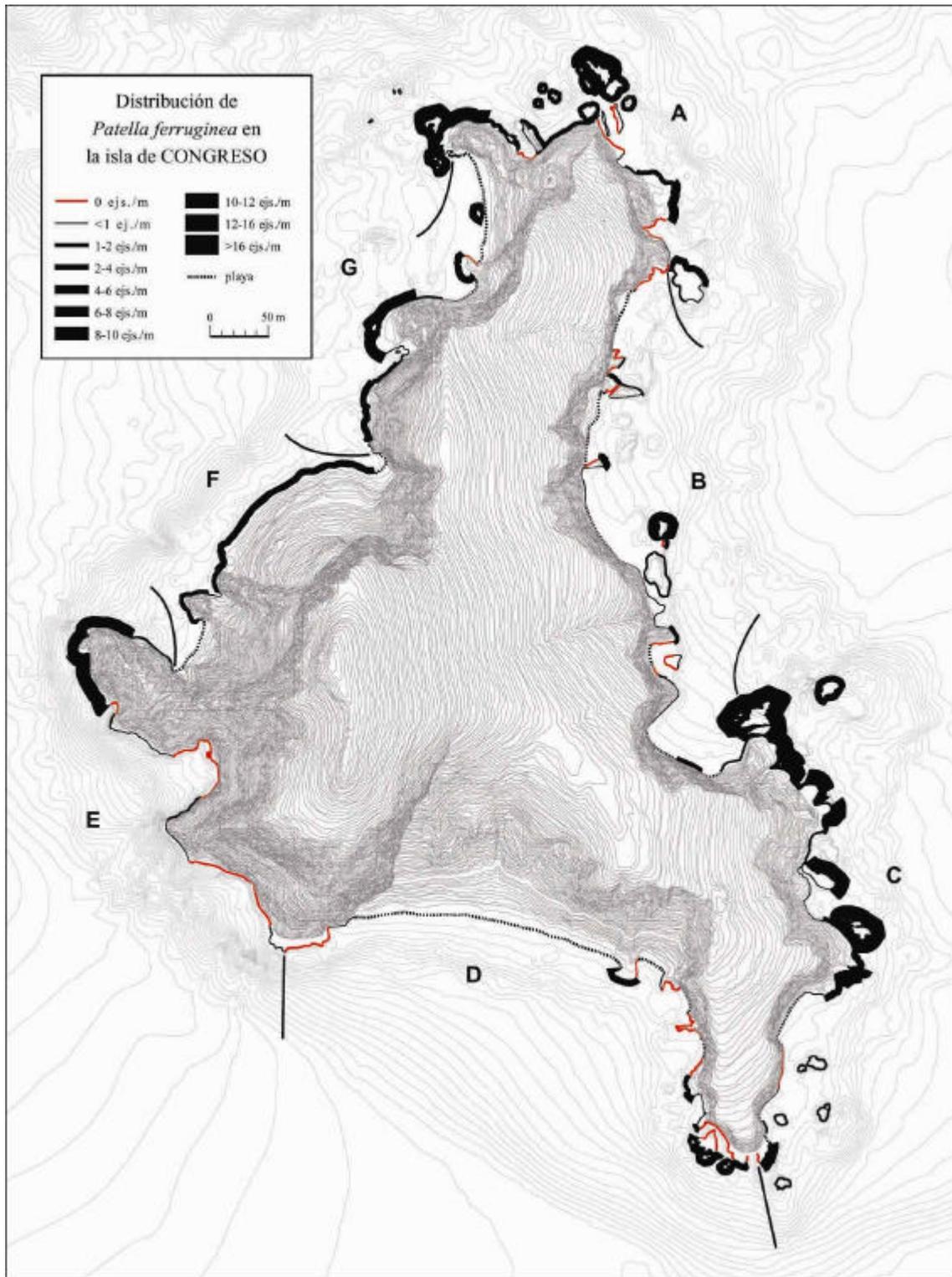


Figura 3.1. Distribución y abundancia de *Patella ferruginea* en la isla de Congreso.

parte (20,9%) de su línea de costa lo constituyen playas de bolos y guijarros, un hábitat inadecuado para *P. ferruginea*. Por otra parte existen numerosos escollos y rocas separadas de la línea de costa, sobre todo en su extremo septentrional y suroriental. Se

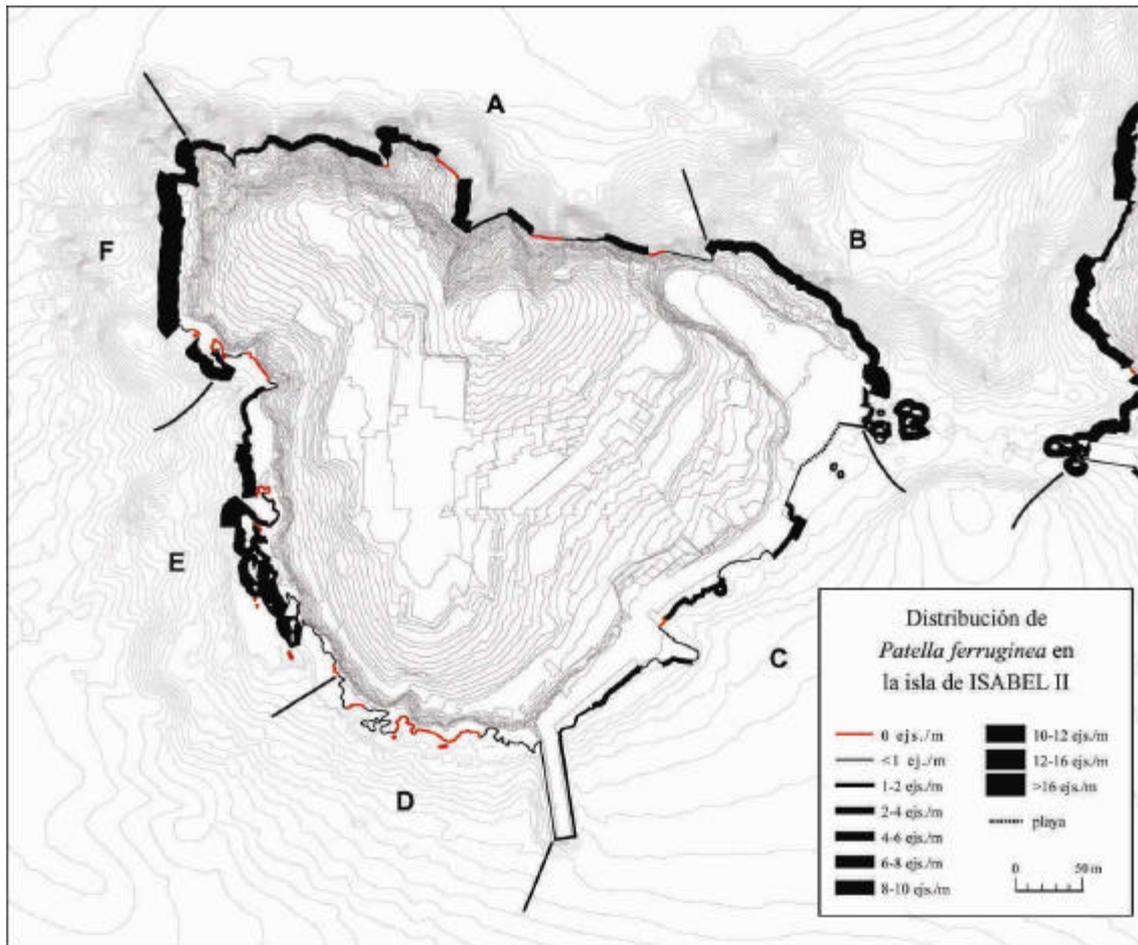


Figura 3.2. Distribución y abundancia de *Patella ferruginea* en la isla de Isabel II.

han localizado ejemplares en un total del 72,10 % de su litoral rocoso, el menor porcentaje de las tres islas, y asimismo presenta la menor densidad promedio, con 2,76 ejs./m, que oscila por sectores entre 0.45 y 4.04 ejs./m. La mayor parte de la población se localiza en las zonas N, NE y SE de la isla, mientras que en las zonas NW y S su presencia es marcadamente inferior. Por otra parte, en los alrededores de esta isla se localizan numerosos escollos, en general con abundancia de ejemplares. Éstos, junto con otras formaciones rocosas de mayor tamaño separadas de la línea de costa llegan a representar el 42,7 % del total estimado en la isla

La isla de Isabel II es la segunda isla en extensión, si bien es la que presenta una menor longitud de línea de costa, con un perímetro estimado de 2.339 m. Respecto a la distribución de *P. ferruginea*, presenta características intermedias entre las otras dos islas. El porcentaje de playas de bolos y guijarros es mayor que en la isla de Rey, pero representa solamente el 4,0 % de la línea de costa. Asimismo presenta una relativa heterogeneidad en la tipología costera, desde los acantilados verticales en su sector septentrional hasta los acantilados con amplias plataformas de abrasión en la zona suroccidental o la línea de muros y construcciones artificiales en toda la zona suroriental. Existen algunos escollos asociados a plataformas de abrasión en la zona occidental de la isla; aparte de éstos, las únicas zonas con rocas aisladas de la línea de

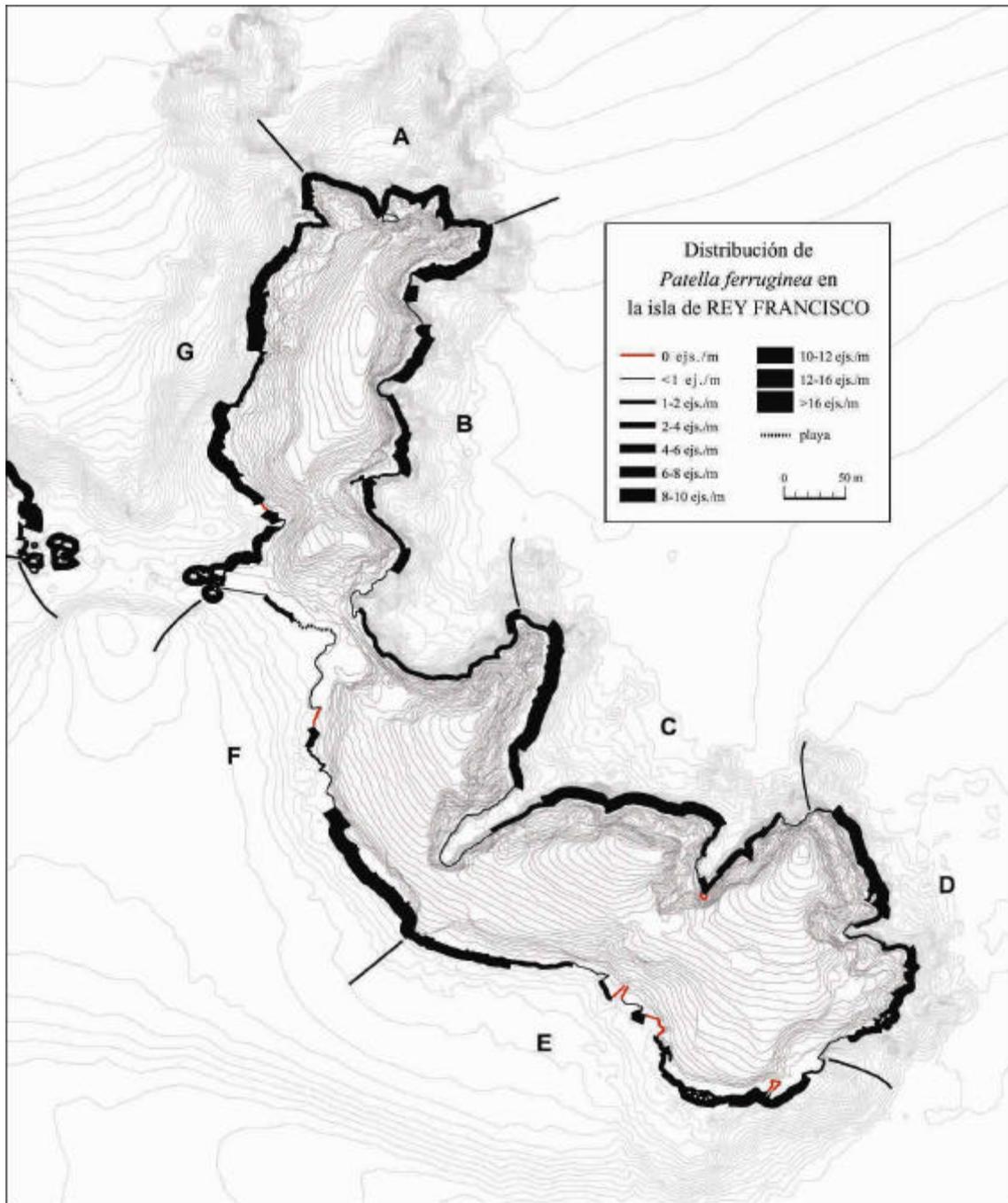


Figura 3.3. Distribución y abundancia de *Patella ferruginea* en la isla de Rey Francisco.

costa corresponden a los fragmentos del dique roto en la parte oriental de la isla así como a algunas rocas frente a la Playa de los Cubanos. En esta isla se han observado ejemplares en el 88,67 % del litoral rocoso, con una densidad media de ejemplares por sectores oscila entre 0,26 y 13,45 ejs./m, con un promedio de 4,10 ejs./m. Aunque la población se distribuye por todo el perímetro, las densidades son menores en algunas zonas de la costa meridional de la isla. Los ejemplares localizados en escollos y rocas separadas de la línea de costa representan el 10,3 % del total.

Isla	Sect.	n° sectores			Longitud costa (m)			N° ejemplares		Densidad (ejs./m) respecto:	
		tot.	cos.	e&r	total	excep. playas	% playas	Total	Costa rocosa	Total costa	Costa sin playas
Congreso	A	36	16	20	400	400	0,0	3837	1422	3,56	3,56
	B	42	33	9	697	507	27,2	753	229	0,33	0,45
	C	33	26	7	558	490	12,1	5502	2654	4,76	5,42
	D	27	23	4	709	396	44,2	602	327	0,46	0,83
	E	15	15	0	586	586	0,0	1343	1343	2,29	2,29
	F	7	7	0	350	268	23,3	1083	1083	3,09	4,04
	G	18	17	1	461	327	29,1	1196	1147	2,49	3,51
	Total	178	137	41	3.761	2.974	20,9	14.316	8.205	2,18	2,76
Isabel	A	21	21	0	497	497	0,0	1.734	1.734	3,49	3,49
	B	17	6	11	234	234	0,0	2.082	1.580	6,75	6,75
	C	21	19	2	527	482	8,5	732	722	1,37	1,50
	D	13	10	3	360	322	10,7	84	83	0,23	0,26
	E	36	22	14	461	461	0,0	2.281	1.733	3,76	3,76
	F	7	7	0	259	250	3,6	3.362	3.362	12,98	13,45
	Total	115	85	30	2.339	2.246	4,0	10.275	9.214	3,94	4,10
Rey	A	7	7	0	246	246	0,0	1.298	1.298	5,28	5,28
	B	20	20	0	735	735	0,0	3.268	3.268	4,45	4,45
	C	18	18	0	732	732	0,0	3.530	3.530	4,82	4,82
	D	11	10	1	386	386	0,0	1.966	1.846	4,78	4,78
	E	16	16	0	553	553	0,0	2.150	2.150	3,89	3,89
	F	10	10	0	441	405	8,3	1.681	1.681	3,81	4,15
	G	19	15	4	509	509	0,0	3.836	3.486	6,85	6,85
Total	101	96	5	3.603	3.567	1,0	17.729	17.259	4,79	4,84	
TOTAL		394	318	76	9.702	8.787	9,4	42.320	34.678	3,57	3,95

Tabla 3.1. Distribución y abundancia de *Patella ferruginea* en la Islas Chafarinas. Se indica para cada sector (Sect.) el número de tramos en que se ha dividido para su estudio (tot.: n° total de tramos; cos.: n° de tramos de costa; e&r: n° de tramos correspondientes a escollos y rocas aisladas de la línea de costa), la longitud de la línea de costa (total: longitud total; excep. playas: longitud total exceptuando las zonas de playas de bolos y guijarros; % playas: porcentaje de estas playas respecto del total de costa del sector), el número de ejemplares estimado (n° total y n° total de la costa rocosa, es decir, sin contar los presentes en escollos y rocas aisladas de la línea de costa) y la densidad media de ejemplares (n° de ejemplares respecto al total de la línea de costa, y n° de ejemplares respecto a la longitud de la línea de costa excluyendo las playas de bolos y guijarros).

La isla de Rey Francisco, a pesar de ser la isla con menor superficie, presenta una longitud de la línea de costa semejante a la de mayor tamaño, Congreso, solamente un poco inferior a esta (3.603 m frente a 3.761 m). A diferencia de Congreso, la práctica totalidad del litoral está formada por costa rocosa, localizándose únicamente una pequeña playa de bolos al sur del dique roto que representa únicamente el 1,2% del total del litoral. No hay escollos en los alrededores de la isla y la única zona con rocas aisladas de la línea de costa corresponde a los fragmentos del dique roto, localizados en el sector oriental de la isla. Esta isla es la que presenta en conjunto mayor homogeneidad en la distribución de ejemplares, habiéndose detectado en la práctica totalidad de su trazado (96,76 % del litoral rocoso). Existen contingentes importantes a lo largo de todos los sectores de costa, con densidades que oscilan entre 3,89 y 6,85 ejs./m. La densidad promedio es asimismo la más elevada de las tres islas, con 4,84 ejs./m en el litoral rocoso. Prácticamente no existen escollos en los alrededores de la isla y los ejemplares presentes en rocas aisladas de la línea de costa (fundamentalmente, los fragmentos del dique roto) solo representan el 2,65 % del total de ejemplares estimados en la isla.

En general en los escollos existentes en las proximidades del litoral del archipiélago suele haber una representación importante de *P. ferruginea*, siempre que emerjan lo suficiente para que se desarrolle una comunidad de piso mesolitoral superior. Junto con las rocas aisladas de la línea de costa representan un porcentaje importante de ejemplares en el conjunto de la población, estimado en el 18,06 %.

No se han detectado ejemplares en las paredes de entrada o del fondo de las cuevas semisumergidas existentes en el archipiélago.

Los valores de densidad de ejemplares de *P. ferruginea* hallados en las islas Chafarinas destacan particularmente al comparar con los obtenidos en otras zonas del Mediterráneo en que esta especie se considera en relativo buen estado de conservación. BOUDOURESQUE y LABOREL-DEGUEN (1986) citaron para la isla de Zembra una densidad media de 0.70 ejs./m en 36 transectos de 2 m de longitud, con un mínimo y máximo respectivos de 0 y 6.00 ejs./m. Posteriormente, LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1991b) indicaron en la costa de Córcega una densidad media de 0.79 ejs./m para un total de 146 transectos de 10 m de longitud, oscilando ésta entre 0 y 4.40 ejs./m. BOUMAZA y SEMROUD (2001) describen para las Islas Habibas (Argelia) una densidad máxima de 13,0 ejs./m y una densidad promedio de 4,50 ejs./m en 10 transectos de 10 m de longitud. En otras enclaves del Mediterráneo en que aún se localiza esta especie, se han descrito densidades medias en torno a 0,1 ejs./m (Islas Lavezzi: BLACHER et al., 1998; Bahía de Algeciras y Gibraltar, ESPINOSA et al., 2005).

Frente a esto, el valor de densidad estimado para el conjunto de litoral del archipiélago de 3,95 ejs./m > 30 mm DM puede ser considerado como muy elevado. Hay que tener en cuenta que estas estimas por una parte no incluye al contingente de ejemplares de menor talla (< 30 mm DM). Por otra parte, este valor corresponde a un promedio global, que incluye sin duda zonas de la costa con un hábitat poco adecuado para la especie.

En 16 censos en transecto de unos 10 m de longitud realizados en marzo de 2005 (ver apartado “Evolución de la población”), llevados a cabo en zonas seleccionadas no

necesariamente por presentar los valores de densidad más elevados, se obtuvieron densidades entre 0,97 y 26,19 ej./m, con un promedio de 10,79 ej./m. Por otra parte, si se revisan datos de años anteriores, destacan los valores de densidad registrados en censos llevados a cabo en el transecto “Norte Dique Roto Isabel”; en todos los censos llevados a cabo en este enclave entre 2001 y 2003, la densidad de ejemplares (incluyendo ejemplares < 30 mm DM) superó los 40 ej./m. Estos valores tan elevados eran consecuencia del destacado reclutamiento que tuvo lugar en la zona en invierno de 2001 cuando, debido a un reclutamiento extremadamente alto se llegaron a alcanzar a registrar densidades de 89,50 ej./m.

3.1.3. Cálculo del stock poblacional

Los resultados de las estimas de número de ejemplares > 30 mm DM presentes en los distintos sectores del archipiélago se presentan en la Tabla 3.1.

De acuerdo con los cálculos realizados, se estima que la **población de *P. ferruginea*** sería de **42.230 ejemplares adultos** (> 30 mm DM). Ésta se repartiría por las tres islas de una manera relativamente homogénea: 14.316 ejemplares para la isla de Congreso, 10.275 ejemplares para Isabel II y 17.729 ejemplares para Rey Francisco.

Estos valores deben considerarse por supuesto a un cierto rango de error. En la Figura 3.4 se comparan los valores de densidad obtenidos en determinados puntos del archipiélago en que se realizaron censos en transecto durante diferentes años, con las densidades estimadas para estas zonas durante los recorridos de prospección. La recta de regresión ajustada al origen de coordenadas entre ambos grupos de valores es:

$$DE = 1,021 * DC \qquad (r = 0,954, n = 20, p < 0,001)$$

donde

DE = Densidad estimada

DC = Densidad obtenida en censos en transecto

El valor de la pendiente es muy próximo a la unidad y no es significativamente diferente de ésta, presentando un intervalo confianza al 95 % de 0,868 – 1,175. De este modo se puede considerar que las estimas realizadas son válidas. Si se toma el intervalo de confianza de la pendiente para calcular un rango de error para la estima de la población total del archipiélago, se obtiene que el contingente poblacional del archipiélago estaría entre 35.940 y 48.650 ejemplares adultos con un nivel de confianza del 95 %.

La población global del archipiélago, incluyendo los ejemplares de talla inferior a 30 mm DM se puede estimar a partir de los datos obtenidos de los censos en transecto. Hay que tener en cuenta que este contingente de ejemplares de pequeño tamaño debe resultar muy variable en el tiempo, en función del éxito del reclutamiento cada año y de la evolución de la mortalidad de los reclutas a lo largo del primer año de vida. En los censos realizados en distintos puntos del archipiélago en marzo de 2005 la proporción entre número de ejemplares de < 30 mm DM y número de ejemplares > 30 mm DM osciló entre transectos entre el 1,02 y el 49,19 %, con un promedio del 20,56 % (n = 20)

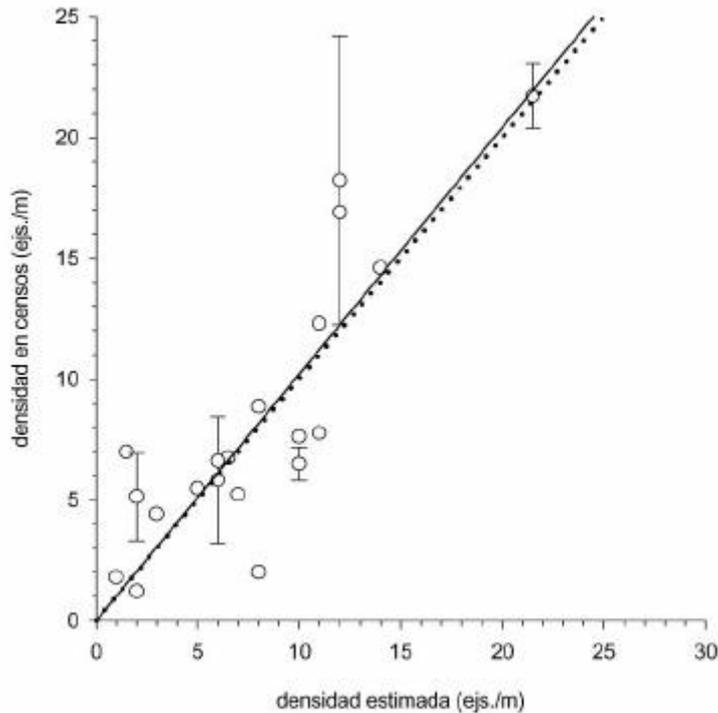


Figura 3.4. Comparación entre las estimas de densidad realizadas durante las prospecciones del litoral con los resultados obtenidos en censos realizados en diferentes transectos. La densidad de ejemplares está referida a aquellos con talla > 30 mm DM. Para aquellos transectos en que se realizaron censos en diferentes años, se presenta la media (punto) y la desviación típica (línea vertical). En la mayor parte de los casos las estimas y los censos se realizaron en años diferentes. Con línea continua se presenta el resultado de la regresión lineal ajustada al origen de coordenadas; con línea discontinua se representa la función de igualdad “ $y = x$ ”.

Hay que destacar que la abundancia del reclutamiento registrado en 2005 fue relativamente baja en comparación con años precedentes. Si se utiliza el valor promedio anterior, la **población total del archipiélago** durante la primavera de 2005 pudo haber sido de **51.021 ejemplares**. Para un nivel de confianza del 95 %, ésta correspondería a un valor entre 43.329 y 58.652 ejemplares.

Los resultados obtenidos muestran claramente que la población de *P. ferruginea* de las islas Chafarinas es la más abundante del territorio español. En el litoral de la Ciudad Autónoma de Melilla se ha estimado una población en torno a 19.500 ejemplares > 30 mm DM (obs. pers.) mientras que la para el litoral de la Ciudad Autónoma de Ceuta las estimas son de en torno a 12.000 ejemplares > 30 mm DM (TEMPLADO, com. pers.). En el resto del territorio español las poblaciones son marcadamente más reducidas. PARACUELLOS *et al.* (2003) hallaron un total de 111 ejemplares en la isla de Alborán, mientras que MORENO (2006), en una revisión de las últimas prospecciones realizadas en el litoral andaluz, cita una población total en torno a 715 ejemplares a lo largo de la costa de las provincias de Cádiz, Málaga y Granada. No se conoce ninguna población actual ni en el resto del litoral de la península ibérica ni en las islas Baleares.

3.1.4. Selección de hábitat

Los resultados obtenidos permiten analizar en algunos aspectos del patrón de distribución de *P. ferruginea* en el archipiélago e inferir de este modo acerca de los parámetros que condicionan la distribución natural de la especie.

El primer factor que lo condiciona es, evidentemente, la existencia de un sustrato adecuado para esta especie. Distintas zonas del litoral del archipiélago están constituidas por playas de bolos y guijarros. Aún sin ser dominantes, éstas presentan una extensión relevante, con casi el 10% de la línea de costa. Éstas se localizan en su mayoría en Congreso lo que es uno de los factores que condicionan que esta isla, a pesar de ser la de mayor tamaño, no sea la isla con mayor número de ejemplares.

Respecto a los otros factores registrados con este fin, hay que destacar en primer lugar que la mayor parte de ellos no presentan independencia en su distribución. En la Tabla 3.2 se indica la relación entre pares de variables, en la cual se observa que en el 93,3 % de los casos se detecta asociación entre variables en su distribución a un nivel de significatividad $\alpha = 0,05$. Este hecho puede responder a distintos motivos. En algunos casos, puede existir asociación en la abundancia de dos especies debido a que presenten un patrón de selección de hábitat semejante: e.g. grado de cobertura de *Chthamalus* spp. y presencia de *Dendropoma petraeum*. En otros casos el origen de la asociación estaría en la propia geomorfología del archipiélago: e.g. los sustratos verticales se localizan principalmente en las zonas más expuestas de las islas, lo que en parte determina la asociación entre la variables “inclinación” y “grado de exposición”. Este aspecto debe tenerse en cuenta a la hora de valorar los resultados de diferencias en la densidad media de ejemplares en función del análisis individual de cada una de estas variables.

	Anchura mesolitoral	<i>Chthamalus</i> Cobertura	Grado de exposición	<i>Dendropoma</i> Cobertura	<i>Dendropoma</i> Desarrollo
Inclinación	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Anchura mesolitoral		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<i>Chthamalus</i> Cobertura			0,057	< 0,001	0,002
Grado de exposición				< 0,001	< 0,001
<i>Dendropoma</i> Cobertura					< 0,001

Tabla 3.2. Resultado del test de χ^2 de independencia en la distribución entre pares de variables. Se indica el valor de “p”. En negrita se destacan los casos en que han hallado diferencias significativas para $\alpha = 0,05$.

En la Figura 3.5 se representan los resultados de la comparaciones entre la media de la densidad de ejemplares > 30 mm DM en los distintos tramos de litoral rocoso del archipiélago en función de los distintos factores analizados.

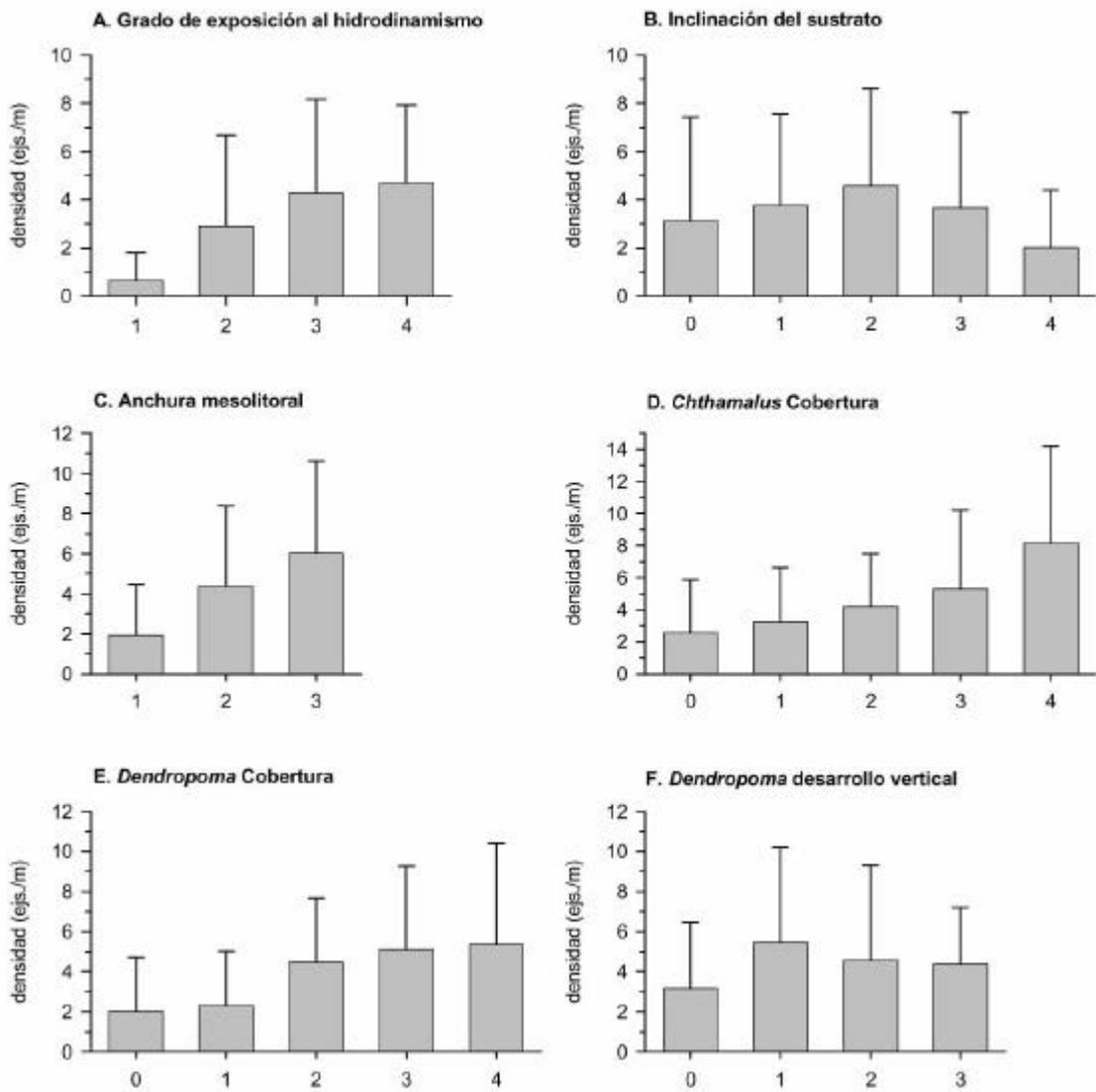


Figura 3.5. Comparación entre la densidad media observada en los diferentes tramos, en función de los distintos parámetros utilizados para caracterizar el litoral. Las barras columnas representan el valor medio y las líneas verticales la desviación típica.

La densidad media de ejemplares por tramos de costa presenta diferencias significativas en función del grado de exposición al hidrodinamismo ($F = 20,36$, g.l. = 3, $p < 0,001$) (Figura 3.5.A). Estas diferencias reflejan la marcada menor densidad media de ejemplares presente en zonas abrigadas (grado 1) y en menor medida en la relativamente abrigadas (grado 2), frente a las zonas expuestas y muy expuestas (grados 3 y 4) en que las densidades promedio son mayores y semejantes.

La inclinación de sustrato también presenta diferencias significativas entre grupos ($F = 6,08$, g.l. = 4, $p < 0,001$) (Figura 3.5.B), que en este caso destaca únicamente la menor densidad media hallada en sustratos verticales y extraplomos (inclinación = 4). Si se excluye este último grupo, no se detectan diferencias

significativas, si bien cabe destacar que las máximas densidades en promedio se hallan en sustratos de inclinación intermedia (en torno a 45°, inclinación = 2).

La comparación entre grupos en función de la anchura del mesolitoral muestra diferencias significativas entre grupos ($F = 31,27$, g.l. = 2, $p < 0,001$). En la Figura 3.5.C) se muestra cómo existe una marcada tendencia a aumentar la densidad media de ejemplares de *P. ferruginea* conforme se incrementa la anchura del mesolitoral.

El grado de cobertura de *Chthamalus* spp. presenta asimismo una marcada asociación con la densidad de ejemplares de *P. ferruginea* (Figura 3.5.D). Se han detectado diferencias significativas entre grupos ($F = 7,97$, g.l. = 4, $p < 0,001$), observándose una tendencia creciente de la densidad promedio de *P. ferruginea* conforme mayor es la cobertura de *Chthamalus* sobre la roca.

El grado de presencia de *Dendropoma petraeum* presenta una relación con la densidades de *P. ferruginea* semejante al caso anterior (Figura 3.5.E). Se han hallado diferencias significativas entre los distintos grupos ($F = 6,64$, g.l. = 4, $p < 0,001$) destacando la menor densidad en aquellas zonas *D. petraeum* está ausente o se localizan solo ejemplares aislados (presencia 0 y 1) y una máxima densidad promedio en la zonas en que *D. petraeum* se presenta en forma de bandas más o menos continuas.

Esta asociación es sensiblemente diferente cuando se compara la densidad media de *P. ferruginea* con el grado de desarrollo vertical de las formaciones de *D. petraeum* (Figura 3.5.F). En este caso únicamente se observan diferencias significativas entre grupos si se utiliza un nivel de significatividad $\alpha = 0,05$ ($F = 3,67$, g.l. = 3, $p = 0,013$). Destacan por su menor densidad las zonas en que *D. petraeum* presenta un mínimo desarrollo vertical (grado 0). Sin embargo se alcanza la máxima densidad promedio de *P. ferruginea* en la zonas en que el desarrollo vertical es reducido (grado 1), por encima del observado en tramos de costa en que *D. petraeum* alcanza a formar estructuras tridimensionales más o menos prominentes (grados 2 y 3).

La distribución de *P. ferruginea* en las tres islas concuerda en líneas generales con lo señalado por algunos autores. Se ha descrito que esta especie presenta preferencia por zonas “batidas pero no en exceso” pero, sobre todo, que está menos representada o ausente en zonas abrigadas (LABOREL-DEGUEN, 1985; BOUDOURESQUE y LABOREL-DEGUEN, 1986; PORCHEDDU y MILLELLA, 1991; BOUMAZA y SEMROUD, 2001). Además de los datos numéricos de párrafos anteriores, la observación de la cartografía de la distribución en el archipiélago permite hallar algunos ejemplos en este sentido. A lo largo del litoral de las tres islas, *P. ferruginea* presenta densidades bajas o está ausente en pequeñas calas o en zonas protegidas de la rompiente del oleaje por escollos y plataformas separadas de la línea de costa. Un ejemplo claro es la distribución de su abundancia en la cara oriental de la isla de Rey (Figura 3.3) o en el sector C de Congreso (Figura 3.1), donde existe una marcada diferencia en densidad entre las zonas más expuestas y las más protegidas.

El nivel de energía del oleaje a que se ven sometidos los distintos sectores de costa del archipiélago es función de varios factores, fundamentalmente su orientación respecto a las direcciones de los vientos dominantes, el *fetch* correspondiente a cada una de estos, así como la protección que cada isla ofrece a las otras respecto a algunas de éstas direcciones. Los vientos más frecuentes en el archipiélago corresponden

aproximadamente a las direcciones de N, E, W, por orden decreciente. Los temporales asociados a éstos presentan una energía variable en función de *fetch* de cada una de estas orientaciones, de manera que ésta es mucho mayor en el caso de los temporales de levante (NE) con un *fetch* que superior 600 km, frente a los poniente (W), con un *fetch* de unos 40 km, o los de norte (N), de unos 100 km. De este modo, las zonas que pueden considerarse como sometidas a mayor energía del oleaje corresponden a la vertiente N de las tres islas, la cara E de Rey y, en menor medida, la cara W de Congreso. En general *P. ferruginea* mantiene una buena representación a lo largo de todos estos sectores de costa. Sin embargo, las máximas densidades en cada isla no se alcanzan en estas zonas sino en sectores algo más protegidos. En la isla de Rey, las densidades más elevadas tienen lugar en el sector G, expuesto a la dirección N pero relativamente protegido de los temporales de levante por la propia isla. Algo similar ocurre en Isabel, donde la máximas densidades se detectan en el sector F, con características en cuanto a exposición semejantes al sector anterior. En la isla de Congreso, las densidades más elevadas tienen lugar en el sector C, expuesto al oleaje de dirección N pero relativamente protegido respecto a los temporales de Levante por las otras dos islas.

BOUDOURESQUE y LABOREL-DEGUEN (1986) analizaron otros factores, no hallando diferencias en la densidad de *P. ferruginea* en la isla de Zembra en función de la inclinación del sustrato y detectando que ésta era mayor en zonas con una anchura del mesolitoral moderada, entre 0,6 y 0,8 m. Los resultados obtenidos en las islas Chafarinas son en cierto modo semejantes, localizándose la especie en sustratos de distintas inclinación si bien presentando una menor preferencia por los sustratos verticales, y hallando una mayor densidad de ejemplares sobre todo en zonas con una anchura del mesolitoral superior a 1 m.

El principal problema para determinar qué factores influyen favorablemente en la distribución de *P. ferruginea* (o en qué tipo de hábitat se localiza preferentemente) proceden de la no independencia hallada entre los factores que en principio pueden influir en ésta. En algunos casos esta selección del hábitat puede además responden a la combinación de más de un factor. Por ejemplo, la menor densidad relativa hallada en tramos con paredes verticales puede responder no solo al hecho de que la inclinación del sustrato influya sobre la especie, sino reflejar que en estas zonas la anchura del piso mesolitoral superior en el que se encuentran sea generalmente más reducida y que, disponiendo por tanto de una menor superficie, el número de ejemplares hallado por longitud lineal de costa (es decir, la densidad, tal y como se considera en el presente estudio) sea menor. Por otra parte un porcentaje elevado de tramos de costa con inclinación subvertical se localizan en los acantilados situados en los sectores norte del archipiélago, donde además el grado de exposición al hidrodinamismo es mayor. Resulta razonable suponer que en zonas donde se combinan ambos factores (paredes verticales en zonas muy expuestas) la energía del oleaje sobre todo en condiciones de mala mar sea tan elevada que suponga una limitación para la presencia de esta especie. En este caso, la aparente menor preferencia por sustratos verticales sería un resultado que, más que reflejar los requerimientos de la especie, estaría relacionado con la geomorfología del archipiélago.

Se ha hallado una asociación entre la densidad de *P. ferruginea* y el grado de cobertura de *Chthamalus* spp y de presencia de *D. petraeum* en las islas Chafarinas. Estos resultados, pueden reflejar un cierto grado de interacción entre estas especies, si bien más probablemente indican su preferencia por condiciones ambientales semejantes.

Destaca el hecho de que si bien se ha hallado asociación de la densidad de *P. ferruginea* con el grado de presencia de *D. petraeum*, no existe una relación clara con el grado de desarrollo vertical de las formaciones de esta última especie. Esto puede ser debido a que estas formaciones son susceptibles a la erosión por la acción de fuertes oleajes, por lo que tienen a desarrollarse formando estructuras microrrecifales en zonas con hidrodinamismo moderado o bajo, si bien con un cierto grado de agitación y renovación del agua (BALADAMENTI et al., 1992; CALVO et al., 1998). Frente a esto, *P. ferruginea* se localiza preferentemente en zonas con un hidrodinamismo moderado o elevado, sectores en lo que *D. petraeum* puede alcanzar un grado de presencia elevado pero sin alcanzar un desarrollo vertical importante.

Otro factor que no se ha analizado en el presente estudio y que sin duda puede influir en la distribución de *P. ferruginea* es el tipo de cobertura algal presente en una determinada zona. Esta especie se alimenta del recubrimiento de algas y cianobacterias presentes en la roca (FRICK et al., 1986) por lo que el tipo y abundancia de cobertura algal sin duda influye en su distribución. Un ejemplo claro de esta relación proviene de la ausencia de *P. ferruginea* observada en las paredes del interior de las distintas cuevas del archipiélago. Éstas presentan un grado de exposición al hidrodinamismo diverso, desde muy abrigadas (e.g. cueva del Baño de la Reina) hasta bastante expuestas (e.g. Cuevas del Lobo). El factor que parece ser determinante de su ausencia en estos enclaves es la escasez y tipo de cobertura algal propias de estos ambientes umbríos.

Tal y como se ha señalado, en conjunto, *P. ferruginea* se distribuye a lo largo de la mayor parte del litoral rocoso de las islas. Sin embargo, está ausente de una parte no menos apreciable del litoral, que representa (excluidas playas, escollos y rocas aisladas de la línea de costa) el 13.7 % del total del litoral rocoso del archipiélago. Por islas, estas zonas representan del 27,9 % del total del litoral rocoso en Congreso, el 11.3 % en Isabel II y el 3.2 % en Rey Francisco. Su ausencia en muchas de estas zonas puede explicarse siguiendo la exposición anterior: zonas muy abrigadas, interior de cuevas,... En otros casos, las causas son menos evidentes. Entre estas últimas destacan dos zonas, una correspondiente a parte del sector D en Isabel y otra a varios tramos de costa al W de Playa Larga (parte de los sectores D y E en Congreso). Se trata de zonas de hidrodinamismo moderado, por su localización en la vertiente meridional de las islas, aunque no cabe considerarlas como zonas muy abrigadas; por otra parte, zonas próximas con tipología costera semejante sí que presentan ejemplares, aunque con densidades generalmente bajas. Su ausencia en estas zonas obedece probablemente a un conjunto de factores que debería ser analizado con más detalle.

3.1.5. Evolución de la población

En la Figura 3.6 se muestra la localización de los 16 censos en transecto llevados a cabo en marzo de 2005, y se representa de manera resumida la distribución de tallas de los ejemplares censados. Para cada uno de los transectos, la distribución de tallas detallada se presenta en las Figuras 3.7, 3.8 y 3.9.

