

**Estudio de algunos aspectos  
de la biología reproductiva  
de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas  
y desarrollo de técnicas de apoyo  
a experiencias para la producción de juveniles**



**Informe final**

noviembre 2008

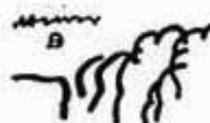
Realizado por:

Javier Guallart Furió



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO



ORGANISMO AUTÓNOMO  
DE PARQUES NACIONALES

**Asistencia Técnica**  
Expediente 48P/07

**Estudio de algunos aspectos  
de la biología reproductiva  
de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas  
y desarrollo de técnicas de apoyo  
a experiencias para la producción de juveniles**

**Informe final**

noviembre 2008

Realizado por:

**Javier Guallart Furió**

*Doctor en Ciencias Biológicas*  
*NIF 22549040R*

Para:

**ORGANISMO AUTÓNOMO DE PARQUES NACIONALES  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO**

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	10
2.1. Estancias en el archipiélago.....	10
2.2. Aspectos biométricos .....	10
2.4. Censos en transecto.....	11
2.5. Marcaje de ejemplares.....	13
2.6. Crecimiento individual en ejemplares marcados.....	17
2.7. Sexado de ejemplares: disección y técnicas no letales .....	18
2.8. Tamaño de ovocitos, índice gonadosomático y fecundidad.....	21
2.9. Determinación de la talla de madurez sexual.....	23
2.10. Captura y procesado de ejemplares.....	24
2.11. Muestreos de zooplancton.....	25
2.12. Sustratos desmontables y colectores de juveniles.....	26
2.13. Ensayos de fecundación artificial .....	33
2.14. Control de la población de depredadores naturales de la especie en zonas de experimentación .....	35
2.15. Temperatura superficial del agua.....	36
<b>3. RESULTADOS</b> .....	38
<b>3.1. Estudios de aspectos de la biología de <i>P. ferruginea</i></b> .....	38
3.1.1. Determinación de la talla de madurez sexual .....	38
3.1.2. Distribución de tallas por sexos .....	38
3.1.3. Contraste de las hipótesis acerca del modo de reproducción de <i>P. ferruginea</i> ....	40
3.1.4. Distribución de sexos por tallas en función de factores ambientales.....	41
3.1.5. Datos gonadales .....	42
3.1.6. Zooplancton.....	50
3.1.7. Crecimiento .....	50
<b>3.2. Desarrollo de técnicas de apoyo a experiencias para la producción de juveniles de la especie</b> .....	55
3.2.1. Técnica de sexado no letal de WRIGHT y LINDBERG (1979).....	55
3.2.2. Desarrollo de técnicas de captación de juveniles procedentes del reclutamiento anual.....	56
3.2.3. Ensayos de traslocación de juveniles de pequeño tamaño a sustratos transportables.....	59
3.2.4. Ensayos de acondicionamiento de adultos en sustratos desmontables para su transporte .....	60

3.2.5. Control de la población de depredadores naturales de la especie en zonas de experimentación.....	63
3.2.6. Ensayos de técnicas de reproducción controlada.....	64
<b>3.3. Seguimiento de la población en las islas Chafarinas.....</b>	<b>67</b>
<b>4. DISCUSIÓN .....</b>	<b>75</b>
<b>4.1. Estudios de aspectos de la biología de <i>P. ferruginea</i> .....</b>	<b>75</b>
4.1.1. Determinación de la talla de madurez sexual .....	75
4.1.2. Contraste de las hipótesis acerca del modo de reproducción de <i>P. ferruginea</i> .....	76
4.1.3. Distribución de sexos por tallas en función de diferentes factores ambientales ...	79
4.1.4. Análisis de la capacidad de dispersión natural de la especie.....	80
4.1.5. Tasa de crecimiento, particularmente en adultos, y longevidad.....	84
<b>4.2. Desarrollo de técnicas de apoyo a experiencias para la producción de juveniles de la especie.....</b>	<b>87</b>
4.2.1. Implementación de la técnica de sexado no letal de WRIGHT y LINDBERG (1979) y evaluación de la posible mortalidad asociada a su uso .....	87
4.2.2. Desarrollo de técnicas de captación de juveniles procedentes del reclutamiento anual.....	89
4.2.3. Ensayos de acondicionamiento de adultos en sustratos desmontables para su transporte.....	91
4.2.4. Control de la población de depredadores naturales de la especie en zonas de experimentación .....	92
<b>4.3. Seguimiento de la población en las islas Chafarinas.....</b>	<b>93</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>95</b>
<b>6. REFERENCIAS CITADAS .....</b>	<b>103</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

La lapa ferruginosa (*Patella ferruginea* Gmelin, 1791) es el único invertebrado marino mediterráneo incluido en el Catálogo Español de Especies Amenazadas en la categoría “en peligro de extinción”, el máximo rango de protección que establece la legislación vigente.

Se trata de una especie endémica del Mediterráneo occidental que habita el piso mesolitoral superior, por encima del nivel medio del mar. Es uno de los mayores moluscos litorales mediterráneos, con una concha que puede superar los 10 cm de longitud.

Su área de distribución antiguamente 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, 1990a; 1991a). Sin embargo ésta ha sufrido una reducción considerable durante el pasado siglo, proceso que parece haberse acentuado a lo largo de las últimas décadas.

La causa 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, 1990a, 1991a; 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 a enclaves de la costa del norte de África. 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. GONZÁLEZ-GARCÍA et al. (2006) realizaron un cartografiado de la distribución de *P. ferruginea* en el Cabo de Tres Forcas (Marruecos), mostrando una distribución casi

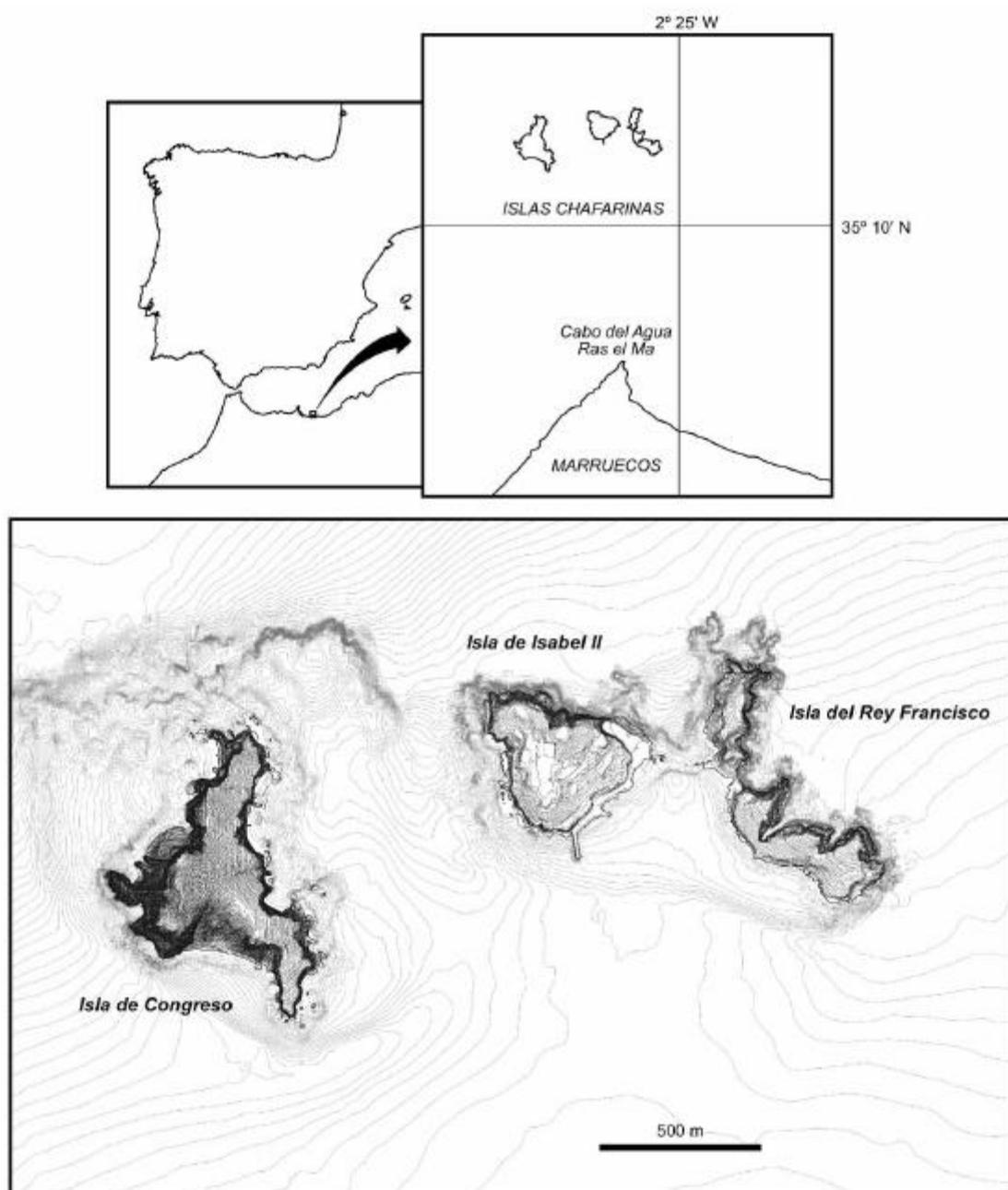
restringida a su parte oriental, en continuidad con el litoral de Melilla. En Argelia se suponen poblaciones abundantes, sobre todo a partir de los trabajos llevados a cabo por FRENKIEL (1975) (si bien realizados ya hace más de tres décadas) y de los datos aportados por BOUMAZA y SEMROUD (2001) para el archipiélago de las islas Habibas. Sin embargo no se dispone de información reciente del estado de las poblaciones de esta especie para la mayor parte de las costas argelinas ni para las de Túnez.

En el territorio español, en la fecha de su inclusión en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (en 1999, en aquel momento *Catálogo Español de Especies Amenazadas*) la información disponible acerca de su área de distribución era muy escasa. Durante esta última década que se han intensificado los trabajos relativos a esta especie en España. Se considera que, si bien hasta el siglo XIX se distribuía en la mayor parte de su litoral mediterráneo, 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. Los datos actualizados para 2008, presentados en MORENO y ARROYO (2008), señalan que las poblaciones peninsulares de *P. ferruginea* se restringirían a las provincias de Cádiz, Málaga, Granada y Almería (para esta última, únicamente 2 ejemplares hallados recientemente en 2007), con una población total de unos 280 ejemplares, a las que se podría sumar la población existente en la zona de Gibraltar, resultando en un contingente total ligeramente superior a 700 ejemplares. Por su parte, en el último censo exhaustivo llevado a cabo en la isla de Alborán en 2007 se censaron 364 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 recientemente diversos trabajos sobre *P. ferruginea* en el litoral Ceuta si bien no presentó estimas de su *stock* poblacional. De acuerdo con TEMPLADO et al. (2006) la población de Ceuta podría ser de en torno a 12.000 ejemplares. Los últimos datos presentados por ESPINOSA para el territorio de esta Ciudad Autónoma durante la elaboración de la “Estrategia de Conservación de la Lapa ferrugínea en España” aumentaban esta cifra a 30.000. En Melilla asimismo existe una población importante, estimada en 18.000 ejemplares adultos (TEMPLADO et al (2006). Sin embargo son las Islas Chafarinas donde se presenta la población más abundante, estimada en entre 36.000 y 49.000 ejemplares adultos (GUALLART, 2006), 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

humana que habita el archipiélago es una pequeña guarnición militar junto con el personal a cargo de la Estación Biológica.



**Figura 1.1.** Localización geográfica de las islas Chafarinas.

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 de la presente Memoria (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 (OAPN, Ministerio de Medio Ambiente).

En 2005 el OAPN firmó con el autor de la presente Asistencia Técnica un primer contrato para llevar a cabo el estudio “Estado de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas y estudios previos para la traslocación de ejemplares” en el R.N.C. de las Islas Chafarinas (GUALLART, 2006). El planteamiento de este estudio iba dirigido a cubrir varios objetivos.

El primero de ellos era realizar una cartografía de detalle de la distribución de *Patella ferruginea* en el conjunto del litoral de las Islas Chafarinas, así como realizar una estima del *stock* poblacional global del archipiélago.

Un segundo grupo de objetivos iba dirigido a proporcionar distinta información acerca de la biología *P. ferruginea*, marcadamente escasa debido al reducido número de enclaves donde todavía persisten poblaciones en buen estado de esta especie. Estos datos adquirirían particular relevancia no solamente en el sentido de proporcionar información básica de la biología de una especie protegida, sino además con el fin de contribuir a futuros trabajos dirigidos a recuperar el estado de sus poblaciones. Las ideas asumidas en aquel momento indicaban que, al tratarse de una especie con una baja capacidad de dispersión natural (LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1990b; 1991b) existirían dificultades para que se produjera una colonización natural de zonas actualmente no sometidas a presión antrópica (e.g. zonas de litoral protegido en la península ibérica) pero alejadas de los núcleos reproductores activos del norte de África. Por este motivo algunos autores plantearon la reintroducción de ejemplares como la principal estrategia para la recuperación de la especie. Sin embargo las experiencias de reintroducción de ejemplares de *Patella ferruginea* llevadas a cabo hasta la fecha habían tenido escaso éxito (LABOREL-DEGUEN y LABOREL 1991c), en buena parte posiblemente a la escasez de conocimientos sobre la especie mencionada. Se planteó por tanto analizar todos aquellos parámetros de la biología de la especie de utilidad para trabajos de traslocación y reintroducción de ejemplares así como realizar los primeros ensayos de técnicas que pudieran contribuir a realizar con éxito estos traslados de ejemplares.