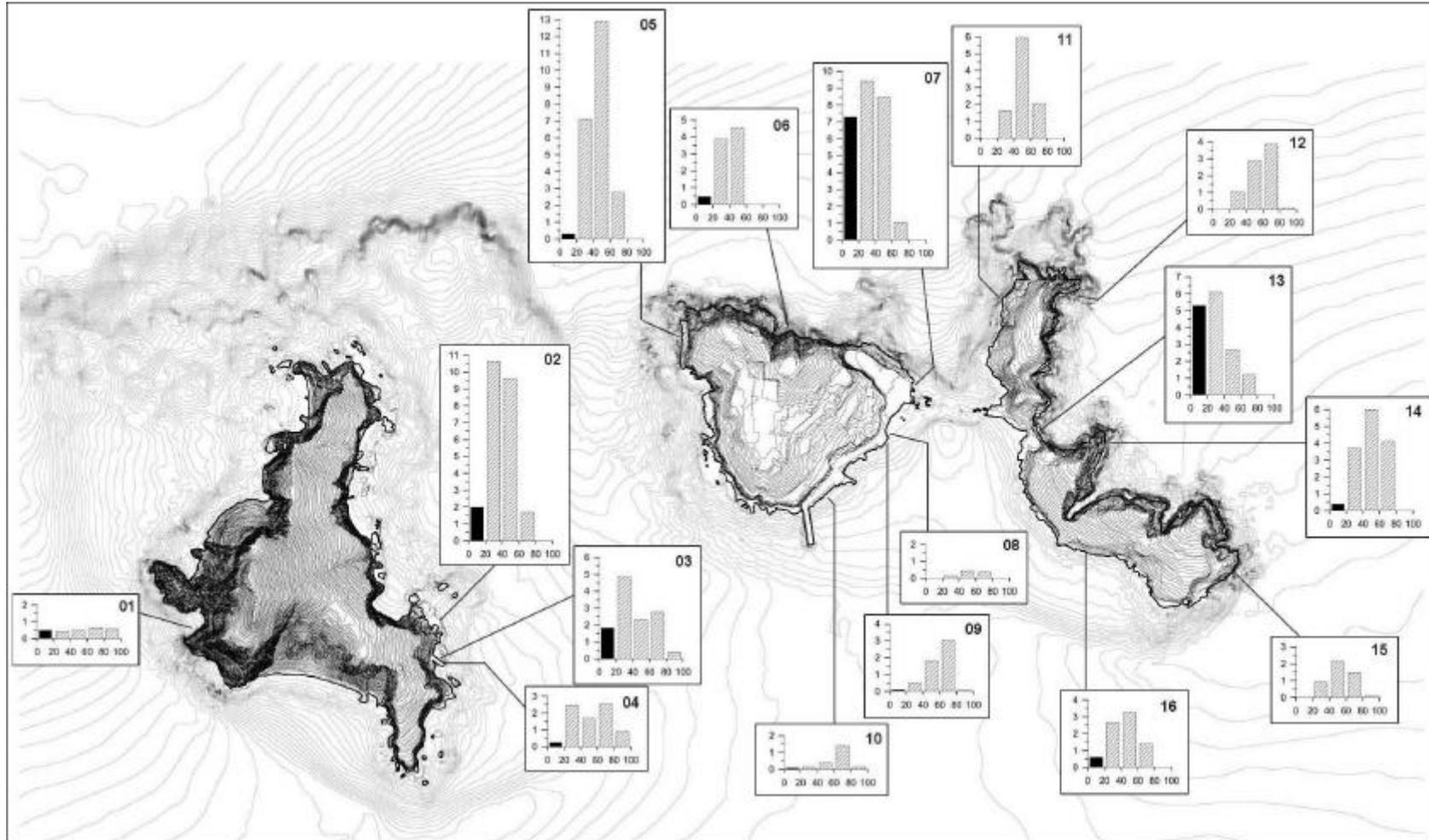


Figura 3.6. Censos en transecto realizados en marzo de 2005, agrupando los resultados en intervalos de talla de 20 mm DM de amplitud. En cada gráfica se representa en abcisas la talla de los ejemplares (DM, mm) y en ordenadas la densidad de ejemplares por metro lineal de costa. Se destaca en negro la barra correspondiente al grupo de tallas 0-20 mm DM por corresponder aproximadamente a los ejemplares procedentes del reclutamiento anual.

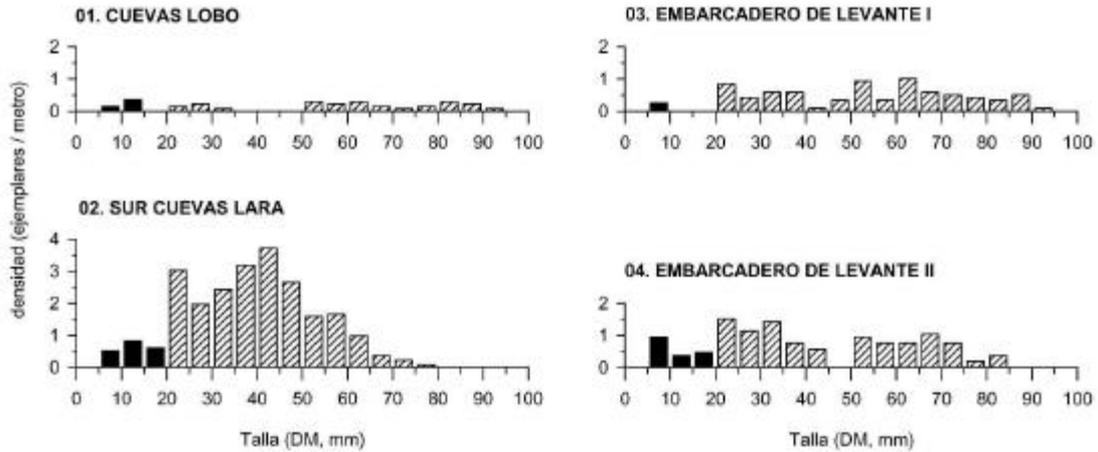


Figura 3.7. Distribución de tallas de los ejemplares en los censos en transecto realizados en marzo de 2005, en la isla de CONGRESO. En negro se destacan los grupos de talla < 20 mm DM, por corresponder aproximadamente a los ejemplares procedentes del reclutamiento anual.

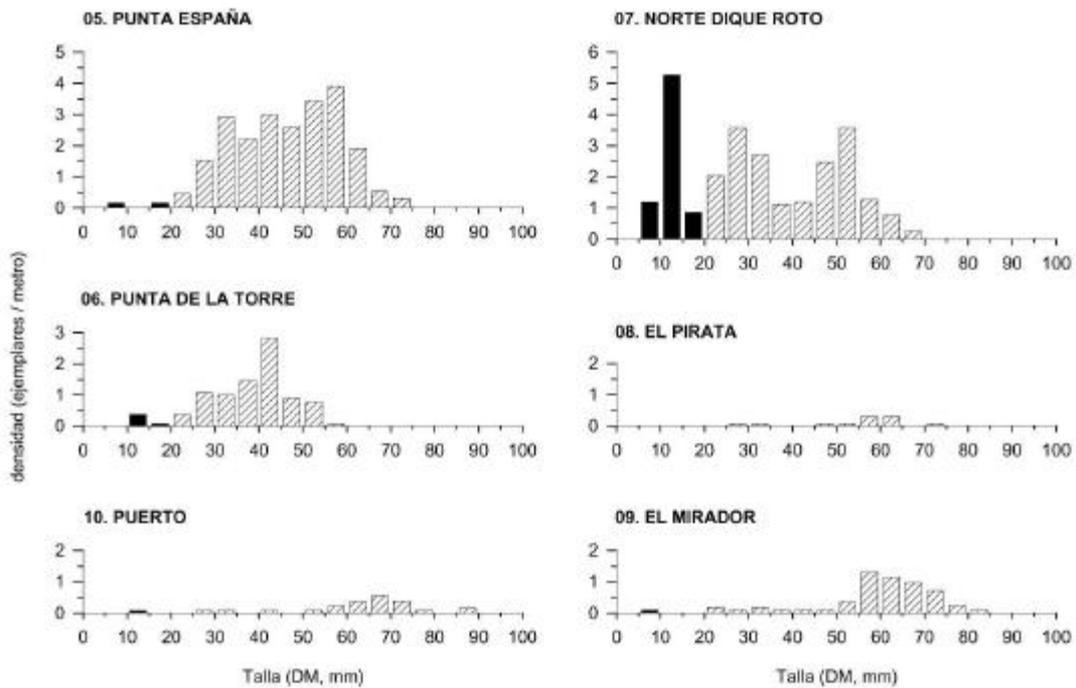


Figura 3.8. Distribución de tallas de los ejemplares en los censos en transecto realizados en marzo de 2005, en la isla de ISABEL II. En negro se destacan los grupos de talla < 20 mm DM, por corresponder aproximadamente a los ejemplares procedentes del reclutamiento anual.

Para tres de los transectos anteriores se dispone de información de densidad y distribución de tallas de ejemplares siguiendo una metodología semejante a la del presente estudio. En la Figura 3.10 se presenta una síntesis comparativa de la evolución

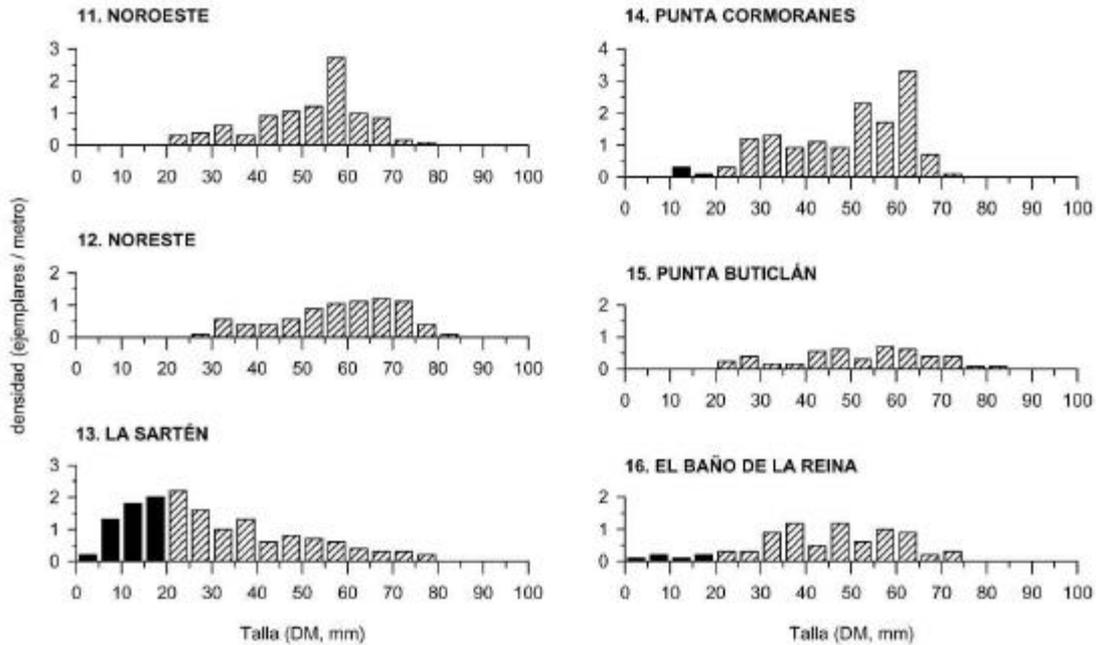


Figura 3.9. Distribución de tallas de los ejemplares en los censos en transecto realizados en marzo de 2005, en la isla de REY FRANCISCO. En negro se destacan los grupos de talla < 20 mm DM, por corresponder aproximadamente a los ejemplares procedentes del reclutamiento anual.

de la densidad de ejemplares en los diferentes año y épocas del año en que se llevaron a cabo los censos. Hay que destacar que los datos pueden ser no estrictamente comparables entre años, dado que la longitud de los transectos establecidos fue diferente según los años: en 1994 fueron llevados a cabo en transectos de 50 m de longitud, los realizados entre 1999 y 2003 fueron de 25 m de longitud mientras que los correspondientes a 2005 y 2006 (presente estudio) de fueron de aproximadamente 10 m de longitud.

Las mayores variaciones en el conjunto de los transectos hacen referencia a los ejemplares de tallas < 20 mm DM, correspondientes aproximadamente al reclutamiento anual. Este hecho es particularmente destacado en el transecto “Norte Dique Roto Isabel”, donde el reclutamiento en 2001 alcanzó unos valores extraordinariamente elevados.

Respecto a las densidades obtenidas para ejemplares de talla superior a 20 mm DM, las variaciones más destacadas tienen lugar en este último transecto. Durante los años 2002 y 2003, este contingente de ejemplares presentó unos valores de densidad mayores en comparación con los obtenidos durante otros años. Este hecho cabe atribuirlo a la contribución a la población del reclutamiento del invierno de 2001 (Ver Figura 3.23, en el apartado de “Reclutamiento”). En los otros dos transectos, las variaciones interanuales son muy reducidas y en algún caso pueden ser atribuibles a la diferente longitud de los transectos definidas en los distintos años de seguimiento.

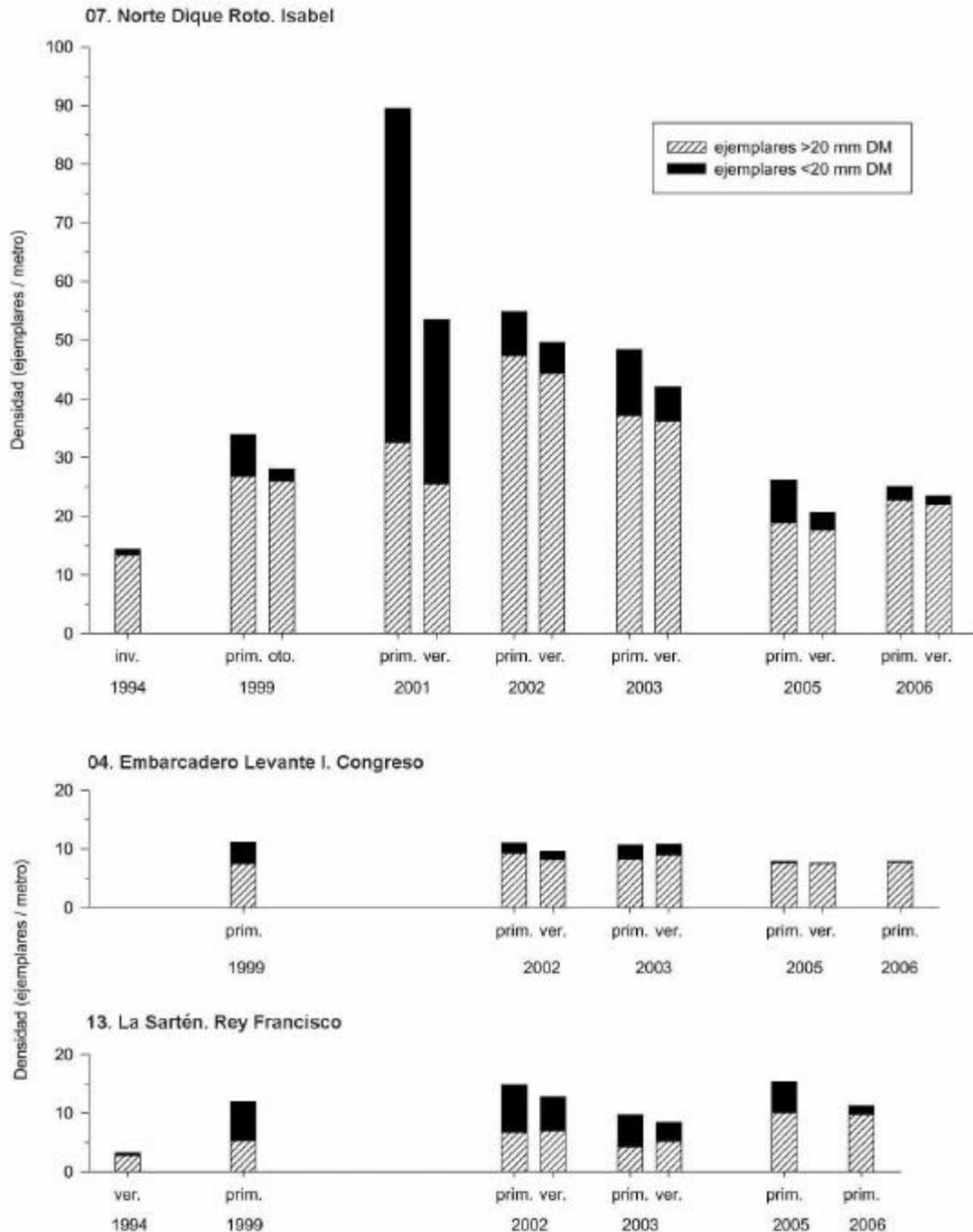


Figura 3.10. Evolución de la densidad de ejemplares en tres transectos representativos. Se distingue para cada censo la porción de ejemplares de talla inferior a 20 mm DM (correspondientes aproximadamente al reclutamiento anual) y la porción de ejemplares de talla superior a ésta. Los censos realizados en 1994 fueron llevados a cabo en transectos de 50 m de longitud, los realizados entre 1999 y 2003 de 25 m de longitud y los correspondientes a 2005 y 2006 (presente estudio) de aproximadamente 10 m de longitud.

En conjunto, las variaciones de densidad observadas en estos tres transectos para un periodo de 12 años (7 años en el caso del transecto “Embarcadero Levante I. Congreso”) ponen de manifiesto que las principales diferencias en la densidad de ejemplares registradas proceden principalmente de la variabilidad en el éxito del

reclutamiento anual. Este aspecto se discute con más detalle en el apartado de “Reclutamiento”. Durante este intervalo de tiempo no se detectan variaciones importantes en la densidad de ejemplares de contingente de ejemplares de talla superior a 20 mm DM, lo cual confirma el buen estado de la población al menos en estos enclaves y la ausencia de tendencias regresivas de la población de esta especie.

3.2. Determinación de parámetros biológicos de utilidad para trabajos de traslocación y reintroducción de ejemplares

3.2.1. Aspectos biométricos

En la Figura 3.11 se representa la relación entre la talla de los ejemplares capturados (en DM, mm) frente al peso total de los ejemplares (en g) y el peso de su masa corporal (peso de los ejemplares sin concha, en g). El ajuste mediante regresión a curvas potenciales da como resultado:

$$\begin{array}{ll} PT = 3,081 * 10^{-5} * DM^{3,415} & r = 0,986; n = 126 \\ PC = 8,872 * 10^{-6} * DM^{3,449} & r = 0,981; n = 123 \end{array}$$

donde,

PT = Peso total del ejemplar (g)

PC = Peso de la masa corporal (ejemplar sin concha) (g)

DM = Diámetro máximo de la concha (mm)

El ejemplar de mayor tamaño capturado presentaba una talla de 97,3 mm DM y era una macho. Este ejemplar es asimismo el de mayor tamaño de concha hallado durante los muestreos del presente año, incluyendo los registrados durante los censos en transecto.

El ejemplar capturado con mayor peso total fue un “adulto no identificable” capturado en agosto de 2006. Éste presentaba una talla de 92,6 mm DM y un peso total de 177,45 g. Fue este mismo ejemplar el que presentó un peso de masa corporal mayor entre el conjunto de ejemplares capturados, con un peso de 62,44 g.

A partir de las curvas de regresión anteriores se puede estimar que un ejemplar de talla 100 mm DM presentaría en promedio un peso total de 208,30 g y un peso de masa corporal de 70,15 g.

3.2.2. Caracterización de estados reproductores

En el único trabajo existente hasta hace poco tiempo acerca de la biología reproductiva de *P. ferruginea*, FRENKIEL (1975) definió 4 estados de maduración de

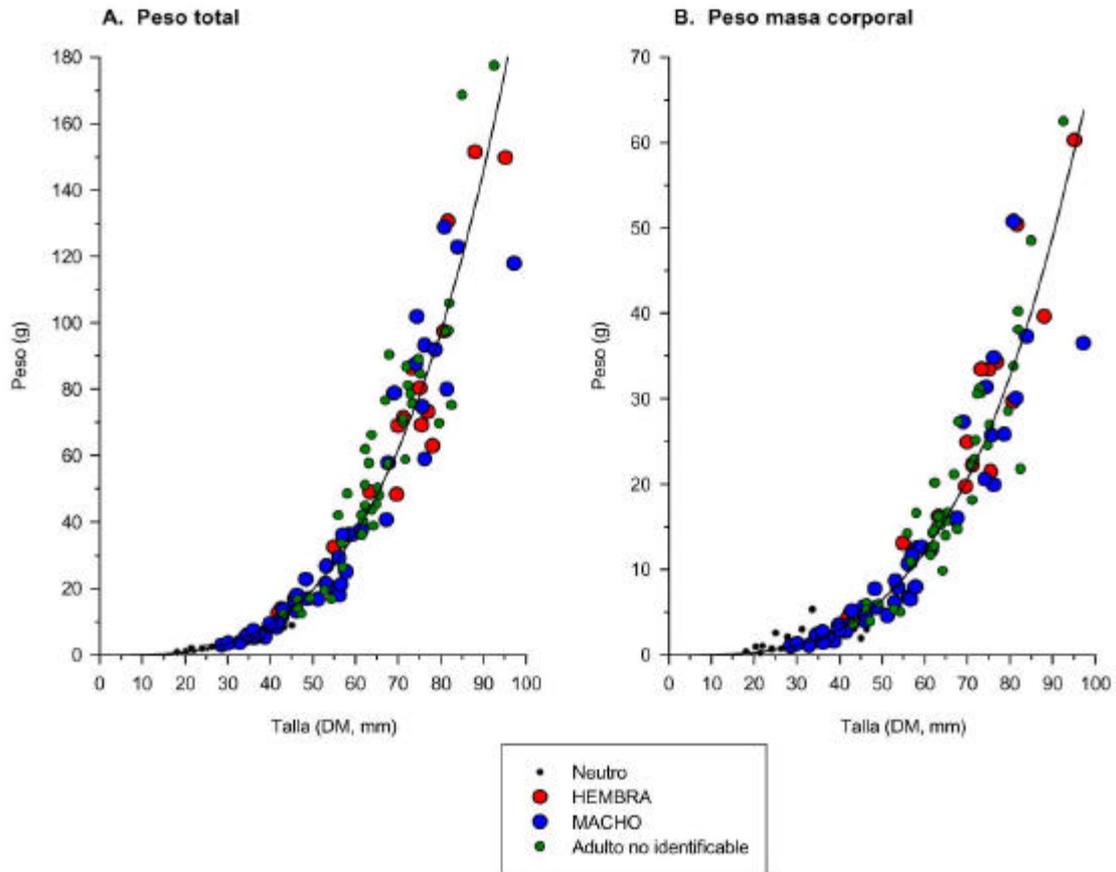


Figura 3.11. Relación entre la talla de los ejemplares capturados (en DM, mm) frente al peso total de los ejemplares (en g) y el peso de su masa corporal (peso de los ejemplares sin concha, en g). Las líneas representan el ajuste mediante regresión a curvas potenciales.

las gónadas con el fin de describir la evolución del ciclo reproductor de esta especie. Esta caracterización correspondía a una modificación de la escala de ORTON et al. (1956) utilizada aún en la actualidad por diferentes autores en especies de *Patellidae*.

De acuerdo con la escala de FRENKIEL (1975) el “estado 0” correspondía a ejemplares en reposo gonadal y el “estado 3” a ejemplares completamente maduros. Los estados “1” y “2” correspondían a ejemplares en un estado intermedio, que incluían tanto el proceso de maduración como el de regresión de las gónadas tras la freza. Macroscópicamente solo se podía determinar el sexo en los ejemplares de los estados “2” y “3”.

Inicialmente se planteó utilizar en el presente trabajo la escala de FRENKIEL (1975) pero ya desde el inicio del examen de ejemplares diseccionados se hallaron dificultades para la aplicación de esta escala. La caracterización de estados por parte de esta autora se basaba en gran medida en el grado de desarrollo de la gónada, descrita en función del nivel de cobertura de ésta respecto al total de la masa visceral en visión ventral de ejemplares diseccionados. Sin embargo su uso en los ejemplares estudiados producía resultados poco coherentes. En la Figura 3.12 se presentan algunos ejemplos a este respecto.

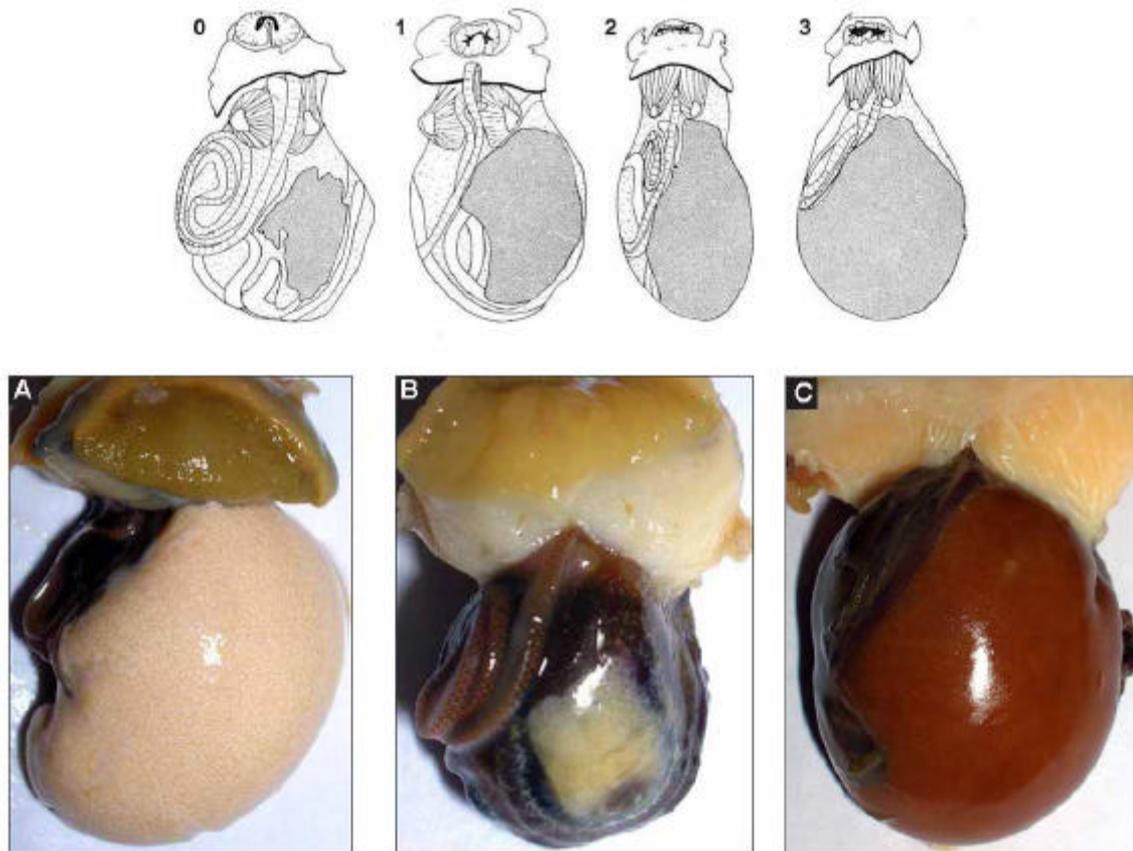


Figura 3.12. Ejemplos de dificultades para la utilización de los estados reproductores empleados por Frenkiel (1975) para *P. ferruginea*. En la parte superior, dibujos presentados por esta autora. En la parte inferior, vista ventral de la masa visceral de tres ejemplares del presente estudio. Talla de los ejemplares: (A) 56,8 mm DM, (B) 28,6 mm DM, y (C): 97,2 mm DM. Ver explicación en el texto.

En la Figura 3.12 el ejemplar A es un macho adulto con la gónada muy desarrollada que, de acuerdo con los criterios de Frenkiel, correspondería a un “estado 3”, es decir, el máximo estado de maduración. El volumen y coloración de la gónada hace pensar que efectivamente se trataba de un ejemplar maduro. En cambio el ejemplar B, de acuerdo con la caracterización de Frenkiel correspondería a un “estado 0”, dado que la gónada cubre un pequeño porcentaje de la masa visceral; este estado en el trabajo de Frenkiel hace referencia a ejemplares en reposo sexual. Sin embargo este ejemplar se trataba de un macho adulto maduro, en el que se observaron al microscopio numerosos espermatozoides en una muestra obtenida mediante punción de la gónada. La coloración de la gónada es semejante al del macho anterior. El hecho de que presente una gónada con una baja cobertura respecto de la masa visceral no respondería en este caso a que estuviera en una fase de reposo del ciclo reproductor sino al hecho de que se trata de un ejemplar de pequeña talla, en los cuales que las gónadas no alcanzan a ser voluminosas.

Por otra parte el ejemplar C de la Figura 3.12 podría ser caracterizado por el grado de cobertura de la gónada como un “estado 3”, es decir, un ejemplar plenamente maduro. Sin embargo se trata de una gónada claramente en regresión, en el que macroscópicamente no se puede determinar el sexo. Este ejemplar se pudo identificar como macho al observar un número reducido de espermatozoides al microscopio en una

muestra obtenida mediante punción de la gónada. En este caso se trata de un ejemplar de talla muy elevada en el que probablemente, partiendo de una gónada voluminosa, ésta presenta en su estado de regresión post-freza una cobertura respecto a la masa visceral considerable.

Los ejemplos anteriores y otras observaciones semejantes hicieron decidir no utilizar la caracterización de estados reproductores propuesta por Frenkiel. En el presente informe se han utilizado una serie de grupos con carácter preliminar, dado que se definen únicamente a partir observaciones de carácter macroscópico de las gónadas. Estudios histológicos posteriores de las muestras obtenidas deben permitir caracterizar los estados de maduración y regresión de la gónada tras la freza con más detalle.

De este modo, se han definido estados reproductores:

NEUTRO

Sin gónada macroscópicamente identificable

HEMBRA. MADURACIÓN

Color de la gónada entre granate y marrón oscuro. A la lupa binocular se aprecian claramente los ovocitos bajo la superficie del epitelio. Cuando está próxima a la maduración, los ovocitos presentan una forma poliédrica.

HEMBRA. REGRESIÓN

Color de la gónada irregular, con manchas de diferentes tonos de color marrón. A la lupa binocular se aprecian ovocitos con densidad irregular.

MACHO. MADURACIÓN

Color de la gónada entre blanquecino y crema claro. A la lupa binocular presenta una superficie con surcos y crestas que le dan un aspecto cerebriforme.

MACHO. REGRESIÓN

Color de la gónada anaranjado, en ocasiones a manchas irregulares. A la lupa binocular presenta la superficie con el mismo aspecto cerebriforme pero con un mayor contraste de coloración entre las crestas y los surcos.

ADULTO NO IDENTIFICABLE (ANI)

Color de la gónada marrón-anaranjado. Gónada poco voluminosa, a menudo como una fina lámina. A la lupa binocular no se aprecian estructuras definidas en la superficie, si bien en ocasiones presenta un aspecto esponjoso.

En la Figura 3.13 se presentan algunas imágenes correspondientes al aspecto de la gónada para cada uno de los grupos.

Esta caracterización es relativamente sencilla y, como se ha comentado, tiene carácter preliminar. Los ejemplares “en maduración” incluirían tanto a los ejemplares en fase de maduración de la gónada como a aquellos plenamente maduros, no habiéndose detectado diferencia macroscópicas que permitan distinguir entre ambos estados. Los ejemplares “en regresión” corresponderían a aquellos en que tras la freza están en un estado intermedio antes de alcanzar la fase de reposo sexual. En la Figura 3.14 se representa la correspondencia de cada uno de los estados anteriores a un modelo teórico de ciclo maduración gonadal.

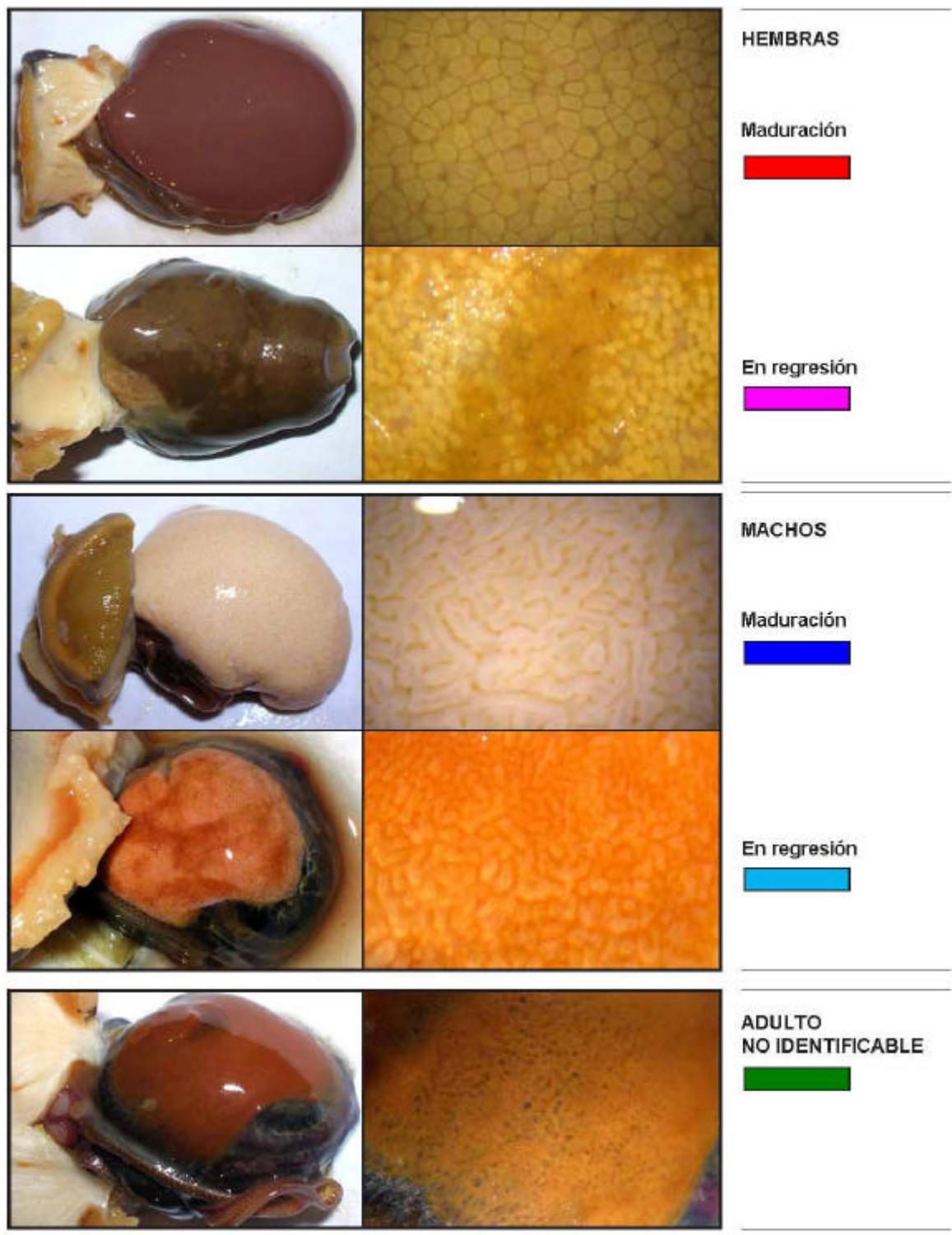


Figura 3.13. Caracterización de estados reproductores utilizados en el presente estudio. Se presenta a la izquierda una visión ventral de los ejemplares, después de que tras la disección se haya eliminado la mayor parte del pie. A la derecha se presentan detalles del aspecto de la superficie de la gónada bajo la lupa binocular. Los cuadros de color hacen referencia al código de colores empleado en las gráficas del presente apartado para cada uno de los grupos.

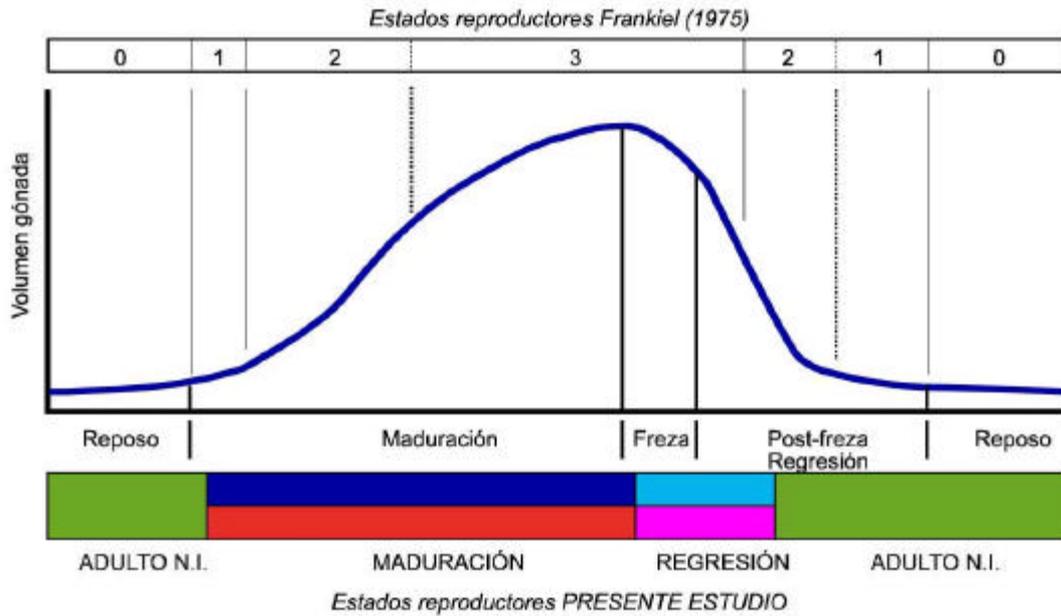


Figura 3.14. Modelo de evolución del volumen de la gónada a lo largo de un ciclo reproductor de un ejemplar adulto. En la parte superior se indica las etapas a las que corresponderían los estados descritos por Frankiel (1975). En la parte inferior se representa la correspondencia para los grupos establecidos en el presente estudio.

3.2.3. Ciclo reproductor

En la Figura 3.15 se representa el porcentaje por meses de ejemplares para cada sexo y estado reproductor obtenido a lo largo del presente estudio. En este caso no se han incluidos los ejemplares “neutros” que, en principio, cabría esperar que correspondieran a ejemplares inmaduros.

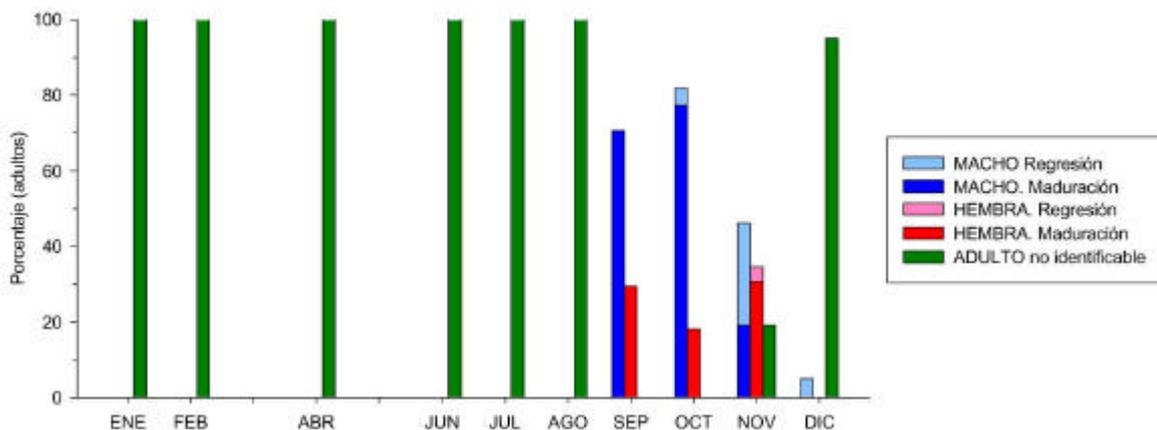


Figura 3.15. Porcentaje de ejemplares en cada uno de los estados reproductores (se han excluidos los Neutros) en los diferentes meses de muestreo.

En esta figura se observa que la actividad reproductora se centra durante los meses de septiembre a diciembre. Durante el resto del año los ejemplares presentan gónadas reducidas, siendo caracterizados en todos los casos como “adultos no identificables”.

De acuerdo con estos resultados, la maduración de la gónadas parece comenzar de manera sincrónica en ambos sexos a principios de septiembre (nótese que, como se ha comentado en el capítulo de Material y Métodos todos los muestreos entre septiembre y diciembre tuvieron lugar durante la segunda quincena de cada mes).

En el caso de los machos la freza parece tener lugar durante un periodo más amplio que en las hembras. Se han observado ejemplares con evidencias de haber frezado total o parcialmente (ejemplares “en regresión”) entre octubre y diciembre. Frente a esto, únicamente se observó entre los ejemplares capturados una hembra “en regresión”, con indicios de haber iniciado la freza, a finales de octubre. Por su parte, los ejemplares “Adulto No identificable” de noviembre que se observan en la Figura 3.15 puede considerarse, a falta de posteriores estudios histológicos de las muestras, que corresponderían probablemente a machos. Esto se puede deducir a partir de la proporción machos vs. hembras observada en los dos meses anteriores, en los que el número de machos era aproximadamente el doble que el de hembras. Durante el mes de noviembre, si se suma el número de ejemplares “ANI” al de machos el *ratio* resultante respecto a las hembras resultaría semejante.

Estos datos hacen suponer que algunos machos comenzarían la freza a principios de octubre y la prolongarían al menos hasta mediados de diciembre. La freza en hembras tendría lugar a finales de noviembre, posiblemente de manera casi sincrónica, centrada tal vez en un periodo de una o como máximo dos semanas. La freza en las hembras coincide con el final de la bajada de temperatura del agua que tiene lugar a lo largo del mes de noviembre, en el que la temperatura superficial llegó a descender aproximadamente 5 °C (Figura 3.16).

Los resultados obtenidos coinciden plenamente con lo descrito por FRENKIEL (1975) para *P. ferruginea* en las costa argelinas, a partir del examen de un número de ejemplares mucho mayor (unos 2.000 ejemplares durante un periodo de tres años). Esta autora describe un periodo de reposo sexual entre enero y agosto y la maduración del conjunto de ejemplares adultos durante septiembre. Destaca asimismo que en noviembre ya hay un porcentaje de ejemplares de pequeña talla, correspondiente a machos, que presentan la gónada vacía. Esto coincide con las observaciones señaladas en las islas Chafarinas, en la que se observó un cierto número de adultos en regresión, clasificados como “ANI”, y que de acuerdo con la discusión anterior podrían corresponder a machos; todos estos últimos ejemplares eran de talla pequeña o mediana, inferior a 60 mm DM.

FRENKIEL (1975) planteó que la freza en los machos comenzaría con anterioridad en el caso de los machos mientras que en las hembras el factor desencadenante de la freza sería, junto con la presencia de esperma en el medio, la caída de la temperatura del agua de mar que tiene lugar durante noviembre y la llegada de los primeros temporales de otoño. Los resultados obtenidos en el presente estudio apoyan estas ideas.

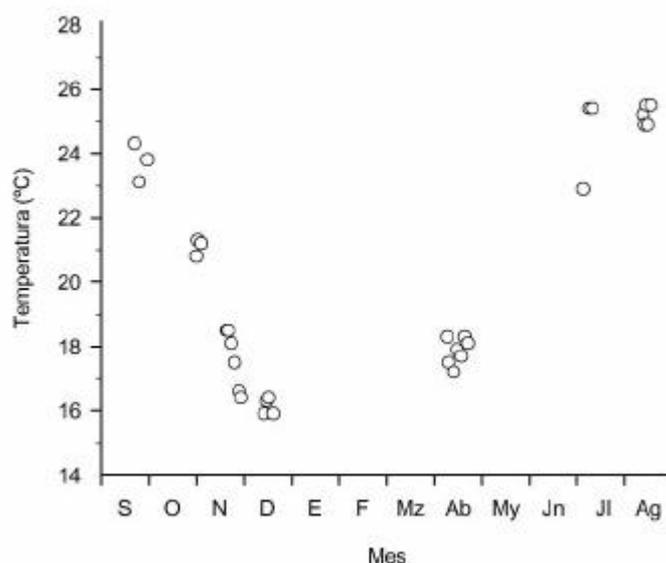


Figura 3.16. Variación de la temperatura superficial del agua de mar en las islas Chafarinas, a partir de datos obtenidos en el Muelle chico durante diferentes estancias en el archipiélago. Todos los datos se registraron aproximadamente al mediodía.

3.2.4. Madurez sexual

En la Figura 3.17 se representa la distribución de tallas de ejemplares por sexos y por estados de maduración gonadal. En ella se observa que la distribución de los ejemplares neutros varía en las distintas épocas del año. Mientras que entre los meses de septiembre y octubre el neutro de mayor talla era de 29,3 mm DM, fuera del periodo reproductor se han hallado ejemplares neutros de hasta 48,3 mm DM.

Este hecho puede ser atribuido a que en los ejemplares de menor talla, en el que el desarrollo de la gónada es muy reducido (ver por ejemplo Figura 3.12.B), al terminar el periodo reproductor reducen la gónada hasta hacerse ésta macroscópicamente imperceptible. En la Figura 3.18 se representa un modelo de ciclo gonadal (semejante al presentado en la Figura 3.14) que podría corresponder a los ejemplares de este menor rango de tallas. En este caso se podría considerar que fuera del periodo reproductor no es posible distinguir entre un ejemplar inmaduro, que todavía no ha alcanzado la madurez sexual, y un adulto de pequeña talla en reposo: en ambos casos estos serían clasificados como “neutros”. A partir de los datos de la Figura 3.17 se puede considerar que la talla por debajo de la cual no sería posible identificar la madurez fuera del periodo reproductor sería de unos 45 – 50 mm DM. De este modo la talla de madurez sexual se puede determinar únicamente a partir de ejemplares obtenidos durante el periodo reproductor. Esta cuestión ya fue destacada por FRENKIEL (1975), quien consideró que la identificación de la ausencia de madurez sexual debida a la edad (y no a un estado de reposo) solo se podía realizar en ejemplares capturados durante septiembre y octubre.

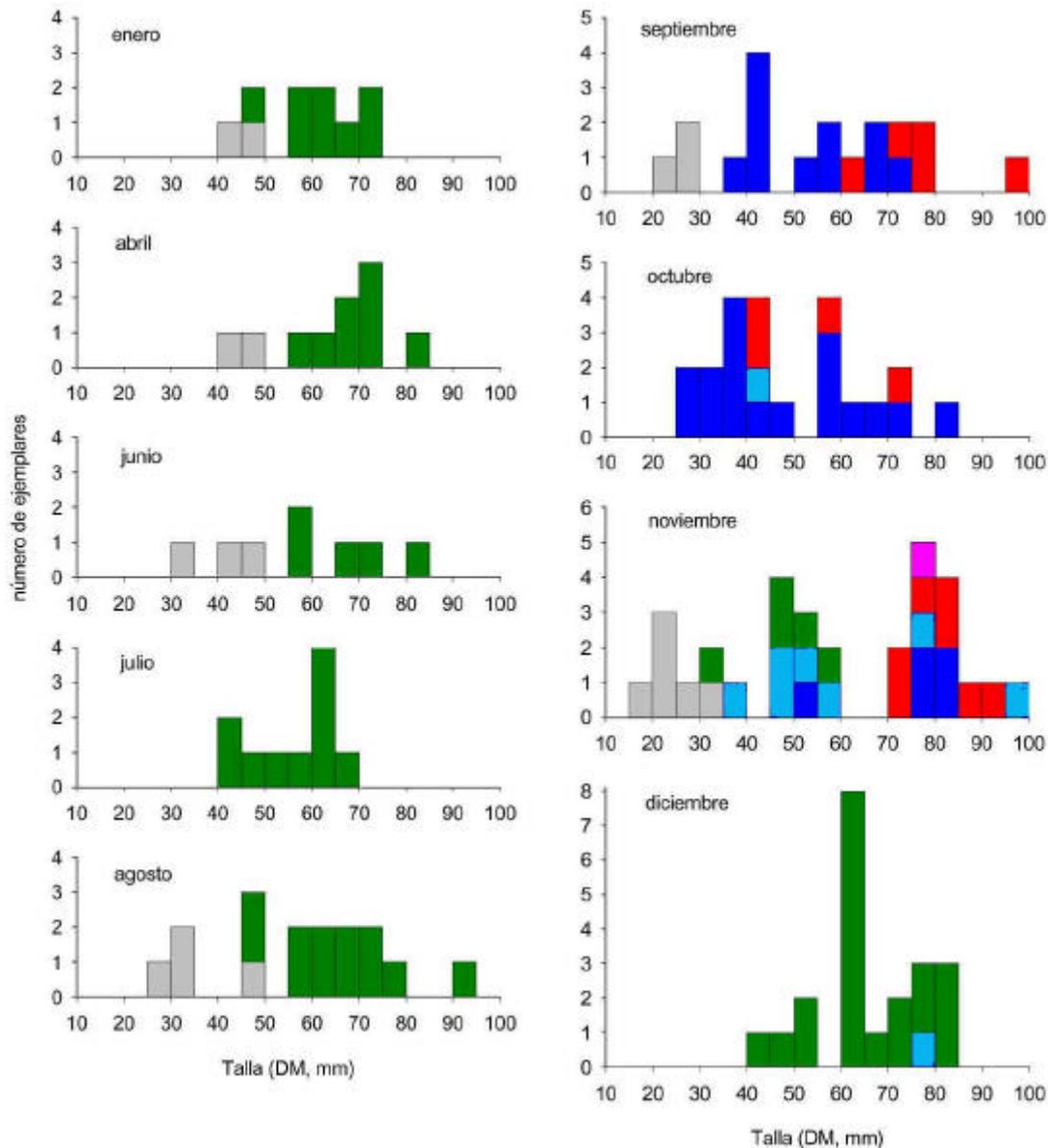


Figura 3.17. Distribución de tallas de los ejemplares por estados de maduración gonadal en los diferentes meses de muestreo.

En efecto, los ejemplares obtenidos durante noviembre y diciembre tampoco permiten asegurar que, ante la ausencia de gónada en un ejemplar, ésta sea debida a que todavía no ha alcanzado la madurez sexual. Tal y como se ha comentado existen evidencias de que los machos durante octubre pueden haber empezado a frezar y sería posible que se incluyera algún ejemplar de pequeña talla que hubiera frezado tempranamente y hubiera reducido totalmente la gónada.

En la Figura 3.19 se resume la distribución de tallas por sexos, agrupadas por fases de periodo reproductor: reposo (enero a agosto), maduración (septiembre y octubre) y freza y post – freza (noviembre y diciembre).



Figura 3.18. Modelo de evolución del volumen de la gónada a lo largo de un ciclo reproductor en ejemplares de talla inferior a 45 mm DM. En la parte inferior se representa la correspondencia para los grupos establecidos en el presente estudio; los ejemplares en la mayor parte del periodo de reposo se identificarían como “Neutros”.

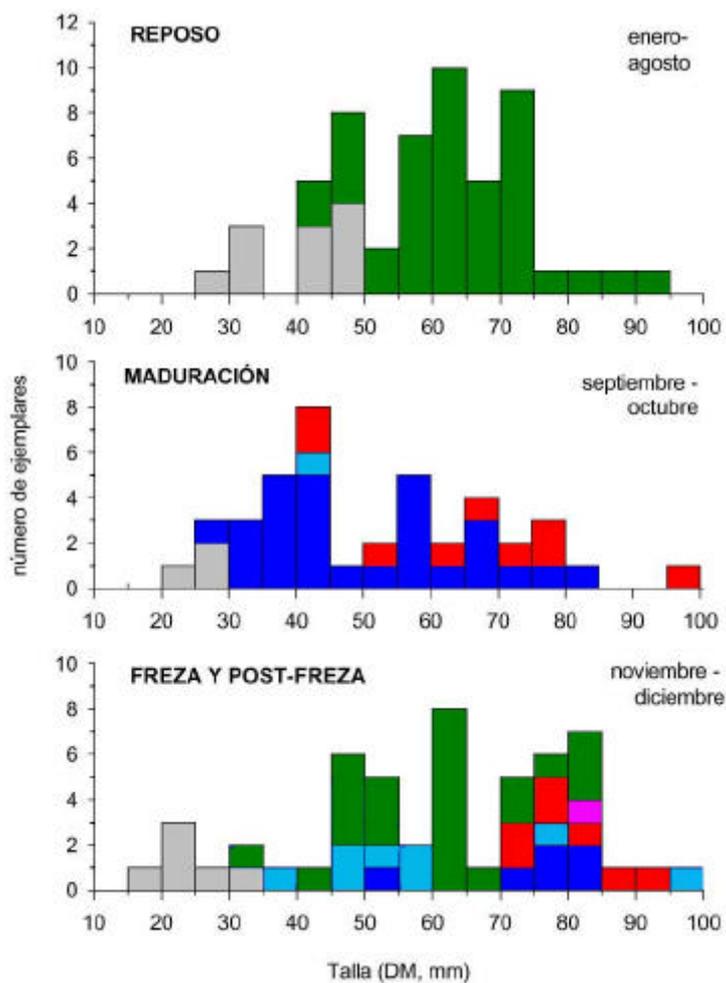


Figura 3.19. Distribución de tallas de los ejemplares por estados de maduración gonadal, en las diferentes fases principales del ciclo reproductor.

Si tomamos como referencia los meses de maduración (septiembre y octubre), el neutro de mayor tamaño presentaba una talla de 29,3 mm DM mientras que el macho adulto con menor talla era de 28,6 mm DM. A partir de estos resultados se puede concluir que la *talla de madurez sexual* puede estar en torno a los 29 mm DM.

Este dato sin embargo debe ser tomado con cautela, dado el reducido número de ejemplares en que se basa (únicamente 3 neutros entre los meses de septiembre y octubre). Será necesario obtener en el futuro un mayor número de ejemplares del rango de tallas 25 – 35 mm durante la época de reproducción para poder determinar la talla promedio de madurez sexual.

Estos resultados coinciden aproximadamente con lo expuesto con FRENKIEL (1975). Esta autora señaló que en las muestras obtenidas durante los meses de septiembre y octubre los ejemplares capturados entre 15 y 18 mm DM eran inmaduros mientras que los de talla superior a 24 mm DM eran adultos.

3.2.5. Distribución de sexos por tallas

En la Figura 3.20 se presenta la distribución de tallas de los ejemplares de cada sexo procesados durante el presente estudio. Existe un solapamiento considerable en la distribución de tallas de ambos sexos, a excepción del rango de tallas próximo a la madurez sexual, entre 25 y 40 mm DM, en que solamente se detectaron machos.

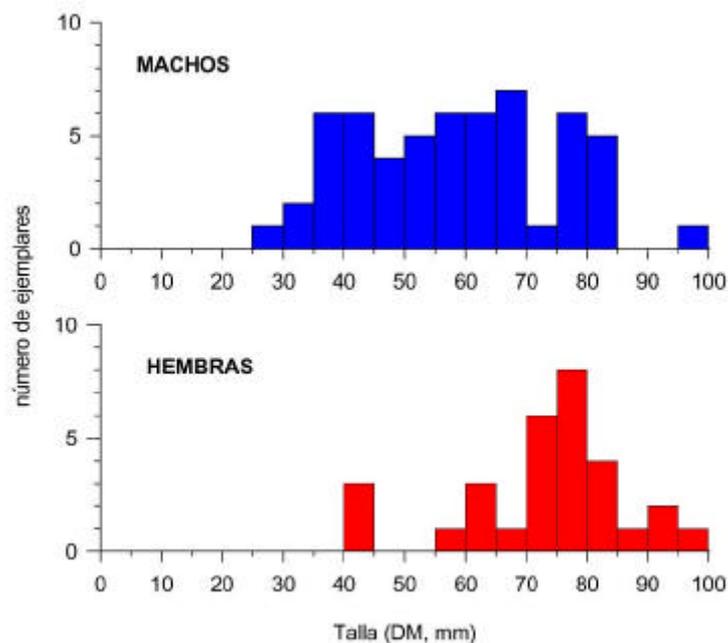


Figura 3.20. Distribución de tallas por sexos de los ejemplares procesados.

Se han observado ejemplares adultos machos en un rango de tallas de 28,6 y 97,3 mm DM y hembras en un rango entre de 41,8 y 95,2 mm.

En las muestras estudiadas, el porcentaje de machos disminuye al aumentar la talla (Figura 3.21). Los porcentajes obtenidos por grupos de talla son los siguientes: 40-60 mm = 84,0% machos; 60-80 mm = 52,6% machos; > 80 mm = 42,9% machos. Para el conjunto de ejemplares adultos estudiados la relación machos vs. hembras es 1,87:1 (n = 88).

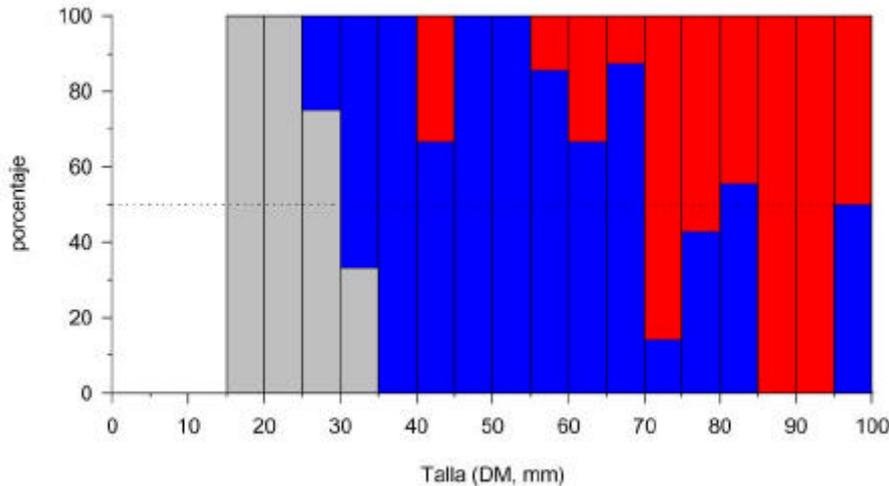


Figura 3.21. Variación de la proporción de sexos en los grupos de talla. Se han representado de manera adicional los ejemplares neutros correspondientes a los meses entre septiembre y noviembre.

Estos resultados contrastan considerablemente con la información que se asumía de para esta especie. La mayor parte de autores recientes describen que *P. ferruginea* presenta hermafroditismo proterándrico, alcanzando la madurez sexual como macho a una talla en torno a 24 mm DM y produciéndose el cambio de sexo a hembra alrededor de los 40 mm DM de talla (e.g. LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1990b; 1991b; TEMPLADO et. al, 2004). Estos autores hacen referencia como origen de esta información al trabajo de FRENKIEL (1975). Estas diferencias tan marcadas respecto a los resultados del presente estudio resulta difícil de asumir que puedan ser debidas a variaciones poblacionales, más aún cuando los resultados de esta autora proceden del estudio de ejemplares de enclaves situados solamente entre 60 y 100 km respecto de las islas Chafarinas.

Sin embargo una lectura detallada del trabajo de FRENKIEL (1975) muestra que esta autora no presenta de hecho las conclusiones que se le atribuyen. Como se muestra en los párrafos siguientes que reproducen el texto de este artículos (p. 17), esta autora únicamente indica, aparte del rango de madurez sexual, que “todos los ejemplares adultos menores de 40 mm son machos”; sin embargo, no menciona que no existan machos de talla superior a este valor, ni hace ningún tipo de referencia a la existencia de hermafroditismo proterándrico.

(...) Les animaux ramassés de 15 a 18 mm sont immatures, tandis que ceux de 24 mm sont mûrs.

(...) Cependant, étant donné l'absence, au cours de cette période, d'exemplaires de 19 a 23 mm, il est difficile de situer avec certitude la taille de

première « sexualisation ». Une fois celle-ci atteinte, la maturation est synchrone, quelle que soit la taille. Par contre, les premières émissions de gamètes en Novembre sont le fait des plus petits animaux sexués - moins de 40 mm.

(...) En Novembre, par contre, 3,5 % d'individus - de moins de 40 mm - présentent déjà des gonades totalement vidées. **Ce sont tous des males, car il n'existe pas de femelles dans ces petites classes de taille.** De plus, la répartition des stades par sexe nous montre que tous les individus au stade 1 sont males et que, sur les 39 individus au stade 2, il y a 38 males. Au total, un peu plus de 20 % des animaux, tous males, ont émis des gamètes en Novembre.

¿De donde proceden pues la información que se ha atribuido a *P. ferruginea* tomando como referencia este trabajo?. Aparentemente fueron LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990b) quienes indicaron estos valores por primera vez haciendo referencia al trabajo de FRENKIEL (1975) al señalar que “las maduraciones no tienen lugar hasta una talla superior a 20 mm” y “los individuos son entonces machos y posteriormente cambian el sexo cuando el diámetro de su concha alcanza de 35-45 mm”. Autores posteriores parecen haber asumido la información presentada por estos últimos sin revisar con detalle lo descrito en el trabajo original.

Los resultados obtenidos de hecho hacen plantear dudas sobre el supuesto hermafroditismo en *P. ferruginea*, al no existir ninguna evidencia directa al respecto. Se pueden plantear dos hipótesis:

- (1) que, siendo hermafroditas, el cambio de sexo no está determinado por la talla o por la edad, sino por otros factores
- (2) que se trata de una especie gonocórica, con sexos separados

BRANCH (1981) en una revisión sobre la biología de los Patellidae indicó que la mayor parte de especies de esta familia son gonocóricas. Señaló asimismo que en varias especies la proporción de sexos varía con la talla, siendo más abundantes los machos en el rango de tallas menor, mientras que la proporción de hembras es superior entre los ejemplares de mayor tamaño. En algunas especies además se había demostrado la existencia de hermafroditismo proterándrico. Sin embargo discutió y criticó la tendencia de distintos autores a asumir la existencia de hermafroditismo en otras especies, sin más evidencias que la diferente distribución de tallas entre los sexos. Este autor señaló que este hecho podría ser debido a otras causas, como una mayor tasa de crecimiento en las hembras o una tasa de mortalidad superior en los machos.

Algunos autores han conseguido demostrar con evidencias directas la existencia de hermafroditismo proterándrico en algunas especies de lapas. Un ejemplo es el caso de *Patella oculus*, especie en que BRANCH (1974) detectó durante el estudio histológico de las gónadas algunos machos que tras la freza presentaban simultáneamente restos de tejido espermático con primordios de ovocitos. La posibilidad de hallar este tipo de evidencias cabe esperarlas únicamente en especies de vida corta y con un ciclo gonadal casi continuo. En cambio, en el caso de *P. ferruginea*, resulta difícil esperar que en caso de tener lugar efectivamente el cambio de sexo puedan hallarse evidencias de este tipo, dado que con toda probabilidad el cambio de actividad gonadal tendría lugar durante el largo periodo de reposo (8 meses al año) entre dos ciclos reproductores consecutivos.

El segundo tipo de evidencias de hermafroditismo halladas proceden del uso de la metodología de sexado no letal de WRIGHT y LINDBERG (1979). A partir del uso de esta técnica en ejemplares marcados, WRIGHT y LINDBERG (1982) en *Lottia gigantea* y LE QUESNE y HAWKINS (2006) en *Patella vulgata*, detectaron que algunos ejemplares sexados inicialmente como machos en años posteriores presentaban gónadas femeninas. Cabe destacar respecto a *P. vulgata* que la distribución de sexos por tallas descrita asimismo por LE QUESNE y HAWKINS (2006) es semejante a la obtenida en el presente estudio para *P. ferruginea*, lo cual no implica que esta última especie sea hermafrodita pero sí indica que esta distribución por sexos no excluye la hipótesis de hermafroditismo. El uso de esta técnica parece la mejor opción para intentar contrastar las dos hipótesis anteriores en *P. ferruginea*. Sin embargo la resolución de esta cuestión requerirá estudios a medio plazo. Como se describe en el apartado de crecimiento, la madurez sexual puede alcanzarse durante el segundo año de vida mientras que un ejemplar puede alcanzar más de diez años de edad. Así, de tener lugar el cambio de sexo, éste no tiene por qué producirse en un momento determinado entre dos ciclos consecutivos (como ocurriría por ejemplo en una especie con una longevidad de dos años) sino que un determinado ejemplar marcado que se hubiera identificado como macho, podría mantener este sexo durante varios años antes de realizar el cambio a hembra. De este modo, la probabilidad de obtener evidencias en este sentido para *P. ferruginea* es sensiblemente menor que para otras especies y deberá exigir un esfuerzo de muestreo más prolongado.

El contraste de ambas hipótesis, es decir, determinar si *P. ferruginea* es una especie gonocócica o hermafrodita proterándrica, presenta un interés indudable. Puede ayudar a comprender aspectos de la dinámica poblacional de la especie o acerca de la capacidad de ésta para responder mediante una estrategia reproductora diferente a alteraciones en la densidad de ejemplares en un determinado enclave. De cualquier modo los resultados obtenidos en el presente trabajo revisten ya una importancia considerable, dado que cambian totalmente la percepción que se tenía de la biología de *P. ferruginea*, en particular en relación algunos aspectos de importancia para su gestión y conservación.

Así, los datos que se asumían hasta ahora (madurez sexual como macho a unos 24 mm DM, cambio de sexo a hembra en torno a 40 mm DM) permitían predecir con un cierto margen de error el sexo de un determinado ejemplar a partir de la talla. De este modo, ante una experiencia de traslocación o de obtención de ejemplares para ensayar su fecundación controlada, se asumía que se podía obtener un determinado número de ejemplares de cada sexo a partir de la distribución de tallas. Los resultados obtenidos evidencian que esto no es así y que la única manera de conocer el sexo de un ejemplar (al menos en un momento determinado de su vida) es determinarlo individualmente, por ejemplo mediante la técnica de WRIGHT y LINDBERG (1979).

Otra ejemplo de la importancia de estos datos desde el punto de vista de la gestión sería el caso de la isla de Alborán, población para la que TEMPLADO y MORENO (1997), partiendo de una serie censos de ejemplares que mostraban que todos los ejemplares presentaba una talla superior a 40 mm DM, supusieron que estaba compuesta únicamente por hembras, lo cual indicaba su inviabilidad reproductora. Los resultados obtenidos muestran que esta hipótesis ya no tendría fundamento y que, de manera general, no se puede considerar como reproductivamente inviables poblaciones compuestas por ejemplares únicamente de un reducido rango de talla.

En un artículo publicado durante los últimos meses, ESPINOSA et al. (2006) describe a partir de ejemplares procedentes de Ceuta resultados que coinciden en parte con los del presente estudio. Estos autores hallaron ejemplares machos hasta el rango de tallas de 80-90 mm DM y discuten el error que habría tenido lugar en la bibliografía acerca de la interpretación del trabajo de Frenkiel. Sin embargo estos autores siguen asumiendo que *P. ferruginea* es una especie con hermafroditismo proterándrico, sin ninguna evidencia que lo demuestre. Cabe destacar por otra parte que en las muestras estudiadas por estos autores el tamaño mínimo de las hembras halladas correspondía al rango de 60-70 mm DM; no resulta evidente el motivo de la ausencia de hembras en el rango de tallas 40-60 mm, habiendo utilizado un tamaño muestral semejante o superior al del presente estudio.

3.2.6. Tamaño de huevos y fecundidad

LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990b) describieron que los ovocitos maduros de *P. ferruginea* son de un tamaño considerable, de en torno a 200 μm de diámetro, lo cual hacía suponer que tendrían un desarrollo larvario corto. Señalaron asimismo que esta especie presenta una fecundidad baja lo cual, junto con el dato anterior, implicaría que la capacidad de dispersión natural de la especie es muy limitada. Este hecho, de acuerdo con los autores anteriores, sería una de las causas del estado de regresión de la especie, al ser poco probable que las poblaciones que actualmente están en buen estado puedan exportar reclutas a zonas más o menos alejadas. Estas ideas han sido una vez más asumidas por la mayor parte de autores posteriores.

Aunque no estaba inicialmente previsto en el plan de trabajo, durante el ensayo de fecundación de *P. ferruginea* llevado a cabo en las islas Chafarinas en noviembre de 2005 se realizó la biometría de una serie de ovocitos maduros, previo a la mezcla con el esperma. Se midieron mediante observación al microscopio con ocular micrométrico 12 ovocitos, con forma subesférica, que ya habían perdido el corion, obteniendo un promedio de $133,1 \pm 2,2 \mu\text{m} \text{Ø}$.

Este valor es claramente inferior al citado por LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990b), a partir del cual se han deducido todas las conclusiones anteriores. Estos autores, de hecho, no indican la metodología de medición de los ovocitos sino que únicamente lo citan en una frase como “(...) *la talla elevada de los ovocitos (diámetro 200 μm) y (...)*”, lo cual hace suponer que se trata más de una observación puntual aproximada que de un dato riguroso y contrastado.

ESPINOSA et al. (2006) en un reciente artículo cita que los ovocitos estudiados en *P. ferruginea* procedente de Ceuta presentan un rango de diámetro entre 142,3 y 169,9 μm , con un promedio de $149,8 \pm 8,3 \mu\text{m} \text{Ø}$. La exactitud de estos datos sin embargo plantea dudas. En primer lugar, éstos proceden de ovocitos previamente fijados, en los que la acción del conservante cabe suponer que distorsiona sin duda su tamaño. Las mediciones de diámetro no hacen referencia a la media entre sus dos ejes principales sino a su “diámetro máximo”, lo cual tiende a sobrestimar el tamaño en ovocitos con forma ligeramente ovoidal. Por último, el diámetro considerado por estos autores incluye el corion, capa gelatinosa que cubre al ovocito y que cambia de forma y desaparece apenas una hora tras contacto con el agua de mar (ver apartado siguiente). El hecho más sorprendente sin embargo es que a pesar de las diferencias observadas

respecto a lo descrito por LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990) (149,8 μm frente a 200 μm \emptyset) ESPINOSA et al. (2006) consideran que sus resultados corroboran todo lo expuesto por los autores precedentes, incluyendo sus conclusiones acerca de las implicaciones en la capacidad de dispersión de la especie.

Los datos obtenidos en el presente estudio para *P. ferruginea*, si bien totalmente puntuales, muestran en principio que el diámetro de los ovocitos maduros es semejante al descrito para otra especie de lapa, *Patella caerulea*, para la cual DODD (1957) cita un diámetro en torno a 135 μm \emptyset . Esta última especie presenta una amplia distribución geográfica en el Mediterráneo, lo cual hace plantear dudas acerca de la idea, generalmente asumida por autores recientes, de la existencia de una vida larvaria corta y una baja capacidad de dispersión natural de *P. ferruginea* como causa de su regresión.

Por otra parte se ensayó a realizar con carácter puntual una estima de la fecundidad de un ejemplar procesado, una hembra de 70,4 mm DM. El orden de magnitud del número de ovocitos maduros presentes en la gónada se puede realizar mediante un sencillo cálculo. Este ejemplar presentaba una gónada de 9,19 g. Si se asume una densidad de los ovocitos superior al agua de mar (dada su flotabilidad negativa) de en torno a 1,1 g/ml y un volumen que se deriva de los párrafos anteriores de 133,1 μm \emptyset , se puede estimar que esta gónada podría tener en torno a 6.700.000 huevos. Este cálculo debe considerarse como una aproximación muy grosera, dado que no se conoce la densidad de los ovocitos y, sobre todo, que este cálculo asume que toda la masa de la gónada corresponde a los ovocitos. Sin embargo permite estimar que el orden de magnitud de la fecundidad de las hembras puede ser del orden de varios millones de ovocitos

No hemos podido hallar datos publicados acerca de la fecundidad en otras especies de Patellidae. ESPINOSA et al. (2006) avalan las estimas anteriores, al indicar que los ejemplares de *P. ferruginea* de mayor talla pueden presentar entre 2,3 y 4,5 millones de huevos. Este orden de magnitud, varios millones de ovocitos emitidos por cada hembra, no parecen indicar una fecundidad particularmente baja, tal y como señalaban LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990) para la especie.

En conclusión, cabe plantearse si la idea generalmente asumida de que *P. ferruginea* presenta una baja capacidad de dispersión natural es correcta o si como en otros aspectos (e.g. la talla de cambio de sexo o la existencia misma de hermafroditismo) es fruto de la reiteración en la bibliografía de una observación aislada señalada por un autor, la cual parece presentar un escaso rigor. Los datos aquí presentados son puntuales y totalmente insuficientes pero señalan la necesidad de que esta cuestión sea revisada rigurosamente en trabajos próximos.

3.2.7. Ensayo de fecundación

En la Figura 3.22 se presentan algunas imágenes del resultado de fecundación de ovocitos de *P. ferruginea* llevado a cabo en la Estación Biológica de las islas Chafarinas en noviembre de 2005.

Los ovocitos maduros recién extraídos de la gónada presentan un aspecto poliédrico pero tras un periodo de entre 30 minutos y una hora en agua de mar alcanzan

una morfología esferoidal (Figura 3.22 A). Inicialmente, los ovocitos presentan una cubierta transparente, el corion, pero esta se fragmenta y posteriormente se pierde poco después de que los ovocitos adquieran esta última morfología. En la Figura 3.22.B se observa un ovocito que ha perdido completamente el corion, rodeado de numerosos espermatozoides adheridos a su superficie.

Aproximadamente 2 horas después de la fecundación se observan las primeras divisiones celulares (Figura 3.22.C), que progresan (Figura 3.22.D y E) hasta alcanzar un estado de mórula (Figura 3.22. F) en menos de cuatro horas desde la fecundación.

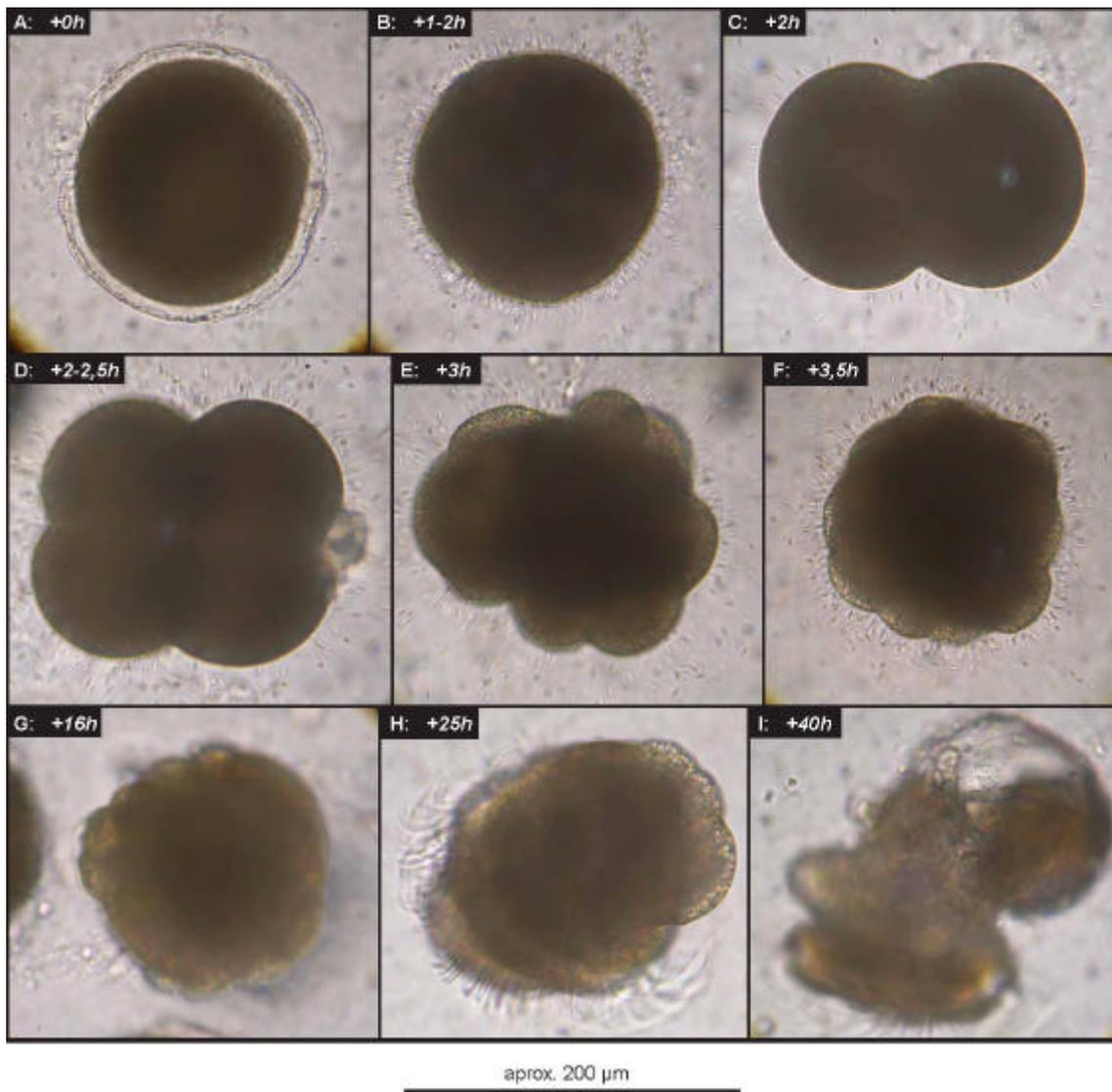


Figura 3.22. Imágenes al microscopio obtenidas del proceso de fecundación y desarrollo larvario de *Patella ferruginea* llevado a cabo en noviembre de 2005 en las islas Chafarinas. Se indica para cada imagen el tiempo pasado desde el aporte de espermatozoides a la muestra de ovocitos. La escala en la parte inferior debe considerarse solo como una referencia aproximada. Ver explicación de las imágenes en el texto.

Las larvas trocóforas iniciales (Figura 3.22.G), que nadan libremente, hacen su aparición antes de transcurridas 16 horas y en aproximadamente un día desde la

fecundación ya se presentan como larvas trocóforas avanzadas (Figura 3.22.H), en las que se observa el inicio del desarrollo de la protoconcha. En menos de dos días, algunas larvas alcanzaron un estado de velíger pretorsional (Figura 3.22.I).

Durante el periodo de seguimiento del desarrollo de las larvas se fue produciendo una mortalidad progresiva, de manera que al cabo de 48 horas desde la fecundación todas ellas habían muerto. Esto cabe atribuirlo a las condiciones en que se pudo llevar a cabo la experiencia. Como se ha comentado, durante este ensayo no se pudo disponer de las condiciones mínimas de calidad de agua que requiere este tipo de experiencias dado que actualmente no existen equipos adecuados para este fin (filtración y esterilización) en la Estación Biológica.

Los resultados obtenidos de cualquier modo destacan la viabilidad de llevar a cabo la fecundación controlada en *P. ferruginea* y, en su caso, la obtención de juveniles. Otros autores ya habían señalado la posibilidad del uso de la técnica de DODD (1957) para la fecundación de *P. ferruginea* (FRENKIEL, 1975; LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1990b) si bien en su caso aparentemente sólo constataron este hecho sin llevar a cabo experiencias de intentar llevar a cabo el desarrollo embrionario de la especie.

3.2.8. Reclutamiento

En los censos llevados a cabo en distintas épocas del año se ha detectado la aparición de ejemplares de pequeño tamaño a finales de invierno (e.g. marzo) o principios de la primavera (e.g. abril) (Figura 3.23). No se dispone de datos para los meses de enero y febrero, en que no se realizaron censos durante el presente estudio ni en los años anteriores. En los censos de verano y otoño no se observa la aparición de nuevos reclutas y sí se observa el aumento del tamaño medio del nodo que representa el contingente de ejemplares detectado a final de invierno, que refleja el crecimiento en talla de los juveniles procedentes del reclutamiento anual.

Estos resultados son coherentes con la información obtenida a cerca del ciclo reproductor. De acuerdo con estos datos, la freza tendría lugar a final de noviembre y tras un periodo de vida larvaria de duración todavía indeterminada, la metamorfosis y fijación al sustrato de las larvas tendría lugar como muy tarde a finales de diciembre o principio de enero.

Hasta la fecha las únicas ideas acerca de la época de reclutamiento de *P. ferruginea* procedían de algunas observaciones realizadas LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1991b). Estos autores, a partir de dos censos realizados en Córcega en dos localidades diferentes, uno de ellos en primavera y otro en otoño, observaron un mayor número de juveniles en el realizado en esta última época, concluyendo que el reclutamiento podría tener lugar durante el otoño. Estas conclusiones se basaban claramente en un número insuficiente de datos y no son coherentes con los resultados obtenidos acerca del ciclo reproductor de la especie. Éste es un ejemplo más de información acerca de *P. ferruginea* existente en la bibliografía, basada en datos puntuales y finalmente demostrada como incorrecta, pero que ha sido citada a menudo por autores posteriores ante la carencia de otros estudios sobre la especie.

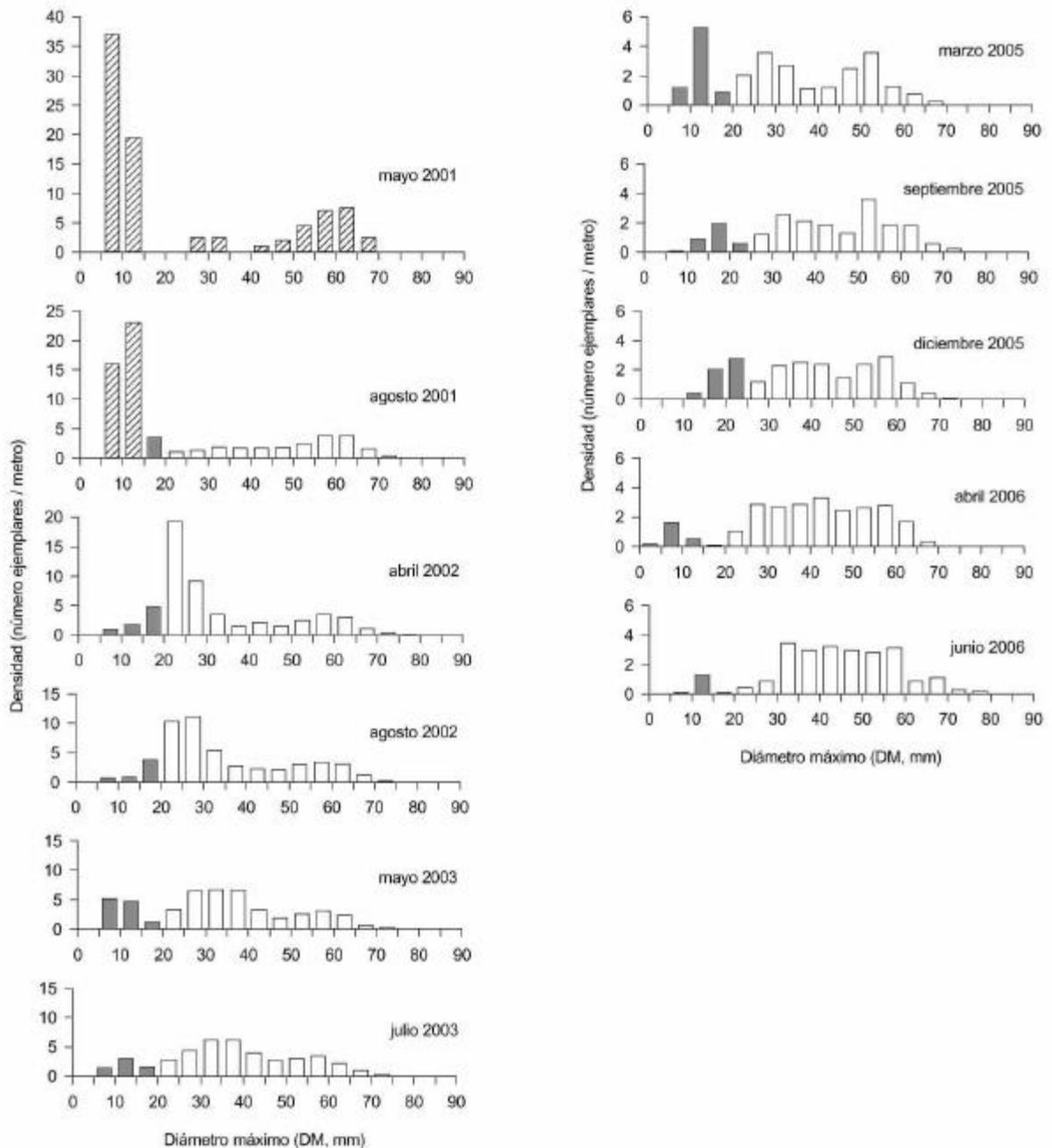


Figura 3.23. Resultados de los censos llevados a cabo en la zona “Norte Dique Roto Isabel” en diferentes épocas del año, entre 2001 y 2003 (datos previos) y 2005 y 2006 (datos del presente estudio). Con gris se ha destacado a los grupos de talla inferior a 20 mm DM, por corresponder aproximadamente con el reclutamiento anual. Las barras rayadas de los censos de 2001 destacan el hecho de que estos datos proceden de un submuestreo del transecto, de 2 metros de longitud.

Los juveniles poco después de la metamorfosis son muy difíciles de detectar. Algunos autores han sugerido que esto podría ser debido a que se localizan en un hábitat diferente al de los adultos (e.g. ocultos en el cinturón de *Cystoseira*) (LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1990b). En opinión del autor del presente informe, esta posibilidad no es la más probable. Parece razonable suponer en cambio que, en realidad

su morfología, su pequeño tamaño y el recubrimiento de fauna y flora del sustrato los haría muy difíciles de localizar. El ejemplar más pequeño hallado presentaba una concha de 3 mm DM y se localizaba en una zona del mesolitoral superior adyacente al cinturón de *Dendropoma petraeum* (Figura 3.24.A). Como se ha comentado en el capítulo de “Material y Métodos”, en la práctica se considera que con el esfuerzo de prospección que se realiza durante la realización de un censo se detectan fácilmente ejemplares de talla superior a unos 8 mm DM.

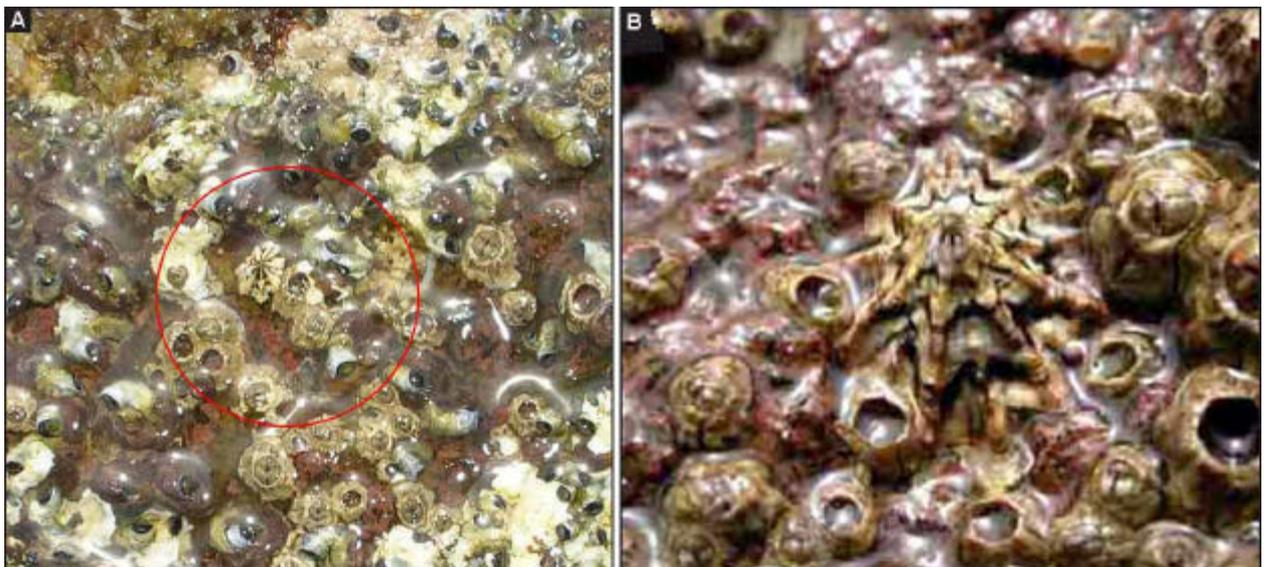


Figura 3.24. (A) Imagen de un pequeño juvenil de *Patella ferruginea* de 3 mm DM detectado en la zona “Norte Dique Roto Isabel” en abril de 2006. Nótese el tamaño de su concha en relación con el de los ejemplares de *Chthamalus* spp. y de *Dendropoma petraeum*. (B) Detalle de un juvenil de en torno a 15 mm DM.