Por último, este contrato incluía el planteamiento de los aspectos relativos a un futuro plan de emergencia del archipiélago, en lo referente a *Patella ferruginea*.

La presente Asistencia Técnica se ha planteado como una continuación de los trabajos realizados en la anterior y siguiendo lo expuesto en sus “Conclusiones y recomendaciones” (GUALLART, 2006), con el fin de complementar y completar en lo posible los resultados que requerían un seguimiento durante un periodo de tiempo superior, a la vez que plantear nuevos objetivos dirigidos a la gestión y conservación de la especie.

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 se agrupan en 4 apartados:

1. Estudios de aspectos de la biología de *P. ferruginea*
2. Desarrollo de técnicas de apoyo a experiencias para la producción de juveniles de la especie.
3. Asesoramiento en el diseño de las instalaciones
4. Seguimiento de la población en las islas Chafarinas

El primer apartado “Estudios de aspectos de la biología de *P. ferruginea*“ se dirigía a analizar algunos aspectos de la biología de *P. ferruginea* no abordados o únicamente esbozados en la Asistencia Técnica anterior, pero de particular relevancia para la comprensión de la dinámica poblacional de la especie. Entre ellos se incluía la determinación de la talla de madurez sexual, el contraste de las hipótesis acerca del modo de reproducción de *P. ferruginea* (hermafroditismo vs. gonocorismo, planteado a partir de los resultados obtenidos en la Asistencia Técnica anterior), el análisis de la capacidad de dispersión natural de la especie y el estudio de la tasa de crecimiento de los individuos, particularmente de los adultos, y la longevidad de la especie.

El segundo punto “Desarrollo de técnicas de apoyo a experiencias para la producción de juveniles de la especie” incluía la realización de diferentes experiencias encaminadas a la obtención de juveniles de *P. ferruginea*. Tal y como se proponía en el borrador inicial de la “Estrategia de conservación de la lapa ferrugínea (*Patella ferruginea*) en España” elaborado por TEMPLADO et al. (2006) y aprobado en su redacción definitiva (AA.VV., 2008), en el caso de que se decidiera realizar tareas de traslado de ejemplares con fines de reintroducción o de reforzamiento de poblaciones éstas debían de ser llevadas a cabo a partir no de ejemplares adultos extraídos de su medio natural sino a partir de juveniles producidos mediante técnicas de acuicultura. Entre los trabajos a desarrollar se incluía la implementación de una técnica de sexado no letal de ejemplares (WRIGHT y LINDBERG, 1979) y la evaluación de la posible mortalidad asociada a su uso, el desarrollo de técnicas de captación de juveniles procedentes del reclutamiento anual, la realización de ensayos de traslocación de ejemplares a sustratos transportables y el control de la población de depredadores naturales de la especie en zonas de experimentación. De manera adicional se planteó la posibilidad de realizar algunas tareas de reproducción controlada, bien mediante traslado de ejemplares reproductores a centros de investigación con experiencia en el cultivo de moluscos, bien en el propio archipiélago en el caso de que se hubieran completado las instalaciones en desarrollo de un laboratorio húmedo con sistema de acuarios en las islas Chafarinas. Sin embargo durante el único periodo reproductor de *P. ferruginea* comprendido en la duración de esta Asistencia Técnica, las instalaciones de acuarios todavía no se encontraron disponibles, si bien en la actualidad el conjunto del Laboratorio se encuentra en fase de finalización de la dotación de instalaciones.

El tercer apartado “Asesoramiento en el diseño de las instalaciones“ se centraba en aportar la información o planteamientos necesarios para la dotación a la Estación Biológica de las Islas Chafarinas de aquellas infraestructuras que puedan resultar de utilidad para trabajos relativos a *P. ferruginea*, en particular el diseño de los sistemas de acuarios en el interior del laboratorio húmedo “El Pirata” y elección de equipos y diseño plan de muestreo para el seguimiento de distintos parámetros hidrológicos en el entorno del archipiélago. Dado que esta información se ha ido aportando progresivamente a

requerimiento de la Dirección Técnica durante el transcurso de la presente Asistencia Técnica, esta información no se incluye en la presente Memoria.

Por último, el cuarto apartado “Seguimiento de la población en las islas Chafarinas” planteaba la continuación de los trabajos de seguimiento llevados a cabo durante los últimos años en relación con la abundancia de la población y del reclutamiento de *Patella ferruginea* en el archipiélago, siguiendo metodologías semejantes y comparables a la utilizadas hasta la fecha.

Hay que destacar que en el periodo comprendido entre la finalización de la anterior Asistencia Técnica (GUALLART, 2006) y la presente (noviembre 2006 – julio 2007) se realizaron 2 estancias en el archipiélago en las que se pudieron obtener diversos datos y observaciones acerca de *Patella ferruginea*. Estos datos, inéditos, han sido incorporados para la elaboración de la presente Memoria.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Estancias en el archipiélago

Los trabajos de campo para la presente Asistencia Técnica se llevaron a cabo durante un total de 5 estancias en las Islas Chafarinas entre julio de 2007 y junio de 2008:

- julio 2007
- septiembre 2007
- noviembre 2007
- marzo 2008
- junio 2008

De manera adicional, se han utilizado en la elaboración de la presente Memoria datos, resultados y observaciones inéditas procedentes de dos estancias llevadas a cabo en el archipiélago dirigidas al estudio de *Patella ferruginea* en los meses anteriores al inicio de la presente Asistencia Técnica. Éstas se realizaron en:

- octubre 2006
- abril 2007

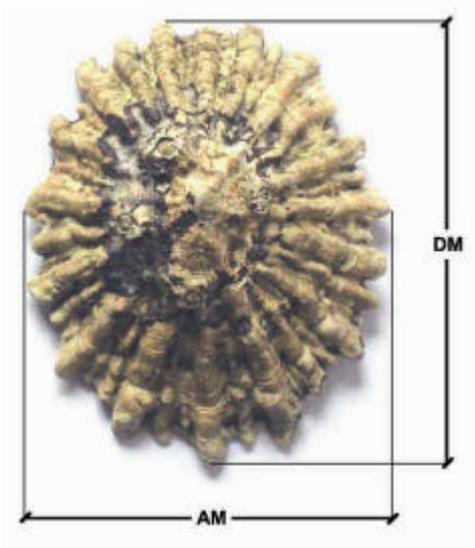
Todas las estancias se realizaron durante la segunda quincena del mes indicado, a excepción de la correspondiente a julio de 2007 que se llevó a cabo entre la última semana de junio y la primera de julio.

La planificación de las estancias se realizó con dos criterios. Por una parte, las campañas llevadas a cabo durante los meses de octubre y noviembre se dirigieron a trabajos relativos a la biología reproductiva de la especie, dado que es en esa época en la que se centra el periodo reproductor, y particularmente durante el mes de noviembre, se produce la freza (FRENKIEL, 1975; GUALLART, 2006; GUALLART et al., 2006). El resto de campañas se planificaron de manera que coincidieran aproximadamente con el inicio o final de una determinada estación del año, de manera que los datos obtenidos en algunos aspectos de estudio entre dos campañas consecutivas (e.g. crecimiento) pudieran presentar un carácter estacional.

### 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

## 2.4. Censos en transecto

Los censos en transectos consisten en el recuento y clasificación por grupos de talla de todos los ejemplares de *P. ferruginea* localizados en determinados tramos de costa, definidos de forma permanente como transectos.

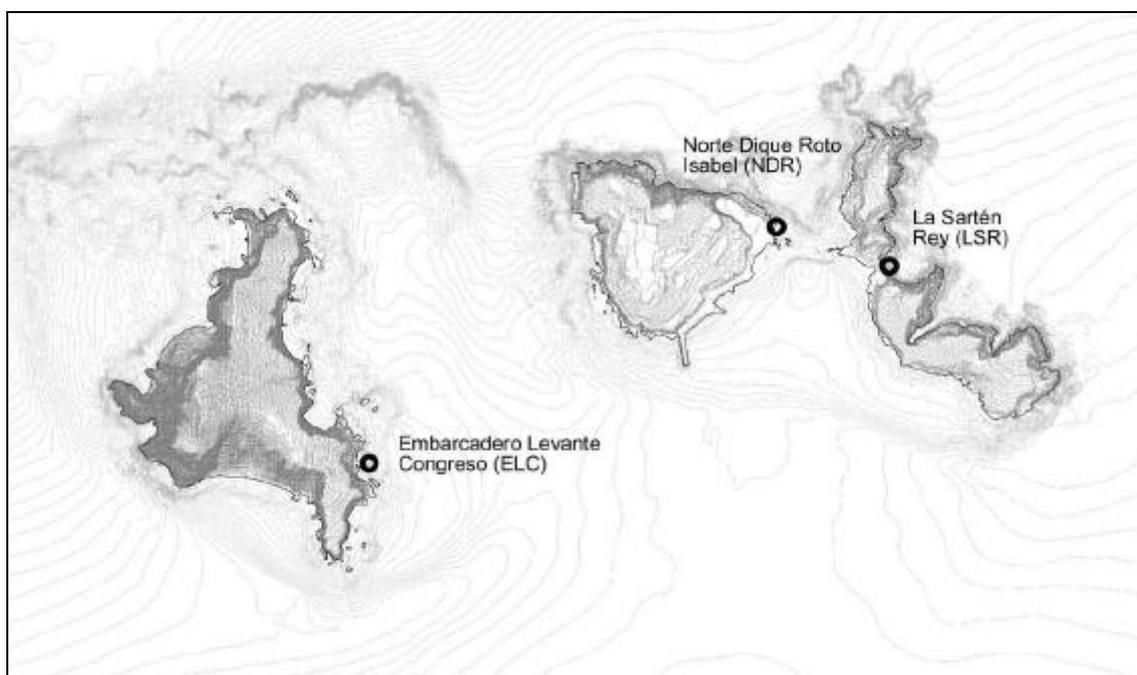
Los censos en transecto presentan utilidad en diversos aspectos del estudio de *Patella ferruginea*, en particular: seguimiento del estado de la población en el archipiélago, análisis de la variabilidad del reclutamiento anual, mortalidad y crecimiento (particularmente en juveniles),...

En la Figura 2.2 se señala la localización de los tres transectos escogidos para el seguimiento. Se trata de 3 enclaves para los que se han venido realizando censos desde 1999, inicialmente por parte del equipo de GENA S.L. (GUALLART, 1999; 2001; 2002). De este modo, la continuidad en el seguimiento de estos mismos transectos permite disponer de datos comparativos durante una serie temporal más o menos larga, que en estos momentos ya ha alcanzado a ser de diez años casi consecutivos (no hay datos disponibles para 2000 y 2004).

A partir de la primavera de 2005 el autor de la presente Memoria (GUALLART, 2006) planteó reducir la extensión de estos tres transectos desde su longitud original de 25 m a una distancia de en torno a 10 m. Este cambio en la definición de los transectos permitía una reducción del esfuerzo de muestreo, facilitando aprovechar los momentos de condiciones meteorológicas óptimas (marea baja y mar en calma) para realizar incluso varios censos. Además, la selección de tramos de costa más cortos permite definir los transectos en zonas con tipología del sustrato más uniforme. Hay que destacar que las elevadas densidades de ejemplares detectadas hacían posible esta reducción de la zona de muestreo sin que en principio disminuyera significativamente la representatividad de los resultados respecto a la población muestreada.

A pesar de ello, a la hora de comparar los resultados de los censos del periodo 1999 – 2003 y los posteriores a 2005 (incluyendo los de la presente Asistencia Técnica)

debe tomarse en consideración la diferencia de longitud (y, por tanto, la no coincidencia completa del trazado) de los transectos.



**Figura 2.2.** Localización de los transectos utilizados para el seguimiento mediante censos de la población de *Patella ferruginea*.

En la nueva definición de los transectos en 2005, los límites de cada uno de éstos 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,...). Si bien la longitud inicialmente planteada para los transectos era de 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 la Tabla 2.1 se indican las longitudes de cada uno de los transectos estudiados.

Transecto	Isla	Código	Longitud
Norte Dique Roto	Isabel II	NDR	11,8 m
Embarcadero de Levante	Congreso	ELC	11,8 m
La Sartén	Rey Francisco	LSR	10,0 m

**Tabla 2.1.** Transectos utilizados para el seguimiento mediante censos de la población de *Patella ferruginea*.

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.

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. Aunque en principio se planteó el interés de realizar censos en estos tres transectos en todas las campañas de estudio, la necesidad de disponer de estas condiciones para realizar los censos ha impedido que algunos de estos censos hayan podido llevarse a cabo. Por ejemplo, en junio de 2008, durante uno de las jornadas en que se dieron estas condiciones se llevaron a cabo los censos de NDR y ELC; sin embargo en días posteriores la meteorología impidió que se pudiera realizar en el tercer transecto, LSR. Por otra parte en otoño se ha observado que es muy frecuente en la zona del archipiélago que el nivel medio del mar sea relativamente elevado, por la componente meteorológica de las mareas; por este motivo, por ejemplo, en noviembre de 2007 no pudo llevarse a cabo ninguno de los censos previstos.

Durante los censos 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.