Los juveniles de talla entre 10 y 15 mm DM son fácilmente identificables, con un aspecto estrellado y un patrón alterno de bandas concéntricas oscuras y claras característico (Figura 3.24.B). Durante los censos resulta necesario prospectar con cuidado la zona pues frecuentemente se hallan en pequeños huecos o grietas del sustrato. A menudo es posible hallar juveniles sobre la concha de los adultos (e.g. Figura 3.26).

El patrón de distribución de los juveniles de pequeño tamaño en el litoral es ligeramente diferente al de los adultos. En general, se localizan en una franja más estrecha que los adultos, siempre en los niveles más bajos del mesolitoral superior. Aunque no se ha obtenidos datos numéricos de momento, se estima que los reclutas se localizarían a una cota respecto al nivel del mar inferior a 10 cm, mientras que los adultos pueden alcanzar una cota de hasta 40 – 50 cm respecto de éste.

Respecto a la distribución del reclutamiento en las islas Chafarinas, de los 16 transectos en que se realizaron censos en marzo de 2005, en 12 de ellos (75%) se detectaron ejemplares de talla inferior a 20 mm DM, que se puede asumir que corresponden aproximadamente al reclutamiento anual. La densidad de ejemplares < 20 mm osciló entre transectos entre 0 y 7,29 ejs./m, con un promedio de 1,19 ejs./m. Si se

excluyen los transectos en que no se detectaron reclutas, el promedio sería de 1,59 ejs. < 20 mm DM / m.

En los transectos estudiados, la intensidad del reclutamiento no se corresponde exactamente con la abundancia de ejemplares (ver Figura 3.6 en el apartado de “Evolución de la población”). Así, no se ha detectado correlación lineal significativa para un $\alpha = 0,05$ entre la densidad de ejemplares < 20 mm DM y la densidad correspondiente a los ejemplares de talla superior a ésta ($r = 0,444$; $p = 0,085$; $n = 16$). Si la abundancia del reclutamiento estuviera asociada exclusivamente a aspectos de selección del hábitat, cabría esperar en cambio una correlación muy marcada. Algunos ejemplos. En el transecto “07. Norte Dique Roto Isabel” la densidad es muy elevada (26,19 ej./m en total, 18,90 ejs. > 20 mm DM / m) y el reclutamiento también es comparativamente elevado (7,29 ejs < 20 mm DM / m). Sin embargo en el transecto “05. Punta España” la densidad es asimismo muy elevada (23,05 ej./m en total, 22,75 ejs. > 20 mm DM / m) pero el reclutamiento es muy escaso (0,31 ejs. / m).

Esta falta de correlación se puede explicar mediante dos hipótesis. La primera es que las densidades más elevadas no se dan en las zonas principales de reclutamiento. Esto implicaría que el reclutamiento tendría lugar en determinadas zonas y que posteriormente los ejemplares durante el crecimiento se trasladarían a otras. Esta posibilidad no me parece muy razonable de manera generalizada. Este tipo de fenómeno se restringiría en principio a algunas zonas en que se ha encontrado solamente ejemplares de gran tamaño; esta distribución se explicaría porque estos ejemplares de gran talla habrían sido capaces colonizar enclaves poco propicios, en que no tiene lugar reclutamiento.

La segunda hipótesis consiste en que el reclutamiento durante un determinado año no sería homogéneo a lo largo de todo el litoral del archipiélago. Cabría suponer que las zonas con elevadas densidades de adultos son particularmente adecuadas para el asentamiento y metamorfosis de las larvas pero que en determinados años (e.g. primeros meses de 2005), en función de distintos parámetros (e.g. corrientes durante el desarrollo larvario) en algunos de ellos y durante un determinado año se habría producido un reclutamiento muy reducido.

Una segunda cuestión sería la variabilidad interanual en el éxito del reclutamiento. Cabe suponer que las condiciones meteorológicas en cada periodo reproductor pueden condicionar que haya determinados años en que el éxito en la fijación de juveniles sea mayor que en otros. Esto puede depender de las condiciones que propicien la sincronía en la emisión de gametos (e.g. temporales), de las corrientes en el momento de la freza, de la temperatura del agua,...

En la Figura 3.25 se observa la evolución del reclutamiento anual detectada durante censos realizados en primavera en tres transectos representativos del archipiélago. En ella destaca la elevada tasa de reclutamiento obtenida en 2001 en el transecto “Norte Dique Roto Isabel”. Durante ese año no se pudo llevar a cabo otros censos en primavera, debido a condiciones meteorológicas adversas. Sin embargo de acuerdo con observaciones personales, esta excepcional densidad del reclutamiento no tuvo lugar de manera generalizada en todo el archipiélago.

Respecto al resto de años, la densidad de reclutas es semejante en los diferentes años para cada transecto, si bien parece observarse una tendencia regresiva durante 2005 y 2006. Aunque a partir de estos datos puede concluirse que el reclutamiento de 2006 fue relativamente bajo, esta interpretación debe hacerse con cuidado dado que el recorrido de los transectos no era idéntico en los distintos años. Los censos realizados entre 1999 y 2003 fueron llevados a cabo en transectos de 25 m de longitud (a excepción de 2001, en que debido al elevadísimo número de juveniles se realizó un submuestreo de 2 m de longitud de costa) mientras que los correspondientes a 2005 y 2006 (presente estudio) fueron de aproximadamente 10 m de longitud.

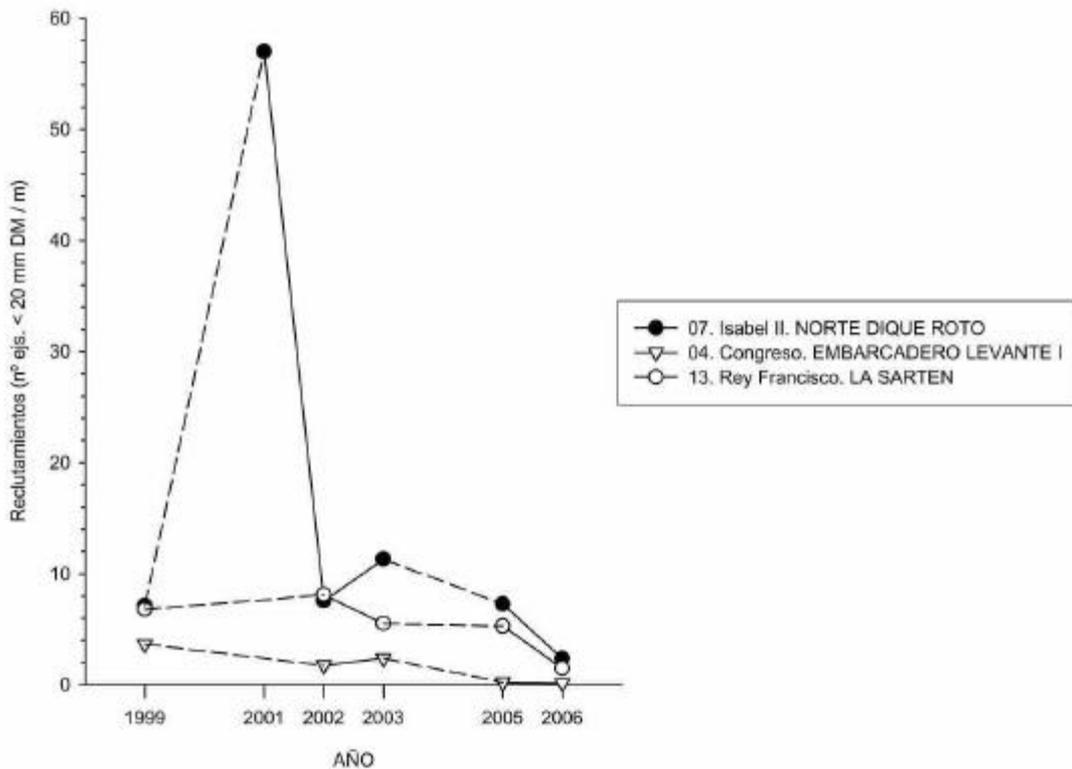


Figura 3.25. Evolución de la densidad de ejemplares atribuibles al reclutamiento anual (< 20 mm DM) registrada en censos realizados en primavera en tres transectos representativos del archipiélago. Los censos realizados entre 1999 y 2003 fueron llevados a cabo en transectos de 25 m de longitud, a excepción del realizado en 2001 en que, debido al elevado número de juveniles observados, se llevó a cabo un submuestreo sobre una zona de 2 m de longitud de litoral. Los datos de 2005 y 2006 (presente estudio) corresponden a transectos de aproximadamente 10 m de longitud.

Resulta necesario continuar el seguimiento para comprobar la evolución del reclutamiento en años próximos, parámetro fundamental para verificar el buen estado de la población y su mantenimiento a medio plazo. La posibilidad de que puedan darse condiciones que pongan en peligro a largo plazo de la población de Chafarinas puede ponerse de manifiesto inicialmente más que por una mortalidad de adultos, por un descenso en el éxito del reclutamiento.

Desafortunadamente en la actualidad no se registra en las islas Chafarinas ningún dato hidrológico de las aguas del entorno (temperatura, materia orgánica, seston, clorofilas,...) que pueda servir para analizar la variabilidad interanual en el

reclutamiento. Se han observado eventos infrecuentes en el entorno del archipiélago durante los dos últimos años, como la presencia masiva de medusas de la especie *Pelagia noctiluca*, persistente durante todo el año, lo cual podría poner de manifiesto alteraciones en las condiciones en el medio marino. En este sentido, cabe plantearse si los datos de 2006 reflejan realmente una tendencia regresiva o un bajo reclutamiento asociado a condiciones

A pesar de lo anteriormente señalado, los valores de reclutamiento en el archipiélago obtenidos son muy importantes. La mayor parte de autores citan que la observación de juveniles de *P. ferruginea* es algo relativamente raro, incluso en zonas en que aún se conservan poblaciones en bastante buen estado (e.g. BOUDOURESQUE y LABOREL-DEGUEN, 1986; LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1990b; LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1991b; PARACUELLOS et al., 2003; BAZAÏRI et al., 2004). Frente a esto, en las islas Chafarinas la observación de juveniles procedentes del reclutamiento anual es un hecho que se viene registrando regularmente año tras año. La densidad media entre transectos en 2005 fue superior a 1 ej./m (densidad superior, por ejemplo, a la de ejemplares adultos descrita en estas otras áreas geográficas) y en algunos años como la primavera de 2001 se registraron densidades excepcionalmente altas en algunos enclaves que alcanzaron los 50 ejs./m (Figura 3.26).

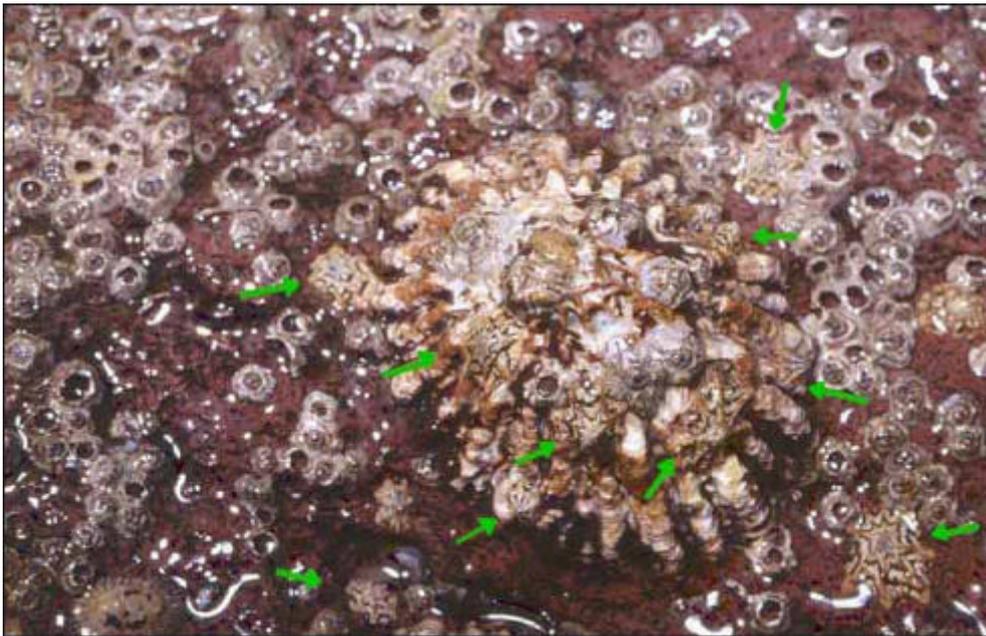


Figura 3.26. Grupo de juveniles de *P. ferruginea* junto a un adulto de unos 65 mm DM, fotografiados en el transecto “Norte Dique Roto Isabel” en la primavera de 2001, año en que el reclutamiento fue excepcionalmente elevado en esta zona; se observan 10 juveniles (6 de ellos sobre la concha del ejemplar adulto), destacados por las flechas verdes. El área que ocupa la imagen es aproximadamente de 100 cm².

Este es uno de los aspectos, junto con la elevada densidad de ejemplares y su amplia distribución en diferentes tipos de hábitats, que destacan el excepcional estado de la población de *P. ferruginea* en las islas Chafarinas, y que permiten considerar al

archipiélago como un “santuario” para esta especie, destacando el importante papel que puede jugar en su estudio y conservación.

3.2.9. Crecimiento

Los resultados obtenidos acerca del crecimiento en el presente trabajo proceden de dos fuentes:

- análisis de frecuencias de tallas en censos en transecto repetidos periódicamente
- biometría periódica de ejemplares marcados

El primero es un método indirecto que permite realizar un seguimiento de la evolución del tamaño medio de las cohortes durante los primeros años de vida, particularmente a partir de años en que el reclutamiento de juveniles ha sido importante. Este método por tanto aporta información para las primeras fases del crecimiento, teniendo una utilidad mucho más limitada para el seguimiento de las cohortes a partir de varios años de edad, sobre todo en especies con crecimiento lento.

El segundo método se basa en el seguimiento individual de una serie de ejemplares marcados. Un ejemplo se expone en la Figura 3.27. Frente al anterior, aporta información para ejemplares de tallas medias y grandes, dadas las dificultades para marcar, con la metodología utilizada, a los ejemplares de menor talla (e.g. del primer año de vida) por el reducido tamaño de la concha.

En la Figura 3.28 se representa la distribución de frecuencias de tallas en los censos realizados en el transecto “Norte del Dique Roto” de Isabel II a lo largo del presente estudio, entre marzo de 2005 y junio de 2006. En la misma figura se han representado además los resultados de los censos en ese mismo transecto llevados a cabo en trabajos anteriores, entre 2001 y 2003. En relación con estos últimos cabe destacar el hecho de que el excepcional reclutamiento que tuvo lugar en 2001 (al menos en esta zona) permite identificar a la cohorte de este año durante los dos primeros años de vida. Frente a éstos, el relativamente bajo reclutamiento de 2002 no permite analizar los datos de esta cohorte en este sentido.

En esta Figura se indican con curvas de distribución normal los grupos de tallas atribuibles al reclutamiento anual (para el reclutamiento de 2001 este grupo se identifica claramente también en la gráficas de 2002), de manera que es posible estimar la evolución de la talla media de estos grupos en los diferentes censos. A partir de estos resultados, se ha elaborado la gráfica de la Figura 3.29.

De acuerdo con estos resultados, durante el primer año de edad los ejemplares de *Patella ferruginea* alcanzarían una talla media de entre 18 y 22 mm DM. La talla de madurez sexual, en torno a 29 mm (ver apartado de “Reproducción”), se alcanzaría a finales del segundo año de vida de los ejemplares.

Por otra parte, el seguimiento de ejemplares marcados ha permitido obtener información en diferentes aspectos del crecimiento de la especie. En la Figura 3.30 se muestran algunos ejemplos de la evolución de la talla de 16 ejemplares marcados a lo

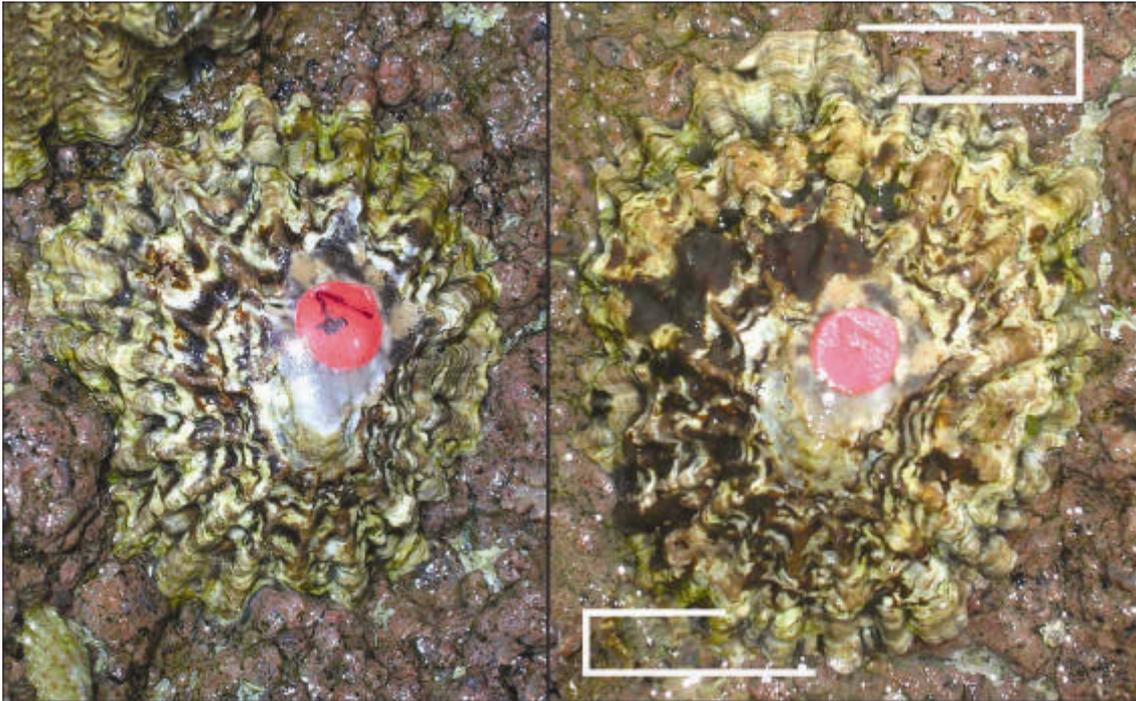


Figura 3.27. Ejemplo de seguimiento de un ejemplar marcado. Ejemplar R4, de la zona “Embarcadero de Levante Congreso”. Al izquierda, el ejemplar fotografiado en junio de 2005, cuando medía 35,8 mm DM y, a la derecha, el mismo ejemplar en abril de 2006, cuando medía 45,3 mm DM. El ejemplar realizó un cambio de huella entre diciembre de 2005 y abril de 2006. Los corchetes de color blanco indican el crecimiento en longitud de la concha.

largo del estudio, de los cuales se pueden obtener algunas conclusiones que se comentan en párrafos posteriores.

Un primer análisis de los datos de crecimiento a partir de la evolución de la talla a partir de ejemplares marcados se puede realizar mediante el método de GULLAND y HOLT (1959). En él se relaciona la talla media de un ejemplar al inicio y final del periodo de seguimiento (“marcaje” y “recaptura”) con la Tasa de crecimiento (TC). Este último parámetro se calcula como:

$$TC = \text{Incremento de talla} / \text{Tiempo}$$

donde,

Incremento de talla: Variación de talla durante el periodo de seguimiento

Tiempo: Periodo de seguimiento (en años)

Esta relación sirve para calcular la constante K de la curva de crecimiento de von Bertalanffy (CCVB) (BERTALANFFY, 1938)

$$L(t) = L8 * (1 - e^{-[k*(t-t_0)]})$$

donde

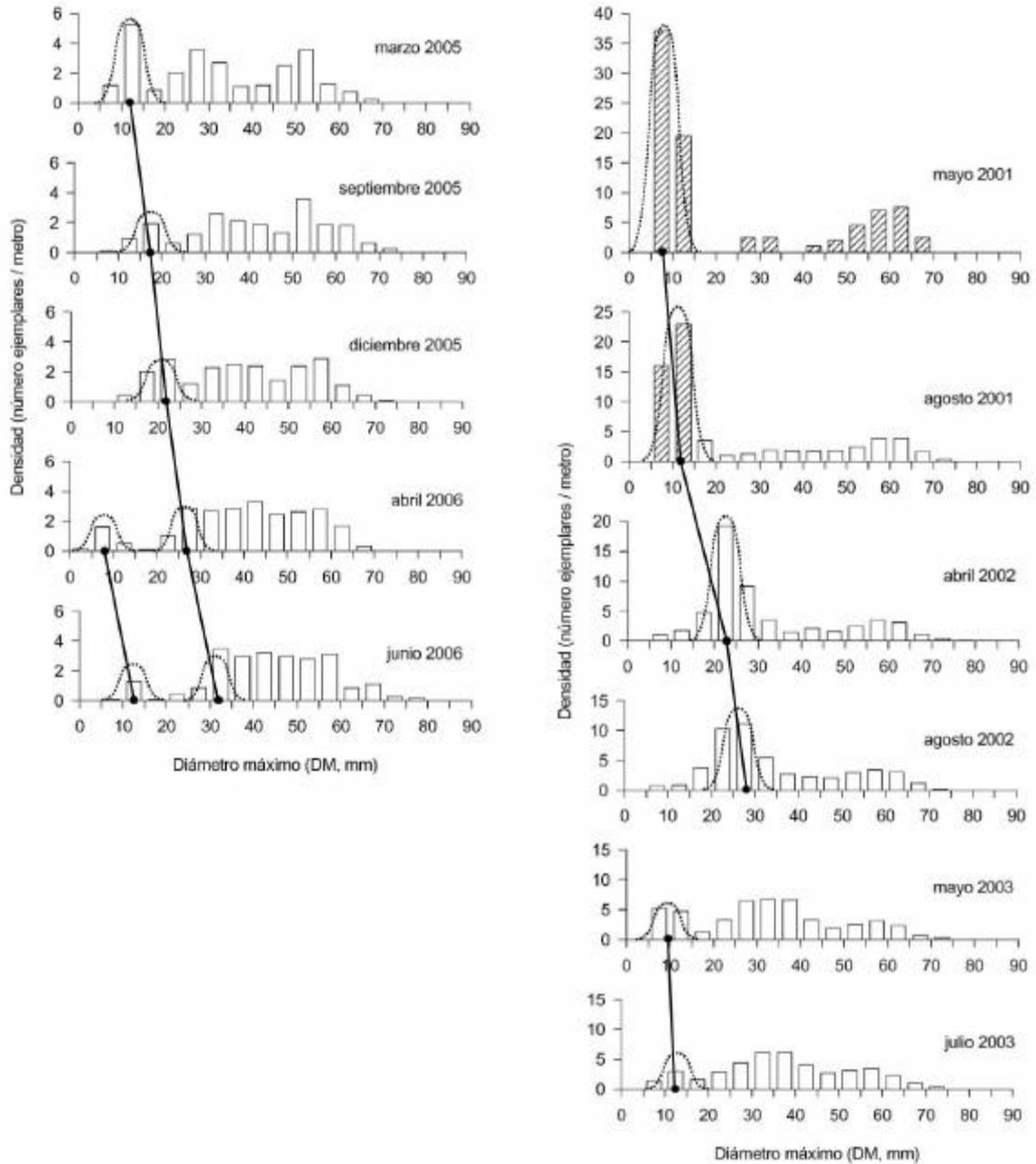


Figura 3.28. Histogramas de distribución por grupos de tallas de densidad de ejemplares en el transecto “Norte Dique Roto, Isabel II”. A la izquierda se presentan los resultados de los censos llevados a cabo entre 2005 y 2006 (presente estudio) mientras que a la derecha se presentan resultados de trabajos precedentes entre 2001 y 2003.

$L(t)$: Talla a la edad t

L_8 : Talla máxima promedio

k : constante de la curva, con unidades t^{-1} (e.g. año⁻¹)

t : edad (generalmente, en años)

t_0 : edad promedio en el nacimiento; para especies no vivíparas $t_0 = 0$

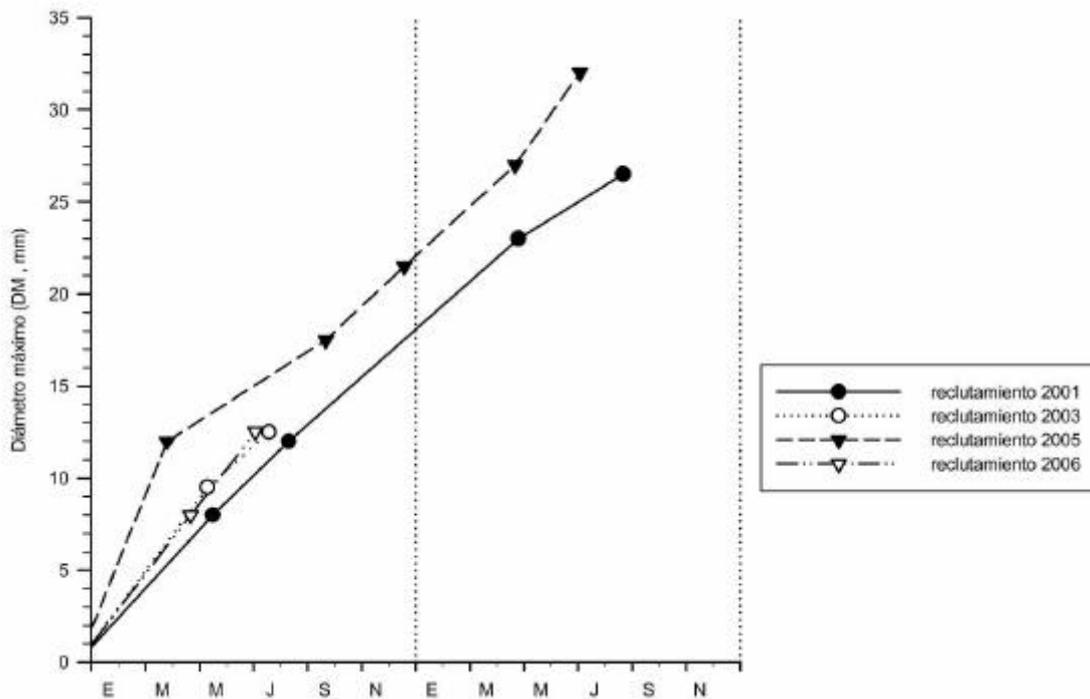


Figura 3.29. Evolución de la talla media de las cohortes procedentes del reclutamiento en diferentes años. Datos obtenidos a partir del análisis de la Figura anterior.

En los casos en que el crecimiento de una especie es del tipo asimilable a este tipo de curva, la representación gráfica tipo Gulland y Holt debe mostrar una nube de puntos con una tendencia decreciente de la tasa de crecimiento respecto a la talla. En la recta de regresión lineal entre ambos parámetros, la pendiente de la ecuación sería igual al opuesto de la constante de la CCVB (-k).

En la Figura 3.31 se presenta un gráfico tipo Gulland y Holt para las variaciones de talla registradas en los ejemplares marcados. En este caso las variaciones de tallas entre biometrías se han agrupado en intervalos estacionales, es decir, periodos semejantes a inferior a tres meses (en los datos representados, mínimo = 43 días, máximo = 114 días, promedio = 85,7 días) y asimilable a una estación del año. De esta gráfica se pueden extraer varias ideas. En primer lugar se detecta una correlación negativa entre la talla y la tasa de crecimiento ($r = -0,271$, $p < 0,001$, $n = 231$) lo que indica que el patrón de crecimiento de *P. ferruginea* es asimilable en principio a una ecuación tipo CCVB.

El segundo aspecto es la existencia de diferencias estacionales en la tasa de crecimiento. Así, en la figura anterior se observa que la distribución de los datos en la nube de puntos no es homogénea para los resultados procedentes de diferentes épocas del año. Esto queda más claramente de manifiesto si se analiza la distribución de los residuales de la regresión lineal entre la talla y la tasa de crecimiento, que se representa en la Figura 3.32. Así, en promedio el crecimiento es mayor durante primavera e invierno y menor durante verano y otoño. Estas diferencias también se aprecian en los ejemplos de la Figura 3.30. En los ejemplares de las Figuras 3.30.A y 3.30.B se aprecia cómo la tendencia general es que durante los meses de junio a diciembre (verano y

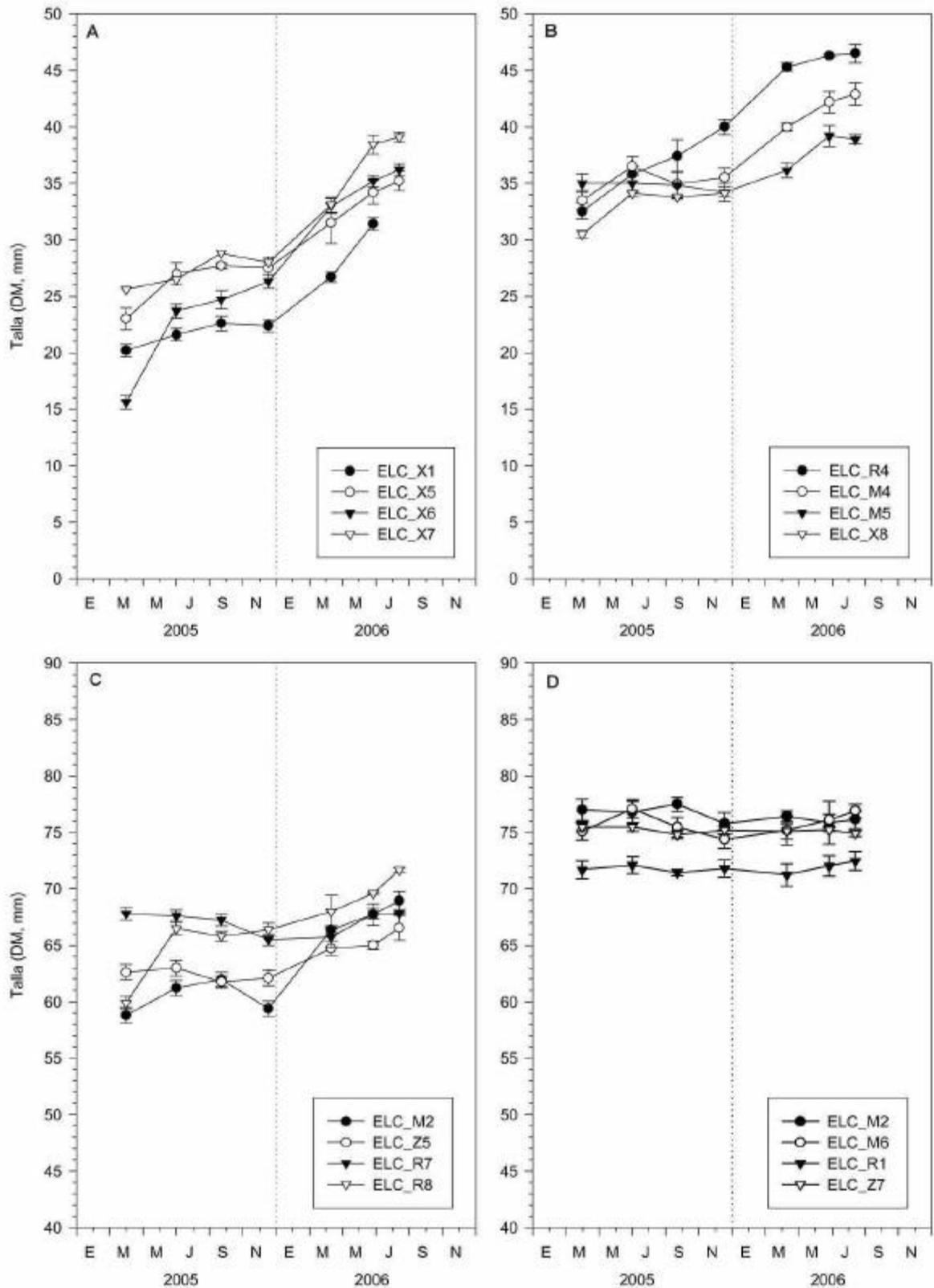


Figura 3.30. Evolución de la talla de algunos ejemplares marcados a lo largo del presente estudio. Los símbolos representan los valores medios de las 3 medidas realizadas en cada momento para cada ejemplar y las barras la desviación típica.

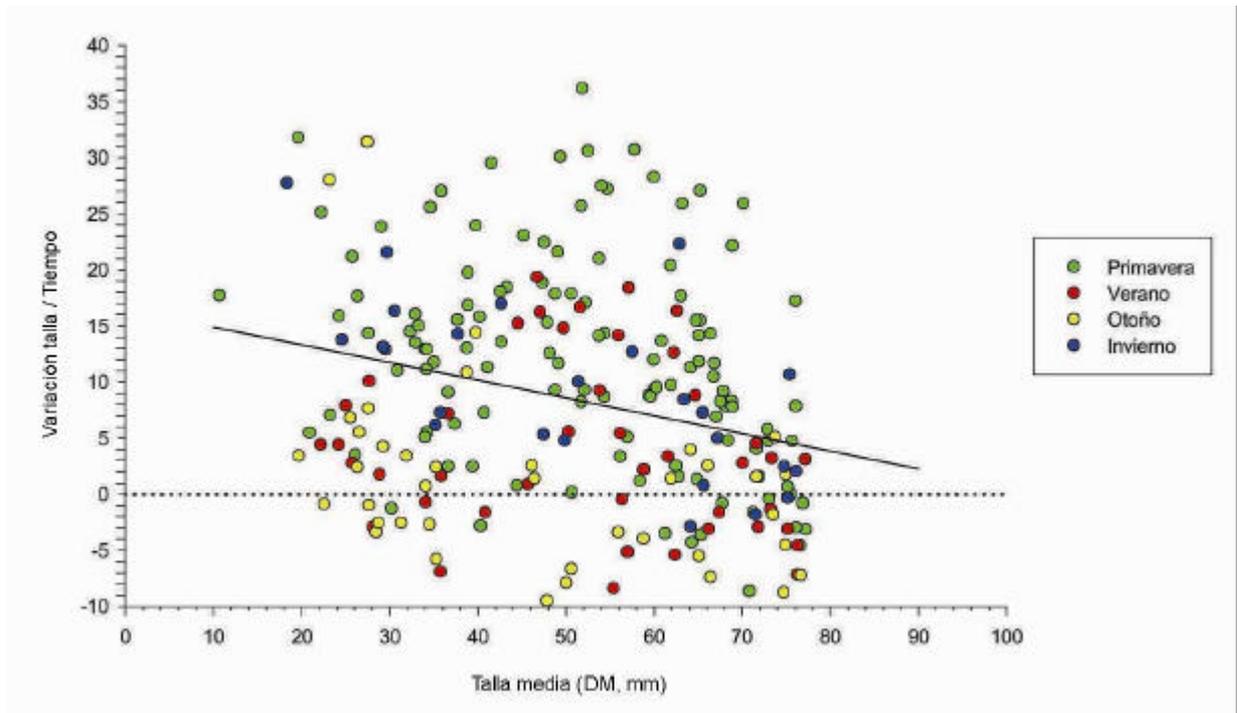


Figura 3.31. Gráfico tipo Gulland y Holt para las variaciones de talla registradas a lo largo de una estación del año en los ejemplares marcados. Se representa en trazo continuo la recta de regresión lineal.

otoño) el crecimiento tiende a ralentizarse, mientras que éste se incrementa claramente durante los meses de diciembre a junio (invierno y primavera).

La ralentización del crecimiento de los ejemplares durante el verano y otoño puede deberse a varios factores. En principio parece razonable suponer que un menor crecimiento en verano sería debido a las condiciones ambientales de esta época, con una elevada insolación y frecuentes periodos de calma. En esta época los ejemplares pueden permanecer durante periodos más o menos prolongados en completa emersión, situaciones durante las cuales no realizan desplazamientos tróficos. Esta limitación en cuanto a tiempo para alimentarse, junto con el estrés térmico provocado por una fuerte insolación durante el día en periodos de emersión, podría suponer que se trata de un época poco favorable para el crecimiento de los ejemplares.

Por otra parte la menor tasa de crecimiento durante el periodo otoñal podría en principio plantearse que estuviera relacionada con el gasto energético asociado al desarrollo gonadal, que tiene lugar durante esta estación (septiembre – noviembre). Si esta fuera la causa cabría esperar que este factor afectara a los ejemplares adultos pero no así a los inmaduros, los cuales no han desarrollado todavía la gónada, debiendo presentar éstos durante este periodo una tasa de crecimiento superior. Sin embargo si se analizan los residuales de la regresión Talla vs. Tasa de crecimiento para esta época del año (Figura 3.33) por grupos de tallas, no se observan diferencias significativas entre grupos ($F = 0,641$, g.l. = 6, $p = 0,697$, $n = 39$). Estos resultados hacen suponer que la ralentización del crecimiento durante el otoño no es debida a la coincidencia con el periodo reproductor, sino que estaría relacionado probablemente también a condiciones meteorológicas particulares de esta época.

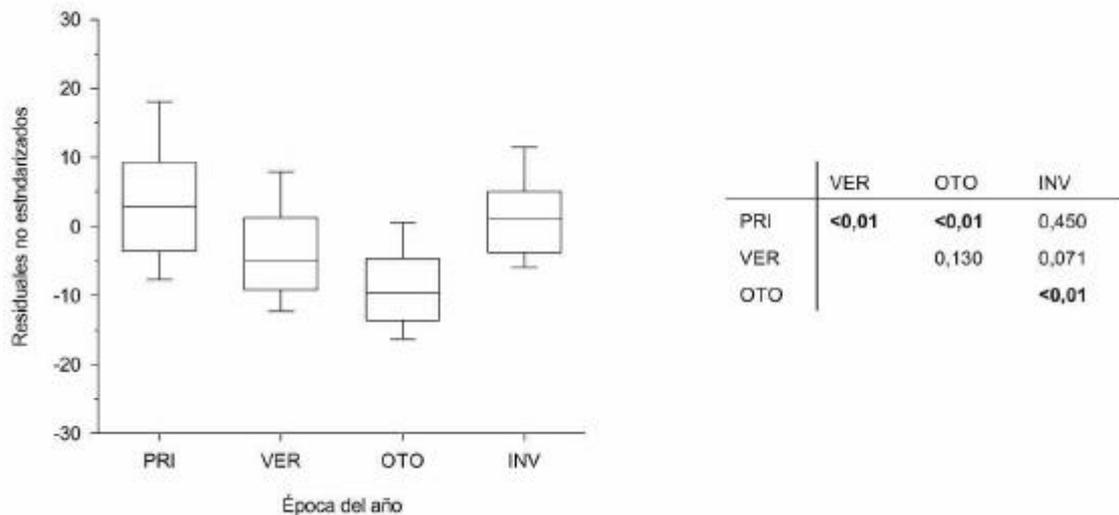


Figura 3.32. Diferencias en los residuales de la regresión Talla vs. Tasa de crecimiento entre las distintas estaciones del año. En la gráfica tipo caja se representa con una línea horizontal la mediana, los extremos de la caja indican los percentiles 25 y 75, mientras que las barras verticales percentiles 10 y 90 para cada grupo. En la tabla de la derecha se indica los valores de “p” resultantes de un ANOVA entre grupos (en negrita se destacan las combinaciones con diferencias significativas).

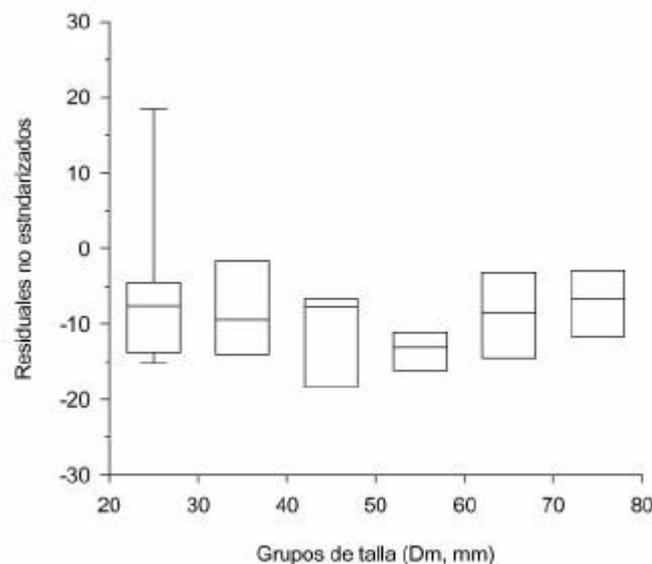


Figura 3.33. Diferencias en los residuales de la regresión Talla vs. Tasa de crecimiento para distintos grupos de talla durante el OTOÑO. Se representa con una línea horizontal la mediana, los extremos de la caja indican los percentiles 25 y 75, mientras que las barras verticales percentiles 10 y 90 para cada grupo.

Un segundo aspecto que destaca en la Figura 3.31 es la existencia de numerosos puntos que reflejan una tasa de crecimiento negativo. Inicialmente se puede plantear que esto pudiera ser debido a las dificultades para medir de manera precisa la concha de los

ejemplares *in situ*, de manera que en algunos ejemplares en que no hubiera habido crecimiento, debido al error inherente a las mediciones, las medidas posteriores podrían resultar aleatoriamente algo superiores a las iniciales. Sin embargo existen algunos indicios de que de hecho existe en algunos casos reducción de la talla de la concha (considerada como una medida lineal, el diámetro máximo) debido posiblemente a la erosión, lo cual se discute posteriormente.

Tanto la existencia de diferencias estacionales en el crecimiento como la observación de numerosos casos en los que se obtiene una tasa de crecimiento negativa al analizar los datos de crecimiento para periodos de tiempo relativamente cortos (en torno a 3 meses) conllevan la necesidad utilizar para el cálculo de los parámetros de la curva de crecimiento datos de variación de talla correspondientes a un periodo superior a un año.

En la Figura 3.34 se presenta un gráfico tipo Gulland y Holt, obtenido a partir de las diferencias de talla de biometría inicial y final de los ejemplares marcados durante el presente estudio. En ellas se ha categorizado los datos en función de la duración total del periodo de seguimiento de cada ejemplar. Se observa que cuando se realiza una regresión lineal de la Talla media vs. Talla de crecimiento, existen diferencias en la regresión en función de si se utilizan el conjunto de datos o si se restringe la regresión a aquellos obtenidos para una duración de seguimiento superior a un año. Estas diferencias son probablemente debidas al hecho de que un elevado porcentaje de resultados procedentes de seguimiento de duración inferior a 6 meses corresponden a las estaciones de primavera e invierno.

El ajuste mediante regresión lineal de Talla media vs. Talla de crecimiento a partir de los datos correspondientes a un seguimiento superior a 12 meses da como resultado el algoritmo:

$$TC = 15,80 - 0,192 * DM \quad (r = 0,740, n = 24)$$

donde TC es la Tasa de crecimiento anual y DM la talla media de los ejemplares. De acuerdo con estos resultados, la constante de la CCVB sería

$$k = 0,192$$

Existen al menos dos procedimientos para estimar el segundo parámetro necesario de la CCVB, la “Talla máxima promedio” (L8). El primero de ellos, en principio menos preciso, consiste en estimar este parámetro a partir de los conocimientos disponibles acerca de la talla máxima de la especie. Hay que destacar que L8 no representa de hecho el tamaño máximo que pueden alcanzar los ejemplares de una especie sino que el promedio de las tallas que alcanzarían un conjunto de ejemplares si crecieran por tiempo indefinido.

El ejemplar de mayor tamaño conocido de *P. ferruginea*, conservado en la Colección Dautzenberg en Bruselas, presenta una talla de 103 mm DM (LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1991a). En las Islas Chafarinas, se han hallado con cierta frecuencia ejemplares de hasta una talla en torno a 100 mm DM. Sin embargo cabe plantear que bajo determinadas condiciones los ejemplares puedan presentar limitaciones para alcanzar este tamaño, alcanzando una talla máxima inferior. Así, en

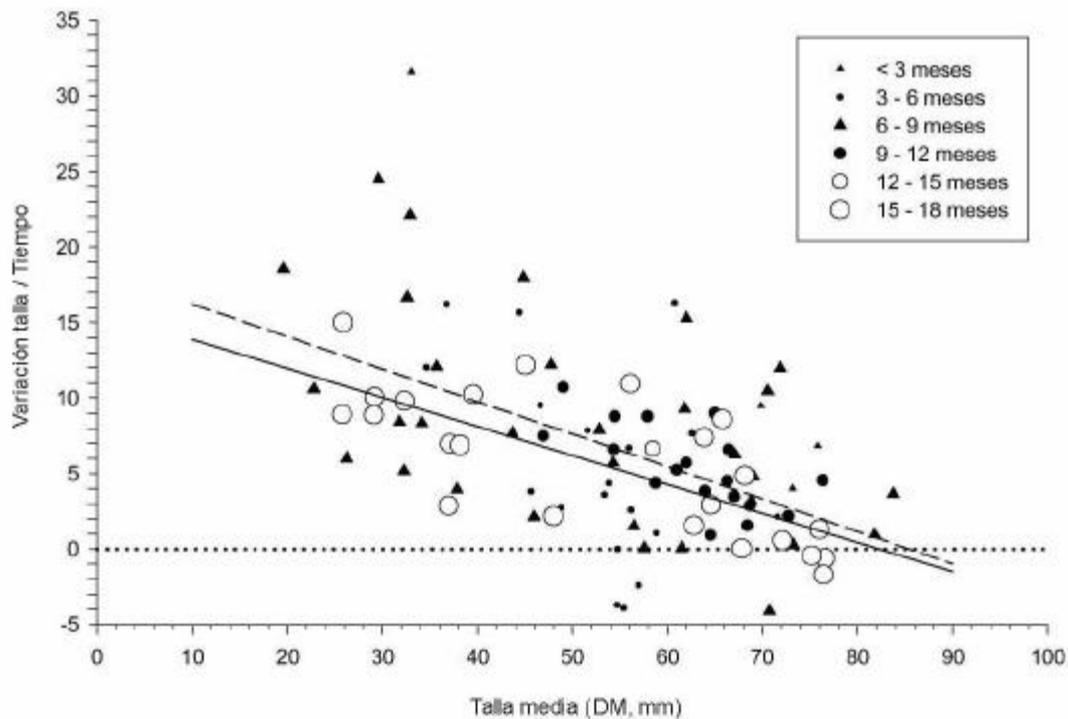


Figura 3.34. Gráfico tipo Gulland y Holt para las variaciones de talla registradas a lo largo del estudio en los ejemplares marcados. Se representan con símbolos diferentes en forma y tamaño los resultados procedentes de distintos ejemplares en función de la duración del periodo de seguimiento. Se representa en trazo discontinuo la recta de regresión lineal para el conjunto de datos mientras que en trazo continuo la obtenida a partir únicamente de los ejemplares en que el seguimiento fue superior a un año.

algunas zonas del archipiélago donde la densidad de ejemplares es muy elevada (e.g. transectos “05. Punta España”, “07. Norte Dique Roto”), no se localizan ejemplares con una talla superior a unos 75 mm DM. Esto puede indicar que bien bajo determinadas condiciones ambientales, bien como consecuencia de la elevada densidad y la competencia intraespecífica asociada a ésta, en estas zonas los ejemplares no llegarían a crecer más allá de este valor. A partir de estas observaciones, se puede estimar L8 como el promedio de 103 y 75 mm, dando como resultado una estima de 90 mm DM.

La ecuación de la CCVB resultantes sería pues:

$$L(t) = 90 * (1 - e^{-0,192*t})$$

El segundo procedimiento para estimar L8 es el método de FABENS (1965), el cual permite calcular este parámetro (además de como “k”) directamente a partir de resultados de incrementos de talla procedentes de técnicas de “marcaje y recaptura”. El principal problema que presenta en este caso es que el método no se puede asumir tasas de crecimiento negativas. En la Figura 3.34 se observa que 3 ejemplares de talla entre 70 y 80 mm DM correspondientes a un periodo de seguimiento superior a un año presentan tasa de crecimiento negativas (entre -0,44 y -1,70 mm DM / año). En este caso resulta preciso para desarrollar este método eliminar estos tres datos, lo cual

introduce sin duda un cierto error. Siguiendo el método de Fabens se obtiene de este modo la ecuación de la CCVB siguiente:

$$L(t) = 90,49 * (1 - e^{-(0,187*t)}) \quad (r = 0,419, n = 21)$$

Tal y como se observa los resultados obtenidos son muy semejantes en ambos casos (L8 : 90,49 frente 90,0; k: 0,187 frente a 0,192), lo cual hace suponer que las curvas obtenidas pueden representar en principio adecuadamente la evolución del crecimiento de la especie.

En la Figura 3.35 se representa el modelo de la CCVB resultante de los cálculos del método de Fabens (visualmente, ambas curvas prácticamente se superponen).

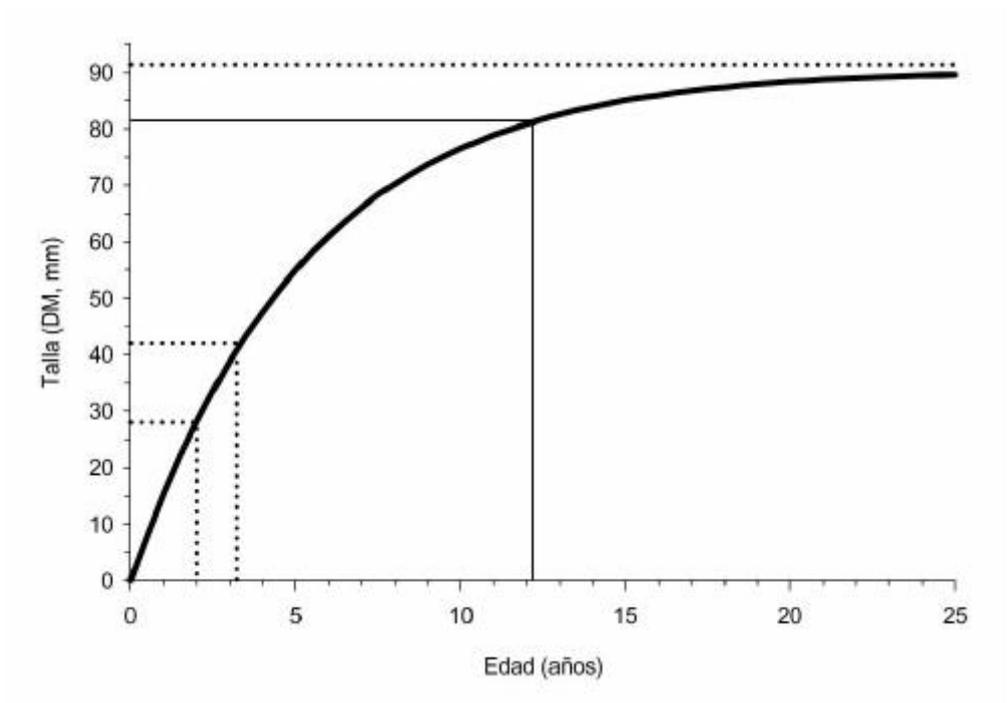


Figura 3.35. Modelo de curva de crecimiento de von Bertalanffy (CCVB) elaborado a partir de los datos de “marcaje y recaptura” obtenidos durante el presente estudio. Con línea discontinua se indica, además de L8, la edad que se obtendría con el modelo para las tallas de madurez sexual y de primera madurez sexual de hembras o cambio de sexo. Con trazo continuo fino se señala la edad a la que se alcanzaría el 90% de L8, como estima de longevidad.

De acuerdo con la curva, la talla de madurez sexual, que se ha estimado en torno a 29 mm (ver apartado de “Reproducción”), se alcanzaría a finales del segundo año de vida de los ejemplares. Estos resultados coinciden con los obtenidos a partir del análisis de distribución de frecuencia de tallas, descrito al principio del presente apartado.

Por otra parte, la talla de madurez sexual de las hembras o la talla mínima de cambio de sexo es de acuerdo con los resultados del presente estudio de en torno a 42 mm DM. De acuerdo con el modelo esta talla se alcanzaría en promedio a finales del tercer año o principios del cuarto año de vida de los ejemplares.

Resulta difícil realizar estimas de longevidad a partir de los datos disponibles hasta el momento. Algunos autores han utilizado como estima de longevidad media la edad a la que se alcanzaría el 90% de la talla máxima en la CCVB. A partir de resultados obtenidos, esta talla (81,4 mm DM) se alcanzaría en torno a los 12 años de edad (Figura 3.35).

Los resultados en este último aspecto son poco fiables y deben considerarse como orientativos, al menos por dos motivos.

El primero de ellos es que los datos obtenidos de incremento individual de la talla mediante marcaje de ejemplares corresponden a un tiempo muy limitado. En el mejor de los casos, se han conseguido datos de variación de talla en un periodo de duración inferior a año y medio. Tratándose de una especie cuya longevidad promedio debe superar muy probablemente los 10 años y podría tal vez alcanzar los 20, la utilización de datos de crecimiento correspondientes a periodos de tiempo proporcionalmente muy reducidos, provoca que los modelos obtenidos deben considerarse con una exactitud que puede calificarse como mínimo de grosera. En este sentido, la posibilidad de realizar trabajos de seguimiento de ejemplares marcados durante periodos más prolongados (mínimo 3 – 5 años) resulta del máximo interés.

El segundo aspecto está relacionado con la posibilidad de que la evolución del tamaño de la concha de los ejemplares de *P. ferruginea* no sea un proceso necesariamente creciente a lo largo de sus vidas. Tal y como se ha descrito anteriormente, en diversos ejemplares se han obtenido resultados de crecimiento negativo (medida de la concha en la biometría final menor que en la inicial). Aunque en algunos casos pudiera tratarse de un error debido a las dificultades de obtener una medición muy precisa, la frecuencia con que aparecen estos datos apuntan a que pueda ser un proceso realmente existente. De hecho, de los 5 ejemplares de grupo de tallas 70-80 mm DM para los que se pudo realizar un seguimiento durante más de un año, en 3 de ellos se obtiene una tasa de crecimiento negativa a lo largo de este periodo.

Todo esto hace pensar que existen procesos que podrían reducir el tamaño de la concha mediante erosión, la cual podría ser ocasionada por la acción del oleaje o por organismos incrustantes o ramoneadores sobre la concha. Este tipo de procesos han sido descritos y cuantificados para algunas especies de *Patella* (e.g. DAY et al., 2000)..

De esta manera se podría considerar que la evolución del tamaño de la concha de los ejemplares de *P. ferruginea* podría responder a la suma de dos procesos: un crecimiento activo por generación de concha y un proceso erosivo que tendería a reducirla, al menos en algunos sectores de su superficie. BRANCH (1974) señala que las lapas tienden a compensar la erosión de la concha mediante deposición de nuevas capas en el interior de la superficie de la concha, lo cual contribuiría a un aumento del grosor de ésta más que a un incremento significativo de su tamaño. El hecho de que se utilice un único parámetro lineal para representar la talla de los ejemplares (Diámetro máximo de la concha, DM) sería el motivo de esta aparente reducción de tamaño de los ejemplares, aun cuando la erosión de la concha hubiera sido parcialmente compensada por el crecimiento en grosor.

Si la resultante de la evolución de la talla de un ejemplar responde por tanto a la suma de ambos procesos, las variaciones de la talla registradas en un determinado

periodo dependerán entonces de la intensidad de cada uno. Así, en ejemplares de pequeña talla con una elevada tasa de crecimiento, la reducción por erosión podría ser poco evidente mientras que sería en los ejemplares de mayor talla, con una tasa de crecimiento reducida, donde este fenómeno se haría más patente. Estas ideas son acordes con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Cabe destacar además que cada uno de estos procesos puede tener una marcada componente estacional. Esto ya ha sido descrito anteriormente para la tasa de crecimiento. Por otra parte, si la erosión de la concha se produce principalmente por efectos de la energía del oleaje, este podría ser mayor durante determinadas épocas del año en que son más frecuentes los temporales.

La posibilidad de que el patrón de evolución de la talla de los ejemplares responda por tanto a un complejo proceso en que se combinan acreción y erosión de concha, hace pensar que el modelo de descripción del crecimiento mediante curvas asintóticas (e.g. CCVB) sea demasiado simple y que por lo tanto tenga una utilidad limitada para realizar extrapolaciones como las utilizadas para el cálculo de la longevidad.

La evaluación de este parámetro o la determinación de la edad de los ejemplares de talla grande (e.g. > 80 mm DM) reviste un considerable interés desde diferentes puntos de vista.

Uno de ellos es que esta información resulta básica para la comprensión de la dinámica poblacional de la especie y en particular para realizar inferencias acerca de la evolución de las poblaciones actuales de esta especie amenazada. Hay que destacar que los ejemplares de mayor talla, por el volumen muy superior de su masa corporal y de las gónada maduras, presentan una contribución mucho mayor que los ejemplares adultos de reducidas dimensiones al contingente de gametos producidos en un determinado ciclo reproductor. En este sentido la información de cuantos años de crecimiento son necesarios para que un ejemplar alcance estas tallas elevadas resulta muy importante para, por ejemplo, determinar el tiempo necesario para que una población en recuperación pueda alcanzar una producción de gametos que garantice la estabilidad de la población mediante un reclutamiento suficiente.

Un segundo aspecto está relacionado con la toma de decisiones en aspectos de gestión. Así, en determinados trabajos para la recuperación de la especie puede resultar necesaria la captura de ejemplares del medio natural. Este sería el caso de la obtención de ejemplares para reintroducción, para fecundación artificial y obtención de juveniles o para estudio de su ciclo reproductor. A la hora de planificar esta extracción de ejemplares una cuestión básica es hacerlo de manera que esta extracción no suponga una merma relevante de la población origen, teniendo al menos una idea del periodo de tiempo que puede ser necesario para que la población recupere de forma natural el contingente extraído. Si como se ha señalado en el párrafo anterior los ejemplares de mayor talla presentan gran interés por su elevada capacidad de producción de gametos, la determinación fiable de su edad resulta fundamental. A modo de ejemplo, la consideración de extraer un cierto número de ejemplares de tallas superiores a 80 mm DM sería claramente diferente bajo la posibilidad de que estos ejemplares tengan una edad de 12 o de 25 años, ya que el tiempo requerido para que otros ejemplares ocupen su papel en la población sería marcadamente diferente. A partir de los resultados obtenidos en el

presente estudio, la información disponible en este sentido todavía es claramente insuficiente.

Por todo ello resulta imprescindible la continuación de los estudios de crecimiento durante los próximos años, fundamentado sobre todo en el marcaje y seguimiento periódico de ejemplares. Estos trabajos deben plantearse como un seguimiento a medio plazo, durante un periodo de al menos 3 - 5 años.

3.2.10. Comportamiento

3.2.10.1. Desplazamientos tróficos

Los ejemplares de *P. ferruginea* abandonan periódicamente su huella para realizar desplazamientos sobre el sustrato con fines fundamentalmente tróficos. Aunque el tipo de seguimiento realizado no permite definir con exactitud la duración de estas excursiones, las observaciones realizadas señalan que generalmente tiene una duración de entre 2 y 6 horas, periodo tras el cual regresan de nuevo a su huella. En una única ocasión se observó que un ejemplar permaneció más de 24 horas fuera de su huella durante un recorrido trófico.

El inicio de los desplazamientos tróficos no tiene lugar de manera sincrónica para el conjunto de los ejemplares, por ejemplo cuando se dan unas determinadas condiciones ambientales (e.g. subida de la marea, anochecer). En la Figura 3.36 se muestra que en dos terceras partes de las observaciones realizadas (65,1 %) todos los ejemplares se localizaban en su huella. Si el inicio de los desplazamientos viniera determinado por la existencia de determinadas condiciones, cabría esperar que la gráfica de la Figura 3.36 presentara una distribución bimodal, un primer nodo correspondiente a condiciones de reposo, y un segundo que respondería a estas condiciones que hacen iniciar la actividad de manera generalizada. Frente a esto, en la gráfica se muestra que el porcentaje de ejemplares fuera de su huella es muy variable a lo largo de las observaciones realizadas y que en ninguna de ellas llegaron a observarse el total de los ejemplares marcados fuera de su huella. En los periodos de seguimiento en que pudo llevar a cabo éste de manera seriada durante varios días seguidos se ha observado que muchos ejemplares, tras regresar a su huella después de un desplazamiento trófico, suelen permanecer varios días sin desplazarse hasta que realizan una nueva excursión. De este modo, la actividad de la población en principio no es sincrónica, lo cual explicaría los resultados anteriores.

Los tres parámetros registrados (nivel de marea, grado de inmersión de los ejemplares y grado de insolación) parecen tener influencia a la hora de que los ejemplares inicien uno de estos desplazamientos (Figura 3.37).

El porcentaje de ejemplares fuera de la huella varía significativamente en función del nivel de marea ($F = 13,9$, g.l. = 4, $p < 0,001$). Este es mucho mayor, en torno al 30 % de los ejemplares, en aquellas observaciones realizadas durante nivel de marea 1 ó 2 (alta o muy alta), frente a los valores en torno al 6 % a nivel de marea 0 ó -1

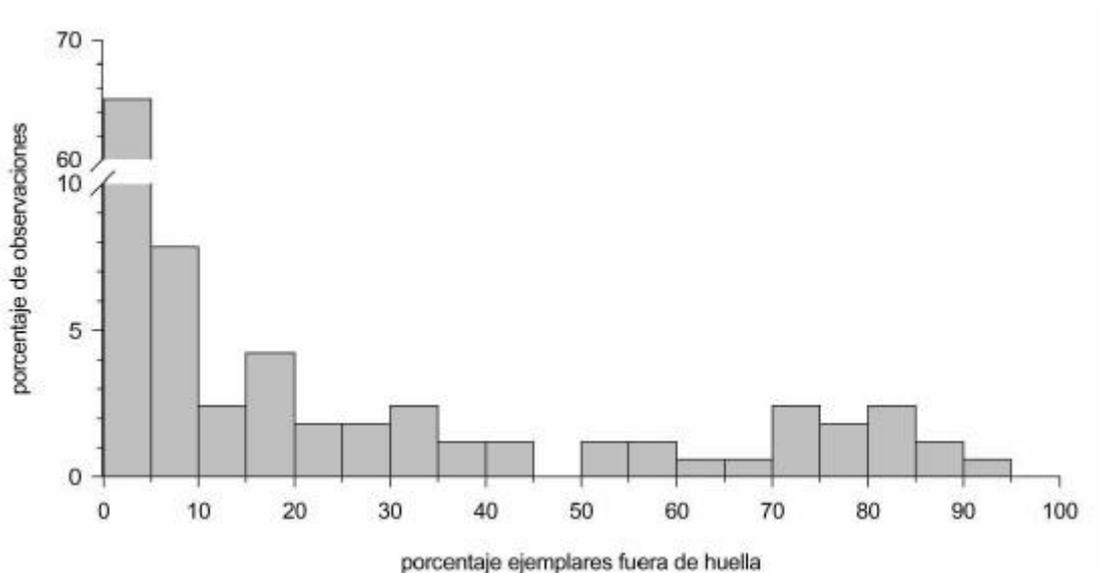


Figura 3.36. Distribución de frecuencias del número de ejemplares marcados observados fuera de la huella durante el estudio de los desplazamientos tróficos.

(nivel medio o baja). No se han registrado desplazamientos de ejemplares durante nivel de marea = -2 (muy baja). A un nivel de significatividad de $\alpha = 0,05$ se hallan diferencias entre las observaciones realizadas con niveles superiores de marea (nivel de marea 1 y 2) frente al grupo representado por el nivel medio del mar o de marea baja (nivel de marea 0, -1 y -2).

El porcentaje medio de ejemplares en desplazamiento también varía significativamente en función del grado de inmersión ($F = 27,8$, g.l. = 3, $p < 0,001$), factor que depende en parte del nivel de marea pero sobre todo del oleaje. Éste es claramente mayor, en torno al 30 % de ejemplares, cuando éstos se hallan casi permanentemente sumergidos (grado de inmersión = 4), mientras que en el resto de condiciones es inferior al 7 % . Existen diferencias significativas (para un $\alpha = 0,05$) entre las observaciones realizadas con “grado de inmersión = 4” y el resto de situaciones (grado de inmersión 1, 2 y 3); entre estas últimas, no se han hallado diferencias significativas. No se observaron ejemplares fuera de la huella en situaciones en que estaban “completamente emergidos” (grado de inmersión = 1).

Respecto al grado de insolación, a pesar de que el promedio de porcentaje de ejemplares fuera de la huella es superior durante la noche, en torno al 23 %, frente al obtenido en observaciones en condiciones de sol, nublado o sombra (en torno al 11 %), no se han hallado diferencias significativas respecto a este parámetro ($F = 2,37$, g.l. = 2, $p = 0,097$).

Tanto el nivel de marea como el grado de emersión pueden considerarse relacionados, dado que e.g. con marea alta, la mayor parte de ejemplares estarán regular o permanentemente sumergidos siempre que hay un mínimo de oleaje. En las observaciones realizadas ambos parámetros no muestran independencia ($\chi^2 = 76,8$, g.l. = 12, $p < 0,001$). Sin embargo cada parámetro presenta una dinámica temporal diferente: mientras que el nivel de mareas es cíclico, el nivel de inmersión puede no tener una

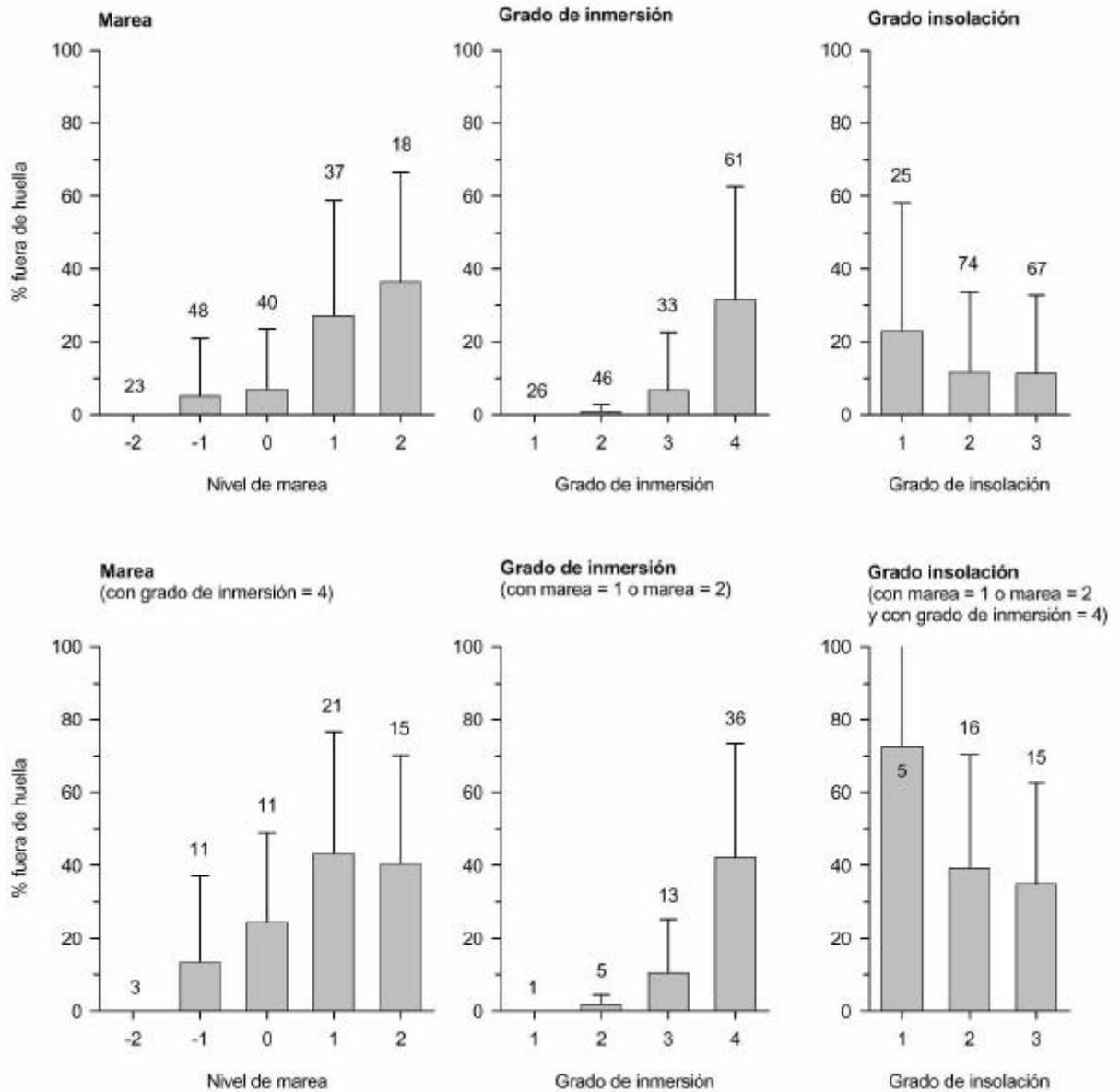


Figura 3.37. Porcentaje de ejemplares fuera de la huella bajo diferentes condiciones ambientales. Las columnas representan el promedio y las barras la desviación típica. Sobre las barras se indica el número de observaciones en cada caso.

temporalidad marcada. Así durante un temporal, los ejemplares pueden permanecer varios días sumergidos en el agua casi permanentemente.

En la Figura 3.37 se compara además el porcentaje de ejemplares fuera de la huella en distintas condiciones de marea pero en situaciones en que los ejemplares estaban “casi completamente sumergidos” (grado de inmersión = 4). En este caso, los resultados son algo más homogéneos y solamente se hallan diferencias significativas para un nivel de $\alpha = 0,05$ ($F = 3,41$, g.l. = 4, $p = 0,015$). Si se compara el nivel de actividad de los ejemplares bajo distintos grados de emersión pero con situaciones de marea alta o muy alta (niveles de marea 1 y 2) se detectan diferencias significativas entre grupos ($F = 6,89$, g.l. = 3, $p < 0,001$), siendo mucho mayor la actividad cuando los

ejemplares están “casi completamente sumergidos” (grado de inmersión 4), con un porcentaje promedio en torno al 40 %.

Estos resultados sugieren que inicio de los desplazamientos tróficos por parte de los ejemplares de *P. ferruginea* viene determinado principalmente por la condiciones de inmersión, teniendo lugar sobre todo en las situaciones en que los ejemplares y el sustrato son batidos por el oleaje. Esta conclusión resulta coherente con la forma de vida de la especie, dado que bajo estas condiciones se facilita la respiración y el desplazamiento de los ejemplares, así como se evita la pérdida de agua de la cavidad paleal que supondría el levantamiento de la concha para su desplazamiento en condiciones de completa emersión. Aunque los desplazamientos se pueden realizar bajo diferentes condiciones de marea, se detecta asimismo que estos son mas frecuentes durante los periodos de pleamar, lo cual sugiere una componente temporal cíclica de comportamiento, si bien de carácter poco marcado.

Por último en la Figura 3.37 se representa el promedio de ejemplares desplazándose en función del grado de insolación para aquellas observaciones realizadas bajo condiciones que podrían considerarse “óptimas” para los desplazamientos (grado de inmersión 4 y nivel de marea 1 ó 2). Aunque las diferencias no alcanzan a ser estadísticamente significativas ($F = 3,12$, g.l. = 2, $p = 0,057$), el porcentaje de ejemplares desplazándose es claramente mayor durante la noche, periodo en que en promedio se localizan más del 70 % de los ejemplares fuera de la huella.

De este modo se puede establecer que los desplazamientos tróficos de *P. ferruginea* tienen lugar preferentemente (en orden de importancia):

- 1: con oleaje que mantiene casi permanentemente sumergidos a los ejemplares
- 2: durante marea alta
- 3: durante la noche.

3.2.10.2. Área de campeo

En la Figura 3.38 se representan el trazado de las área de campeo obtenidas para los ejemplares objeto de seguimiento. En la Figura 3.39 por su parte se analiza la relación entre algunos parámetros relativos a los desplazamientos y la talla de los ejemplares.

El porcentaje de observaciones fuera de la huella es mayor en los ejemplares de mayor talla (correlación lineal positiva: $r = 0,560$, $p = 0,04$, $n = 24$), tal y como se observa en la Figura 3.39.A.

La distancia máxima alcanzada desde la huella en el conjunto de desplazamientos realizados por cada ejemplar osciló entre 0,15 y 0,88 m (media = 0,44 m, $n = 26$) (Figura 3.39.B). En este caso no se ha detectado correlación de este parámetro con la talla de los ejemplares ($p = 0,169$, $n = 26$).

El área de campeo de los ejemplares observada está comprendida entre 0,017 - 0,336 m² (media = 0,092 m², $n = 26$). Aunque existe una amplia variabilidad, se ha detectado correlación lineal positiva entre la amplitud del área de campeo y la talla de los ejemplares ($r = 0,418$, $p = 0,034$, $n = 26$) (Figura 3.39.C).

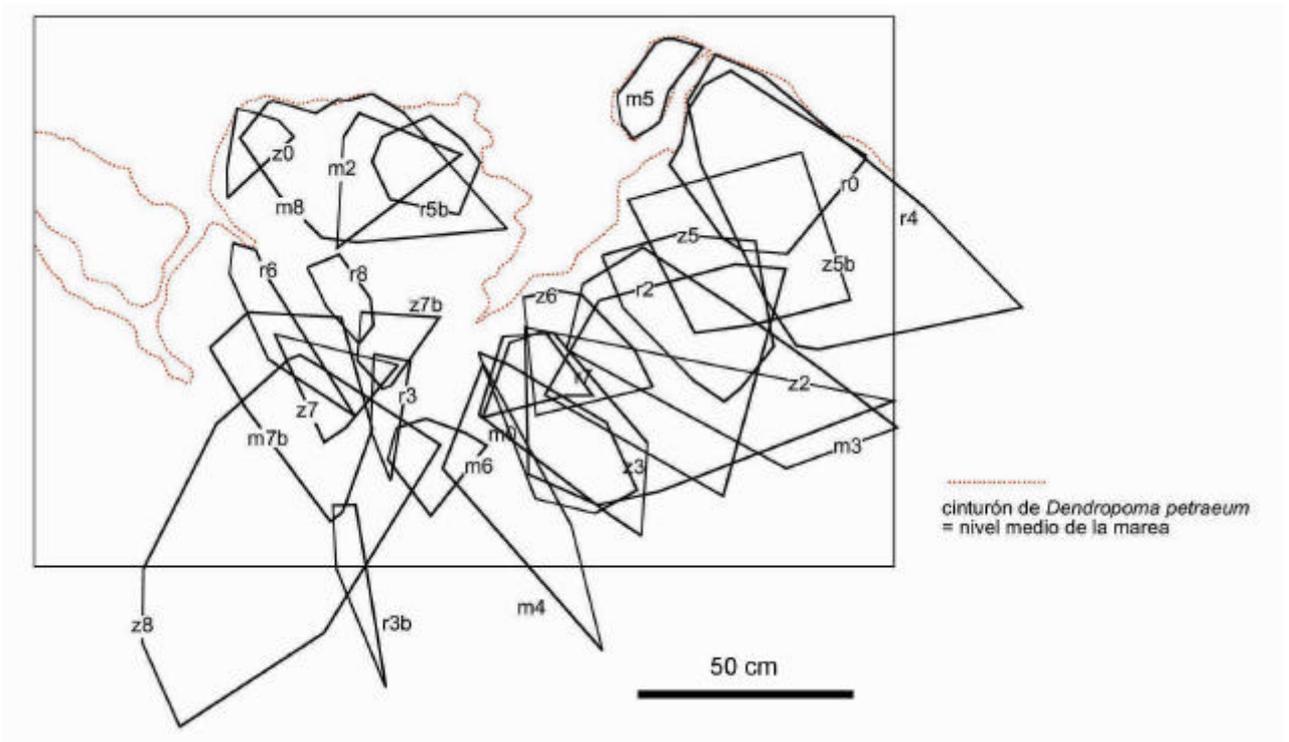


Figura 3.38. Representación del área de campeo de los ejemplares marcados en la zona “Norte Dique Roto Isabel”.

Estos datos ponen de relieve que los ejemplares de mayor talla tienden a realizar desplazamientos tróficos con mayor frecuencia, cubriendo una superficie del sustrato mayor. Este hecho puede estar relacionado con los mayores requerimientos de recursos tróficos que precisarían estos ejemplares por su mayor tamaño corporal.

Es de destacar, tal y como se observa en la Figura 3.38 que, dada la elevada densidad de ejemplares presentes en la zona de estudio, existe un importante solapamiento en el área de campeo de los distintos ejemplares presentes en ella.

3.2.10.3. Cambios de huella

Aunque *P. ferruginea* presenta un comportamiento de fidelidad a la “huella”, periódicamente los ejemplares pueden realizar desplazamientos hasta ubicarse en un nuevo punto del litoral rocoso. En este caso, los ejemplares deben realizar un rápido crecimiento de la concha para adaptarse completamente a la microtopografía de la roca en su nueva “huella”, con el fin de minimizar el tiempo en que, por no poder adherir totalmente la concha al sustrato, serían más vulnerables a la desecación o a la acción de depredadores.

Durante el seguimiento de los ejemplares marcados en las diferentes zonas del archipiélago, se han registrado un total de 30 cambios de huella. De los ejemplares en que se pudo realizar el seguimiento durante un periodo superior a un año ($n = 19$), un 52,6 % ($n = 10$) realizó al menos un cambio de huella durante el estudio.

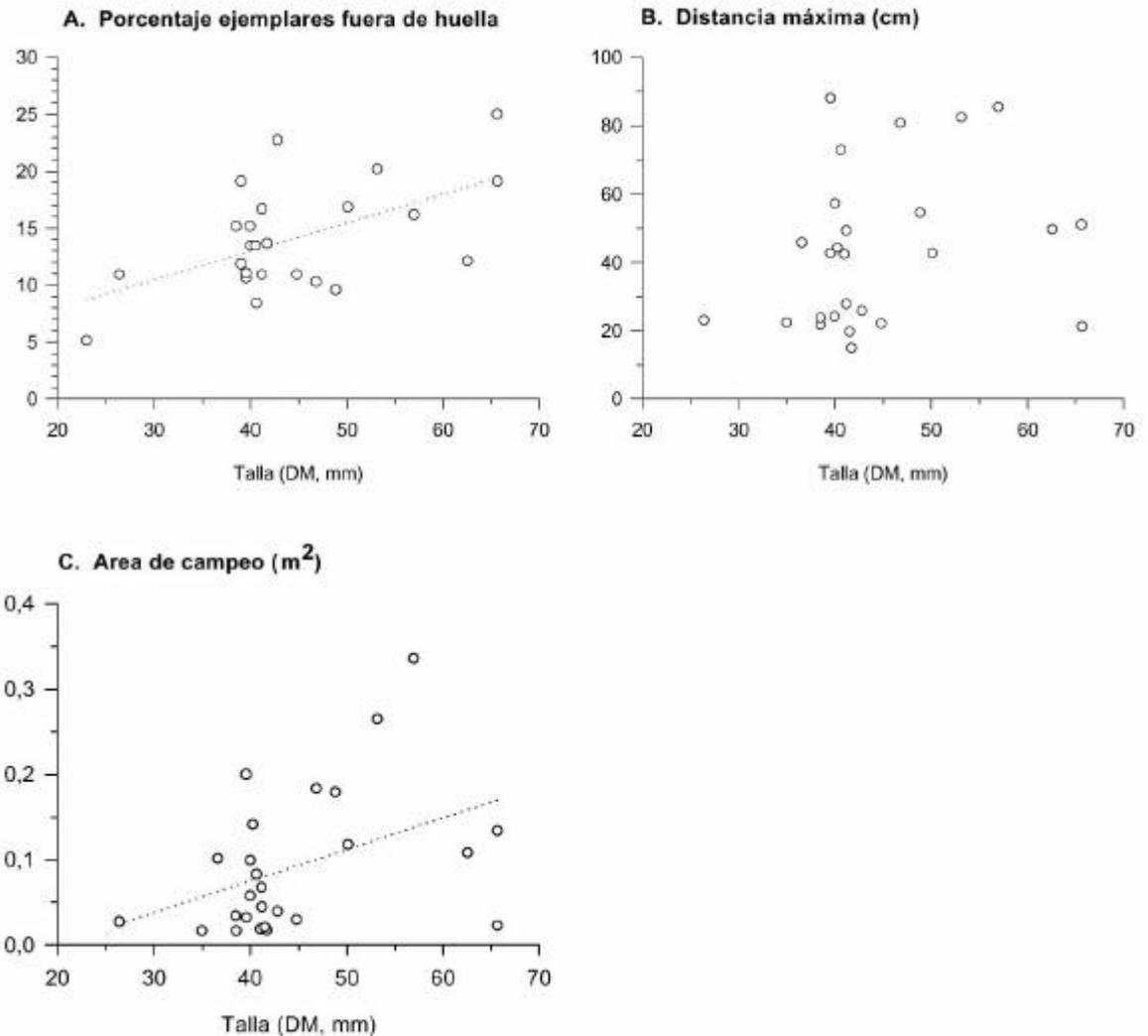


Figura 3.39. Relación entre la talla de los ejemplares objeto de seguimiento y (A) porcentaje de observaciones en que el ejemplares se hallaba fuera de la huella, (B) distancia máxima respecto a la huella alcanzada y (C) área de campeo.

Los datos obtenidos, así como otras observaciones realizadas, permiten plantear que son varios los factores que pueden motivar el cambio de huella de un ejemplar.

El primero de ellos sería la dificultad de crecimiento debida a impedimentos de la microtopografía del sustrato en los alrededores de la huella. Así, determinados ejemplares se localizan en grietas o en enclaves en que no podrían aumentar el tamaño la concha sin cambiar previamente su huella.

El segundo estaría relacionado posiblemente con el desplazamiento de ejemplares a otras zonas con menor densidad para disminuir la competencia intraespecífica. Esta idea se basa en observaciones realizadas durante la cartografía de la distribución de *P. ferruginea* en el archipiélago. En algunas zonas del litoral con una densidad relativamente baja, los ejemplares que se hallaron eran todos ellos de tallas medianas o grandes (en muchos casos de talla superior a 85 mm DM) mientras que no

se encontraron juveniles de pequeño tamaño ni reclutas. Estas observaciones sugieren que pueden existir zonas en que, por las propias características de la costa, el reclutamiento es muy reducido o incluso inexistente y que éstas serían colonizadas por individuos adultos, más resistentes a las condiciones menos favorables, que migrarían a partir de las zonas de reclutamiento en algún momento durante su crecimiento. Este tipo de comportamiento fue descrito por IWASAKI (1999) para *P. flexuosa* y de acuerdo con este autor correspondería a una tendencia de una parte de la población a dispersarse y colonizar zonas con menor densidad de ejemplares.

Un tercer factor se puede plantear a partir de observaciones realizadas en marzo de 2005. Durante la estancia en ese periodo se observó en distintas zonas del litoral del archipiélago una proliferación muy importante, de magnitud infrecuente, de macroalgas del género *Enteromorpha*. En una plataforma rocosa situada al oeste de Isabel II, en las proximidades del El Pirata, la cobertura era casi completa (Figura 3.40.A). Durante las prospecciones realizadas en 2001, en esa plataforma rocosa se había estimado una densidad de ejemplares de en torno a 9 ej./m mientras que en marzo de 2005, con la presencia de *Enteromorpha*, se obtuvo una densidad de 0,90 ej./m. Por otra parte, en un muro de roca en las proximidades de esta plataforma (que apenas presentaba cobertura de *Enteromorpha*) se hallaron distintos ejemplares que presentaban la concha totalmente cubierta de este macroalga, a excepción de su contorno (Figura 3.40.B). Este aspecto hace suponer que estos ejemplares procedían de la zona de la plataforma anterior y que se habrían desplazado (algunos de ellos a una distancia de más de 15 metros) cambiando su huella a este muro. La zona del contorno de la concha sin cobertura algal correspondería al crecimiento realizado para adaptarse a su nueva huella. De este modo, la proliferación masiva de determinadas macroalgas podría suponer dificultades a los ejemplares de *P. ferruginea* para obtener un alimento adecuado y sería una de las causas por las que pueden realizar estos cambios de huella.



Figura 3.40. (A) Proliferación invernal del macroalga *Enteromorpha* sp. en un sector de costa en el que se observó una reducción importante de la densidad de ejemplares de *P. ferruginea* tras el desarrollo destacado de su cobertura. (B) Ejemplar de *P. ferruginea* en las proximidades del sector anterior, con indicios de haber cambiado de huella y haber desarrollado consecuentemente su concha tras la proliferación de *Enteromorpha* sp. en la zona de su antigua huella.

Un cuarto motivo de cambio de huella puede considerarse casual y tendría su origen en una interacción intraespecífica. En varias ocasiones se observó cómo un

ejemplar había cambiado su huella ocupando la huella de un ejemplar próximo. En una ocasión incluso este último a su vez había ocupado la huella de un tercero, el cual también había cambiado de ubicación. En las imágenes de la Figura 3.41 se muestran estos cambios. La única explicación plausible de este hecho sería que uno de los ejemplares habría ocupado la huella de otro, bien por error, bien de manera “accidental” al detenerse a mitad de un desplazamiento trófico, y que esto habría obligado a otros ejemplares a buscar una nueva ubicación.

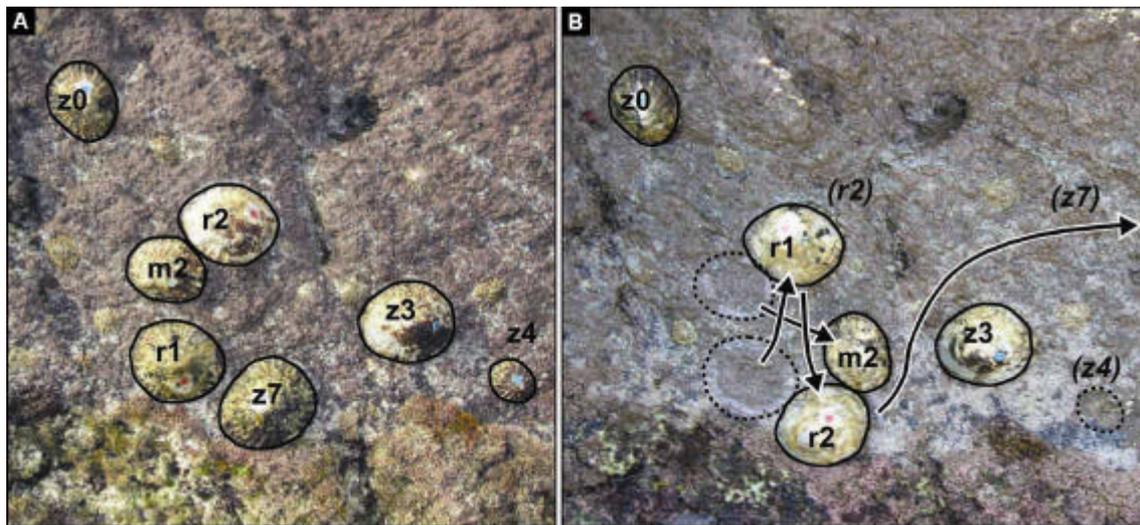


Figura 3.41. (A) Ejemplares marcados de *P. ferruginea* en una zona de la isla de Congreso, en septiembre de 2005. (B) Ejemplares marcados en el sector anterior en diciembre de 2005, indicando los desplazamientos por cambio huella; en algunos casos estos cambios implican la ocupación de la huella de otros ejemplares; los cambios de huella tuvieron lugar entre noviembre y diciembre, después de la época de reproducción.