## 2.5. Marcaje de ejemplares

El marcaje de ejemplares es una metodología que resulta de gran utilidad para el estudio de diversos aspectos de la biología de la especie. Entre los trabajos incluidos en la presente Asistencia Técnica, destacan los estudios de crecimiento (mediante biometrías sucesivas de ejemplares identificados por las marcas), modo de reproducción de la especie (intentando determinar la existencia real de hermafroditismo en la especie, verificando si tiene lugar el cambio de sexo entre épocas de reproducción sucesivas en algunos ejemplares marcados) e implementación de la técnica de sexado no letal de Wright y Lindberg (realizando un seguimiento de supervivencia de los ejemplares a los que se les ha aplicado esta técnica).

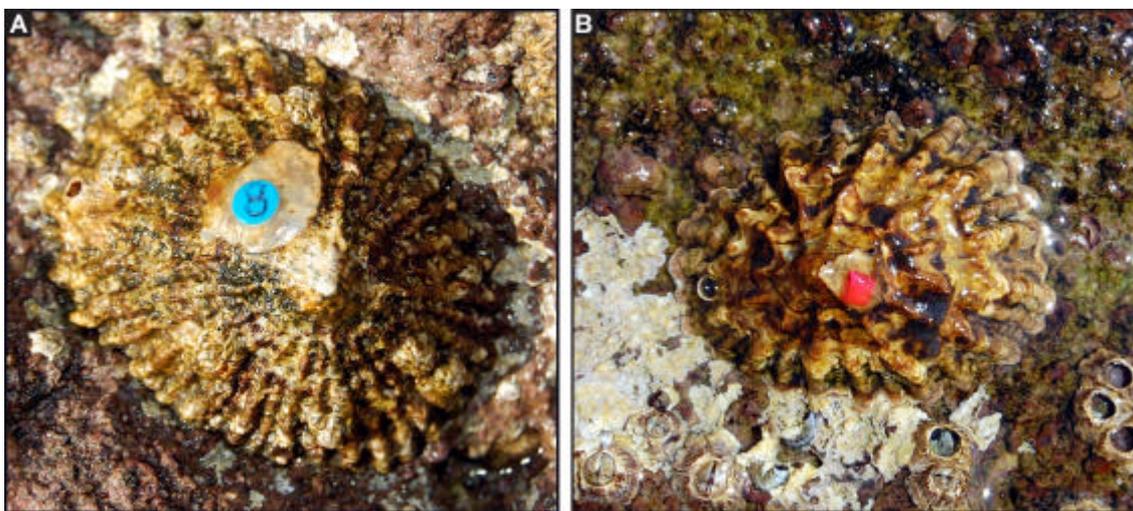
Durante la presente Asistencia Técnica se han empleado dos técnicas de marcaje diferentes.

La primera es idéntica a la empleada con éxito en *Patella ferruginea* en trabajos anteriores llevados a cabo en el archipiélago (GUALLART, 2006). Consiste en la fijación sobre la concha de marcas de colores numeradas, de manera que la combinación de colores y códigos permite la identificación individual de los ejemplares. El marcaje de ejemplares se realiza siempre sobre ejemplares en el medio natural, sin despegarlos

del sustrato, lo cual minimiza el riesgo de que la extracción y manipulación de ejemplares durante el proceso suponga un riesgo de mortalidad para éstos.

Las marcas consisten en una pieza de plástico semirrígido, sobre las que se grababa mediante un troquel un número. Aunque en años anteriores se utilizaron siempre piezas de un mismo tamaño (circulares, de 6 mm de diámetro, recortadas mediante el uso de un taladro de papel) y con un solo dígito (Figura 2.3A), durante los trabajos de la presente Asistencia Técnica se ha ensayado también el uso de piezas mayores, que permiten la impresión de números de dos dígitos; estas piezas solamente pueden ser colocadas en ejemplares del rango mayor de tamaño de la concha pero permite aumentar la cantidad de códigos identificativos disponibles. En los ejemplares de menor tamaño (DM < 30 mm) las marcas anteriores son demasiado grandes para ser adheridas adecuadamente sobre la concha; por este motivo, en algunos casos se marcaron ejemplares de este rango de tallas mediante piezas de plástico de pequeño tamaño sin numerar (cuadrados aproximadamente 2 mm de lado), en las que el código identificativo hacía por tanto únicamente referencia al color de la marca (Figura 2.3B). Se han utilizado 6 colores de plástico para las marcas: azul, rojo, amarillo, verde, naranja y blanco.

Estas piezas eran adheridas a la concha mediante una resina de poliéster transparente de dos componentes. 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.



**Figura 2.3.** Marcaje de ejemplares. (A) Ejemplar con una marca característica (Azul 8). En la fotografía, de junio de 2006, el ejemplar presentaba una talla de 61,1 mm DM; fue marcado originalmente en marzo de 2005 con una talla de 36,7 mm DM. (B) ejemplar de pequeño tamaño (30,4 mm DM) con una marca identificativa sin código numérico (Rojo --)

El seguimiento de los ejemplares marcados requiere algunas tareas periódicas de mantenimiento, en particular la limpieza de la superficie de la resina o de las marcas, para eliminar el recubrimiento de algas y cianobacterias que tiende a crecer sobre la concha. Esta limpieza periódica se llevó a cabo en cada una de las campañas realizadas para la totalidad de ejemplares marcados. Por otra parte, algunas marcas pueden perderse (simplemente al despegarse de la concha), si bien en ocasiones es posible identificar a los ejemplares por su posición en el sustrato (cuando no han cambiado de huella) y gracias al registro fotográfico que periódicamente se realiza de cada ejemplar; en algunos de estos casos se pudo proceder al remarcado de los ejemplares utilizando el mismo código numérico y de colores original.

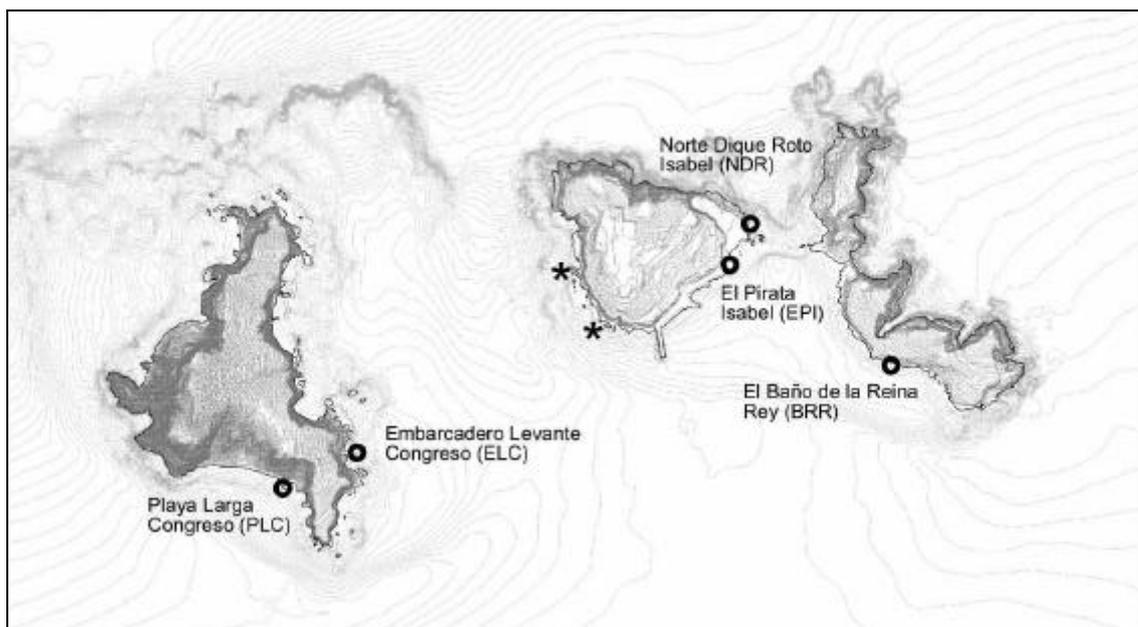
En otras ocasiones algunos ejemplares marcados “desaparecen” o “se pierden”. Esto puede ser debido a que se ha producido su muerte (por causas naturales u otras) aunque éste no tiene por qué ser necesariamente su causa principal. Por ejemplo, un ejemplar que haya perdido su marca y a la vez haya cambiado de huella difícilmente puede ser identificado. En otro ejemplo concreto, un ejemplar considerado como “desaparecido” fue hallado varios meses más tarde en una grieta a unos 3 m de su posición original; no solo el hecho de haber cambiado su huella a una distancia considerable sino también el que en su nueva posición la marca quedara casi oculta en el fondo de la grieta fueron los motivos que hicieron que durante varias campañas el ejemplar se considerara “desaparecido”. En resumen, se debe asumir dentro este conjunto de tareas de marcaje la pérdida de un cierto número de marcas debido a diversas causas, lo cual destaca la importancia de que se realice en lo posible inicialmente el marcaje de un número relativamente elevado de ejemplares.

Durante los trabajos de la presente Asistencia Técnica se ha realizado el marcaje de 103 ejemplares, así como el remarcado de 8 que había perdido la marca instalada en años anteriores (2005 – 2006) y que pudieron ser identificados con seguridad. Si al inicio de la presente Asistencia Técnica quedaban 44 ejemplares con marca resultado de trabajos anteriores, las tareas realizadas permitieron que en septiembre de 2007 hubiera un total de 135 ejemplares marcados. Al final de la última campaña realizada en junio de 2008, quedaban 107 ejemplares identificados con marca.

Hay que destacar que un total de 11 ejemplares de los marcados inicialmente en marzo de 2005 conservaban su marca (o habían sido remarcados) en junio de 2008. Esto supone que para para estos ejemplares 11 ejemplares se ha podido realizar un seguimiento por un periodo de tres años y tres meses, intervalo que supone el periodo más largo para el cual se han realizado un seguimiento individual de ejemplares de *Patella ferruginea* de acuerdo con la bibliografía disponible.

El marcaje de ejemplares mediante esta técnica se ha realizado en 5 zonas del archipiélago (Figura 2.4). Además de las 4 zonas en que se empleó esta técnica en trabajos anteriores (GUALLART, 2006) se ha ampliado a una zona más, localizada en la plataforma rocosa situada al E de Playa Larga, al sur de la isla de Congreso.

La metodología anterior ha dado hasta la fecha muy buenos resultados y debería permitir el seguimiento de ejemplares en el futuro, durante un periodo más prolongado, siempre que se realicen las tareas de mantenimiento señaladas. Sin embargo presenta una limitación para los trabajos dirigidos a determinados aspectos. Su principal inconveniente es que el secado de la resina requiere de un cierto periodo de tiempo para



**Figura 2.4.** Zonas de marcateo de ejemplares. Con círculos se indica las zonas donde se han marcado ejemplares con código individualizado (color + número). Con asteriscos se señalan los enclaves donde se sexaron ejemplares y se marcaron únicamente con una pieza de color identificativa del sexo.

su secado, en torno a 30 minutos, durante los cuales no debe ser mojada por el oleaje. Dado que los ejemplares son marcados sin extraerlos del medio, esto implica que el marcateo solamente se puede llevar a cabo en momentos de marea muy baja y mar completamente en calma.

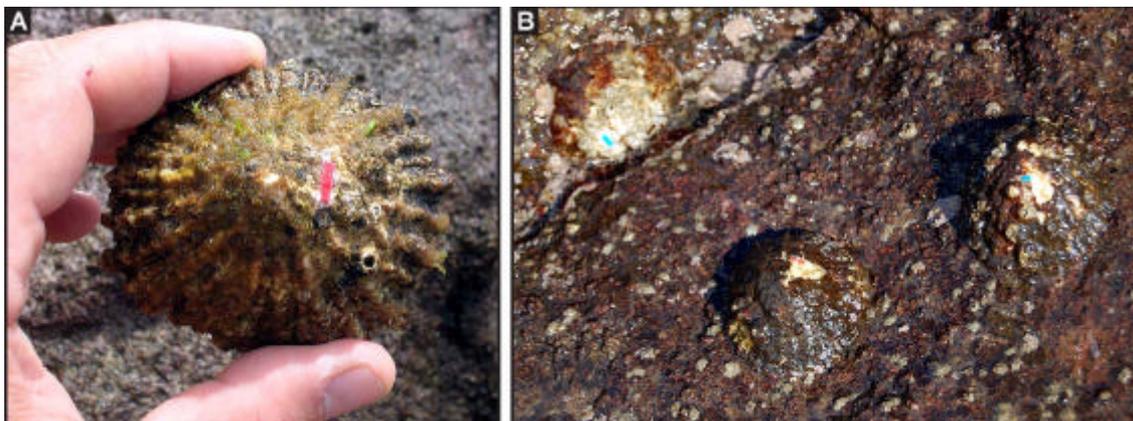
Sin embargo determinados aspectos de estudio, particularmente los relacionados con la técnica de sexado no letal de ejemplares (ver posteriormente) requieren condiciones muy diferentes. En este caso los ejemplares deben ser arrancados del sustrato, procesados (medición, biopsia y sexado) y devueltos rápidamente al punto donde fueron extraídos. Además, una de las condiciones para minimizar el daño a los ejemplares en el momento de separarlos del sustrato es que estén desplazándose fuera de su huella, lo cual tiene lugar fundamentalmente cuando el oleaje está rompiendo sobre el litoral. Bajo estas condiciones, el tiempo requerido para el secado de la resina citada anteriormente implicaría mantener en seco fuera de su huella durante un periodo demasiado prolongado, lo cual se consideró inadecuado por poder suponer un factor de mortalidad de los ejemplares.