Por último existen otros cambios de huella cuyo significado es incierto. Algunos de los ejemplares estudiados realizaron un cambio de huella a una ubicación próxima a la original (e.g. inferior a 50 cm) alcanzando un punto con condiciones muy semejantes a las iniciales en cuanto a densidad de ejemplares, altura respecto al nivel del mar y tipo de cobertura de la roca. Un ejemplo se muestra en la Figura 3.38 del apartado anterior, donde las áreas de campeo “z7” y “z7b” hacen referencia a las obtenidas para un ejemplar antes y después de un cambio de huella de este tipo; en la figura se observa cómo el solape en cuanto al área de campeo con otros ejemplares de su especie es semejante en ambas ubicaciones. No resulta evidente el motivo de estos cambios de huella, más aún si se tiene en cuenta que este proceso debe considerarse en principio como costoso energéticamente para los ejemplares.

Los cambios de huella pueden tener lugar durante la mayor parte el año (Figura 3.42). No se ha registrado ningún cambio de huella durante el periodo estival, lo cual puede obedecer al hecho de que se pretenda evitar el estrés térmico que pueden sufrir estos ejemplares en esta estación mientras llevan a cabo el crecimiento de la concha para adaptarse al sustrato. Respecto al resto del año, los cambios de huella fueron más frecuentes durante el invierno, tras el final de la época de reproducción, en la que el 21,9% de los ejemplares realizaron este tipo de desplazamientos.

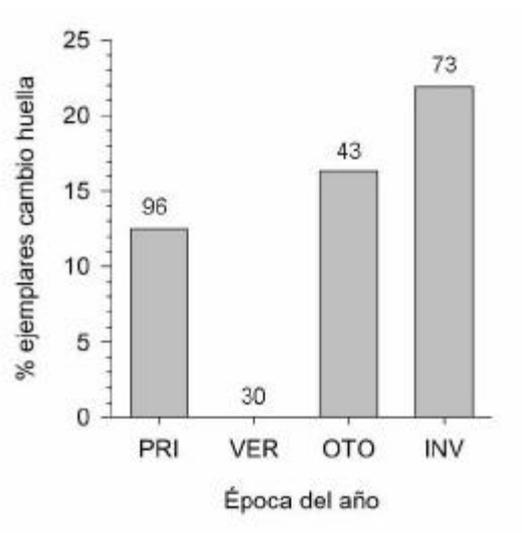


Figura 3.42. Porcentaje de ejemplares marcados que realizaron un cambio de huella a lo largo del periodo de estudio en las distintas épocas del año (sobre la barra se indica el número de ejemplares marcados en cada estación).

En los casos observados, la distancia a la nueva huella oscila entre 0,05 y 2,30 m (media = 0,43 m; $n = 30$). Aunque los ejemplares de mayor tamaño son los que alcanzan distancias mayores, no se ha detectado correlación lineal entre la distancia a la nueva huella y la talla ($r = -0,18$, $p = 0,927$, $n = 30$) (Figura 3.43).

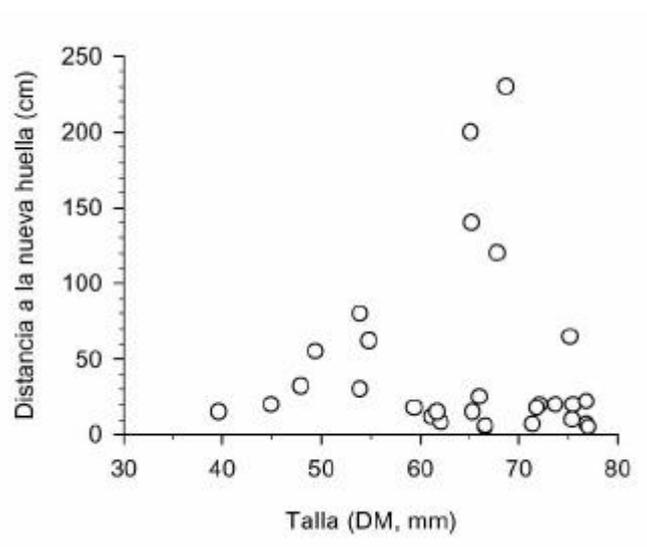


Figura 3.43. Relación entre la talla de los ejemplares y la distancia alcanzada tras el cambio de huella.

La determinación de la época en que tiene lugar principalmente el cambio de huella de manera natural en ejemplares de *P. ferruginea* resulta de interés para futuros trabajos sobre la especie. Así, para todos aquellos en que se plantee un traslado de ejemplares con distintos fines (e.g. traslocación para reintroducción, transporte de adultos para llevar a cabo su reproducción controlada) cabe plantear que éstos precisarán adaptar su concha a un nuevo sustrato y que, por lo tanto, sería conveniente realizar los traslados en las épocas en las que los ejemplares tienden a cambiar de

ubicación de manera natural. A partir de los resultados anteriores, así como de los descritos en el apartado de “Crecimiento”, la época óptima para estos traslados sería invierno (elevado porcentaje de cambio de huella y elevada tasa de crecimiento) o de manera alternativa la primavera (tasas de crecimiento semejantes aunque porcentaje de cambio de huella menor). Sería desaconsejable llevar a cabo estos trabajos durante el verano, época en la que los ejemplares tienden a no cambiar de huella y la que la tasa de crecimiento de la concha es reducida.

3.2.11. Depredadores naturales

Los resultados presentados en el presente apartado proceden de distintas observaciones realizadas durante las estancias llevadas a cabo durante el presente estudio así como otras llevadas a cabo en trabajos anteriores en el archipiélago, aunque no se ha seguido una metodología específica con el fin de cuantificar la incidencia de mortalidad natural en *P. ferruginea* debida a depredadores.

Los dos principales depredadores naturales de *P. ferruginea* detectados en las islas Chafarinas son el molusco gasterópodo *Stramonita haemastoma* y el crustáceo decápodo *Eriphia verrucosa*.

El caracol *S. haemastoma* es una especie muy abundante en el archipiélago que habita tanto en fondos infralitorales, hasta varios metros de profundidad, como en el piso mesolitoral. En condiciones de mar en calma y durante el día, es frecuente observar ejemplares de esta especie en cubetas y en grietas del piso mesolitoral inferior, por debajo de la banda de *Dendropoma petraeum*. La actividad en el piso mesolitoral superior, donde se encuentra *P. ferruginea*, tiene lugar sobre todo durante la noche y cuando el oleaje baña este sustrato.

Se han observado dos estrategias por parte de *S. haemastoma* para la depredación de *P. ferruginea*. En los ejemplares de menor tamaño de esta última especie, de talla inferior a unos 30 mm DM, *S. haemastoma* es capaz de levantar la concha del sustrato por uno de sus laterales y atacar directamente a la masa corporal del ejemplar. En la Figura 3.44.A se presenta un ejemplo de este comportamiento, si bien en este caso se trata de un juvenil de *Patella lusitanica*.

En cambio en los ejemplares de *P. ferruginea* de talla algo mayor, *S. haemastoma* se sitúa sobre su concha y realiza una perforación utilizando la rádula hasta alcanzar la masa corporal. La presencia de un ejemplar de *S. haemastoma* sobre *P. ferruginea* (Figura 3.44.B) no significa necesariamente que esté intentando depredar sobre esta última dado que en ocasiones es posible que lo esté haciendo sobre organismos epibiontes de la concha (e.g. *Chthamalus* spp). Sin embargo frecuentemente se han hallado conchas de ejemplares de *P. ferruginea* con una perforación atribuible a la actividad de *S. haemastoma* (Figura 3.44.C y D). En una ocasión se pudo realizar un seguimiento durante tres días de este comportamiento. En este periodo, un ejemplar de *S. haemastoma* (identificable por el patrón de coloración de su concha debido al recubrimiento de algas calcáreas) se observó durante tres noches seguidas sobre la concha de un mismo ejemplar de *P. ferruginea*. Durante el día, el gasterópodo se localizaba en una grieta en el piso mesolitoral inferior para retornar por la noche a localizarse sobre la lapa. Al cabo de tres días, no se encontró al ejemplar de *P.*

ferruginea sobre su huella y, tras una búsqueda mediante buceo en los fondos próximos, se pudo hallar su concha con una perforación (el ejemplar fue identificado al ajustarse la concha perfectamente a su huella). Estas observaciones ponen de manifiesto el esfuerzo requerido a esta especie para depredar sobre ejemplares de mediano tamaño de *P. ferruginea*.

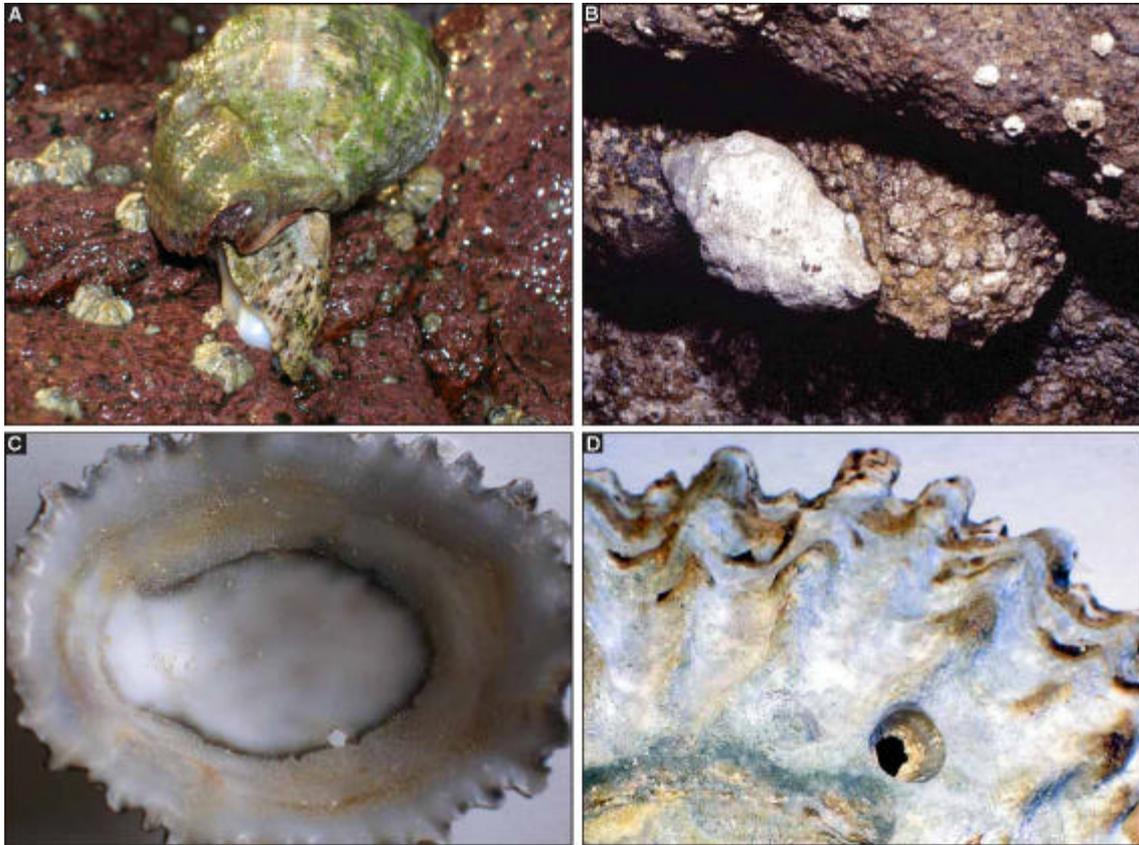


Figura 3.44. (A) Ejemplar de *S. haemastoma* depredando un juvenil de *Patella lusitanica*. (B) Ejemplar de *S. haemastoma* sobre la concha de un ejemplar de *P. ferruginea*. (C) Interior de la concha de un ejemplar de *P. ferruginea* de 57 mm DM, mostrando el orificio realizado por un *S. haemastoma*. (D) Detalle de la perforación anterior, de 2 mm de diámetro interior, vista desde el exterior de la concha.

El tamaño máximo de una concha de *P. ferruginea* hallada con una perforación atribuible a *S. haemastoma* ha sido de 68 mm DM. Cabe suponer que *S. haemastoma* sería incapaz de perforar las conchas de *P. ferruginea* de los ejemplares de mayor tamaño (.e.g. > 70 mm DM).

El cangrejo espinoso *Eriphia verrucosa* (Figura 3.45.A) es asimismo una especie muy abundante en el archipiélago. Durante el día es fácil observar ejemplares en pequeñas cubetas del litoral o en grietas del piso mesolitoral inferior, mientras que durante la noche se observan a menudo desplazándose en la zona del mesolitoral superior donde se distribuye *P. ferruginea*.

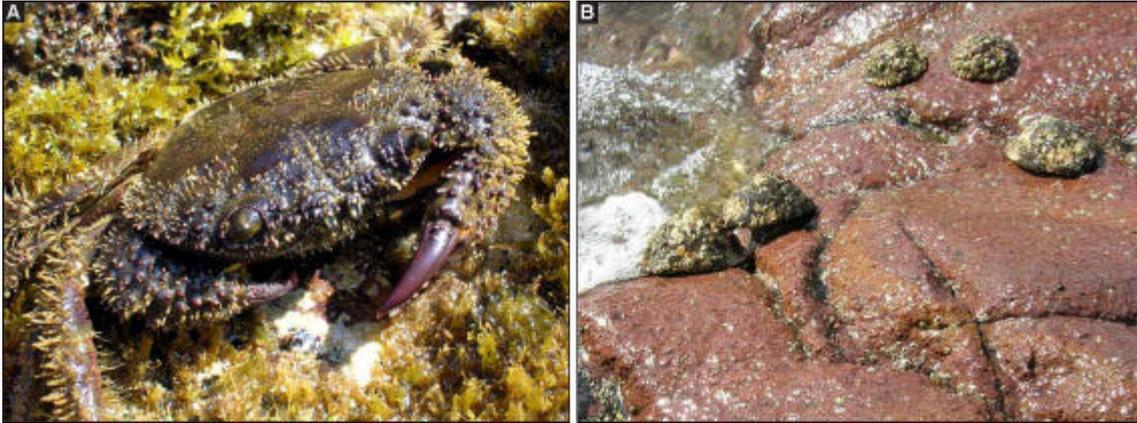


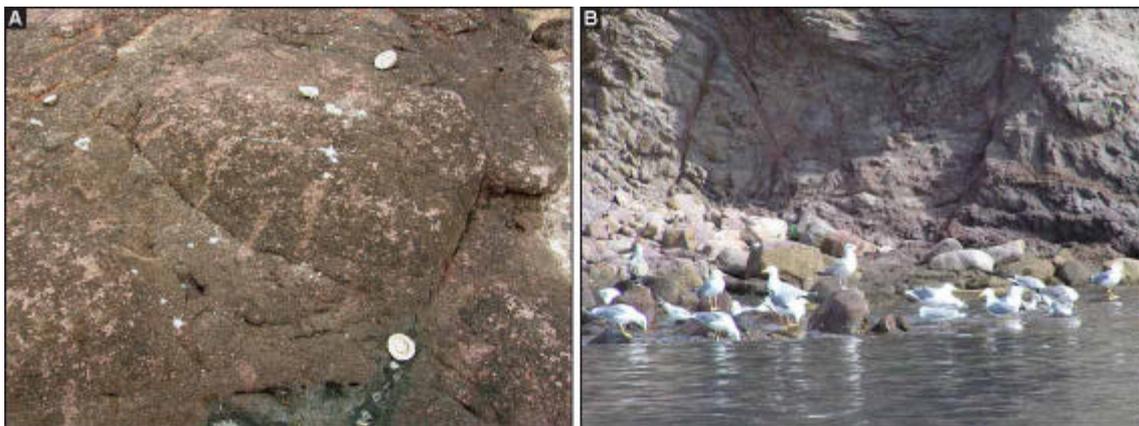
Figura 3.45. (A) Ejemplar de *E. verrucosa*. (B) Ejemplares de *P. ferruginea* desplazándose sobre el sustrato, en una situación en que pueden ser arrancados fácilmente.

Las observaciones directas de depredación de esta especie sobre *P. ferruginea* son más escasas. Es frecuente observar conchas de *P. ferruginea* en grietas mesolitorales asociadas a la presencia de ejemplares de *E. verrucosa*. Las únicas evidencias directas proceden de dos observaciones en que se registró la captura de ejemplares de mediano tamaño, cuando estaban desplazándose fuera de su huella, en una localización donde era relativamente sencillo desprenderlos del sustrato (e.g. Figura 3.45.B). Parece razonable suponer que esta especie solamente puede depredar sobre ejemplares de talla mediana y grande de *P. ferruginea* bajo este tipo de circunstancias, mientras que con sus fuertes pinzas podría desprender ejemplares juveniles o ejemplares de pequeña talla mientras están respirando con la concha levantada sobre su huella.

Por último, en diversas ocasiones se ha podido detectar la presencia de grupos de conchas de *P. ferruginea* recién depredadas sobre la roca en enclaves a varios metros por encima del nivel del mar (Figura 3.46.A). No resulta razonable suponer que estas conchas, por su localización, procedan de la depredación por parte de las dos especies anteriores. Por otra parte, en la mayoría de estos casos las circunstancias hacían considerar muy poco probable que fueran resultado de recolección humana. En muchas ocasiones estas observaciones se realizaron en la isla de Isabel II, en situaciones en que los miembros de la guarnición militar o de otro personal de servicio en el archipiélago estaban perfectamente informados de estatus de protección de la especie. En otros casos, las observaciones se realizaron en enclaves de la isla de Congreso muy poco accesibles incluso desde una embarcación y en absoluto frecuentados por pescadores marroquíes u otros visitantes irregulares ocasionales. Además, en ninguna de estas conchas se hallaron marcas en los bordes que supusieran un indicio de que hubieran sido arrancadas con la ayuda, por ejemplo, de un cuchillo.

Este tipo de observaciones plantea la hipótesis de que algunas aves puedan preda sobre *P. ferruginea*. Dado que la presencia en el archipiélago de especies con un pico adaptado para la captura de estos moluscos (e.g. ostrero, *Haematopus ostralegus*) es extremadamente infrecuente, esta actividad sería atribuible a una de las dos especies de láridos con importantes colonias en el archipiélago, en particular la Gaviota patiamarilla (*Larus michaelis*). LABOREL-DEGUEN Y LABOREL (1991b) citaron a “gaviotas” como uno de los predadores de *P. ferruginea*, haciendo referencia a una

comunicación personal de M. THIEBAULD. En las islas Chafarinas no se han podido realizar observaciones directas en este sentido. Ocasionalmente se han realizado observaciones de ejemplares de esta gaviota aparentemente alimentándose en la línea de costa durante marea alta (Figura 3.46.B). Aunque el pico de estas aves sería poco apropiado para arrancar ejemplares de *P. ferruginea* en su huella, como en el caso anterior podrían hacerlo cuando están desplazándose en situaciones (e.g. Figura 3.45.B) donde sería relativamente fácil desprenderlos del sustrato. Futuras observaciones deberán permitir corroborar o descartar esta hipótesis.



Figuras 3.46. (A) Conchas vacías de *P. ferruginea* en Isabel II, halladas sobre las rocas a unos 2 m sobre el nivel del mar. (B) Ejemplares de gaviota patiamarilla (*Larus michaellis*) en el litoral, aparentemente alimentándose.

3.3. Realización de experiencias de apoyo a futuras experiencias de traslocación y reintroducción de ejemplares

En este apartado se describen una serie de ensayos y experiencias llevadas a cabo con el fin de desarrollar y poner a punto las técnicas más adecuadas para poder llevar a cabo trabajos de traslocación de ejemplares en futuros intentos de reintroducción a otras áreas.

3.3.1. Experiencias precedentes

Existen algunas experiencias previas de traslado y traslocación de ejemplares de *P. ferruginea* llevadas a cabo por algunos investigadores en distintas áreas geográficas.

LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1991c) realizaron en 1987 un ensayo de reintroducción de *P. ferruginea* en el Parque Nacional de Port-Cros (archipiélago situado junto a la costa continental francesa, en las proximidades de Marsella) a partir de ejemplares capturados en la región de Galéria, en la isla de Córcega. En septiembre de ese año obtuvieron 222 ejemplares de un amplio rango de tallas (desde < 9 mm hasta > 50 mm DM). Los autores no indican en el trabajo la técnica utilizada para la

extracción de ejemplares, ni la de transporte o de colocación en el nuevo sustrato. Tampoco indican el perdido transcurrido desde la extracción hasta la reimplantación de ejemplares. A partir de lo indicado en la Tabla 1 de este trabajo, se puede suponer que los ejemplares fueron trasladados sumergidos en uno o más acuarios. Del total de 222 de ejemplares capturados, 34 (15,3 %) murieron antes de ser estabulados en los acuarios, 26 (11,7 %) murieron durante la estancia en éstos, 38 (17,1 %) durante el transporte y 17 (7,7 %) tras la primera noche de colocación en su nuevo sustrato. Por tanto murieron un total de 115 ejemplares (51,8 %) en el conjunto del proceso de extracción, transporte y recolocación en el sustrato. De los 107 ejemplares restantes, al cabo de un año (agosto 1988) únicamente se observaron 51, lo cual supone una mortalidad del 52,3 %. Al cabo de dos años (septiembre 1989) solamente se hallaron 23 ejemplares, lo que implica una mortalidad del 47,1 % durante este segundo periodo anual. En conjunto se obtuvo por tanto una supervivencia al cabo de dos años del 10,4 % de los ejemplares trasladados. La supervivencia no fue uniforme para los ejemplares de los distintos grupos de tallas. No sobrevivió ningún ejemplar de talla inferior a 30 mm DM (100 % de mortalidad, sobre 27 ejemplares); la supervivencia fue del 4,3 % para los ejemplares de 30 – 40 mm DM (69 ejemplares) y del 4,8 % para los del rango 40 – 50 mm (84 ejemplares); y fue claramente superior para los ejemplares de mayor tamaño, > 50 mm DM, con una supervivencia del 70,8 % (24 ejemplares; número de ejemplares citados en referencia únicamente al total de 188 que llegaron a ser estabulados en los acuarios). Los autores destacaron que la escasa presencia de ejemplares supervivientes de talla inferior a 40 mm DM dificultaría las posibilidades de que este pequeño grupo de ejemplares actuara como una población reproductora por considerar, de acuerdo con las ideas asumidas en ese momento, que éstos corresponderían a machos y de este modo la mayor parte de ejemplares supervivientes serían hembras.

Aunque se han realizado intentos para contactar con los autores de este trabajo con el fin de conocer la evolución posterior de este pequeño contingente de ejemplares no ha sido posible, habiendo transcurrido 15 años desde la publicación de este trabajo.

Una segunda serie de experiencias de traslocación de ejemplares de *P. ferruginea* procede de un trabajo llevado a cabo por F. ESPINOSA en el litoral de Ceuta recientemente, entre 2003 y 2005 (el final de estos trabajos se solapa en el tiempo con el inicio del presente estudio). Éstos tienen su origen en la realización de una serie de obras en el puerto de la Ciudad Autónoma en escolleras en la que se hallaban numerosos ejemplares de esta especie, lo cual conllevó el desarrollo de un proyecto para la traslocación de estos ejemplares. Los resultados se plasman en una Tesis doctoral (ESPINOSA, 2005) que ha sido parcialmente publicada pero no así lo referente a la traslocación de ejemplares. La información que se presenta a continuación procede en parte de lo presentado en esta Tesis y en parte a comunicaciones personales por parte del autor.

Los ejemplares fueron obtenidos preferentemente mientras realizaban desplazamientos, momento en que de acuerdo con este autor presentan menor adherencia sobre el sustrato; en algunos casos estos ejemplares podían ser arrancados “*cogiéndolos de la concha con un movimiento rápido*” mientras que en otros se realizó con la ayuda de una espátula. Los ejemplares así capturados fueron depositados “*en redes para evitar la adherencia y tener que forzarlos a despegarse para reubicarlos. Estas redes se introdujeron en agua para mantener la hidratación de los individuos. De esta forma se trasladaron al laboratorio donde fueron introducidos en acuarios (...)*”

durante el tiempo que transcurrió hasta su definitivo traslado a los hábitats de recepción” (ESPINOSA, 2005). En el laboratorio cada ejemplar fue marcado, utilizando marcas adheridas con resina epoxi. El autor señala que los ejemplares que posteriormente se adhirieron más rápidamente y con mayor tenacidad al sustrato fueron aquellos mantenidos en los acuarios durante un periodo de tiempo más corto. Indica asimismo que los ejemplares mantenidos en los acuarios a una temperatura superior a 20 °C presentaban “*pérdida de adherencia y flaccidez del pie, que posteriormente suponía un mayor periodo de tiempo para que el ejemplar se asentara sobre el sustrato*”. Este autor además ensayó el uso de distintas sustancias anestésicas con el fin de intentar desarrollar un método que permitiera arrancar fácilmente y sin daño a los ejemplares del sustrato, si bien ningunas de las probadas dio resultados satisfactorios.

El resultado del seguimiento de los ejemplares traslocados por ESPINOSA (2005) es en cierto modo semejante al obtenido por LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1991c). En las 7 zonas donde se realizaron las traslocaciones, la supervivencia de los ejemplares durante el primer mes desde su traslado osciló entre 35 y el 65 %, con un promedio del 51,4 %. Al cabo de dos años, la supervivencia en los distintos sectores varió entre el 0 y el 15 %, con un promedio del 7,9 %.

En ambos casos se observa que con una metodología en principio semejante (extracción, mantenimiento en acuarios, traslado, colocación sobre el sustrato) la mortalidad de ejemplares inmediatamente tras la traslocación era de en torno al 50 %. Al cabo de dos años, únicamente sobrevivían alrededor del 10 % de los ejemplares traslocados.

Estas mortalidades son demasiado elevadas para poder considerar adecuada esta metodología para la traslocación de ejemplares con fines de reintroducción. Si se asume que el orden de magnitud de la mortalidad sería semejante en experiencias similares, para conseguir por ejemplo una población en una zona de reintroducción de solamente 100 ejemplares habría que planificar extraer del enclave de origen unos 1.000 ejemplares. Esta última cantidad es un valor muy importante incluso para las poblaciones en mejor estado del territorio español, en las que la extracción de este número de ejemplares en un momento determinado podría suponer un impacto sustancial para el conjunto de la población. Por otra parte el objetivo alcanzado de este modo sería muy limitado. En el caso de tratarse de una reintroducción en una zona en la que se conocía la presencia de *P. ferruginea* pero en la que actualmente no se han hallado ejemplares (e.g. Parque Natural de Cabo de Gata – Níjar) se conseguiría una nueva población con un número de ejemplares (en torno a un centenar) que debido a la estrategia reproductiva de esta especie (e.g. fecundación externa) difícilmente presentaría capacidad reproductora. En el caso de plantearse como el reforzamiento de una población, como en el caso de la isla de Alborán, donde de acuerdo con censos recientes se han localizado un total de 137 ejemplares (verano de 2006; MORENO, 2006), esta experiencia supondría prácticamente duplicar la población existente. Sin embargo el objetivo conseguido no garantizaría necesariamente la pervivencia a medio plazo de esta población y sería discutible si estos resultados alcanzados serían coherentes con el estatus de protección y la delicada situación de las poblaciones de esta especie, sobre todo si se tiene en cuenta que se habría conseguido asumiendo la mortalidad del 90 % de los ejemplares inicialmente obtenidos

3.3.2. Planteamiento de los trabajos

Las causas de la elevada mortalidad en este tipo de experiencias no han sido determinadas en ningún caso. Cabe suponer que ésta pueda ser debida al menos a cuatro factores:

- daños del pie durante la captura de ejemplares
- estrés asociado a los periodos de transporte
- condiciones de mantenimiento en los acuarios
- dificultad para adaptarse al nuevo medio

El primero de estos factores es en principio sobre el que se puede actuar más fácilmente para reducir la posible mortalidad asociada. De acuerdo con la experiencia del presente estudio, en determinadas ocasiones al extraer un ejemplar con ayuda de una herramienta (en el presente estudio, con un cuchillo romo de punta redondeada) se pueden producir daños en el pie, bien en el margen bien en el epitelio de su base. Algunas observaciones muestran que este tipo de heridas reduce la capacidad de adhesión de los ejemplares al sustrato. No se han llevado a cabo estudios específicos para comprobar si los ejemplares pueden regenerar con una cierta facilidad estas heridas, aunque cabe suponer que ante una traslocación a otro sustrato este hecho puede suponer su muerte al desprenderse de éste por acción del oleaje. La experiencia adquirida durante los trabajos del presente estudio muestra que el riesgo de ocasionar daños en el pie se minimiza cuando se capturan los ejemplares mientras están desplazándose fuera de su huella, lo cual ocurre sobre todo cuando el oleaje baña el litoral y con marea alta (ver capítulo de “Desplazamiento tróficos”). En las ocasiones en un ejemplar está desplazándose sobre una grieta, a menudo es posible separarlo del sustrato estirando simplemente de la concha con la mano. En otras ocasiones, se puede utilizar la punta del cuchillo de punta redondeada introduciéndola con cuidado bajo la concha, formando un ángulo agudo con el sustrato pero lo más abierto posible. A partir de ahí el cuchillo se va introduciendo poco a poco, realizando la fuerza en dirección al sustrato a la vez que se realiza un suave esfuerzo de palanca dirigido a levantar la concha. Conforme el ejemplar va cediendo, se realizan progresivos avances del cuchillo sobre el sustrato bajo la concha, hasta que al final el pie cede totalmente (Figura 3.47). Este debe ser un proceso lento y cuidadoso, en el que en general se tarda entre 15 y 45 segundos. Utilizando estos procedimientos la probabilidad de causar daño a los ejemplares es muy baja, si bien su uso efectivo requiere una cierta experiencia.

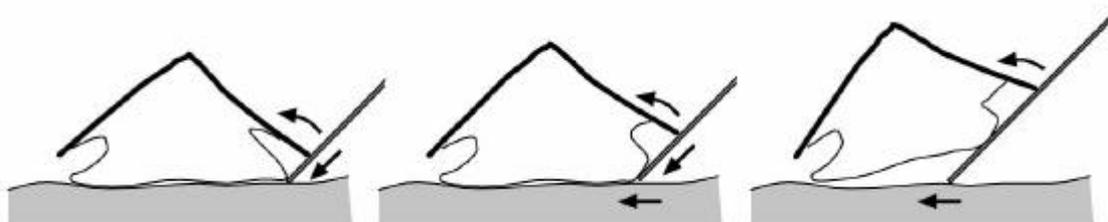


Figura 3.47. Técnica para la separación del sustrato de ejemplares de *P. ferruginea* mientras están desplazándose fuera de la huella. Ver explicación en el texto

El resto de factores que pueden estar relacionados con la mortalidad de ejemplares son inherentes al método utilizado por los autores anteriores. Cabe suponer que el transporte en inmersión de los ejemplares así como su estancia posterior en los

acuarios debe suponer un cierto grado de estrés para los ejemplares. CORPUZ (1981) señala para otra especie de lapa (*Cellana exarata*) que la supervivencia de ejemplares era inversamente proporcional al tiempo empleado para su transporte y que la refrigeración del recipiente entre 5 y 15 °C reducía la mortalidad en los ejemplares cuando el traslado implicaba más de 3 horas de duración. En las experiencias descritas por los autores del apartado anterior los autores no indican la duración del transporte ni que emplearan refrigeración. Asimismo tampoco citan que proporcionaran alimento a los ejemplares durante las estancias en los acuarios ni que diseñaran ningún sistema para conseguir una circulación del agua en éstos que permitiera simular las condiciones en que vive esta especie de hábitos mesolitorales. Así pues, tanto el traslado como el posterior mantenimiento en los acuarios cabe suponer que tendría como consecuencia, además de la mortalidad de algunos ejemplares, la pérdida de reservas y el debilitamiento del resto de ellos.

La reintroducción en el nuevo enclave debe ser sin duda el momento más crítico del proceso, dado que los ejemplares no pueden adaptar la concha completamente al sustrato. Precisan por tanto desarrollar una nueva huella, realizando un rápido crecimiento de la concha para evitar el riesgo de desecación o pérdida de agua durante los periodos de emersión así como para protegerse de los depredadores. Este crecimiento de la concha debe ser un proceso energéticamente costoso. Cabe suponer además que las condiciones del nuevo enclave (tipo de recubrimiento algal y por tanto tipo de recursos tróficos disponibles, temperatura del agua,...) pueden no ser iguales a los de su punto de origen, por lo que requieren un esfuerzo adicional de adaptación. Si todo ello tiene que ser llevado a cabo por ejemplares que, por los procesos de traslado y mantenimiento en acuarios, presentan un estado de vitalidad no óptima cabe esperar una mortalidad tan elevada como la obtenida en los trabajos anteriores.

Por los motivos anteriores en el presente estudio se planteó ensayar una técnica de traslado basado en “sustratos desmontables” (SD), tal y como se describe en el capítulo de “Material y Métodos”. La idea consiste en inmediatamente tras su captura, trasladar los ejemplares a una serie de SD instalados un cierto tiempo antes en el litoral del enclave de origen. Con ello se obtienen de partida varias ventajas:

- el tiempo transcurrido desde la captura hasta la reinstalación en un nuevo sustrato es mínimo, en principio inferior a 1 h.
- los ejemplares poco después de su captura han sido devueltos a un medio con condiciones prácticamente idénticas (temperatura, mareas,...) a las existentes en su sustrato original
- se puede prescindir del periodo de mantenimiento en acuarios
- los ejemplares disponen de alimento natural que ha colonizado los SD desde su instalación

La disminución del estrés conseguida al reducir el tiempo de traslado y la estancia en acuarios permite de este modo que los ejemplares afronten el proceso de crecimiento de la concha y adaptación a la nueva huella en mejores condiciones..

El traslado de los ejemplares a una nueva zona geográfica se realizaría una vez éstos han adaptado totalmente la concha al sustrato mediante la desinstalación de los SD de manera que los ejemplares se transportarían adheridos a éstos. Tras el transporte, los

SD sería fijados al litoral del enclave destino mediante la misma técnica en que fueron inicialmente instalados. Esta forma de traslado presenta asimismo varias ventajas:

- cabe suponer un estrés menor, aun si son transportados en emersión, pues las condiciones que presentarían los ejemplares son semejantes a las de momentos en que se encuentran totalmente expuestos al aire con mar en calma y marea baja
- al ser reubicados los ejemplares no han de crear una nueva huella, pues están completamente adaptados a los SD.
- los ejemplares disponen en su nuevo enclave del recubrimiento algal presente en el SD, que les permite alimentarse desde el primer momento de su reubicación. Cabe suponer que los ejemplares puedan posteriormente realizar un cambio de huella hasta alcanzar progresivamente otras zonas del litoral fuera de los SD.

Los SD también se han planteado como un sistema de captación natural de juveniles procedentes del reclutamiento anual. De tener lugar la fijación de juveniles sobre estos sustratos, su traslado a enclaves de otras áreas geográficas seguiría el mismo procedimiento con las mismas ventajas que se ha expuesto para el caso de los adultos en párrafos anteriores.

El objetivo pues de las experiencias del presente capítulo se dirige a evaluar la viabilidad del uso de la técnica descrita.

3.3.3. Sustratos desmontables

Los “Sustratos desmontables” (SD) fueron instalados de manera gradual. Se realizó un primer ensayo de instalación en junio de 2005 y posteriormente se instalaron 4 en septiembre, 6 en octubre y 2 en diciembre de 2005 y 1 en abril de 2006.

A lo largo del periodo de estudio se perdieron 4 SD al ser arrancados por el oleaje, dos de ellos entre octubre y noviembre, uno entre diciembre y febrero y otro entre abril y junio. A pesar de ello la técnica de sujeción puede considerarse adecuada, al menos con los medios técnicos que se pudo trasladar al archipiélago. En abril de 2006 seis de los SD instalados fueron desmontados para revisar con cuidado en la Estación Biológica la posible presencia de juveniles adheridos; tras este examen, los SD pudieron ser reinstalados sin problemas, persistiendo todos excepto uno hasta el final del estudio. Al finalizar éste, quedaron instalados un total de 10 SD, con una superficie total de 0,29 m².

En las Figuras 3.48, 3.49 y 3.50 se presentan algunos ejemplos de la evolución de la cobertura de organismos epibiontes en varios de los SD instalados.

En general, el recubrimiento algal en los SD comienza a hacerse patente aproximadamente un mes tras su instalación. No se han hallado diferencias apreciables en el tipo de cobertura desarrollada en función del tipo de roca utilizado. En cambio sí que se han encontrado diferencias en el tipo de recubrimiento de epibiontes en función de la época del año en que inicialmente fueron colocados. Aquellos instalados en otoño desarrollaron durante el invierno una importante cobertura de macroalgas y coralináceas incrustantes, superior al 90 % de la superficie del sustrato (e.g. SD02 en Figura 3.48 y SD04 en Figura 3.49). Esta cobertura sin embargo no persistió al llegar la primavera. En



Figura 3.48. Evolución del sustrato desmontable SD02. (A) septiembre 2005, tras su instalación. (B) octubre 2005. (C) noviembre 2005. (D) diciembre 2005. (E) abril 2006. (F) abril 2006, tras la colocación del ejemplar N0 y dos juveniles procedentes del reclutamiento anual (destacados con círculos rojos). (G) junio 2006. (H) agosto 2006.

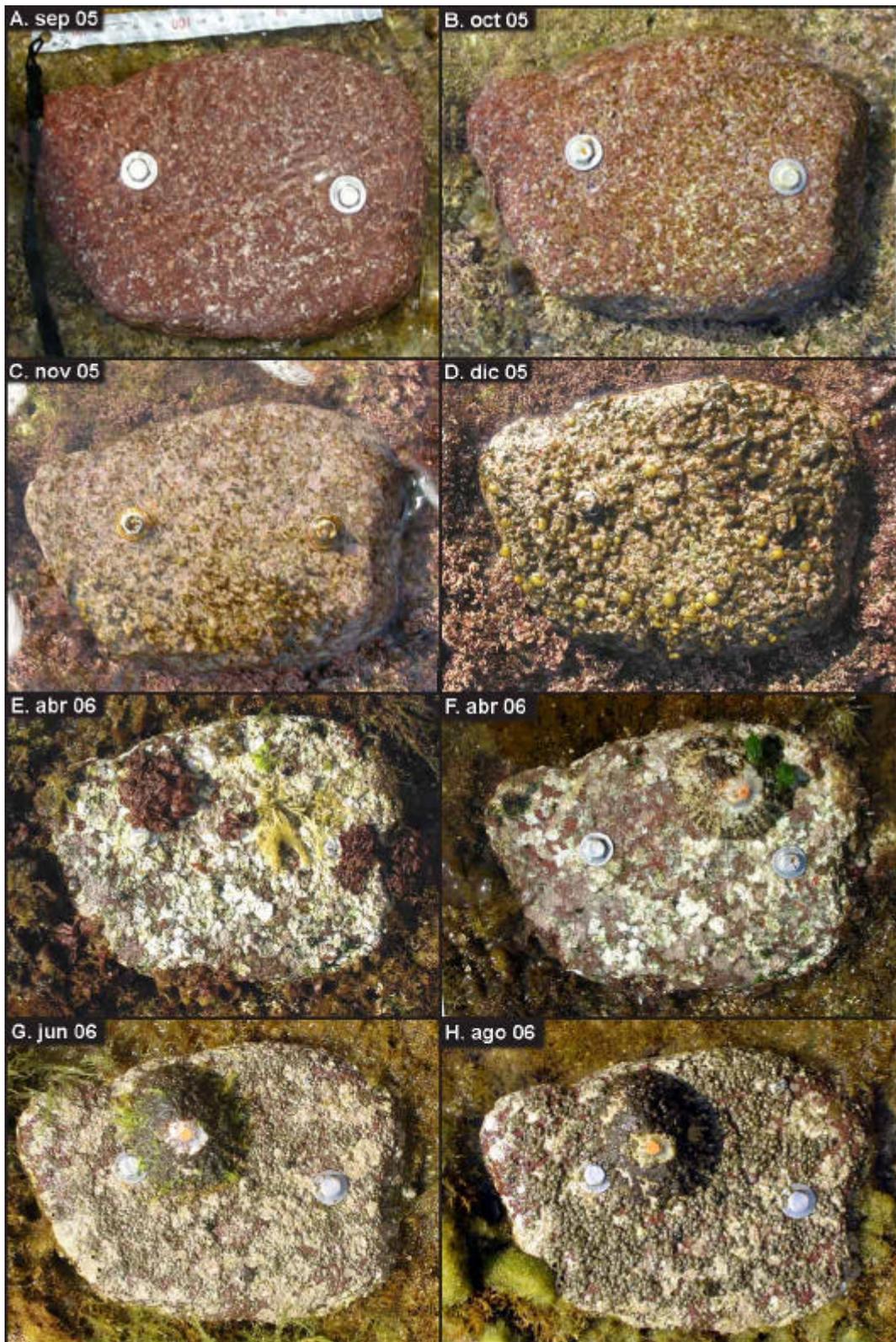


Figura 3.49. Evolución del sustrato desmontable SD04. (A) septiembre 2005, tras su instalación. (B) octubre 2005. (C) noviembre 2005. (D) diciembre 2005. (E) abril 2006. (F) abril 2006, tras la colocación del ejemplar N3. (G) junio 2006. (H) agosto 2006.

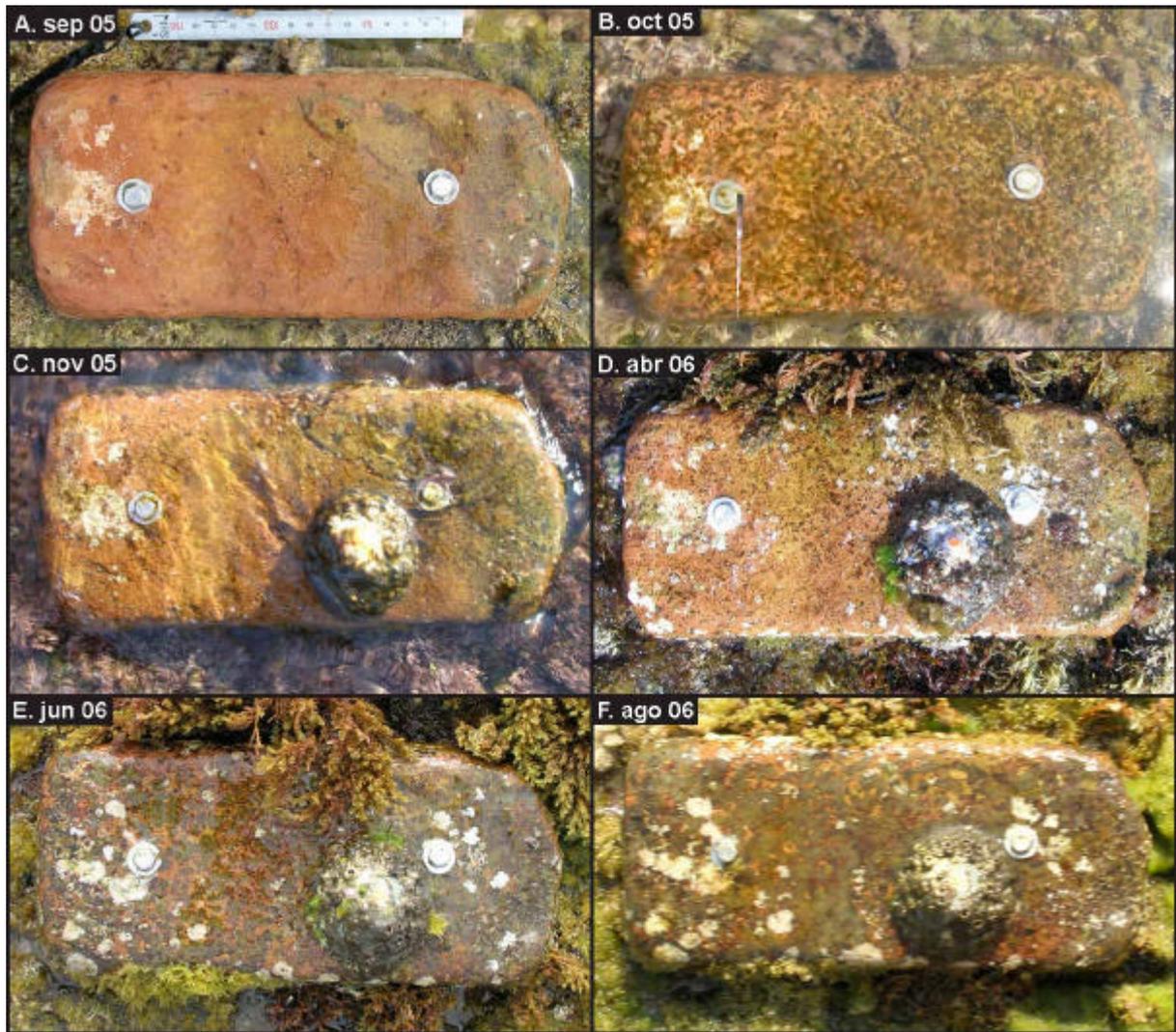


Figura 3.50. Evolución del sustrato desmontable SD05. (A) septiembre 2005, tras su instalación. (B) octubre 2005. (C) noviembre 2005, tras la colocación del ejemplar N8. (D) abril 2006. (E) junio 2006. (F) agosto 2006.

los SD instalados durante la primavera su superficie quedó cubierta en menos de dos meses por numerosos juveniles de *Chthamalus* spp.. Del mismo modo, la mayoría de SD instalados durante el otoño e invierno perdieron parte de su cobertura algal y fueron colonizados por juveniles de *Chthamalus* spp durante la primavera. Este hecho parece estar relacionado con la época de reclutamiento de esta especie.

Este último tipo de cobertura, con escasez de macroalgas y elevada cobertura de *Chthamalus* spp, es la que se observa habitualmente en el hábitat que ocupa la mayor parte de ejemplares de *P. ferruginea* en el litoral. En este sentido, el procedimiento y localización de los SD instalados durante el estudio consiguió el objetivo de obtener sustratos con una cobertura de epibiontes *a priori* adecuada para el asentamiento de esta especie. Se puede concluir que para alcanzar este tipo de cobertura los SD deben instalarse uno o dos meses antes de la colocación de ejemplares de *P. ferruginea* y preferiblemente a final de invierno o principios de la primavera.

Un segundo factor que condiciona claramente el desarrollo de cobertura de epibiontes en los SD es la presencia de algún ejemplar de *P. ferruginea* previamente trasladado a su superficie (e.g. SD05 en Figura 3.50). Esto sería debido a los efectos del ramoneo llevado a cabo por las lapas durante su alimentación, lo cual se discute en los apartados posteriores.

3.3.4. Captación de juveniles

Entre diciembre de 2005, mes en que podrían empezar a fijarse postlarvas, y abril de 2006, periodo en que se podría detectar claramente el reclutamiento anual, había instalados 10 SD con una superficie total de 0,27 m².

En este último mes se detectaron dos juveniles procedentes del reclutamiento anual en dos SD diferentes (Figura 3.51). Se hallaron además varios juveniles de otras especies de lapa, *Patella caerulea* y *P. lusitanica*, en principio sin interés para el presente estudio.

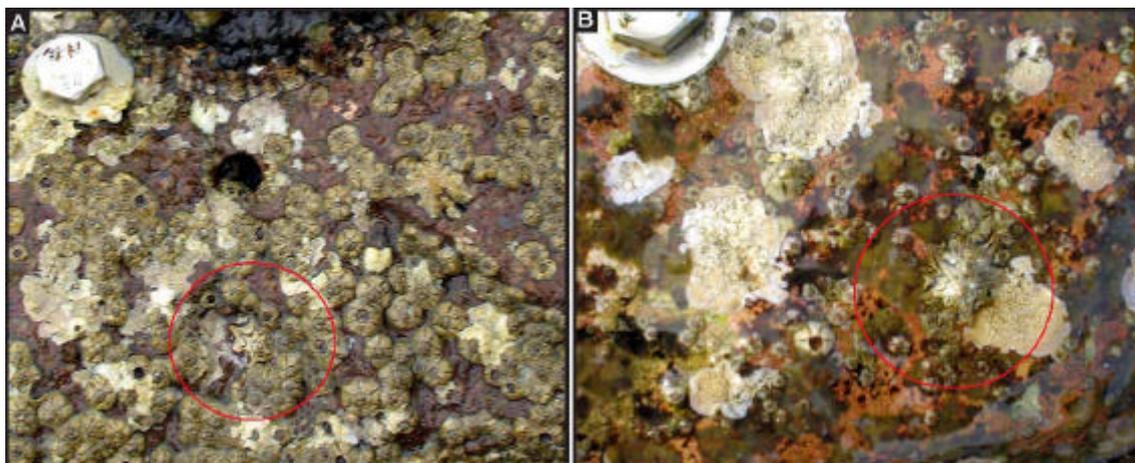


Figura 3.51. Juveniles procedentes del reclutamiento anual fijados de manera espontánea sobre SD.

Estos resultados ponen de manifiesto que el asentamiento de manera natural en SD es factible y puede servir para la obtención de juveniles.

El número de juveniles captados en el presente estudio es indudablemente muy bajo. Este hecho hay que atribuirlo a dos cuestiones.

La primera cuestión es que, tratándose de una experiencia inicial, el número de SD instalados y la superficie correspondiente eran muy reducidos. Aún así, si se considera que la superficie total disponible era de unos 0,27 m², equivalente a la que se habría obtenido con un única lámina de sustrato cuadrada de 50 cm de lado, la presencia de 2 juveniles en esta superficie apunta las posibilidades que habría de obtener un número de ejemplares útil para traslocaciones (e.g. en torno a un centenar) mediante la instalación de un número más importante de SD en distintos enclaves del archipiélago.

La segunda cuestión está relacionada con el éxito del reclutamiento anual registrado en 2006. Tal y como se ha comentado en el apartado de Reclutamiento (ver Figura 3.25) la densidad de juveniles de talla < 20 mm DM en tres transectos estudiados en la primavera de ese año es la más baja de las obtenidas desde que se inició la realización de censos en transecto en las islas Chafarinas. Estos resultados pueden indicar que el éxito del reclutamiento habría sido particularmente bajo durante este año. De este modo que el éxito en la obtención de juveniles mediante el uso de SD pueda ser superior en próximos años con una tasa de reclutamiento mayor.

3.3.2. Experiencias de traslocación

Los trabajos realizados se han centrado en la viabilidad de adaptación de ejemplares adultos sobre los “Sustratos Desmontables” (SD). Se descartó llevar a cabo uno de los aspectos planteados en el plan de trabajo inicial consistente en la traslocación experimental de ejemplares directamente sobre sustrato natural, por dos motivos. Por una parte, la baja tasa de supervivencia descrita en la bibliografía hacía suponer una mortalidad de ejemplares que se sumaría a la producida durante los trabajos realizados para aspectos del estudio que la hacían estrictamente necesaria (e.g. estudio del ciclo reproductor). Por otra parte, el ensayo de traslocaciones entre dos zonas dentro del archipiélago no resultaría representativa del proceso que conllevaría en la práctica el traslado entre dos zonas geográficas diferentes, por cuanto en el primer caso se reduciría considerablemente el tiempo de transporte en que los ejemplares están fuera de su sustrato; estos ensayos por tanto, incluso en el caso de haber sido llevados a cabo con éxito, no servirían de referencia para futuras experiencias de traslocación.

A lo largo del trabajo se realizó la traslocación experimental de 12 ejemplares adultos de tallas comprendidas entre 27,1 y 70,4 mm DM. El primero de los ejemplares fue trasladado en septiembre de 2005 y los últimos en abril de 2006. Todos los ejemplares fueron marcados previamente a su traslocación a un SD. Para ello tras su captura fueron trasladados al sistema de tanques instalado en el almacén de la Estación Biológica. En algunos casos, estos ejemplares fueron colocados sobre SD previamente desmontados, con el fin de que dispusieran de alimento y de que pudieran comenzar a desarrollar la concha para adaptarse al sustrato. En otros casos, se situaron sobre bolos extraídos de la playa de los Cubanos, con una cierta cobertura algal, para facilitar su manipulación durante el marcaje. En todos los casos los ejemplares fueron recolocados en SD en el medio antes de transcurridas 48 horas desde su captura.

Dado que los SD se instalaron separados del litoral y que los ejemplares de *P. ferruginea* no se han observado nunca en el piso mesolitoral inferior (por debajo del cinturón de *Dendropoma*), cabía suponer que los ejemplares traslocados dispondrían como único recurso trófico la cobertura algal presente sobre el SD sobre el que se instalaran. Esto hizo plantearse si esta superficie sería suficiente para la supervivencia de uno o más ejemplares en cada uno. Uno de los resultados obtenidos durante los estudios de “Área de campeo” (ver apartado correspondiente) mostraba que un ejemplar de 67,2 mm DM, que se localizaba en una pequeña prominencia rocosa casi separada del litoral por una pequeña grieta, presentó un área de desplazamientos a lo largo de varios meses de seguimiento de 247 cm². Esta superficie es inferior a la del promedio de los SD instalados, 301,2 cm² (rango = 195,6 - 475,2 cm²). De este modo, se asumió los SD de mayor tamaño podrían proporcionar recursos tróficos suficientes al menos a un

ejemplar del mayor rango de tallas, mientras que era posible la ubicación de hasta dos ejemplares en un SD de tamaño mediano o pequeño siempre que correspondieran a un rango de tallas reducido (< 40 mm DM).

Los ejemplares trasladados a los SD, utilizando la técnica de protegerlos durante los dos primeros días con una malla (ver “Material y Métodos”), se adhirieron en general rápidamente al sustrato. Durante los primeros días tras la traslocación se observaron los primeros indicios de crecimiento de la concha para adaptarse al sustrato. Durante la siguiente estancia en el archipiélago (que correspondió a periodos entre 20 días y 4 meses) todos los ejemplares habían adaptado completamente la concha al sustrato y había creado una nueva huella (e.g. Figura 2.9.D).

En situaciones con oleaje bañando las rocas y durante marea alta, se observaron a los ejemplares sobre SD realizando desplazamientos tróficos sobre su superficie. Es de destacar el hecho de que en aquellos SD en que se situaron ejemplares de *P. ferruginea*, la cobertura algal de macrófitos tendía a reducirse al mínimo, sin duda debido a la actividad ramoneadora de los ejemplares para alimentarse.

A lo largo del estudio se perdieron 3 ejemplares situados sobre SD. Uno de ellos colocado en septiembre de 2005 y observado en su sitio durante una estancia un mes más tarde, no pudo hallarse en noviembre del mismo año. Otro ejemplar trasladado en noviembre de 2005 no se halló sobre el SD durante el mes de diciembre. Un tercer ejemplar se perdió en febrero de 2006 al desaparecer el SD sobre el que se situaba debido a la acción del oleaje.

Los resultados anteriores muestran la capacidad de adaptación y supervivencia de los ejemplares trasladados a SD, siguiendo el procedimiento descrito. No se conocen las causas de la mortalidad de los dos ejemplares perdidos mencionados anteriormente (se excluye el caso de la pérdida de un ejemplar al ser arrancado el SD sobre el que se asentaba). Aparte de la posibilidad de una mala adaptación a este sustrato, cabe plantear la posibilidad de que fuera objeto de ataque por depredadores naturales. El segundo de los dos ejemplares anteriores había sido sexado siguiendo la técnica de WRIGHT y LINDBERG (1979) lo que pudo haber contribuido a su pérdida.

De manera adicional en abril de 2006 se ensayó la traslocación de dos ejemplares juveniles procedentes del reclutamiento anual a un SD. El objetivo de esta experiencia era comprobar si era posible arrancar estos juveniles de pequeño tamaño sin producirles daño y evaluar su capacidad de adaptación a un nuevo sustrato. Una de las finalidades sería reubicar y acondicionar para su traslado a juveniles que pudieran obtenerse mediante diferentes tipos de colectores o mediante técnicas de reproducción controlada. Asimismo se planteaba la posibilidad de que uno de los métodos de obtención de juveniles con fines de traslocación a otras áreas pudiera consistir no solo en los obtenidos mediante fijación natural sobre SD u otro tipo de colectores sino que consistiera en extraer juveniles del litoral y trasladarlos de manera temprana a los SD en años en que el reclutamiento natural sobre el litoral fuera muy elevado.

De este modo se obtuvieron dos juveniles, de 12,2 y 14,1 mm DM, que se situaron sobre un SD desmontado y colocado en uno de los tanques instalados en el almacén de la Estación Biológica. Sobre este SD se había colocado además un ejemplar adulto marcado. Durante la noche siguiente, los ejemplares juveniles se desplazaron

hasta colocarse sobre la concha del ejemplar adulto. Al día siguiente, el SD fue reinstalado en el litoral. Durante la última campaña realizada en el presente proyecto, en agosto de 2006, los juveniles se hallaban todavía sobre la concha del adulto (Figura 3.48.H), habiendo alcanzado una talla de 14,4 y 16,8 mm DM respectivamente.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la viabilidad de utilizar SD para la traslocación de ejemplares de *P. ferruginea* a otras áreas geográficas. No se ha ensayado de momento la reinstalación de SD con ejemplares en zonas diferentes, pero las causas a las que *a priori* habría que atribuirle una mayor mortalidad (extracción, traslado separado del sustrato y sin proporcionar alimento, necesidad de adaptación rápida al nuevo sustrato) podrían quedar resueltas al menos parcialmente mediante la metodología ensayada.

Aunque se trata de un proceso costoso desde un punto de vista logístico, al tener que trasladar no solo ejemplares sino un sustrato sobre el que se asientan, parece razonable suponer que este esfuerzo puede reducir considerablemente la mortalidad de ejemplares durante su traslocación a nuevas áreas geográficas, lo que compensaría sin duda su uso en futuros trabajos realizados con este fin.

3.4.- Elaboración un marco de criterios de actuación para la extracción de ejemplares con fines de investigación o de reintroducción

Como se ha señalado, el buen estado de la población de *Patella ferruginea* en las islas Chafarinas (reflejado tanto en su amplia distribución en el archipiélago, como en su elevado su *stock* poblacional y la existencia de reclutamiento regular) convierte a este enclave en un lugar idóneo para realizar estudios acerca de la biología de esta especie. En algunos trabajos como es el caso de la presente Asistencia Técnica, se hace imprescindible la captura y sacrificio de algunos ejemplares; en el caso de este trabajo, se ha asumido que la recolección de un número inferior a 200 ejemplares no supone *a priori* un riesgo para la población, que a partir de estudios previos se había estimado en torno a 45.000 ejemplares adultos. A pesar de que durante el presente estudio se han obtenido datos muy relevantes sobre la biología reproductiva de la especie (que en algunos casos han cambiado completamente la visión que se tenía de la estrategia reproductiva de ésta), aún quedan diversos aspectos de relevancia en que profundizar, lo cual requerirá en trabajos próximos la recolección de nuevo de un cierto número de ejemplares. Por otra parte ante futuros intentos de traslocar y reintroducir ejemplares en otras áreas geográficas, o de obtener adultos reproductores para intentar la producción de juveniles mediante técnicas de acuicultura, se puede plantear asimismo la extracción de ejemplares del archipiélago.

Ante esta perspectiva y partiendo de la información obtenida en el presente Contrato, resulta totalmente necesario plantear una serie de criterios bajo los cuales debería de ser llevado a cabo cualquier trabajo que implique la extracción de ejemplares del archipiélago. El objetivo de estos planteamientos sería intentar garantizar que este

tipo de actuaciones no suponga una amenaza para la población de *P. ferruginea* en este enclave ni una alteración en la estructura de su población.

La extracción de un cierto número de ejemplares con estos fines se puede considerar inocua para la población si se asume que debido a su dinámica actual, con un reclutamiento regular y en ocasiones muy abundante, se produce una renovación constante de efectivos que haría recuperar en un determinado tiempo el contingente de ejemplares extraídos. Sin embargo la información disponible hasta estos momentos es insuficiente para poder establecer un modelo de dinámica poblacional que permita realizar una estima del tiempo requerido para la renovación de un número de ejemplares extraídos de un rango de tallas determinado. En este sentido el aspecto más necesario y para el que la información es todavía incompleta es la tasa de crecimiento de los ejemplares a lo largo de su vida, así como su longevidad. Aunque en el presente trabajo se ha podido determinar por primera vez y con bastante precisión la edad de madurez sexual (durante el segundo año de vida) y la edad de primera madurez sexual (o de cambio de sexo) en hembras (entre el tercer y cuarto año de vida), faltan datos necesarios para describir con precisión la evolución de la talla en los ejemplares adultos y en particular los de mayor rango de tallas. Tal y como se discute en el apartado de "Crecimiento" la evolución del tamaño de la cocha en los adultos de mayor tamaño es probablemente un proceso complejo, en que se conjugan efectos de crecimiento y erosión de la concha, que requieren para su adecuada comprensión un seguimiento de varios años de ejemplares marcados, un periodo superior al del presente estudio.

Hay que destacar que en algunos casos puede plantearse el particular interés de extraer ejemplares de tamaño mediano o grande dado que éstos, por su mayor volumen de la masa corporal y consiguientemente de la gónada, tienen una capacidad de producción de gametos muy superior a los ejemplares recién alcanzada la madurez sexual. Aunque no se han obtenido datos al respecto, se estima que un ejemplar por ejemplo de 85 mm DM podría presentar una gónada más de 30 veces superior en peso a la de un adulto de unos 40 mm DM.

A partir de los resultados del presente estudio se ha establecido una curva de crecimiento teórica a partir de la cual se ha estimado que los ejemplares de talla superior a 80 mm DM tendría una edad de más de 12 años. Sin embargo como se ha discutido en el apartado correspondiente, este dato procede de extrapolaciones realizadas a partir de resultados de un periodo de estudio relativamente corto (alrededor de año y medio) por lo que trabajos realizados en el futuro puede mostrar que sea parcialmente inexacto. Ligeras variaciones en el modelo obtenidas de estudios posteriores pueden poner de manifiesto que la edad a la que se alcanza este rango de tallas sea sensiblemente superior, tal vez por encima de los 20 años o incluso de los 30 años.

Es este estado de conocimientos resulta muy difícil establecer el tiempo requerido por la población para que, ante una potencial extracción de ejemplares del mayor rango de tallas, nuevos ejemplares puedan alcanzar este tamaño y adquirir el papel que éstos juegan en la dinámica reproductora de la especie en el archipiélago, con su elevado potencial reproductor.

Ante estos hechos, los criterios a plantear deben basarse en el principio de precaución y minimizar en lo posible la extracción de ejemplares adultos, sobre todo de

tamaño mediano y grande, hasta que no se dispongan de más datos acerca de su dinámica poblacional.

La traslocación de ejemplares adultos con fines de reintroducción en otras áreas geográficas requeriría, para que esta tuviera sentido, la extracción de un número de ejemplares importante. Aún asumiendo que la mortalidad asociada a la traslocación fuera muy inferior a la registrada por trabajos anteriores (al aplicar por ejemplo las técnicas de traslado que aquí se proponen), los objetivos de establecer una nueva población en zonas donde actualmente no existe, o de reforzar los contingentes en áreas con una población escasa, requerirían la extracción de varios centenares de ejemplares. Debido a la estrategia reproductiva de la especie (fecundación externa, ciclo reproductor corto) el aporte de por ejemplo varias decenas de ejemplares en estos nuevos enclaves no conseguiría previsiblemente el objetivo de establecer nuevas poblaciones con capacidad reproductora.

La extracción de este importante contingente de ejemplares de las islas Chafarinas debe desaconsejarse claramente, más aún si se supone que pudiera ser necesario realizar este tipo de extracción en varias ocasiones, de manera sucesiva o dirigidas a diferentes áreas de reintroducción. Estudios posteriores podrían demostrar que la capacidad de recuperación de la población es superior a la que ahora se plantea. Sin embargo con el presente estado de conocimientos y por precaución se debe evitar este tipo de actuaciones que podrían alterar la estructura de la población de *P. ferruginea* en el archipiélago y disminuir la capacidad de producción de reclutas.

Frente a esto, el desarrollo de futuros trabajos posibles de reintroducción de *P. ferruginea* en otras áreas geográficas se plantea que debería basarse en la obtención de juveniles, mediante técnicas de acuicultura que incluirían tanto la producción controlada de “semilla” como la captación de juveniles en el medio mediante distintos tipos de colectores. El ensayo de fecundación realizado, si bien tiene un carácter totalmente preliminar, pone de manifiesto la posible viabilidad de conseguir la reproducción controlada mediante técnicas de acuicultura. El desarrollo de estas técnicas requiere un esfuerzo investigador importante, dado que se trata de un grupo taxonómico para el que apenas se dispone información en este sentido. El método utilizado en el presente trabajo, descrito por DODD (1957) presenta claras limitaciones, dado que requiere el sacrificio de los ejemplares reproductores y que se obtiene un porcentaje muy importante de larvas anómalas e inviables resultantes de la fecundación de ovocitos no completamente maduros. De este modo, de manera ideal habría que desarrollar técnicas de inducción a la puesta, que no implican mortalidad de reproductores y permiten obtener una mejor calidad de larvas. No se han encontrado referencias relativas a la obtención de freza controlada en especies del género *Patella*, si bien sí existe algún trabajo en que se describe su consecución en algunas especies próximas (e.g. CORPUZ, 1981). Este tipo de trabajos se deberían realizar en centros de investigación con experiencia en la reproducción de moluscos, como el Instituto de Acuicultura de Torre la Sal (IATS-CSIC) de Castellón, lo cual requeriría el traslado de un cierto número de ejemplares reproductores. Cuando se hallen disponibles las instalaciones que está previsto implementar en las islas Chafarinas (laboratorio húmedo de “El Pirata”) sería posible realizar allí además parte de estas experiencias.

El segundo método de obtención de juveniles podría basarse en la captación natural mediante distintos tipos de colectores en el entorno del archipiélago. Estos

colectores podrían ser del tipo descrito en el apartado “Sustratos desmontables” o algún otro tipo de elemento flotante con elevada superficie para el asentamiento de las larvas. Observaciones realizadas en 2002 mostraron la existencia de ejemplares de *P. ferruginea* en las boyas de sujeción de una serie de jaulas flotantes que se instalaron a finales de 1998 en aguas próximas al archipiélago, lo cual indica la capacidad de asentamiento de las larvas sobre elementos flotantes separados de la línea de costa. La ventaja de la captación natural de juveniles es que se obtendría un contingente de ejemplares con una mayor diversidad genética que la resultante del uso de técnicas de reproducción controlada, en las que éstos procederían de un limitado número de ejemplares reproductores. Si bien en principio requeriría además un menor esfuerzo investigador, la obtención de un número importante de juveniles supondría una inversión más o menos cuantiosa en logística e instalaciones. Una manera adicional aunque puntual de conseguir juveniles podría basarse en lo descrito en el apartado “Experiencias de traslocación”; así, durante determinados años en que se detectara un reclutamiento excepcionalmente elevado, se podría traslocar un cierto número de juveniles a SD para su posterior transporte. La extracción de estos juveniles cabe esperar que tuviera un impacto escaso sobre la dinámica de la población, dado que durante el primer año de vida los ejemplares sufren una mortalidad natural importante.

Las técnicas anteriores para la obtención de juveniles con fines de reintroducción no son excluyentes sino que podrían llevarse a cabo de manera complementaria. El desarrollo de estos trabajos podría permitir la obtención controlada de números muy importantes de juveniles, del orden tal vez de miles o decenas de miles, los cuales podrían servir para su reintroducción en otras zonas geográficas, sin que con ello se viera afectada la población del archipiélago.

De cualquier modo, tal y como se ha expuesto, la captura de un cierto número de ejemplares adultos puede resultar necesaria para próximos estudios de la biología de la especie o para proporcionar adultos reproductores para ensayar técnicas de reproducción controlada. Para las propuestas de temas de investigación a desarrollar en continuidad con la presente Asistencia Técnica, se estima que podría ser necesaria la captura de alrededor de 150 ejemplares durante un periodo de dos años de estudio. Para el desarrollo de técnicas de reproducción controlada se calcula que se puede requerir la obtención de entre 50 y 100 ejemplares adultos en un periodo semejante.

La importancia de la realización de estos trabajos para la conservación de la especie justificaría la extracción de este número de ejemplares que, en principio, deberían limitarse durante años posteriores. Esto implicaría la obtención de un número de ejemplares inferior al 0,5 % de la población estimada y se asumiría, al igual que durante el presente estudio, que estas acciones no afectarían al estado del conjunto de la población mientras que proporcionarían una base de conocimientos fundamental para la conservación de la especie. Durante años posteriores habría que revisar la necesidad de captura de nuevos ejemplares adultos y en lo posible limitarla al máximo.

Habría por otra parte que fomentar la colaboración entre diferentes equipos investigadores que puedan requerir la captura de ejemplares procedentes del archipiélago, de manera que tiendan a poderse extraer información de cada uno de los ejemplares capturados para diferentes temas de investigación que puedan llevarse a cabo.

En lo posible habría que limitar la captura de ejemplares gran tamaño, superior a 80 mm DM, al menos hasta que se disponga de información detallada de la edad a la que los ejemplares alcanzan estas tallas. En este sentido, cualquier autorización para la captura de ejemplares en el archipiélago debe incluir no solamente el número máximo de ejemplares permitido sino además el rango de tallas de éstos.

Las extracciones se deben realizar en zonas con elevada densidad de ejemplares, en lo posible superior a 8 ejs./m, cuya localización se puede extraer de la cartografía presentada en el presente estudio. Se trataría en principio de zonas con buen reclutamiento y en las que una disminución de la densidad de ejemplares podría reducir la competencia intraespecífica y potenciar el crecimiento del resto del contingente de la zona. Únicamente para determinados aspectos que específicamente lo requirieran se deberían obtener ejemplares en zonas con densidad baja. Por otra parte, se debe evitar completamente capturar ejemplares de zonas en que se han realizado censos en transecto en años anteriores o en las zonas de marcaje de ejemplares (ver Figuras 2.3 y 2.5) por cuanto pueden influir en los resultados en trabajos de los trabajos seguimiento desarrollados en años posteriores.

La extracción de ejemplares, sobre todo aquellos a ser utilizados como reproductores, deberá realizarse siempre cuando los ejemplares están desplazándose fuera de su huella, con el fin de minimizar el riesgo de dañar el pie y ocasionar su mortalidad posterior. Ésta debe ser llevada a cabo por personal con experiencia en este tipo de trabajos.

El traslado con fines de reintroducción se deberá basar en la obtención de juveniles mediante técnicas de acuicultura, que incluyen la reproducción controlada y la captación natural de juveniles en el medio. Se desaconseja completamente la traslocación de ejemplares adultos como base de una reintroducción o reforzamiento de poblaciones en otras áreas geográficas.

El traslado de ejemplares (incluido el de adultos reproductores) deberá realizarse siempre estando adheridos sobre un sustrato, preferiblemente cuando hayan adaptado totalmente la concha y creado una huella sobre éste. Para ello, se deberá disponer de una serie de “Sustratos desmontables” (SD) que deberán permanecer instalados en el litoral hasta que hayan adquirido una cobertura de organismos epibiontes semejante a la existente en la zona litoral donde se asientan los ejemplares de *P. ferruginea*.

En el caso de obtención de juveniles de *P. ferruginea* mediante reproducción controlada o mediante colectores diferentes a SD, éstos deberán ser trasladados a SD para su acondicionamiento sobre este sustrato. En este caso, los SD deben ser mantenidos en condiciones que permitan el crecimiento de los ejemplares con una calidad de agua y cobertura algal (a ser usada como recurso trófico) adecuada. Estos SD con los juveniles, previo a su transporte, podrían mantenerse instalados en algunas zonas del litoral del archipiélago, en las que previamente se habría extraído a sus principales depredadores naturales (*Stramonita haemastoma* y *Eriphia verrucosa*) con el fin de minimizar la mortalidad. Del mismo modo, podrían mantenerse en condiciones controladas en el sistema de acuarios que está previsto instalar en el laboratorio “El Pirata” en las islas Chafarinas.

Para el transporte de juveniles con fines de reintroducción, los SD deberían ser desmontados y colocados en neveras portátiles refrigeradas a 5 – 15 °C con el fin de reducir la actividad metabólica de los ejemplares. En principio no resultaría necesario que los ejemplares permanecieran en inmersión durante el transporte, aunque habría que garantizar la existencia de una humedad adecuada en el interior de estos recipientes. Se debería planificar el transporte de manera que su duración fuera lo menor posible. Dependiendo del punto de destino, los SD con los juveniles podrían transportarse en barco directamente desde el archipiélago (e.g. isla de Alborán) o a través de Melilla en una furgoneta debidamente equipada para ser transportada mediante *ferry* a la península. Previamente al traslado, en la zona de destino se deberían haber dispuesto los mecanismos adecuado para el anclaje de los SD en el litoral, para prevenir que a la llegada de los ejemplares condiciones adversas del mar impidieran realizar estos trabajos.

El traslado para la reintroducción de ejemplares debería llevarse a cabo en invierno o en primavera, época en que los ejemplares de *P. ferruginea* presentan mayor tasa de crecimiento y en las que realizan de manera natural un mayor porcentaje de cambios de huella. Se debe descartar con estos fines el periodo estival, durante el cual no se producen cambios de huella, la tasa de crecimiento es menor, todo ello debido probablemente al estrés térmico que sufren los ejemplares durante los periodos de calma.

En la zona de destino y tras la instalación de los SD con los juveniles habría que extraer en las proximidades de éstos a los ejemplares de las dos especies principales de depredadores naturales (*Stramonita haemastoma* y *Eriphia verrucosa*).

Será asimismo fundamental planificar las labores de seguimiento de los ejemplares reintroducidos para valorar el éxito de estas experiencias.

3.5. Contribución al plan de emergencia del archipiélago en lo referente a *Patella ferruginea*.

A la hora de diseñar un plan de emergencia para el archipiélago en relación con la conservación de *P. ferruginea* cabe plantearse cuatro aspectos: amenazas posibles, objetivos que se pueden alcanzar, acciones a realizar e infraestructura y material del que se debería disponer de manera preventiva.

Las amenazas para la supervivencia a medio plazo de la población de *P. ferruginea* en las islas Chafarinas que pueden plantearse son de varios tipos.

Un primer tipo serían amenazas a gran escala y de temporalidad elevada. Un ejemplo podría ser la elevación de la temperatura media del agua o del nivel medio del mar en la zona debido al cambio climático, fenómeno cuyas consecuencias para esta especie son *a priori* difíciles de determinar. Un segundo ejemplo sería la disminución de la calidad de las aguas del entorno debido, por ejemplo, al desarrollo urbanístico de

la costa de Marruecos frente al archipiélago. Cabe plantear que a medio plazo el crecimiento que está teniendo lugar no solo en la zona de Saidia sino de la propia población de Cabo del Agua suponga un aumento de los vertidos al mar en unas condiciones de depuración probablemente aún de menor calidad que las que tienen lugar en zonas industrializadas del litoral mediterráneo continental europeo. Este tipo de vertidos puede suponer un aumento de nutrientes en el medio así como el incremento de la presencia de otras sustancias como detergentes, pesticidas, restos de pintura antifouling,... El efecto que estos cambios pueda suponer sobre las poblaciones de *P. ferruginea* así como sobre otras comunidades del archipiélago, puede presentar un carácter insidioso que quede reflejado en alteraciones a medio plazo, las cuales con los medios de seguimiento actuales difícilmente será posible determinar su origen. Sin embargo, el control de medidas preventivas ante este tipo potencial de amenazas queda fuera del alcance del plan de emergencia objeto de discusión.

Un segundo tipo de amenazas serían aquellas derivadas de las propias actividades del archipiélago y que, en principio, podrían tener consecuencias sobre todo de carácter local, para contingentes de ejemplares de determinados sectores del litoral. Se podría tratar de vertidos puntuales de sustancias contaminantes, fruto de actividades que actualmente no tienen lugar por parte de la guarnición militar o de la Estación Biológica, o de cambios en el sistema de gestión de este enclave, que pudieran suponer un aumento de la presión antrópica sobre la especie en el archipiélago. De nuevo este tipo de amenazas en principio no quedan contempladas en este plan de emergencia sino que deben ser en lo posible evitadas en el marco de las actividades de control y seguimiento que el Organismo Autónomo de Parques Nacionales lleva a cabo en el archipiélago

El tercer tipo sería eventos de temporalidad determinada, de origen exterior al archipiélago y que pueden afectar a la mayor parte o a la totalidad de las comunidades del litoral. El ejemplo más evidente sería la ocurrencia de un vertido de grandes dimensiones de petróleo o de otras sustancias tóxicas contaminantes, que podrían tener su origen más probable en accidentes que tuvieran lugar en barcos mercantes en tránsito en el mar de Alborán. Esta zona del Mediterráneo presenta una elevada densidad de tránsito de buques mercantes al ser una de las dos zonas de entrada al Mediterráneo. Aunque la zona costera próxima a las islas Chafarinas no es una ruta marítima frecuente, si este tipo de accidentes tuviera lugar incluso en una zona central del mar de Alborán, en función de la meteorología y de las corrientes marinas en ese momento podría alcanzar las costas del archipiélago. Esta posibilidad queda avalada por la presencia en algunos enclaves de su litoral de masas de alquitrán (Figura 3.52) cuyo origen, tanto temporal como geográficamente, es desconocido aunque probablemente tengan más de una década de antigüedad. La eventual presencia masiva en el agua de este tipo de sustancias, que puede afectar a distintas comunidades marinas y particularmente a las presentes en el medio litoral, es la posibilidad principal sobre la que se plantea el presente plan de emergencia.

Ante un evento de estas características, el objetivo fundamental de las actuaciones a realizar sería intentar preservar en lo posible a los ejemplares que componen la población del archipiélago, así como posibilitar que las condiciones del medio recuperaran un estado semejante al anterior que permitieran, de hecho, mantener a las poblaciones en su entorno natural. Hay que tener en cuenta que la importancia de las islas Chafarinas para la conservación de *P. ferruginea* no solamente se fundamentan



Figura 3.52. Ejemplo de presencia de manchas de alquitrán en el litoral del archipiélago. Las imágenes fueron tomadas en marzo de 2005 en el litoral sur de Rey Francisco, en las proximidades del Cementerio.

en su *stock* poblacional, tanto en número como en probable diversidad genética, sino sobre todo en el hecho de que se trata de una población bien estructurada, con una producción de larvas y reclutas muy importante y con un amplia distribución en diferentes tipos de hábitats.

Sin embargo dentro del marco de actuaciones posibles de manera directa por parte del personal presente en el archipiélago, los objetivos de este plan de emergencia difícilmente pueden referirse a actuaciones a gran escala, para el control de un vertido de grandes dimensiones o para la recuperación del medio litoral en caso de que alcancen la costa. Estas actuaciones deberían planificarse desde otras instancias.

De este modo, el objetivo que se plantea a realizar de manera inmediata ante este tipo de eventualidades se centra en intentar preservar un cierto número de ejemplares de la especie. Para ello se deberían capturar y mantener en condiciones adecuadas, fuera de los efectos de los contaminantes. De este modo se intentaría preservar un contingente más o menos representativo del acervo genético de la población de las Islas Chafarinas.

El número de ejemplares a extraer del medio ante estas situaciones se ha estimado que podría ser de en torno a 500. Esta cantidad representa únicamente menos del 1,5 % de la población estimada (> 30 mm DM) para el archipiélago. Sin embargo se plantea esta cifra por dos cuestiones. La primera es que no se sabe cómo pueden responder los ejemplares de *P. ferruginea* a la llegada de estos contaminantes al litoral. Si bien cabe esperar una mortalidad considerable, es probable que persistan un número importante de ejemplares que, si se procede rápidamente a eliminar estas sustancias del medio, podría recuperar a medio plazo la población en condiciones naturales. El hecho de que haya indicios en el litoral del archipiélago de que han habido arribazones de fuel o alquitrán en el pasado (ver anteriormente), eventos tal vez de carácter puntual, hace pensar que ante estas situaciones no tendría por qué haber necesariamente una mortalidad generalizada.

La segunda cuestión es que si se plantea la extracción de un número de ejemplares ante estas situaciones de emergencia hay que poder estar seguro de disponer de la infraestructura y condiciones necesarias para su supervivencia. *Se debe descartar la posibilidad de que los ejemplares extraídos ante estas situaciones sean utilizados para su reintroducción inmediata en otras zonas geográficas.* El transporte de ejemplares no previamente acondicionados y su rápida liberación sin una planificación previa en otros enclaves, implicaría sin duda una elevadísima mortalidad. De este modo el esfuerzo realizado sería probablemente poco fructífero y de hecho, habría implicado una mortalidad causada directamente no por la situación de emergencia sino por las actuaciones del equipo responsable de enfrentarse a ésta. Se debe considerar además que cualquier traslocación de ejemplares con fines de reintroducción debe responder a una serie de criterios bien definidos (e.g. idoneidad genética, hábitat adecuado, existencia de planes de seguimiento) y debe ser decidida y en su caso planificada con cuidado y no llevada a cabo de manera urgente como consecuencia de una situación de emergencia.

Se considera por tanto que los ejemplares extraídos ante esta situación deberían ser acondicionados y mantenidos en unas instalaciones adecuadas que permitan su supervivencia durante un periodo de tiempo suficiente para que se produzca una regeneración de las condiciones del medio litoral.

En el Informe Metodológico Inicial de la presente Asistencia Técnica se planteó a la Dirección Técnica la posibilidad de rehabilitar un edificio situado en la isla de Isabel II conocido como “El Pirata” con el fin de habilitarlo como un laboratorio húmedo con un sistema de acuarios. Este edificio se localiza junto al mar, en las proximidades del dique roto y corresponde a la antigua Caseta del Telégrafo en uso durante principios del siglo pasado; en la actualidad se halla abandonado. Se plantearon varios objetivos para estas instalaciones. Uno de ellos es disponer de una zona de trabajo de laboratorio para las distintas tareas de investigación y seguimiento que se desarrollan en el archipiélago, de la cual actualmente se carece. Pero es en los trabajos relativos a *P. ferruginea* donde adquiriría mayor importancia. Además de los posibilidades de llevar a cabo distintas experiencias de elevado interés acerca de esta especie (ensayos de inducción a la puesta y fecundación, producción de juveniles con fines de reintroducción,...), estas instalaciones deberían permitir el acondicionamiento de ejemplares extraídos del medio ante situaciones de emergencia.

A partir de estas ideas, la Dirección Técnica del R.N.C Islas Chafarinas ha comenzado ya la tramitación oportuna para llevar a cabo la rehabilitación del edificio, trabajos que están previstos que comiencen antes de que termine el presente año.

En el diseño de las instalaciones del sistema de acuarios habrá que tener por tanto en cuenta que una de las finalidades de “El Pirata” será la de permitir el acondicionamiento de un cierto número de ejemplares de *P. ferruginea* ante posibles situaciones de emergencia. Dadas las limitaciones de espacio en el edificio, así como de las particulares condiciones que puede requerir el mantenimiento de ejemplares adultos de *P. ferruginea* (tipo de acuarios, sistemas simulación de oleaje y mareas, tipo de alimento a utilizar,...), todavía poco conocidas, se estima que el número de ejemplares que se podrían mantener en estas instalaciones probablemente no fuera superior a 500.

Aunque el sistema de acuarios de “El Pirata” está planteado para que funcione como un circuito abierto (flujo continuo desde la toma de agua de mar, a través de los tanques y posterior vertido al mar) habría que planificar la posibilidad de que ante situaciones de emergencia y con presencia en el medio de sustancias contaminantes pudiera funcionar como un circuito cerrado. Con este fin deberían diseñarse las instalaciones para que dispongan de todos los elementos de un sistema de recirculación de agua, con depósitos de agua de capacidad suficiente, sistemas de filtros físicos, químicos y biológicos, aireación,... El sistema de filtración biológica debería estar en todo momento operativo, manteniendo algunos acuarios que permitan mantener “madura” la población de bacterias nitrificantes para su uso inmediato en el caso de que el conjunto de sistema de acuarios requiriera el funcionamiento como un sistema cerrado.

Las instalaciones de “El Pirata” se perfilan por tanto como uno de los elementos básicos del Plan de emergencia para *P. ferruginea* en las islas Chafarinas, de manera que su implementación debería realizarse en el menor plazo de tiempo posible y con un diseño y dotación de equipamientos adecuado para los fines que se persiguen.

Otro tipo de infraestructuras necesarias para minimizar los efectos de las situaciones de emergencia descritas quedan al margen de las posibilidades del presente Plan. Se trata de todos aquellos medios necesarios para el control de grandes vertidos como barcos anticontaminación, barreras antivertidos,... No disponemos de información acerca de si existen planes de actuación y medios adecuados por parte de la Administración para responder a estas eventualidades en la zona del mar de Alborán, y en concreto para el sector de costa marroquí en que se hallan las islas Chafarinas, en un plazo de tiempo razonable y con una eficacia suficiente.

Una vez se pueda disponer de las instalaciones de “El Pirata”, en caso de una situación de emergencia, por decisión del personal responsable y con asesoramiento de expertos en el estudio y gestión de *P. ferruginea*, se debería proceder a la extracción de ejemplares del medio para su acondicionamiento en el sistema de acuarios.

En principio habría que capturar ejemplares de un amplio rango de tallas, sobre todo de tamaño medio y grande, entre 45 y 100 mm DM. Se deberían obtener en lo posible de distintas zonas del archipiélago con elevada densidad de ejemplares; esto facilitaría la obtención de numerosos ejemplares en un tiempo limitado y supondría un impacto menor sobre el contingente de cada sector en el caso de que la población de estos sectores no sufriera mortalidad debido a las causas de la emergencia.

Cabe suponer que ante la eventualidad de ser necesaria la captura de este contingente citado de en torno a 500 ejemplares, ésta se debería llevar a cabo con cierta premura. Como se ha comentado, el método idóneo para la extracción de ejemplares de *P. ferruginea* consiste en aprovechar los momentos en que están desplazándose sobre el sustrato fuera de su huella, lo cual tiene lugar sobre todo con oleaje bañando regularmente el litoral y con marea alta. En la situación en que un ejemplar esté muy separado del sustrato, por ejemplo al situarse sobre una grieta, éste puede ser separado sin dificultad sencillamente estirando con la mano. En otros casos y con la concha algo levantada del sustrato, se pueden separar de éste con la ayuda de un cuchillo romo con punta redondeada.

Sin embargo cabe plantear la posibilidad de que la extracción de ejemplares tenga que ser realizada en condiciones en que solamente un número reducido de ejemplares estén desplazándose fuera de la huella. En este caso la experiencia muestra que la probabilidad de dañar a los ejemplares al separarlos mediante un cuchillo de punta roma es relativamente elevada, sobre todo si es llevada a cabo por personal sin experiencia en el tema. Una posibilidad para resolver esta cuestión procede de observaciones realizadas en algunas zonas del archipiélago en las que se ha comprobado que el sustrato tiene una consistencia reducida. Se trata de prácticamente todo el tramo de costa de la isla de Congreso desde los escollos presentes junto a las Cuevas de Lara hasta un pequeño cabo situado a unos 50 m al norte del Embarcadero de Levante. Esta zona, de unos 150 m de litoral, presenta en general una elevada densidad de ejemplares. La consistencia de la roca permite que, con la ayuda de un cuchillo roma y ejerciendo presión directamente sobre el sustrato, los ejemplares puedan ser separados al desprenderse con cierta facilidad la porción de roca sobre la que están adheridos. De este modo se consigue minimizar el daño que se puede ocasionar al pie de los ejemplares.