Por este motivo se ensayó una segunda técnica de marcateo que requiere un tiempo de fijación de la marca mucho más corto. En estos casos una vez identificado el sexo del ejemplar, se le practicó en la concha una hendidura en la parte posterior del umbo en la que se introdujo y se pegó con un pegamento de cianocrilato de secado rápido una pieza de plástico de aproximadamente 8 x 2 x 0,5 mm (Figura 2.5). El color de la pieza de plástico representa un código identificativo del sexo de cada ejemplar:

- azul: macho
- rojo: hembra

- verde: indeterminado

La rapidez de secado de este pegamento permite la devolución del ejemplar al sustrato (bañado por el oleaje) en un periodo inferior a un minuto. Se considera que este sistema ha resultado satisfactorio dado que la mayoría de marcas han perdurado hasta la última campaña realizada, lo cual corresponde a un periodo al menos de 7 meses.



**Figura 2.5.** Marcaje rápido de ejemplares con código de colores indicativo del sexo. (A) Detalle de una hembra recién marcada. (B) Grupo de ejemplares marcados tras devolverlos al sustrato: ejemplares macho a izquierda y derecha y ejemplar hembra abajo en el centro.

Hay que destacar que en este segundo sistema los ejemplares no quedan identificados individualmente (la marca no presenta código numérico) sino únicamente el sexo del ejemplar, determinado durante el marcaje. A menudo sin embargo sí es posible identificar individualmente a los ejemplares con una cierta fiabilidad por la posición en su huella y a partir del registro fotográfico realizado.

Este tipo de marcaje se ha utilizado en dos zonas que se señalan con un asterisco en la Figura 2.4.

## 2.6. Crecimiento individual en ejemplares marcados

Uno de los objetivos del marcaje de ejemplares es obtener datos de la tasa de crecimiento individual de los ejemplares marcados y, a medio plazo, realizar estimas de longevidad

Con este fin, se procuró realizar una biometría de todos los ejemplares marcados en cada una de las campañas de muestreo. 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 algunas o incluso en ninguna de las zonas de marcaje.

Durante la biometría, 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. Se ha estimado que de manera regular las diferencias entre estas tres medidas para un mismo ejemplar presentaba un error de entre el 1 y el 4 %. De esta manera, la talla del ejemplar en cada biometría se ha considerado como el promedio de las tres mediciones realizadas.

## 2.7. Sexado de ejemplares: disección y técnicas no letales

*Patella ferruginea* no presenta dimorfismo sexual externo. La determinación del sexo (sexado) de los ejemplares es una cuestión que resulta muy relevante en diversos trabajos del estudio de la biología y de la gestión de las poblaciones de la especie. Por una parte, plantea resolver la cuestión acerca de la existencia o no de hermafroditismo en la especie y, en su caso, los factores que determinan el cambio de sexo. Por otra parte, la posibilidad de determinar el sexo de los ejemplares “*in vivo*” resulta fundamental para cualquier programa de manejo de ejemplares, e.g. en vistas a la reproducción controlada o a la reintroducción de contingentes.

Hay dos métodos básicos para el sexado de ejemplares: el examen de ejemplares muertos diseccionados y el uso de la técnica de WRIGHT Y LINDBERG (1979).

La disección de ejemplares es un método que evidentemente supone su sacrificio o, en determinados casos, el aprovechamiento de ejemplares muertos por distintas causas. La determinación del sexo en ejemplares de *Patella ferruginea* diseccionados y una caracterización general del estado reproductor a partir de observaciones macroscópicas de la gónada se describen con detalle en la Memoria de una Asistencia Técnica anterior (GUALLART, 2006).

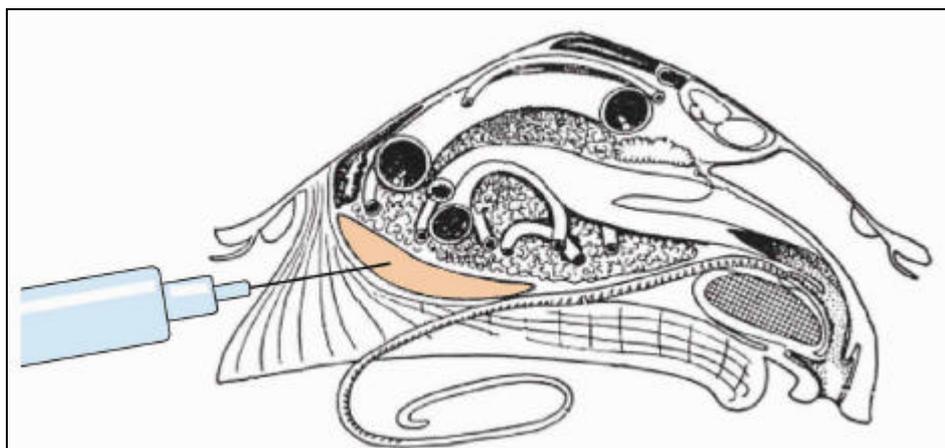
Durante el presente estudio, el sacrificio de un cierto número de ejemplares adultos fue considerado necesario para el estudio de determinados aspectos de la biología de la especie, en particular para el estudio de la fecundidad en hembras y para el ensayo de técnicas de reproducción controlada. Por otra parte, un cierto número de ejemplares murieron durante los trabajos realizados, sobre todo durante el acondicionamiento de ejemplares a condiciones de laboratorio. Estos últimos ejemplares fueron diseccionados y sexados, a la vez que fueron aprovechados para la obtención de distintos datos de la anatomía interna. En el apartado 2.10 se describen algunos aspectos relativos a la captura y sacrificio de ejemplares.

Por otra parte, la posibilidad de determinar el sexo de ejemplares de *Patella ferruginea* mediante un método no letal (es decir, que no suponga la muerte o el sacrificio de ejemplares) resulta evidentemente muy interesante, sobre todo dado lo restringido de sus poblaciones actuales y el estatus de protección de la especie.

WRIGHT y LINDBERG (1979) propusieron un método para el sexado de ejemplares de lapas (orden Patellogastropoda) que consiste en obtener una muestra del material de la gónada de ejemplares maduros mediante una biopsia que se realiza practicando una punción con una jeringuilla. Esta técnica requiere en primer lugar que

los ejemplares se hallen sexualmente maduros, con una gónada bien desarrollada, por lo que solo se puede llevar a cabo durante el periodo reproductor; en el caso de *Patella ferruginea*, durante el otoño, y particularmente cuando la gónada está más desarrollada, durante los meses de octubre y noviembre.

Tras separar a los ejemplares del sustrato, se debe realizar una punción con la jeringuilla en el lateral posterior izquierdo del pie de los ejemplares hasta alcanzar la zona donde se localiza la gónada (Figura 2.6). En el caso de que se alcance ésta y se extraiga una muestra apropiada, ésta última 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 2.7).

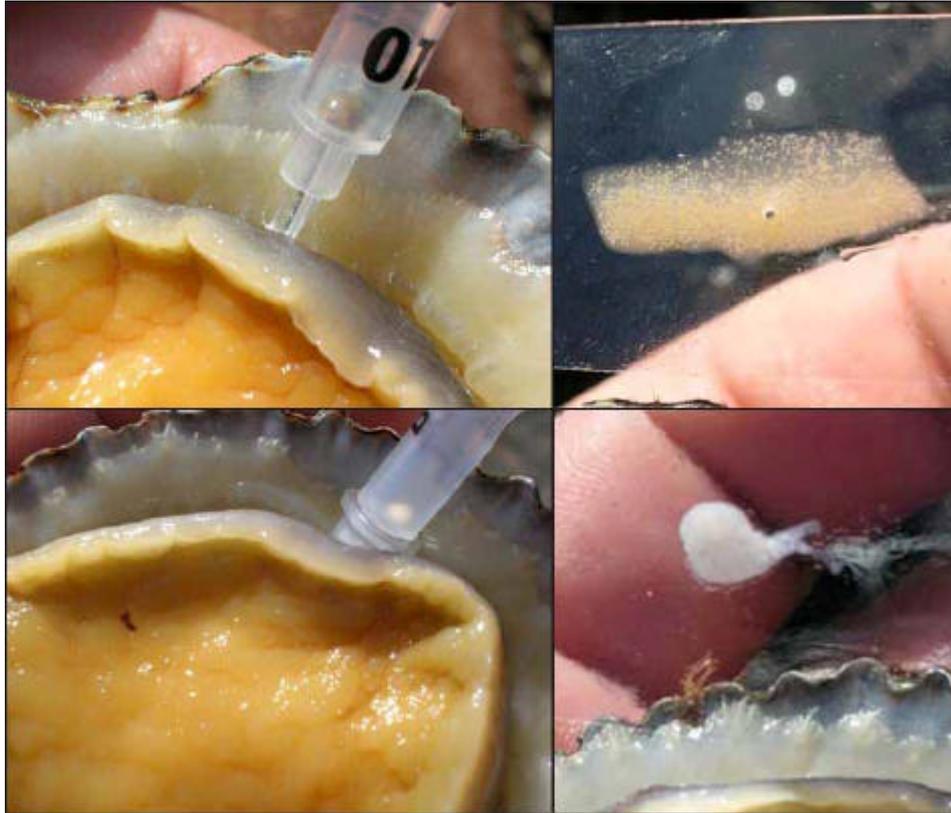


**Figura 2.6.** Esquema del corte longitudinal de una lapa, en la que se muestra la localización de la gónada (en rosado) y se representa el procedimiento para realizar la biopsia mediante una jeringuilla (técnica de WRIGHT y LINDBERG, 1979)..

Esta técnica ya fue utilizada con éxito en *Patella ferruginea* en trabajos anteriores llevados a cabo en el archipiélago (GUALLART, 2006). Durante la presente Asistencia Técnica se planteó su uso de manera más extensa con el fin de cubrir varios objetivos:

- ampliar la información acerca de la composición de sexos de la población del archipiélago, incrementando los datos disponibles resultantes de trabajos anteriores
- contrastar la hipótesis acerca del modo de reproducción de *Patella ferruginea* (hermafroditismo vs. gonocorismo)
- identificación del sexo de ejemplares para su uso en el ensayo de técnicas de reproducción controlada
- determinar la mortalidad asociada (a corto o medio plazo) al empleo de esta técnica

En algunas ocasiones no se consigue obtener una muestra de la gónada durante la primera punción, tal vez porque no se ha conseguido alcanzar ésta o porque el ejemplar no se halla completamente maduro. En estos casos se puede repetir la operación varias veces, si bien se consideró que realizar numerosos intentos podría



**Figura 2.7.** 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. Imagen reproducida de GUALLART (2006).

incrementar las probabilidades de daño anatómico interno y la existencia de una mortalidad asociada a éste. Por ello, en ningún ejemplar de los utilizados para el sexado y devolución inmediata al medio natural se realizaron más de 3 punciones. Si al finalizar éstas no se obtenía la muestra adecuada, el ejemplar era considerado como de sexo “indeterminado” y era devuelto al medio natural.

Durante la presente Asistencia Técnica, todos los ejemplares a los que se les aplicó esta metodología fueron marcados para su posterior seguimiento. Se utilizaron diferentes tipos de marcas según el aspecto de estudio por los que se realizó el sexado. Algunos de los ejemplares sexados de este modo ya habían sido marcados mediante marcas con código numérico y de colores. En los ejemplares sexados que se trasladaron al laboratorio para ensayos de fecundación controlada, las marcas adheridas a la concha fueron también de este tipo. En los ejemplares que fueron sexados e inmediatamente devueltos a su medio, se empleó el segundo tipo de marcas, en las cuales no hay código numérico y el color de la marca solamente indica el sexo de cada ejemplar (ver Apartado 2.5).

Durante el sexado se registraron las condiciones en que éste se llevó a cabo para cada ejemplar, con el fin de analizar qué factores podrían influir en que el uso de esta técnica pudiera representar una causa de mortalidad a corto o medio plazo de los ejemplares. En concreto se registró:

- extracción de el ejemplar en la huella o fuera de ella
- revisión de daños en el epitelio del pie durante la extracción
- tiempo total transcurrido desde la extracción hasta la devolución al sustrato
- tiempo necesario para que el ejemplar quedara fijo al sustrato tras su devolución

Para evaluar la posible mortalidad asociada a esta técnica, se realizó una revisión de los ejemplares sexados en noviembre de 2007 para comprobar su presencia en el sustrato en las campañas siguientes (marzo y junio de 2008).

## **2.8. Tamaño de ovocitos, índice gonadosomático y fecundidad**

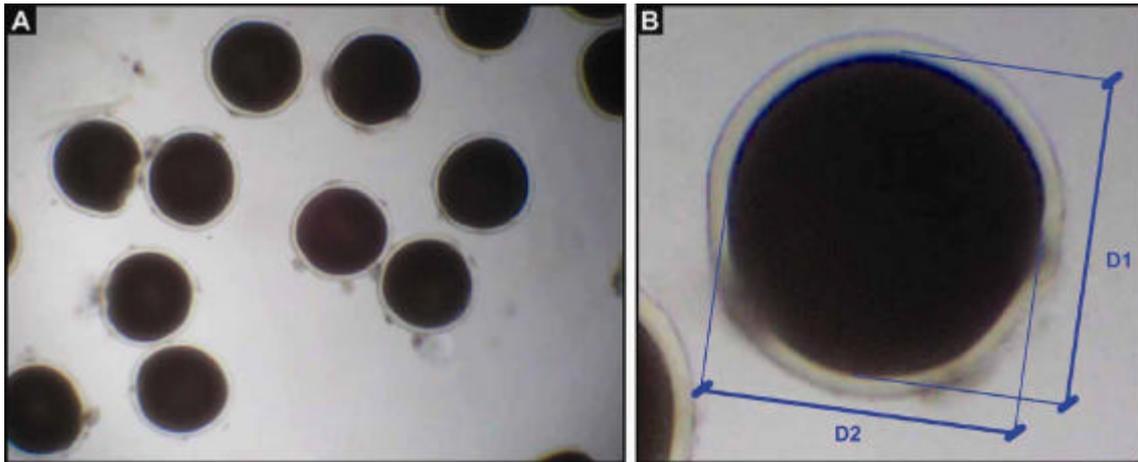
El tamaño de los ovocitos maduros y la fecundidad de las hembras de *Patella ferruginea* son dos parámetros muy relevantes para caracterizar la estrategia reproductiva de la especie.

La biometría de ovocitos se ha realizado a partir de muestras de ejemplares en avanzando estado de maduración gonadal o maduros, obtenidas durante los meses de octubre y noviembre. Con este fin se han utilizado muestras de gónadas femeninas procedentes de dos métodos distintos. El primero de ellos ha consistido en aprovechar las muestras resultantes de la biopsia obtenida por método de WRIGHT y LINDBERG (1979), en aquellos ejemplares identificados como hembras. En el segundo la muestra se obtenía directamente de la gónada de ejemplares diseccionados.

Las muestras de ovocitos se mantuvieron en agua de mar filtrada durante al menos una hora para que adquirieran una morfología esférica o subesférica y posteriormente fueron medidas mediante el uso de un microcopio con ocular micrométrico, a un aumento de 400x. Para cada muestra se midieron 20 ovocitos, seleccionando únicamente aquellos que hubieran adquirido forma redondeada o ligeramente ovoidal (Figura 2.8A). En cada para cada uno de ellos se midió la longitud de su eje mayor y la del eje perpendicular a éste, considerando su diámetro como el promedio entre ambos valores. En las medidas del diámetro no se ha considerado la capa gelatinosa transparente (“corion”) que inicialmente recubre los ovocitos (Figura 2.8B). El tamaño de ovocitos para cada ejemplar se ha considerado como el promedio de los diámetros de los 20 ovocitos muestreados.

El cálculo de la fecundidad (es decir, la determinación del número de ovocitos por hembra) requiere la extracción de la gónada y por tanto la disección de ejemplares. Ésta se llevó a cabo en ejemplares obtenidos durante los meses de octubre y noviembre. Con este fin se utilizaron algunas hembras muertas durante el periodo de acondicionamiento en los acuarios. Sin embargo, dado que uno de los objetivos de analizar la fecundidad es evaluar la influencia que en ésta tiene el tamaño de los ejemplares, se requirió la captura y sacrificio de determinados ejemplares para completar el rango de tallas de madurez.

Estos ejemplares fueron medidos (DM), pesados con concha (“Peso total”) y pesados de nuevo tras haberlos separado de ésta (“Peso corporal”). A continuación se diseccionaron y se separó y pesó la gónada (“Peso gonadal”).



**Figura 2.8.** Ovocitos maduros de *Patella ferruginea*. (A) Aspecto general de un grupo de ovocitos tras ser extraídos de la gónada y mantenidos en agua de mar, adquiriendo un aspecto redondeado o subsférico. (B) Biometría de un ovocito, indicando los dos ejes mayores (D1 y D2). En ambas imágenes se observa la cubierta gelatinosa que recubre los ovocitos, el “corion”.

Se ha calculado el Índice gonadosomático (IGS), definido como la relación porcentual del peso de la gónada respecto al total del peso de la masa corporal (excluida la concha), como:

$$\text{IGS} = \frac{\text{Peso gónada} * 100}{\text{Peso corporal}}$$

Para la obtención de una estima del número de ovocitos maduros presentes en cada gónada, se realizó la extracción de una muestra ésta y una serie posterior de submuestras, a partir de los cuales realizar una estimada mediante extrapolación. Así, se separó una muestra de la gónada de en torno a 0,20 g (“Peso muestra”), y de ella se extrajeron todos los ovocitos mediante agitación en un poco de agua sobre una placa Petri. Los ovocitos se transfirieron a una probeta graduada y se rellenó de agua de mar filtrada hasta completar un volumen de 60 ml. Tras homogeneizar esta suspensión, se extrajo una submuestra de 3 ml y su contenido se colocó sobre una placa Petri con una superficie total de 25 cm<sup>2</sup> y fondo cuadrículado. Tras agitar el contenido de la placa para conseguir una distribución aleatoria, se realizó un recuento bajo lupa binocular de los ovocitos presentes en 8 cuadrados de 1 cm<sup>2</sup> cada uno, dispuestos en las dos diagonales principales de la placa.

El número de ovocitos en la submuestra de 3 ml se ha calculado como:

$$\text{N}^\circ \text{ ovocitos en submuestra de 3 ml} = \frac{\text{N}^\circ \text{ ovocitos en } 8 \text{ cm}^2 * 25}{8}$$

A partir de estos datos, se ha calculado la “Densidad de ovocitos” en la gónada (número de ovocitos por gramo de gónada) como:

$$\text{Densidad ovocitos} = \frac{\text{N}^\circ \text{ ovocitos en submuestra 3 ml} * 60}{\text{Peso muestra} * 3}$$

Por su parte, el número total de ovocitos en la gónada o “Fecundidad” se ha calculado como:

$$\text{Fecundidad} = \text{Densidad ovocitos} * \text{Peso gónada}$$

Hay que destacar que los valores obtenidos para cada ejemplar deben considerarse como una estima aproximada del número total de ovocitos presentes en la gónada dado que existen varios factores que introducen un porcentaje de error en los cálculos. Entre estos cabe destacar:

- dificultad para extraer la totalidad de ovocitos presentes en la muestra de gónada
- ruptura de un cierto porcentaje de ovocitos durante la manipulación de esta muestra
- dificultad para distinguir en los recuentos posibles ovocitos no viables

A pesar de estas consideraciones, que tienen como objetivo asumir una cierta cautela en la valoración de los resultados, se considera que la metodología empleada permite obtener una buena aproximación al contenido total en ovocitos de las gónadas femeninas y, cuanto menos, a su orden de magnitud.

## 2.9. Determinación de la talla de madurez sexual

La talla de madurez sexual puede considerarse como la talla promedio o como el rango de tallas en que los ejemplares adquieren su primera madurez sexual. En el caso de *Patella ferruginea*, si se asume que presenta hermafroditismo proterándrico, al alcanzar la madurez sexual los ejemplares serían inicialmente machos.

La determinación de la talla de madurez sexual presenta una dificultad debido a la brevedad del periodo reproductor de la especie, de solo varios meses cada año (FRENKIEL, 1975; GUALLART, 2006; GUALLART et al., 2006). Se ha observado que los ejemplares de mayor talla durante el periodo de reposo sexual presentan una gónada reducida, en la que macroscópicamente (e incluso a menudo microscópicamente) no es posible determinar el sexo pero que la propia presencia de la gónada indica que han alcanzado la madurez sexual (GUALLART, 2006). Sin embargo cabe plantearse que en los ejemplares adultos de menor talla, la gónada pueda reducirse en el periodo de reposo sexual hasta ser macroscópicamente indistinguible, por lo que su caracterización como adultos o juveniles en función de la presencia o ausencia de gónada solo podría realizarse durante el periodo reproductor. Por otra parte, FRENKIEL

(1975) sugirió que precisamente los machos de menor talla serían los primeros que iniciarían la freza, tal vez a principios de noviembre, mientras que para la mayor parte de la población, incluidas las hembras, ésta tendría lugar a finales de este mes; estos datos que concuerda con algunas observaciones realizadas en las islas Chafarinas por GUALLART (2006). De este modo, se ha planteado que para determinar si un ejemplar de pequeña talla ya ha alcanzado la madurez sexual o es todavía un juvenil, el método más fiable es mediante comprobación de la presencia de una gónada desarrollada durante el mes de octubre.

En trabajos realizados previamente en el archipiélago (GUALLART, 2006), el número de ejemplares del rango de talla en que se supone aproximadamente que se alcanza la madurez sexual (entre 15 y 24 mm; FRENKIEL, 1975) fue muy reducido, únicamente de 6 ejemplares. Con el fin de obtener una estima más adecuada de la talla de madurez sexual, durante octubre de 2006 se capturaron y diseccionaron 20 ejemplares de tallas comprendidas entre 18,0 y 35,3 mm DM (promedio 28,2 mm).

Se ha considerado como rango de madurez sexual el intervalo comprendido entre el ejemplar adulto (macho) de menor tamaño y el ejemplar juvenil o inmaduro de mayor talla. Se define el parámetro “talla de 50 % de madurez sexual” como el valor para el que aproximadamente el 50% de los ejemplares alcanzarían la madurez sexual.

## **2.10. Captura y procesado de ejemplares**

Como se ha comentado anteriormente, 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, en particular la talla de madurez sexual, la fecundidad y los ensayos de reproducción controlada.

Dado el estatus de protección de esta especie en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (previamente Catálogo Nacional de Especies Amenazadas) se solicitó y se obtuvo autorización de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (Ministerio de Medio Ambiente) para el manejo y extracción de hasta un máximo de 200 ejemplares.

De acuerdo con lo establecido en la autorización obtenida, se va elaborar un informe con los datos de los ejemplares de *P. ferruginea* extraídos a lo largo del estudio. Entre estos se incluirán no solamente los sacrificados, sino todos aquellos que al menos fueron separados del sustrato y sujetos a manejo con distintos fines. Hay que destacar que numerosos de estos ejemplares fueron devueltos al medio natural tras la aplicación de distintas metodologías de estudio y que al finalizar el periodo de trabajo permanecían vivos en su hábitat natural. Una vez elaborado, una copia de este informe será enviada a la Dirección Técnica del R.N.C. de las Islas Chafarinas.

Tal y como indica la recientemente aprobada Estrategia de conservación de *P. ferruginea* en España (AA.VV., 2008) todas las muestras conservadas de los ejemplares sacrificados, incluidas sus conchas, han sido depositadas en un centro de investigación de referencia, el Museo Nacional de Ciencias Naturales.

## 2.11. Muestreos de zooplancton

En la presente Asistencia Técnicas se planteó realizar un primer intento de localizar e identificar larvas de *Patella ferruginea* en el zooplancton.

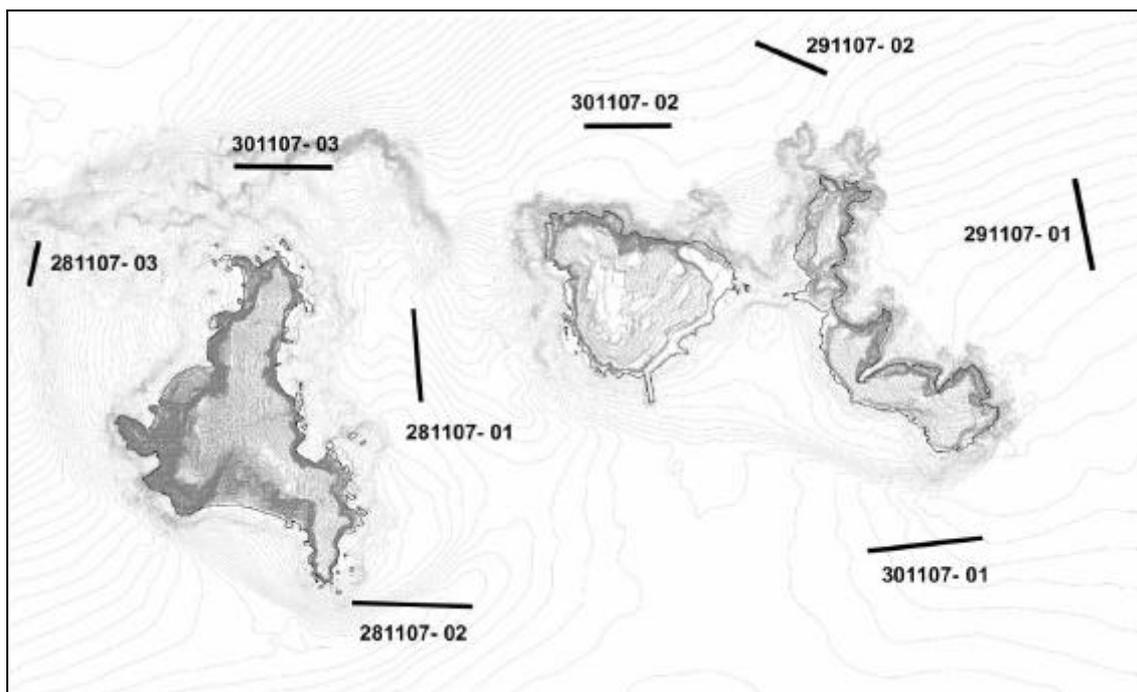
El objetivo de estos trabajos está relacionado con lo sugerido por algunos autores acerca de que *Patella ferruginea* presenta una escasa capacidad de dispersión natural y que este sería uno de los motivos que contribuiría al estado de regresión actual de las poblaciones de la especie (LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1990b; 1991b). La posibilidad de identificar sus larvas en el zooplancton podría ser de utilidad en el futuro para planificar muestreos que permitieran determinar de una manera casi directa la capacidad efectiva de dispersión mientras dura la fase planctónica de su desarrollo larvario.