Los ejemplares extraídos deberían ser inmediatamente trasladados a las instalaciones de “El Pirata”, donde serían estabulados en los tanques diseñados con este fin. En éstos se les debería proporcionar las condiciones adecuadas, no solamente para su mantenimiento inmediato (lo cual requeriría simplemente buenas condiciones de calidad de agua) sino a un plazo superior, lo cual implica entre otros aspectos el suministro de alimento adecuado. El acondicionamiento de ejemplares de *P. ferruginea* a sistemas de acuarios para su mantenimiento a medio plazo es un aspecto del que prácticamente se carece de información. Resulta necesario por tanto que parte del esfuerzo de investigación en trabajos próximos acerca de la especie se dirija al estudio de esta cuestión.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Distribución y abundancia de *Patella ferruginea* en las islas Chafarinas

1. *Patella ferruginea* se halla ampliamente distribuida en el litoral de las tres islas del archipiélago de las Chafarinas. Se han hallado ejemplares en el 86,34 % del litoral rocoso, sin tener en cuenta las zonas con hábitat inadecuado (playas de bolos o guijarros), o los escollos y zonas aisladas de la línea de costa.
2. La densidad promedio por tramos en el conjunto del litoral rocoso del archipiélago se ha calculado en 3,95 ejs. > 30 mm DM /m.
3. Se ha realizado una estima del stock poblacional de *P. ferruginea* para el conjunto del archipiélago. De acuerdo con los cálculos realizados ésta comprendería 42.230 ejemplares adultos (> 30 mm DM) (intervalo 95 % de confianza: 35.940 - 48.650 ejemplares > 30 mm DM). A partir de los datos de reclutamiento de primavera de 2005 se estima que la población global, incluyendo juveniles, sería en esta época en torno a 51.021 ejemplares (intervalo 95 % de confianza: 43.329 - 58.652 ejemplares).
4. El patrón de distribución en las tres islas es semejante, si bien se observan algunas diferencias destacables, atribuibles en parte a sus características geomorfológicas.
5. La Isla de Congreso, la más extensa y con mayor longitud de costa, presenta una población estimada de 14.316 ejemplares adultos. Su densidad promedio por tramos es comparativamente baja, 2,76 ejs. ad. /m, destacando la presencia de numerosas zonas de playas, que representan el 20,9 % de su litoral.
6. La isla de Isabel II es la segunda isla en extensión, si bien es la que presenta una menor longitud de línea de costa. La densidad promedio por tramos es de 4,10 ejs. ad. /m y la población conjunta es la menor de las tres islas, 10.275 ejemplares adultos.
7. La isla de Rey Francisco, a pesar de ser la isla con menor superficie, presenta una longitud de la línea de costa semejante a la de mayor tamaño. Esta isla es la que presenta en conjunto mayor homogeneidad en la distribución de ejemplares (se ha detectado en el 96,76 % de su litoral rocoso), con una población de 17.729 ejemplares adultos y mayor densidad promedio por tramos, 4,84 ejs. ad. /m.
8. En los escollos existentes en las proximidades del litoral del archipiélago se ha observado una presencia importante de *P. ferruginea*. Junto con las rocas aisladas de la línea de costa, representan el 18,06 % de ejemplares adultos del conjunto de la población.

9. No se han detectado ejemplares en las paredes de entrada o del fondo de las cuevas semisumergidas existentes en el archipiélago.
10. A partir de los datos obtenidos en las islas Chafarinas, se infiere que *P. ferruginea* se localiza sobre todo en zonas expuestas al oleaje, sobre sustratos con distintos grados de inclinación pero con menor preferencia por los verticales o subverticales. En las zonas con mayor densidad de ejemplares la franja mesolitoral presenta una anchura entre moderada y alta así como un elevado recubrimiento de *Chthamalus* spp. Asimismo su abundancia se asocia al grado de presencia de las formaciones del gasterópodo *Dendropoma petraeum*, si bien se localiza sobre todo en zonas donde el desarrollo vertical de éstas es moderado. El conjunto de esta información puede resultar de gran utilidad a la hora de escoger enclaves en los que trasladar ejemplares.
11. *P. ferruginea* está ausente de una parte del litoral rocoso del archipiélago que representa el 13,7 % del total. Aunque algunas de estas zonas presentan características poco favorables para la especie (zonas muy abrigadas, interior de cuevas,...) en otros casos, las causas de su ausencia son menos evidentes, obedeciendo probablemente a un conjunto de factores que debería ser analizado con más detalle.
12. No se han detectado indicios de regresión de la especie en el archipiélago durante la última década, a partir del análisis de la evolución de la abundancia en censos llevados a cabo desde 1994. Las principales variaciones en densidad de adultos estarían relacionadas con la existencia en determinados años de un reclutamiento excepcionalmente elevado, que quedaría reflejada en un incremento de la población en los años subsiguientes.
13. Los valores de densidad de ejemplares de *P. ferruginea* en las islas Chafarinas son muy elevados si se comparan con los escasos enclaves del Mediterráneo donde aún quedan poblaciones consideradas en buen estado de conservación (e.g. Córcega, isla de Zembra, cala Iris en la costa de Marruecos). En general en éstos se describen densidades medias inferiores a 1 ej./m mientras que en las islas Chafarinas la densidad media para el conjunto del litoral rocoso del archipiélago es de 3,95 ejs./m referida únicamente a ejemplares adultos (> 30 mm DM). Estos valores solamente son comparables a los descritos para las Islas Habibas, en la costa de Argelia, donde un trabajo reciente describe una densidad media para algunos sectores de su litoral de 4,50 ejs./m.
14. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia de las islas Chafarinas para esta especie, siendo posiblemente el enclave donde presente una población en mejor estado de toda su área de distribución. Para el conjunto del territorio español, la población del archipiélago constituye más de la mitad de todos los ejemplares existentes en la actualidad.
15. Estas condiciones hacen que las islas Chafarinas se puedan considerar como un auténtico “santuario” natural para *P. ferruginea*. En este sentido, destaca el papel que el archipiélago puede representar para su conservación, al constituir un lugar idóneo para llevar a cabo distintos estudios y trabajos necesarios en vistas al futuro Plan de Recuperación de la especie.

Determinación de parámetros biológicos de utilidad para trabajos de traslocación y reintroducción de ejemplares

Aspectos biométricos

16. Se ha establecido por primera vez la relación talla vs. peso y talla vs. masa corporal (ejemplares sin concha) para *P. ferruginea*.

Reproducción

17. Se han hallado problemas para utilizar la caracterización de estados reproductores planteada por autores precedentes con el fin de realizar el seguimiento de su ciclo reproductor. Se discute esta problemática y se presenta una caracterización alternativa preliminar, que deberá ser completada por un análisis ulterior de las muestras.
18. *Patella ferruginea* presenta un ciclo reproductor corto, centrado en otoño, entre los meses de septiembre y diciembre; durante el resto del año las gónadas no presentan indicios de actividad. La maduración de las gónadas se inicia a principios de septiembre para ambos sexos. Los machos pueden emitir gametos entre octubre y diciembre, siendo los ejemplares de menor tamaño los que aparentemente comienzan esta actividad de manera más temprana. Frente a esto, las hembras frezaron durante el periodo estudiado de manera casi sincrónica, a finales de noviembre, coincidiendo con el final de una marcada bajada de temperatura del agua que tiene lugar durante este mes y los primeros temporales de otoño. El conjunto de resultados coincide con la información publicada a este respecto acerca de la especie.
19. La madurez sexual tiene lugar a una talla aproximada de 29 mm DM. Sin embargo este dato debe ser revisado en estudios posteriores, dado que procede de un reducido número de muestras. Se discute la necesidad de utilizar para el estudio de este parámetro únicamente a ejemplares obtenidos durante el periodo de maduración sexual, entre septiembre y octubre. Los datos disponibles hasta el momento indicaban que la madurez sexual podría tener lugar entre aproximadamente 18 y 24 mm DM.
20. Para el conjunto de ejemplares adultos estudiados, los machos son más abundantes que las hembras. La relación entre ambos sexos (machos vs. hembras) es de 1,87:1.
21. Existe un solapamiento considerable en la distribución de tallas de ambos sexos, a excepción del rango de tallas próximo a la madurez sexual, entre 25 y 40 mm DM, en que solamente se detectaron machos. Se han observado ejemplares adultos machos en un rango de tallas de 28,6 y 97,3 mm DM y hembras en un rango entre de 41,8 y 95,2 mm. Los porcentajes obtenidos por grupos de talla son los siguientes: 40-60 mm = 84,0% machos; 60-80 mm = 52,6% machos; > 80 mm = 42,9% machos.
22. Los resultados obtenidos contrastan considerablemente con la información que se asumía de para esta especie. La mayor parte de autores recientes han considerado

que *P. ferruginea* presenta hermafroditismo proterándrico, alcanzando la madurez sexual como macho a una talla en torno a 24 mm DM y produciéndose el cambio de sexo a hembra alrededor de los 40 mm DM de talla. Una revisión detallada de la bibliografía muestra que la causa de estas discrepancias se debe a un error por parte de algunos autores en la interpretación del trabajo aparentemente origen de esta información, equivocación que ha sido asumida por autores posteriores.

23. Los resultados obtenidos hacen plantear dudas sobre el supuesto hermafroditismo en *P. ferruginea*, al no existir ninguna evidencia directa al respecto. Se plantean dos hipótesis: (1) que la especie presenta hermafroditismo proterándrico, si bien el cambio de sexo no está determinado por la talla o la edad, sino por otros factores (1) que se trata de una especie gonocórica (con sexos separados).
24. Trabajos futuros deberán dirigirse por tanto a contrastar ambas hipótesis, con el fin de dilucidar este aspecto, de relevancia para comprender aspectos de la dinámica poblacional de la especie.
25. Los resultados obtenidos de cualquier modo implican cambios importantes en la visión que se tenía de la biología de *P. ferruginea*, en particular en relación algunos aspectos de importancia para su gestión y conservación. Uno de ellos es que no se puede predecir el sexo de un determinado ejemplar a partir de su talla, lo cual implica la necesidad de desarrollo de técnicas que permitan su identificación sin que suponga el sacrificio de los ejemplares.
26. Durante el presente estudio se ha utilizado con éxito por primera vez en *P. ferruginea* una técnica no letal para el sexado de ejemplares, propuesta por WRIGHT y LINDBERG (1979) con este fin para otras especies de lapas. Esta técnica ha sido utilizada para determinar el sexo de algunos ejemplares del archipiélago durante el periodo reproductor tras lo cual fueron devueltos al litoral. Los ejemplares no parecieron sufrir daños tras la aplicación de esta técnica. Sin embargo dada la importancia de su uso en trabajos futuros (e.g. determinación del sexo de ejemplares utilizados en ensayos de reproducción) resultará necesario verificar que no implica mortalidad a medio plazo en los ejemplares sexados.

Tamaño de ovocitos maduros y fecundidad

27. Se revisa a partir de observaciones puntuales la información disponible acerca del tamaño de los ovocitos maduros y de la fecundidad, aspectos que algunos autores han usado para argumentar una baja capacidad de dispersión natural de la especie. Los resultados obtenidos muestran que el tamaño de los ovocitos maduros es mucho menor que lo que se suponía, siendo semejante a la de otras especies de lapas con una amplia distribución. Asimismo se estimó la fecundidad para una hembra en varios millones de huevos, lo cual hace dudar de la opinión expuesta por algunos autores de que su “baja fecundidad” sería una de las causas de la regresión de *P. ferruginea*. Resulta necesario que estudios futuros revisen estos aspectos de la biología reproductiva de la especie.

Ensayo de fecundación

28. Aunque no estaba previsto en el plan de trabajo inicial se ha realizado un ensayo de fecundación artificial de *P. ferruginea* siguiendo la técnica de DODD (1957). Ésta se llevó a cabo en la Estación Biológica de las islas Chafarinas, careciendo de infraestructuras básicas para el mantenimiento de larvas de moluscos. A pesar de ello se consiguió la fecundación de ovocitos y el mantenimiento de larvas durante 48 horas hasta un estado de velíger pretorsional. Los resultados obtenidos destacan la viabilidad de llevar a cabo la fecundación controlada en *P. ferruginea* y la obtención de juveniles mediante técnicas de acuicultura en instalaciones adecuadas.

Reclutamiento

29. El reclutamiento de juveniles de *P. ferruginea* se detecta en las islas Chafarinas a finales de invierno y principios de primavera. Esto es coherente con lo expuesto acerca de la existencia de un único ciclo de reproducción durante el otoño. Tras un periodo de vida larvaria de duración desconocida, las postlarvas se fijarían al sustrato en el litoral a más tardar a principios de invierno. No se ha podido determinar el tipo de hábitat sobre el que se asientan las larvas y realizan la metamorfosis, ni el que ocupan durante los dos primeros meses de vida. La determinación de este aspecto requerirá muestreos específicos dado que los pequeños juveniles son difíciles de localizar entre la cobertura de fauna y flora del sustrato.
30. Los reclutas cuando presentan una talla entre 8 y 15 mm DM se localizan en las proximidades del nivel medio del mar, junto al cinturón de *Dendropoma petraeum*, ocupando una franja del litoral más reducida que la de los adultos.
31. La abundancia del reclutamiento no es homogénea en todo el litoral del archipiélago. Se discute la posibilidad de que el éxito en determinados sectores durante diferentes años pueda ser debido a factores más o menos azarosos (e.g. corrientes) que lo condicionen.
32. La detección de reclutamiento en el litoral del archipiélago ha sido regular durante la última década. Algunos años, como 2001, fue excepcionalmente elevado al menos en determinados sectores. Durante el presente estudio (2005 y 2006) el reclutamiento fue moderado en comparación con años anteriores. No resulta evidente si estos resultados indican simplemente una cierta variabilidad interanual o pueden poner de manifiesto una cierta tendencia regresiva. La existencia de algunos eventos infrecuentes (*boom* poblacional persistente de medusas *Pelagia noctiluca*) puede ser indicativo de alteraciones en las condiciones en el medio marino. En este sentido resultaría del máximo interés disponer de infraestructuras en el archipiélago para el seguimiento de las condiciones hidrológicas de su entorno.
33. A pesar de esto, la abundancia y regularidad del reclutamiento registrada en las islas Chafarinas destaca su potencial reproductor. En otras zonas geográficas con poblaciones en relativo buen estado de conservación el hallazgo de juveniles se ha descrito como un hecho infrecuente. Este aspecto, junto con la elevada densidad de ejemplares y su amplia distribución en diferentes tipos de hábitats, destacan el excepcional estado de la población de *P. ferruginea* en las islas Chafarinas.

Crecimiento

34. Los datos obtenidos mediante distribución de frecuencia de tallas durante diferentes años así como del seguimiento de ejemplares marcados han permitido determinar que la talla de madurez sexual (29 mm DM) la alcanzan los ejemplares de *P. ferruginea* durante el segundo año de vida. Por su parte la talla de primera madurez sexual en hembras o de cambio de sexo (42 mm DM) se alcanza durante el tercer o cuarto año de vida de los ejemplares.
35. Existe una marcada estacionalidad en el crecimiento de la concha de los ejemplares, siendo mayor en invierno y en primavera, mientras que éste es menor en verano y, sobre todo, durante el otoño.
36. Se ha elaborado un modelo de curva de crecimiento de *P. ferruginea* a partir de los resultados del seguimiento de los ejemplares marcados. De acuerdo con éste, los ejemplares podrían tener una longevidad superior a 12 años.
37. Sin embargo se han detectado indicios de “crecimiento negativo” de la concha de algunos ejemplares a lo largo del periodo de estudio, sobre todo de aquellos de mayor talla (e.g. > 70 mm DM). Éste sería debido a que la evolución del tamaño de la concha sería el resultado de un proceso complejo en el que tiene lugar conjuntamente crecimiento activo por parte de los ejemplares y erosión. De este modo la exactitud de los datos de tasa de crecimiento requiere un seguimiento de los ejemplares marcados (particularmente los de mayor talla) durante un periodo superior al del presente estudio. La continuación de este tipo de trabajos en el archipiélago puede poner de manifiesto que los ejemplares presenten una longevidad superior y alcancen estas tallas a una edad mayor que lo descrito a partir de estos resultados.

Comportamiento

38. Los ejemplares de *P. ferruginea* presenta un comportamiento de fidelidad a la “huella”, un punto sobre el sustrato al cual adaptan completamente la concha para evitar la desecación en los periodos de bajamar y para protegerse de los depredadores. Periódicamente realizan desplazamientos fuera de ésta para alimentarse del recubrimiento de algas que tapiza las rocas del litoral.
39. La duración de estas excursiones suele ser de 2-6 horas (excepcionalmente más de 24 horas), tras las cuales regresan a su huella. y suelen permanecer varios días sin desplazarse.
40. El seguimiento de ejemplares marcados muestra que estos desplazamientos pueden realizarse bajo diferentes condiciones pero tienen lugar preferentemente (en orden de importancia) (1) con oleaje que mantiene casi permanentemente sumergidos a los ejemplares, (2) durante marea alta y (3) durante la noche.

41. Los ejemplares alcanzan una distancia máxima respecto a la huella de entre 0,15 y 0,88 m (media = 0,44 m), no habiéndose detectado correlación con la talla de los ejemplares.
42. El área de campeo de los ejemplares observada es de entre 0,017 y 0,336 m² (media = 0,092 m²), habiéndose hallado una correlación lineal positiva con la talla de los ejemplares. El seguimiento en una zona con una densidad de ejemplares moderada muestra que existe un importante solapamiento entre el área de campeo de diferentes ejemplares, lo cual puede suponer una competencia intraespecífica por los recursos tróficos elevada.
43. Periódicamente los ejemplares pueden cambiar de “huella”, lo cual requiere un rápido crecimiento de la concha para adaptarse de nuevo al sustrato. Para los ejemplares en que se pudo realizar el seguimiento durante un periodo superior a un año, aproximadamente la mitad (52,6 %) realizaron al menos un cambio de huella durante el estudio
44. Se han detectado al menos 4 factores que pueden motivar el cambio de huella mientras que en otros casos el origen de este comportamiento es desconocido.
45. En los casos observados, la distancia a la nueva huella osciló entre 0,05 y 2,30 m (media = 0,43 m). Aunque los ejemplares de mayor tamaño fueron los que alcanzaron distancias mayores, no se ha detectado correlación entre la distancia a la nueva huella y la talla.
46. Estos cambios pueden tener lugar a lo largo de la mayor parte del año, a excepción del periodo estival en el que no se detectó ningún cambio de huella. En invierno fue la época en que el porcentaje de ejemplares que cambiaron de huella fue superior (22,8 %). Estos resultados, juntos con los relativos a la existencia de estacionalidad de la tasa de crecimiento indican que las estaciones del año más apropiada para realizar cualquier experiencia de traslocación de ejemplares serían invierno y primavera.

Depredadores naturales

47. Observaciones realizadas durante los distintas estancias en el archipiélago muestran que las especies principales de depredadores naturales sobre *P. ferruginea* son el gasterópodo *Stramonita haemastoma* y el crustáceo decápodo *Eriphia verrucosa*. Ambas especies son muy abundantes en el archipiélago.
48. *S. haemastoma* depreda a los ejemplares de menor tamaño (< 30 mm DM) levantando lateralmente la concha, mientras que en los ejemplares de tamaño intermedio (30-70 mm DM) los ataca perforando ésta. Aparentemente no llega a depredar sobre los ejemplares más grandes (> 70 mm DM).
49. La depredación por *E. verrucosa* es más difícil de observar, pero en varias ocasiones se ha registrado la captura de ejemplares cuando estaban desplazándose fuera de su huella y, por tanto, poseían menor capacidad para adherirse fuertemente al sustrato.

50. Existen indicios de que gaviotas patiamarillas (*Larus michaelis*), muy abundantes en el archipiélago, podrían depredar sobre ejemplares de *P. ferruginea*, si bien no se han obtenido evidencias directas en este sentido.

Realización de experiencias de apoyo a futuras experiencias de traslocación y reintroducción de ejemplares

47. Algunas experiencias de traslocación de ejemplares de *P. ferruginea* llevadas a cabo por autores precedentes obtuvieron como resultado una mortalidad superior al 50 % de ejemplares inmediatamente tras su traslado y una supervivencia de apenas el 10 % de ejemplares tras dos años de seguimiento. Se ha realizado una revisión crítica de la metodología utilizada en estas experiencias, analizando qué factores que pueden ser el origen de estas mortalidades tan elevadas.
48. Frente a esto, se ha planteado una técnica basada en el uso de “Sustratos desmontables” (SD), una serie de elementos que se disponen en el litoral y al cual se trasladan los ejemplares inmediatamente tras su captura. El objetivo se centra en que los ejemplares puedan transportarse sobre un sustrato al que han adaptado previamente la concha y que presenta un recubrimiento algal que los proporciona recursos tróficos, aspectos que se supone puede reducir la mortalidad asociada a las traslocaciones de ejemplares.
49. Se ha ensayado la instalación de una serie de SD en un sector del archipiélago, obteniendo buenos resultados tanto en cuanto a la técnica de montaje como a la obtención de un recubrimiento de algal adecuado para el mantenimiento de los ejemplares.
50. A lo largo del presente estudio se realizó la traslocación experimental a SD de 12 ejemplares adultos de *P. ferruginea* (rango de tallas: 27,1 y 70,4 mm DM) y 2 juveniles procedentes del reclutamiento anual. En general, los ejemplares se adaptaron adecuadamente a estos sustratos habiendo conseguido desarrollar la concha y crear una nueva huella en un periodo inferior a un mes. En meses posteriores y hasta el final del estudio se produjo la pérdida de 3 ejemplares, uno de ellos al ser arrancado su SD por el oleaje y otros dos por causas desconocidas, entre las que no cabe descartar el ataque por depredadores. La mejora del sistema de anclaje de los SD y la eliminación de depredadores en estas zonas experimentales hace suponer que la supervivencia obtenida (75 %) pueda ser superior en futuras experiencias. La elevada capacidad de adaptación de los ejemplares a estos sustratos pone de manifiesto la viabilidad de esta técnica.
51. Los SD también se han planteado también como un sistema de captación natural de juveniles procedentes del reclutamiento anual. En la primavera de 2006 se detectaron 2 reclutas sobre los SD instalados, que en conjunto representaban una superficie de 0,27 m². La baja superficie de colectores instalada en esta primera experiencia así como el hecho de que el reclutamiento durante este año fue menor al promedio de años anteriores hace suponer que en experiencias futuras, en años con un éxito del reclutamiento superior y con una superficie instalada mucho mayor,

esta técnica pueda proporcionar un número importante de juveniles mediante captación natural del medio.

Elaboración un marco de criterios de actuación para la extracción de ejemplares con fines de investigación o de reintroducción

52. El estado de conocimiento actual acerca de la biología de *P. ferruginea* así como los datos disponibles acerca la población en las islas Chafarinas hacen que se desaconseje la extracción de ejemplares adultos con fines de reintroducción o reforzamiento en otras áreas geográficas.
53. Frente a esto, se plantea que cualquier trabajo dirigido en ese sentido se fundamente en la obtención de juveniles mediante técnicas de acuicultura. Estas últimas pueden incluir la producción de juveniles mediante reproducción controlada o la captación natural en el entorno del archipiélago mediante la instalación de distintos tipos de colectores. Ambas técnicas podrían llevarse a cabo de manera complementaria. Dada la escasez de experiencias de cultivo de Patellidae mediante acuicultura, ambas técnicas requieren el desarrollo urgente de trabajos de investigación dirigidos a este fin.
54. Teniendo en cuenta que otros tipos de trabajos pueden requerir la extracción de ejemplares adultos del archipiélago (estudios acerca de su biología reproductiva, obtención de reproductores para el ensayo de técnicas de reproducción controlada) se plantean una serie de criterios bajo los cuales deberían ser llevados a cabo:
 - Minimizar la captura de ejemplares gran tamaño (>80 mm DM). Las autorizaciones de captura de ejemplares en el archipiélago debe incluir no solamente el número máximo de ejemplares sino además su rango de tallas
 - Realizar las extracciones en zonas con densidad de ejemplares superior a 8 ejs./m,
 - Evitar completamente la captura de ejemplares en zonas en que se hayan realizado trabajos de seguimiento (censos en transecto, zonas de marcaje)
 - La extracción de ejemplares deberá realizarse siempre cuando los ejemplares están desplazándose fuera de su huella y a ser posible por personal con experiencia en esta metodología.
55. A falta de datos precisos acerca de la dinámica poblacional de la especie, se desaconseja que se plantee una extracción continuada de ejemplares adultos en el archipiélago, es decir, que se establezca la posibilidad de extracción de un cierto número de ejemplares anual. Se plantean entre estas conclusiones algunas propuestas de temas de investigación que requerirían de manera excepcional durante los dos próximos años la captura de alrededor de 150 ejemplares adultos para el estudio de la biología reproductiva y de entre 50 y 100 ejemplares adultos para el desarrollo de técnicas de reproducción controlada
56. Ante la posibilidad de obtención de juveniles mediante técnicas de acuicultura y la decisión de realizar su traslado para la reintroducción en otras zonas geográficas se

establecen algunos criterios que deberían seguirse con el fin de potenciar las posibilidades de éxito de estas experiencias:

- Realizar el traslado de ejemplares sobre sustratos desmontables a los cuales los ejemplares se hayan adaptado previamente.
- El transporte debe planificarse de manera que se lleve a cabo en el menor tiempo posible
- Los ejemplares junto con los SD deben ser transportados en lo posible en recipientes refrigerados
- Previamente al traslado, en la zona de destino se deberán haber dispuesto los mecanismos adecuado para el anclaje de los SD en el litoral
- El traslado de ejemplares deber llevarse a cabo en invierno o en primavera. Se debe descartar completamente realizarlo durante el periodo estival.
- En la zona de destino habría que extraer en las zonas de instalación a especies de depredadores naturales de la especie.
- Planificar las labores de seguimiento de los ejemplares reintroducidos para valorar el éxito de estas experiencias.

Contribución al plan de emergencia del archipiélago en lo referente a *Patella ferruginea*.

57. Ante la elaboración de un Plan de emergencia de las islas Chafarinas y la necesidad de programar una serie de acciones dirigidas a minimizar el impacto que determinadas situaciones pudieran suponer para la población de *P. ferruginea* en el archipiélago, se discute en primer lugar el tipo de amenazas potenciales para la especie en la zona.
58. Entre los diferentes tipos de amenazas potenciales se ha considerado que aquellas a las que va dirigida este Plan de emergencia se centrarían en el vertido accidental de contaminantes en el medio marino que pudieran alcanzar el archipiélago (e.g. vertidos de petróleo).
59. Ante este tipo de situaciones y de manera adicional a otro tipo de actuaciones dirigidas a minimizar su impacto en las comunidades marinas de la zona, se plantea la obtención de un cierto número de ejemplares adultos (en torno a 500) para su estabulación y mantenimiento temporal en instalaciones adecuadas.
60. Se planteó a la Dirección Técnica en el Informe Metodológico Inicial de la presente Asistencia Técnica el interés que tendría la rehabilitación del edificio conocido como “El Pirata”, en la isla de Isabel II, para transformarlo en un laboratorio húmedo con un sistema de acuarios. Aparte de otros fines de interés, estas instalaciones tendrían fundamental importancia para el mantenimiento de los ejemplares de *P. ferruginea* capturados en esta situación hasta que se consiguiera la regeneración de las condiciones del medio litoral.
61. Se indican algunos criterios para la extracción de ejemplares en estas situaciones de emergencia así como algunas consideraciones acerca del tipo de instalaciones de

que deberían disponer los sistemas de acuarios de “El Pirata” para afrontar esta situación.

62. Hay que destacar que los conocimientos disponibles acerca de las técnicas para la estabulación y mantenimiento en acuarios de ejemplares de *P. ferruginea* a medio plazo son prácticamente inexistentes, por lo que parte del esfuerzo investigador en trabajos próximos deberían dirigirse en este sentido.

Recomendaciones

63. Los trabajos del presente Contrato se han dirigido no tanto a la evaluar la necesidad de realizar traslocaciones de ejemplares de *P. ferruginea* con el fin de posibilitar la conservación y recuperación de esta especie, sino a aportar una base de conocimientos a partir de la cual llevar a cabo una serie de toma de decisiones al respecto, sin que esto implique además un impacto para la población de las islas Chafarinas. Cabe señalar sin embargo que cualquier experiencia de reintroducción de ejemplares debe responder a una serie de criterios bien definidos (e.g. idoneidad genética, hábitat adecuado, existencia de planes de seguimiento) y debe llevarse a cabo en zonas en las que existan poblaciones o se conozca su existencia reciente y con condiciones ambientales (evolución estacional de la temperatura del agua, comunidades litorales, rango de mareas,...) en lo posible semejantes a las existentes en el entorno de origen.

64. Se propone una serie de líneas de investigación que deberían ser llevadas a cabo en años próximos, algunas en lo posible en continuidad con el presente estudio, con el fin de complementar los conocimientos acerca de la biología de la especie obtenidos en el presente trabajo así como para desarrollar técnicas dirigidas a la obtención de juveniles en vista a futuros trabajos de reintroducción. Entre los objetivos de estas líneas de investigación se destacan:

- Contraste de las hipótesis acerca del modo de reproducción de *P. ferruginea* (hermafroditismo vs. gonocorismo)
- Talla de madurez sexual
- Tamaño de los ovocitos maduros y relación con la talla de los ejemplares
- Fecundidad y relación con la talla de los ejemplares
- Implementación de la técnica de sexado no letal de WRIGHT y LINDBERG (1979) y evaluación de la posible mortalidad asociada a su uso.
- Desarrollo de técnicas para la estabulación y mantenimiento de adultos en sistemas de acuarios
- Desarrollo de técnicas de reproducción controlada
 - ⇒ técnicas de inducción a la puesta
 - ⇒ técnicas para el desarrollo larvario y metamorfosis de postlarvas
- Desarrollo de técnicas para la alimentación y mantenimiento de reclutas
- Desarrollo de técnicas de captación de juveniles procedentes del reclutamiento anual
- Descripción del desarrollo larvario y evaluación de su duración
- Evaluación de la capacidad de dispersión natural de la especie mediante el estudio de la distribución de larvas en el zooplancton

- Alimentación
 - Tasa de crecimiento, particularmente en adultos y longevidad
65. Una segunda línea de actuaciones debe dirigirse a preservar el buen estado actual de la población de *P. ferruginea* en las islas Chafarinas, probablemente el enclave con una población en mejores condiciones en toda su área de distribución.
66. Las causas de su estado actual en el archipiélago pueden atribuirse sobre todo a la prácticamente nula presión antrópica a la que esta especie está sometida, a la que tal vez haya que sumar unas características del medio marino relacionadas con el área geográfica en que se halla. La baja presión antrópica está claramente relacionada con la restricción de acceso de visitas al archipiélago, así como a la vigilancia y control por parte del equipo de trabajo de la empresa encargada de los trabajos de seguimiento llevados a cabo en la Estación Biológica. Las tareas de información y divulgación al personal de servicio en el archipiélago (militar o civil) acerca del estatus de protección y de la importancia de la población de *P. ferruginea* en el archipiélago desarrolladas durante los últimos años han contribuido sin duda a minimizar las capturas no autorizadas de esta especie protegida. En este sentido resulta fundamental que este tipo de condiciones no se vea alterado en el futuro y que cualquier planteamiento de actuación que pudiera modificar los criterios de accesibilidad a este Refugio Nacional de Caza tuviera en cuenta el impacto que pudiera suponer para la población de *P. ferruginea* y desarrollara en su caso las medidas correctoras pertinentes.
67. Entre los trabajos de seguimiento de la población de *P. ferruginea* a desarrollar por la Dirección Técnica del R.N.C islas Chafarinas así como del equipo responsable de la Estación Biológica de las islas Chafarinas se destaca:
- Seguimiento de la evolución población, mediante la realización de censos en transecto en determinados sectores del archipiélago
 - Seguimiento de la evolución del éxito del reclutamiento anual, mediante la realización de censos en transecto llevados a cabo a finales de invierno o principios de primavera
 - Registro de situaciones en la que se pudiera observar una elevada mortalidad de ejemplares de la especie
 - Tareas de vigilancia y control, así como de de información y divulgación al personal de servicio o visitas ocasionales en el archipiélago.
 - Implementación del sistema de acuarios previsto para el laboratorio húmedo “El Pirata”, así como el mantenimiento de las instalaciones, ejemplares y experiencias que puedan desarrollarse en éste.
 - Realización de un seguimiento de distintos parámetros hidrológicos en el entorno del archipiélago

5. REFERENCIAS CITADAS

- AA. VV. (AUTORES VARIOS), 1991. *Inventario de los recursos marinos del Refugio Nacional de Caza de las Islas Chafarinas*. Informe final del convenio entre el Instituto de Conservación de la Naturaleza (ICONA) y la Universitat de València (no publicado).
- AA. VV. (AUTORES VARIOS), 1994. *Seguimiento del medio marino en el archipiélago de Chafarinas y adecuación de cuevas para la foca monje*. Informe final del convenio entre el Instituto de Conservación de la Naturaleza (ICONA) y la Universitat de València (no publicado).
- APARICI, V., J. GUALLART y J.J. VICENT, 1995. *Patella ferruginea* population in Chafarinas islands (Alboran Sea, Western Mediterranean). 20th Malacological Congress, Vigo, Spain.
- AVERSANO, F.R., 1986. Esperimento di insediamento artificiale di *Patella (Patella) ferruginea* Gmelin 1791 nelle acque del Golfo di Archena (Sardegna settentrionale). *Boll. Malacologico*, 22(5-8): 169-170.
- BAZAÏRI, H., E. SALVATI, S. BENHISSOUME, L. TUNESI, C. RAIS, S. AGNESI, A. BENHAMZA, C. FRANZOSINI, A. LIMAM, G. MO, A. MOLINARI, D. NACHITE e I. SADKI, 2004. Considerations on a population of the endangered marine mollusc *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Gastropoda, Patellidae) in the Cala Iris islet (National Park of Al Hoceima – Morocco, Alboran sea). *Boll. Malacologico*, 40(9-12): 95-100.
- BERTALANFFY, L. von, 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). *Human Biol.*, 10: 181-213.
- BIAGI, V. y POLI, D. 1986. Considerazioni su una popolazione di *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 per le acque del promontorio di Piombino. *Boll. Malacologico*, 22: 171-174.
- BLACHER J., MEINESZ A., DE VAUGELAS J., 1998. Répartition de *Lithophyllum lichenoides* (Rhodophyta), de *Cystoseira amantacea* (Chromophyta), *Patella ferruginea* (Mollusca) dans la réserve naturelle des îles Lavezzi : îlots et littoral de la pointe di u Cappicciolu à la pointe de Sperone. *Trav. Sci. Parc nat. rég. Corse, Fr.*, 57 : 103-140.
- BOUDOURESQUE, C.F. y F. LABOREL-DEGUEN, 1986. *Patella ferruginea*. En: *Le benthos marin de l'île de Zembra (Parc National, Tunisie)*. Boudouresque, C.F.; J.G. Harmelin; A. Jeudy de Grissac, eds., GIS Posidonie publ., Marseille, France., pp. 105-110.
- BOUMAZA, S. y R. SEMROUD, 2001. Inventaire de la population de *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 des îles Habibas (ouest Algérien). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 36.
- BRANCH, G.M., 1974. The ecology of *Patella* Linnaeus from the Cape Peninsula, South Africa. 3. Growth Rates. *Trans. Royal Society of South Africa*: 41, 111–160.
- BRANCH, G.M., 1981. The biology of limpets: physical factors, energy flow and ecological interactions. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 19: 235-380.

- CALVO, M., J. TEMPLADO y P.E. PENCHASZADEH, 1998. Reproductive biology of the gregarious mediterranean gastropod *Dendropoma petraeum*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 78: 525-549.
- CORPUZ, G., 1981. Laboratory culture of *Cellana exarata* Reeve (Gastropoda: Prosobranchia, Patellidae). *Aquaculture*, 24: 219-231.
- CHRISTIAENS, J., 1983. Il genere *Patella* lungo le coste di Malaga. *La Conchiglia*, 15(166-167): 15-17.
- CURINI-GALLETTI, M. 1979. Ritrovamento di una *Patella ferruginea*. *Notiziario CISMA*, 1: 53-54.
- DAY, E. G., G. M. BRANCH y C. VILJOEN, 2000. How costly is molluscan shell erosion? A comparison of two patellid limpets with contrasting shell structures. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 243: 185-208
- ESPINOSA, F., 2006. *Caracterización biológica del molusco protegido Patella ferruginea Gmelin, 1791 (Gastropoda: Patellidae): bases para su gestión y conservación*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, 329 pp.
- ESPINOSA, F., D.A. FA. y T.M. OCAÑA, 2005. Estado de la especie amenazada *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Gastropoda: Patellidae) en la bahía de Algeciras y Gibraltar. *Iberus*, 23 (2): 39-46.
- DONEDDU, M. y MANUNZA, B. 1992. Valutazione dell'impatto antropico relativo alla balneazione estiva su una popolazione di *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 del litorale di Aglientu. *Boll. Malacologico*, 28(5-12): 161-168.
- FABENS, A.J., 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth*, 29: 265-289.
- FRENKIEL, L., 1975. Contribution à l'étude des cycles de reproduction des Patellidae en Algérie. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, 39(suppl.): 153-189.
- FRICK, H., C.F. BOUDOURESQUE, J.G. HARMELIN, J. LABOREL, A. MEINESZ, J. VACELET y M. VERLAQUE (1986). Le benthos littoral des îles Lavezzi. Première contribution. *Trav. scient. Parc. nat. rég. Rés. nat. Corse, Fr.*, 7: 1-133.
- GRANDFILS ACCINO, R., 1982. Contribución al conocimiento de *Patella ferruginea* (Gmelin, 1789). *Iberus*, 2: 57-69.
- GUALLART, J., 1999. Seguimiento del Medio Marino: *Patella ferruginea*. En: *Control y Seguimiento de los Ecosistemas en el R.N.C. de las Islas Chafarinas. 5.* Informe GENA S.L. – Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente),. (no publicado).
- GUALLART, J., 2000. Seguimiento del Medio Marino: *Patella ferruginea*. En: *Control y Seguimiento de los Ecosistemas en el R.N.C. de las Islas Chafarinas. 5.* Informe GENA S.L. – Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente),. (no publicado).
- GUALLART, J., 2001. Seguimiento del Medio Marino: *Patella ferruginea*. En: *Control y Seguimiento de los Ecosistemas en el R.N.C. de las Islas Chafarinas. 5.* Informe GENA

- S.L. – Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente),. (no publicado).
- GUALLART, J., 2002. Seguimiento del Medio Marino: *Patella ferruginea*. En: *Control y Seguimiento de los Ecosistemas en el R.N.C. de las Islas Chafarinas*. 5.. Informe GENA S.L. – Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente),. (no publicado).
- GULLAND, J. A. y HOLT S. J., 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *Journal du Conseil International pour l'Explorations de la Mer* 25: 47-49.
- IWASAKI, K. (1993). Analyses of limpet defense and predator offense in the field. *Mar. Biol.*, 116: 277-289.
- IWASAKI, K. (1999). Short- and long-term movements of the patellid limpet *Patella flexuosa* within gaps in intertidal mussel beds. *J. Moll. Stud.*, 65(3): 295-301.
- LABOREL-DEGUEN, F. (1985). Biologie et répartition de *Patella ferruginea*. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse., Fr.*, 2: 41-48.
- LABOREL-DEGUEN, F. y LABOREL, J. 1990a. Nouvelles donnes sur la patella geante *Patella ferruginea* Gmelin en Méditerranée. I. Statut, répartition et étude des populations. *Haliotis*, 10: 41-54.
- LABOREL-DEGUEN, F. y LABOREL, J. 1990b. Nouvelles donnes sur la patella geante *Patella ferruginea* Gmelin en Méditerranée. II. Ecologie, biologie, reproduction. *Haliotis*, 10: 55-62.
- LABOREL-DEGUEN, F. y J. LABOREL, 1991a. Statut de *Patella ferruginea* en Méditerranée. En: *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*, Boudouresque, C.F.; M. Avon; V. Gravez, eds. GIS Posidonie publ., France., pp. 91-103..
- LABOREL-DEGUEN, F. y J. LABOREL, 1991b. Nouvelles observations sur la population de *Patella ferruginea* Gmel. de Corse. En: *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*, Boudouresque, C.F.; M. Avon; V. Gravez, eds. GIS Posidonie publ., Marseille, France., pp. 91-103.
- LABOREL-DEGUEN, F. y J. LABOREL 1991c. Une tentative de réintroduction de *Patella ferruginea* Gmel. (Gasteropoda) dans le Parc National de Port-Cros (Var, France). En: *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*, Boudouresque, C.F.; M. Avon; V. Gravez, eds. GIS Posidonie publ., Marseille, France., pp. 129-132.
- LE QUESNE, W.J.F.y S.J. HAWKINS, 2006. Direct observations of protandrous sex change in the patellid limpet *Patella vulgata*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*,86: 161-162.
- LUQUE, A. A., 1986. Contribución al conocimiento de los Gasterópodos de las costas de Málaga y Granada. II. Prosobranquios. *Iberus*, 6 (1): 79-94.
- MORENO, D., 1992. Presencia de *Patella ferruginea* (Gmlin, 1791) en el Cabo de Gata (Almería, SE España). *Cuad. Inv. Biol., Bilbao*, 17: 71.
- MORENO, D., 2006. *Inventario de individuos vivos de Patella ferruginea en Andalucía (2004-2006)*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 23 pp. (no publicado)

- ORTON, J.H., A. J. SOUTHWARD & J. M. DODD, 1956: Studies on the biology of limpets. 11: The breeding of *Patella vulgata* L. in Great Britain. *Journ. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 35: 149-176.
- PARACUELLOS, M., J.C. NEVADO, D. MORENO, A. GIMÉNEZ Y J.J. ALESINA, 2003. Conservational status and demographic characteristics of *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Mollusca, Gastropoda) on the Alboran Island (Western Mediterranean). *Animal Biodiversity and Conservation*, 26(2): 29-37.
- PORCHEDDU, A. y MILELLA, I. 1991. Aperçu sur l'ecologie et sur la distribution de *Patella ferruginea* (L.) Gmelin, 1791 en mers italiennes. *Les espèces marines à protéger en Méditerranée* (Boudouresque, C.F.; Avon, M. y Gravez, V. edits.). GIS Posidonie publ., p. 119-128.
- TEMPLADO, J., 1996. *Patella ferruginea*. En: Ramos, M.A. *Inventario de las especies de invertebrados no artrópodos incluidos en los anejos de la Directiva 92/43/CEE del Consejo. Memoria final*. ICONA (no publ.). 12 pp.
- TEMPLADO, J. y D. MORENO, 1997. La lapa ferrugínea. *Biologica*, 6: 80-81.
- TEMPLADO, J., M. CALVO, A. GARVÍA, A.A. LUQUE, M. MALDONADO y L. MORO, 2004. *Guía de invertebrados y peces Marinos protegidos por la legislación nacional e internacional*. Naturaleza y Parques Nacionales, Serie Técnica. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 214 pp.
- WRIGHT, W.G. y D. R. LINDBERG, 1979. A non-fatal method of sex determination for patellacean gastropods. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 59: 803
- WRIGHT, W.G. y D. R. LINDBERG, 1982. Direct observation of sex change in the patellacean limpet *Lottia gigantea*. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 62: 737-738.