Se partía *a priori* de la dificultad que este trabajo conllevaba, por varios motivos. Por una parte, se desconoce el comportamiento de las larvas en su fase planctónica y su ubicación en la columna de agua. Además, hasta la fecha no ha sido descrito el desarrollo larvario de esta especie por lo que *a priori* la búsqueda de larvas en las muestras debía fundamentarse en las descripciones de otras especies del género *Patella*, en principio sin certeza de que se pudiera tratar de *P. ferruginea*.

Los muestreos de zooplancton con este fin deben llevarse a cabo evidentemente en un corto periodo de tiempo tras la freza principal de la población. El 24 de noviembre de 2007, coincidiendo con una de las campañas en el archipiélago, se inició un fuerte temporal de levante que, de acuerdo con algunas observaciones supuso probablemente el inicio de la freza de al menos la mayor parte de la población de *Patella ferruginea* de las Islas Chafarinas. Durante los tres días siguientes y ante la persistencia del temporal, no se pudieron realizar muestreos, pero a lo largo de los días 28, 29 y 30 de noviembre, ya remitido el temporal, se llevaron a cabo un total de 8 arrastres de plancton distribuidos en el entorno del archipiélago (Figura 2.8).

Los muestreos se realizaron desde la embarcación neumática de la Estación Biológica con una red de plancton de 100  $\mu\text{m}$  de malla, con un copo de 64  $\mu\text{m}$ . Todos los arrastres se realizaron en la parte más superficial de la columna de agua, a menos de 2 m de profundidad. Cada arrastre se llevó a cabo durante un periodo de 10 minutos, a una velocidad de entre 1 y 2 nudos. Los puntos inicial y final de cada arrastre se determinaron mediante un equipo GPS.

Tras cada arrastre, la muestra obtenida en el copo fue trasladada en fresco al laboratorio para un primer examen *in vivo*. Posteriormente las muestras fueron fijadas en formalina tamponada y, tras 24 horas, transferidas a etanol 70°.



**Figura 2.8.** Localización de los muestreos de zooplancton realizados en noviembre de 2007 en las aguas del archipiélago, para la prospección de larvas de *Patella ferruginea*. En el código de arrastre, los 6 primeros dígitos representan la fecha en que fue realizado.

## 2.12. Sustratos desmontables y colectores de juveniles

### Sustratos desmontables

Los sustratos desmontables (SD) son un tipo de elementos diseñados por el autor de la presente Asistencia Técnica y que han sido empleados y descritos con detalle en una memoria anterior (GUALLART, 2006). Consisten en elementos sólidos colocados en el litoral, en zonas que permiten el desarrollo de un hábitat adecuado para ejemplares de *Patella ferruginea*, y que pueden ser desmontados, transportados e instalados de nuevo en otro emplazamiento junto con los ejemplares de esta especie que se hallen situados sobre ellos.

El principio en que se basa es que la extracción de ejemplares de *Patella ferruginea* para diversos fines generalmente implica la separación del sustrato natural al que están adheridos y que este proceso supone una actuación como mínimo estresante para los ejemplares (a menudo se pueden producir también daños en la superficie adhesiva del pie de los ejemplares) que pueden suponer a corto o medio plazo la mortalidad de ellos. Estos SD se plantean como un elemento que permita que este proceso de extracción no implique el arrancamiento de los ejemplares del sustrato, sino que el propio sustrato sea el que se pueda extraído (y en su caso reinstalado) para el transporte o manejo de ejemplares. Además, los ejemplares pueden ser manejados y/o transportados sobre un sustrato sobre el que se puede considerar que han asumido como su zona de campeo, es decir, sobre el que han desarrollado su propia huella y sobre el que encuentran una cobertura algal adecuada para su nutrición y supervivencia.

El uso de SD permite además otros usos, de manera que en conjunto su empleo está dirigido al menos a 4 objetivos:

- manejo de ejemplares adultos
- transporte ejemplares
- captación de juveniles
- preengorde de juveniles

Inicialmente los SD instalados en trabajos anteriores (GUALLART, 2006) y al principio de los trabajos de la presente Asistencia Técnica consistían en rocas obtenidas en el archipiélago.

Uno de los planteamientos iniciales básicos para la instalación de estos SD se centraba en que debían ubicarse en zonas del archipiélago apropiadas para el desarrollo de esta especie (respecto a inclinación, grado de exposición al hidrodinamismo,...) pero que no debían competir por la superficie existente de manera natural para *P. ferruginea*. Por este motivo, los SD se plantearon para ser instalados en zonas con plataformas de rocosas subsuperficiales con recubrimiento algal típico del mesolitoral inferior. Las rocas que debían constituir estos SD debían por tanto tener un grosor adecuado para que, al elevarse sobre la superficie en que estaban atornillados, alcanzaran una cota que correspondiera al mesolitoral superior sobre el que habita la especie.

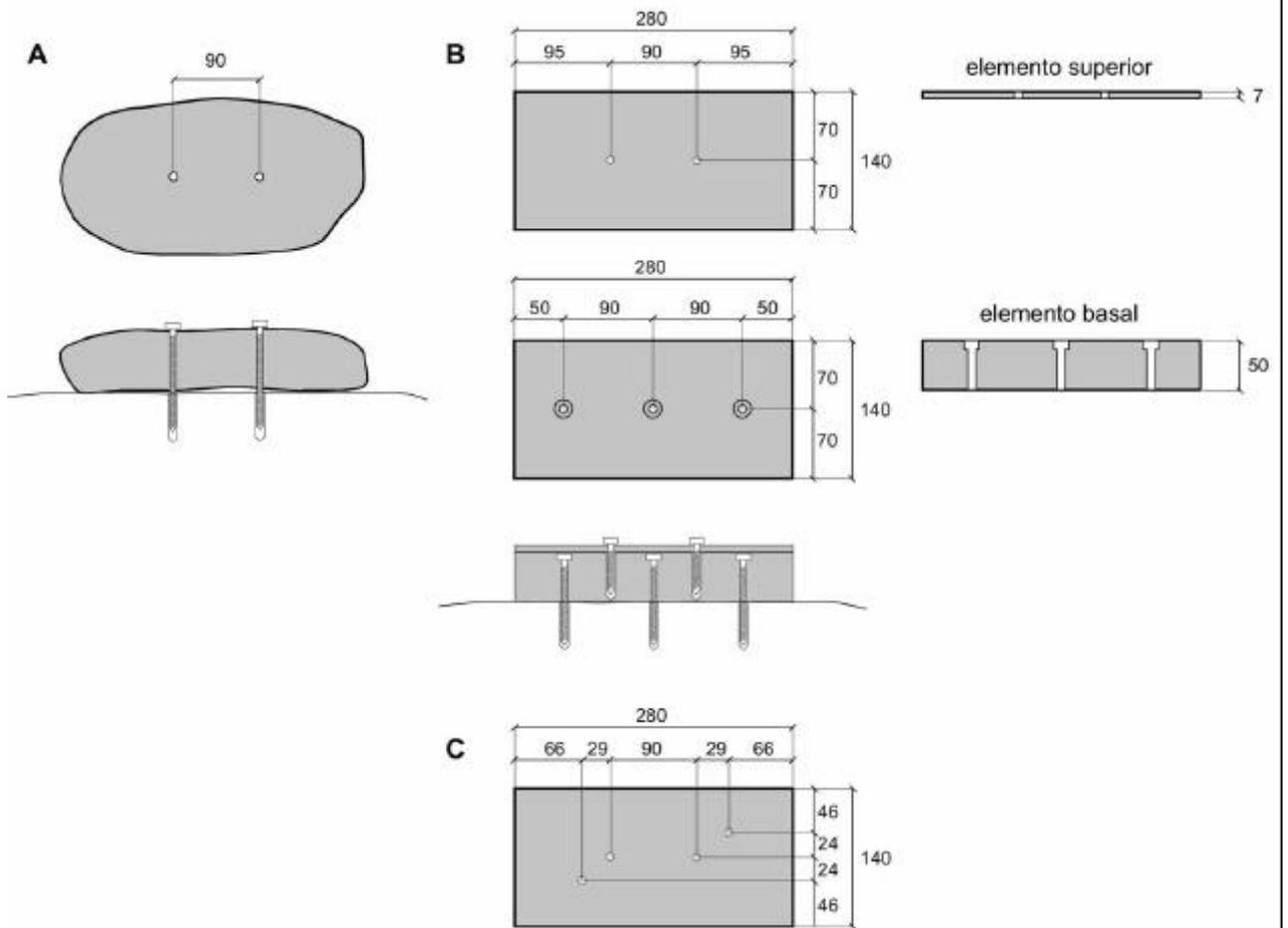
Los principales problemas de este tipo de SD eran, por una parte, la dificultad para conseguir elementos de roca adecuados en el archipiélago y, en segundo lugar y sobre todo, su propio peso. Debido al grosor necesario para que, instaladas sobre una plataforma con cobertura del mesolitoral inferior alcanzara su superficie una cota propia del mesolitoral superior (4 - 5 cm), cada SD de los instalados inicialmente podía presentar un peso de varios kilogramos. Esto podía suponer un problema sobre todo en el caso de plantearse su uso para el transporte de numerosos ejemplares

Por este motivo a mediados de 2007 se planteó el diseño de un segundo tipo de SD. Este se ha denominado como “Sustrato desmontable doble” (SDD), dado que consta de dos elementos. El primer elemento es una pieza rígida que se atornilla al sustrato rocoso natural, y que presenta un grosor para alcanzar la cota adecuada. El segundo elemento es una baldosa de mucho menor grosor (y por lo tanto más ligera y manejable) que se atornilla sobre su superficie superior. Se basa en la idea de que el elemento más grueso (y pesado) que proporciona la cota superficial adecuada al SD puede mantenerse permanentemente instalado sobre el sustrato natural, mientras que el segundo elemento, mucho más ligero, sería sobre el que se desarrollaría la cobertura algal adecuada y sobre el que se situarían los ejemplares de *Patella ferruginea*; en caso de requerir transportar este elemento (junto con los ejemplares de *Patella ferruginea* situados sobre él) se desmontaría únicamente la baldosa superior

Se ha experimentado con varios materiales para el elemento basal. En los primeros ensayos se utilizaron bien piezas de roca natural (con una superficie superior suficientemente plana que permitiera la instalación de la baldosa superior), bien ladrillos macizos existentes en las escombreras de Isabel II. A principios de 2008 se ensayó el uso como elemento basal de piezas de nailon macizo, al considerar este material como muy resistente a la vez que inerte.

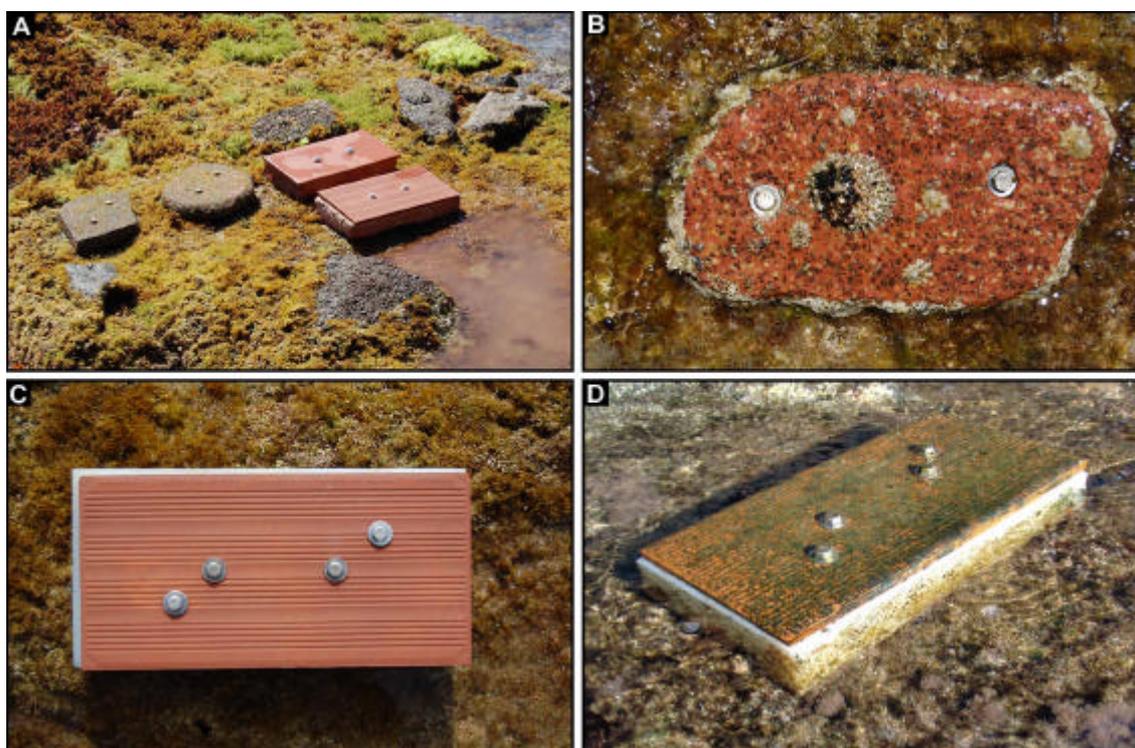
Para sujetar el elemento superior sobre el elemento basal, en este último se realizaron perforaciones y se colocaron tacos de plástico en los que fijar los tornillos correspondientes. En los SDD iniciales, con elemento basal de ladrillo de roca, el elemento superior se fijaba únicamente por 2 tornillos, dispuestos a una distancia (90 mm) idéntica a la utilizada en SD simples, constituidos únicamente por una pieza de roca. En los SDD con elemento basal de nailon, ante la duda de que los tacos quedarán fijos al colocarlos en este material, se realizaron 4 perforaciones para la fijación del elemento superior: en 2 de ellos se colocaron tacos y se adhirieron a la pieza de nailon con resina de poliéster, y en los otros dos se roscó la perforación (métrica 6) para el atornillamiento directo de los tornillos utilizados.

Hay que destacar que uno de los planteamientos básicos del diseño de los SD ha sido que los sistemas de anclaje a la roca se realizaran con un patrón estándar, de manera en cualquier momento pudieran intercambiarse o, al desmontar un SD, poder colocar uno nuevo con facilidad. Por este motivo se ha definido un patrón en la disposición de las perforaciones de los distintos elementos, que se presenta en la Figura 2.9.



**Figura 2.9.** Disposición de las perforaciones en Sustratos desmontables (SD). (A) SD simple, constituido por una roca de la zona. (B) SD doble (SDD) en el que se muestran los dos elementos que lo constituyen y su posición una vez instalado sobre el terreno. (C) Perforaciones en el elemento superior de un SDD con base de nailon. Todas las acotaciones en milímetros.

En la Figura 2.10 se presentan algunos ejemplos del aspecto de los SD una vez instalados.



**Figura 2.10.** Imágenes de sustratos desmontables (SD) instalados en el archipiélago. (A) Aspecto general de un grupo de SD, en los que se observa 2 SDD con elemento basal de ladrillo recién instalados y 7 SD simples que llevaban más de un año instalados en el momento de tomar la imagen. (B) SD simple, con un ejemplar adulto de *Patella ferruginea* y un pequeño juvenil de esta especie (a su izquierda) fijado espontáneamente durante el invierno de ese año; en la SD se observan además ejemplares pertenecientes a otras especies del género *Patella*. (C) SDD con elemento basal de nailon recién instalado. (D) SD de la imagen anterior, tras 3 meses desde su instalación, mostrando la cobertura algal desarrollada en el elemento superior.

### Colectores flotantes

Los colectores flotantes son uno de los sistemas (junto con los SD) destinados a intentar obtener juveniles de *Patella ferruginea* procedentes de la fijación natural, con el fin de poder llevar a cabo en el futuro trabajos de traslado de ejemplares, siguiendo las directrices establecidas en la “Estrategia de conservación de la lapa ferrugínea (*Patella ferruginea*) en España” (AA.VV., 2008).

La idea procede en parte de la observación en verano de 2003 de la existencia de ejemplares de *Patella ferruginea* en las boyas de amarre de unas instalaciones de engorde piscícola, instaladas a finales de 1998 por parte de una empresa marroquí a algo más de 500 m de distancia al sur de la isla de Isabel II. La presencia de estos ejemplares en las boyas solamente se podía explicar suponiendo que procedían de larvas

planctónicas de la especie que se fijaron sobre este sustrato. Este hecho ponía de manifiesto la viabilidad de utilizar como colectores para fijación de larvas sustratos flotantes de materiales artificiales (e.g. no rocosos).

Si bien la utilización de colectores en el mar es una técnica con una larga tradición para la obtención de juveniles (“semilla”) de distintas especies de moluscos de interés comercial, todos los colectores usados habitualmente están dirigidos a especies infralitorales, en los que la fijación y metamorfosis de las larvas tiene lugar por debajo de la superficie del agua. Frente a esto, se supone que la fijación de larvas de *Patella ferruginea* tendría lugar en cotas más superficiales; aunque no se conoce con seguridad, es probable que esta se produzca entre el límite de las comunidades de mesolitoral inferior y superior, a la altura de las formaciones de *Dendropoma petraeum*.

Ésta por tanto debe ser una de las primeras características en la instalación de colectores flotantes, que no cumple en principio ninguno de los modelos de colectores diseñados comercialmente. De acuerdo con esta idea, los colectores para *Patella ferruginea* deberían en principio:

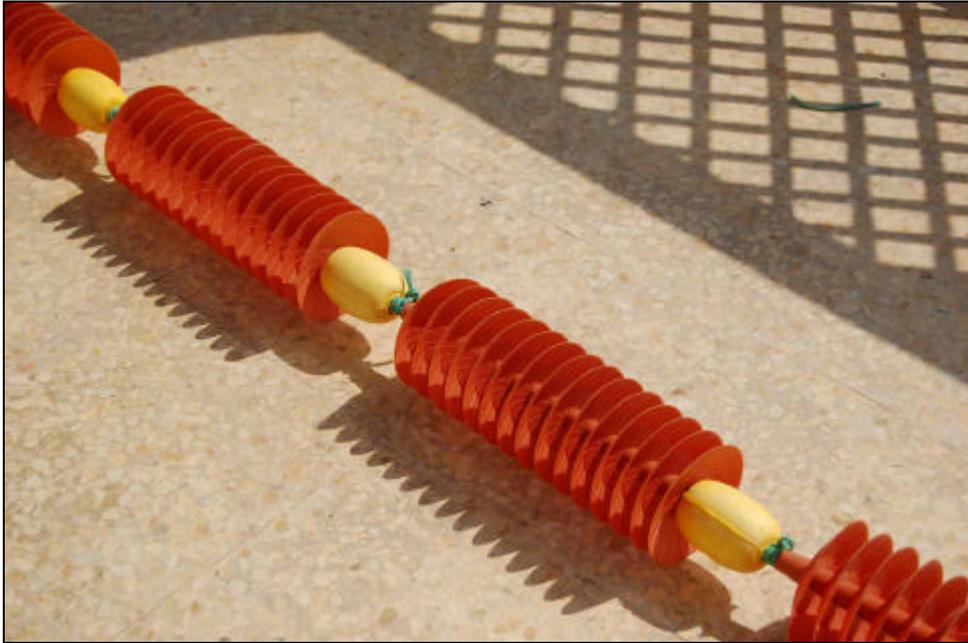
- presentar flotabilidad positiva o baja flotabilidad negativa, con el fin de mantenerlos con facilidad en la superficie
- presentar una elevada superficie en relación con el volumen de la instalación, una parte relevante de la cual correspondiera a la interfase agua – aire.

Si bien las experiencias realizadas en la presente Asistencia Técnica se planteaban a nivel experimental y a pequeña escala, en vista a posibles futuras instalaciones a mayor escala dirigidas a obtener un importante contingente de juveniles, estos colectores deberían ser en lo posible:

- económicos
- de construcción sencilla o correspondientes a un modelo disponible comercialmente
- fácilmente transportables al archipiélago

De acuerdo con estas ideas, a finales de 2006 se planteó el uso de un tipo colectores utilizados comercialmente para la captación de semilla de ostra, pero empleando una modificación en su disposición de manera que fueran adecuados a los fines de captar juveniles de *P. ferruginea*. Este tipo de colectores, conocidos popularmente como “sombrecitos chinos”, son unos elementos de plástico, con una superficie subcónica y un eje central, a través del cual se engarzan unos con otros formando en conjunto una especie de columna con una elevada relación superficie – volumen.

En su empleo para la captación de ostra, las columnas de colectores se colocan verticalmente, sumergidas y mantenidas a una determinada profundidad mediante boyas. Para el caso de *Patella ferruginea* se planteó disponer las columnas de colectores en posición horizontal, flotando en superficie. Los “sombrecitos chinos” presentan la ventaja de que poseen flotabilidad casi neutra, de manera que se mantienen en superficie simplemente colocando una serie de pequeñas boyas cada cierto número de colectores (Figura 2.11).

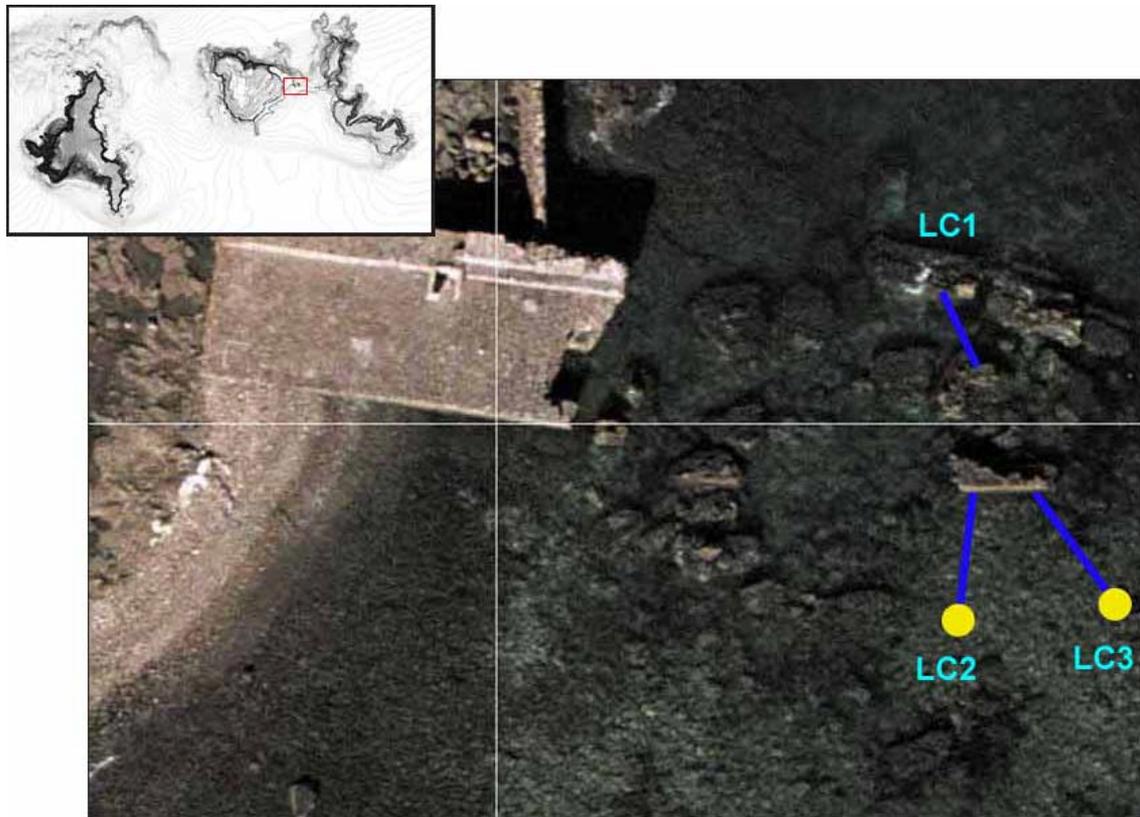


**Figura 2.11.** Colectores tipo “sombrecitos chinos” utilizados para el ensayo de la captación de juveniles de *Patella ferruginea*, ya enhebrados con el un cabo de plástico y con boyas dispuestas periódicamente para conseguir la flotabilidad de la línea.

Otra cuestión relevante que se planteó era el lugar idóneo donde colocar los colectores. 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 parte, a no ser que se señalicen adecuadamente, no deberían ubicarse en zonas que puedan suponer problemas para el tránsito de embarcaciones. En el caso de los colectores para *Patella ferruginea*, 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 el entorno de las rocas que representan los restos del dique roto que unía las islas de Isabel II y Rey Francisco, junto a la primera de éstas. Esta zona presentaba varias ventajas. Por una parte era fácil su control desde la propia Estación Biológica. 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” donde se han detectado en diferentes años tasas de reclutamiento de juveniles muy elevadas.

En octubre de 2006 se instalaron 100 colectores tipo “sombrecito chino” en una línea colocada entre dos de los bloques del dique roto (Figura 2.12, LC1). Para ello se instalaron 2 grupos de 3 fijaciones en cada uno de estos bloques, utilizando con este fin anclajes de escalada enmosquetonables. La línea que engarzaba los colectores consistía en un cable de acero de 4 mm Ø, que se sujetaba en cada extremo a la roca haciéndola pasar por los tres anclajes instalados.

En septiembre de 2007 se realizó un segundo ensayo con “sombrecitos chinos”. La zona elegida fue la misma, los rocas sueltas del dique roto aledañas a la isla Isabel II si bien en este caso se colocaron 3 líneas: una entre los mismos bloques que en 2006 y otras dos entre otro de los bloques y sendas boyas fijadas sobre el fondo a unos 15 m al sur de éste (Figura 2.12). En total se instalaron 252 colectores. Durante este año las líneas utilizadas fueron de cuerda trenzada de plástico de 16 mm Ø.



**Figura 2.12.** Localización de las líneas de colectores (LC) ensayadas. En octubre de 2006 se instalaron colectores en LC1, en septiembre de 2007 en LC1, LC2 y LC3 y en marzo de 2008 en LC2.

Como se describe en el apartado 3.2.2, en ambos casos anteriores la instalación de los “sombrecitos chinos” no dio buenos resultados, en 2006 por rotura del cable de acero y en 2007 por rotura y pérdida de la mayor parte de la superficie útil de los colectores.

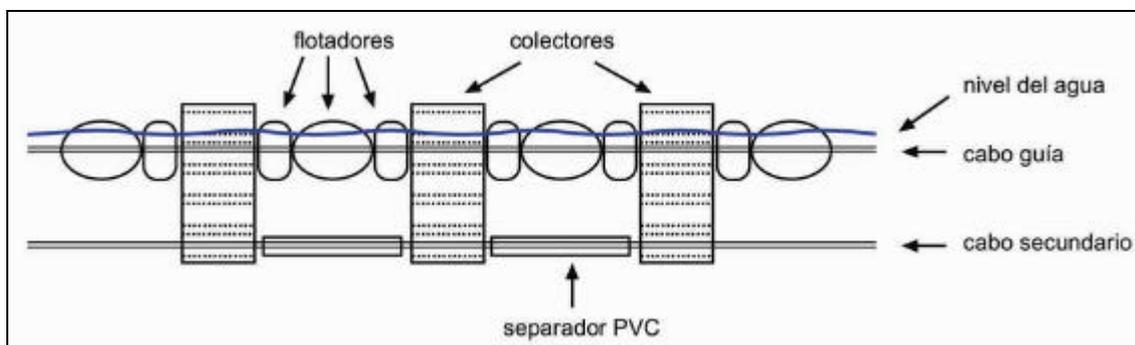
Por este motivo, en marzo de 2008 se ensayó un nuevo tipo de colectores, que en la presente Memoria se ha denominado como colector “tipo ladrillo”. La instalación en esas fechas, lejos del periodo reproductor (otoño) iba dirigida no tanto a intentar captar inmediatamente juveniles como a evaluar su resistencia y capacidad para mantener las superficies con una cobertura algal adecuada.

Se emplearon piezas de ladrillo procedente del corte de bardos de 90 x 22 cm y 4 cm de grosor, con 5 huecos, en 9 trozos, dando resultado piezas 10 x 22 cm. Con el objetivo de disminuir la flotabilidad negativa de estas piezas, 3 de los 5 huecos (1º, 3º y

4º, contados desde un extremo) fueron rellenos con espuma de poliuretano y los extremos de éstos sellados con silicona (con el fin de que el oleaje no erosionara la espuma)

El cabo guía de estos colectores, de plástico trenzado de 8 mm Ø, fue pasado por uno de dos huecos restantes, el 2º a partir de un extremo. A través del último hueco, el 5º, se enhebró un cabo secundario cuyo objetivo era reducir el movimiento de vaivén de los colectores debido al oleaje; este último cabo además enhebraba una serie de tubos de PVC que mantenían separados los diferentes elementos y pretendían minimizar las posibilidades de choque entre ellos en situaciones de oleaje intenso.

En la Figura 2.13 se presenta un esquema de la estructura y disposición de los colectores y en la Figura 2.14 se muestra el aspecto de éstos antes y después de su instalación.



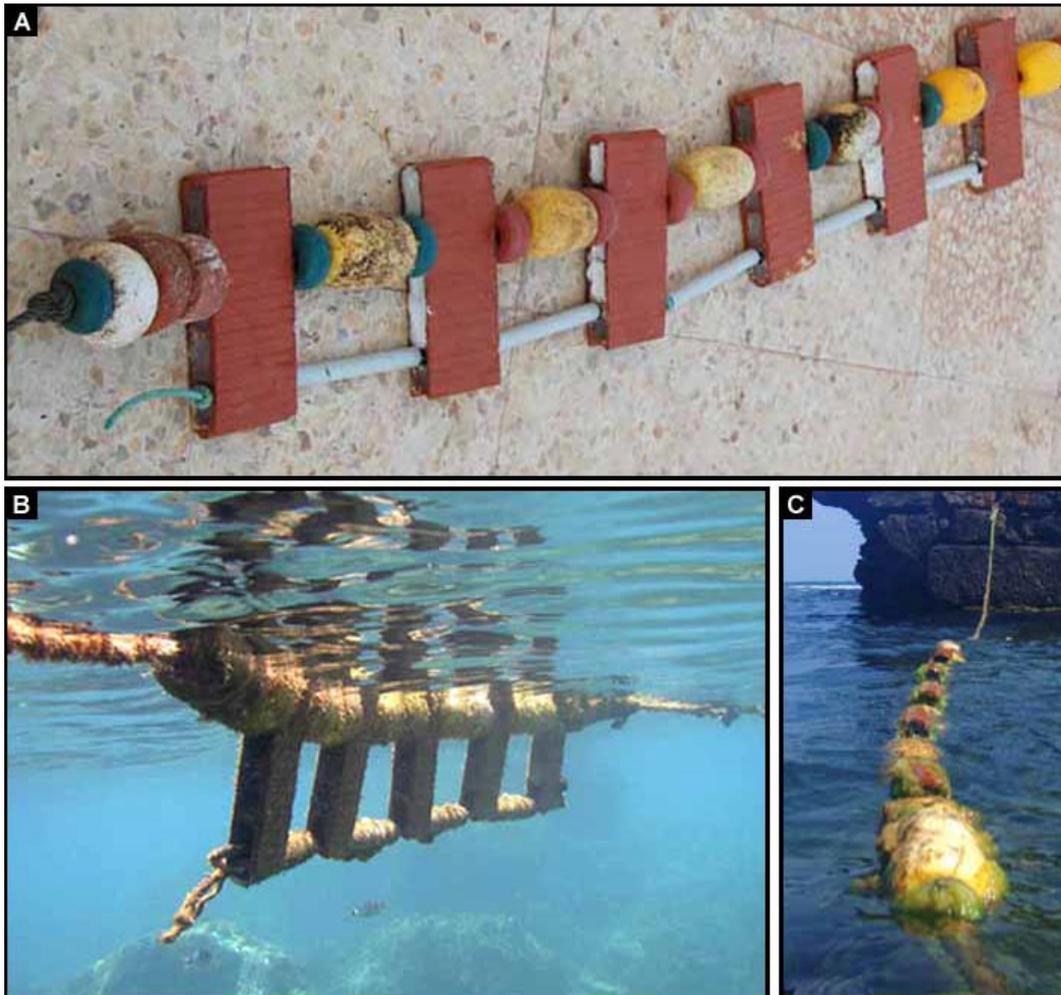
**Figura 2.13.** Esquema de la estructura y disposición de los colectores “tipo ladrillo”.

## 2.13. Ensayos de fecundación artificial

En el Pliego de prescripciones técnicas y en la Oferta correspondiente se plantea la posibilidad de que en el caso de que se pudiera disponer durante la presente Asistencia Técnica “de las instalaciones del laboratorio húmedo con sistema de acuarios en las islas Chafarinas, se podrá plantear el desarrollo de una serie de experiencias, en coordinación con otros grupos especialistas en el tema, para el ensayo de técnicas de reproducción controlada de *P. ferruginea* en estas instalaciones.”

A lo largo de la presente Asistencia Técnica, durante el periodo reproductor de la especie (otoño) en que pueden llevarse a cabo estas experiencias, las instalaciones mencionadas no se hallaban todavía disponibles.

A pesar de ello y de acuerdo con la Dirección Técnica, se decidió intentar llevar a cabo algunas experiencias preliminares tanto en noviembre de 2007 durante el desarrollo de los trabajos relativos al Contrato como en un periodo anterior a la firma del éste, en octubre de 2006.



**Figura 2.14.** Colectores “tipo ladrillo”. (A) Aspecto general tras su construcción y previo a su instalación. (B) y (C) Aspecto de los colectores instalados en el mar, con la cobertura algal adquirida tras su permanencia 3 meses en el agua.

En el otoño de 2006 se decidió acondicionar una serie de ejemplares de *Patella ferruginea* para la su traslado al Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (IATS) (Castellón), perteneciente al CSIC, donde, conjuntamente con el equipo del Dr. Juan Peña, realizar ensayos de reproducción controlada. En el apartado 3.2.4 se detallan algunos aspectos del acondicionamiento y transporte de ejemplares.

Por otra parte en noviembre de 2007 se llevaron a cabo otras experiencias relacionadas con este aspecto en las Islas Chafarinas.

En ambos casos se llevaron ensayos de inducción a la puesta, siguiendo técnicas descritas para otras especies de gasterópodos marinos y, en particular, para algunas especies de lapas (CORPUZ, 1981; KAY y EMLET, 2002). Además, se ensayó la técnica de fecundación propuesta por DODD (1957) para *Patella vulgata* y *P. caerulea*, que consiste en la obtención de gametos para la fecundación mediante el sacrificio y extracción de las gónadas de ejemplares maduros.

En noviembre de 2006 en el IATS se llevó a cabo esta experiencia a partir del sacrificio de una hembra. Para la obtención de esperma, no se sacrificó ningún ejemplar sino que se extrajeron muestras de dos ejemplares mediante la técnica de WRIGHT y LINDBERG (1979).

En noviembre de 2007 se llevaron a cabo en las Islas Chafarinas 4 experiencias siguiendo esta metodología. En cada uno de los casos se empleó una hembra adulta y, mientras en 3 de ellos se obtuvo la muestra de esperma a partir de la técnica de WRIGHT y LINDBERG (1979), en uno de ellos se decidió sacrificar un macho para obtener una muestra de gametos más abundante.

Dado que estos trabajos no fueron incluidos explícitamente en el Pliego de condiciones y que parte de estos datos, los procedentes de los trabajos llevados a cabo en el IATS, son propiedad del equipo del Dr. Juan Peña, en la presente Memoria se presenta únicamente una síntesis de las principales observaciones y resultados obtenidos en estas experiencias.

## **2.14. Control de la población de depredadores naturales de la especie en zonas de experimentación**

Los principales depredadores naturales de *Patella ferruginea* en las islas Chafarinas son el gasterópodo *Stramonita haemastoma* y el cangrejo *Eriphia spinifrons* (GUALLART, 2006; GUALLART y ACEVEDO, 2006).

La eliminación de depredadores en enclaves puntuales es una intervención que se considera que puede tener interés para aumentar las probabilidades de supervivencia de determinados ejemplares de elevado interés, durante el desarrollo de distintas experiencias. Algunas de estas experiencias se han llevado a cabo de hecho durante la presente Asistencia Técnica. Por otra parte, la evaluación de esta metodología puede presentar utilidad en trabajos a realizar en el futuro, sobre todo en el traslado de ejemplares a otras áreas geográficas. Entre las zonas donde puede ser necesario la eliminación de depredadores naturales cabe destacar:

- zonas de traslado de ejemplares a sustratos desmontables, en particular juveniles, en vistas a la reintroducción en otras zonas
- zonas experimentales de sexado y marcaje de ejemplares
- zonas de reintroducción de ejemplares en otros enclaves geográficos

En el presente contrato se ha planteado la eliminación experimental de estas dos especies de depredadores en dos zonas experimentales de seguimiento: el transecto “Norte del dique roto” (NDR) y el transecto “el Pirata” (EPI), ambos en la isla de Isabel II (ver Figura 2.4).

El objetivo de este ensayo era doble. Por una parte, en ambas zonas (particularmente en NDR) se instalaron “sustratos desmontables” (SD). En éstos, se trasladaron experimentalmente algunos ejemplares sexados, a los cuales era importante disminuir la probabilidad de mortalidad natural tanto para evaluar su adaptación al nuevo sustrato, el efecto que pudiera tener el sexado mediante el método de WRIGHT y

LINDBERG (1979), así como contrastar la hipótesis del modo de reproducción de la especie investigando la posibilidad de que algunos ejemplares cambiaran de sexo. Además estos SD podían actuar como colectores de juveniles (ver apartado 2.12) por lo que ante la posibilidad de que se produjera en ellos la fijación natural de larvas, resultaría interesante ensayar métodos que supusieran aumentar la probabilidad de supervivencia de estos juveniles para futuros ensayos de manejo, preengorde o traslado a otras zonas.

El otro objetivo se centraba en comprobar si la extracción de ejemplares de estas especies con una periodicidad trimestral resultaría suficiente para mantener una baja densidad en estas zonas experimentales, o bien en cambio la disminución de su densidad en estos enclaves conllevaría una rápida colonización por ejemplares de zonas aledañas.

De este modo, a partir de julio de 2007 se realizaron prospecciones con el fin de extraer todos los ejemplares de ambas especies en dos zonas que comprendían los sectores anteriormente citados. Además de la zona de cada transecto, se incluyeron con este fin sendos tramos adicionales de costa de 5 m de longitud adyacentes a cada transecto.

Hay que destacar que a lo largo de las campañas realizadas no se hallaron ejemplares de *E. spinifrons* en estas zonas por lo que la extracción de ejemplares se restringió únicamente al gasterópodo *S. haemastoma*.

Cada uno de los ejemplares extraídos fue medido: longitud total de la concha (LT, mm).

Durante la primera campaña, en julio de 2007, los ejemplares extraídos fueron devueltos al medio en otra zona del litoral, en concreto en las proximidades del muro situado al norte del muelle chico en la isla de Isabel II. Sin embargo posteriormente se consideró que este “traslado” de ejemplares de *S. haemastoma* debía suponer un aumento considerable de la población de esta especie en la nueva zona, lo cual podía influir en la dinámica natural de los ejemplares de *Patella ferruginea* y de otras especies litorales presentes en ésta. Por este motivo, a partir de la campaña de septiembre de 2007 no devolvieron al medio los ejemplares de *S. haemastoma* obtenidos.

## **2.15. Temperatura superficial del agua**

Aunque no establecido en el Pliego de condiciones, durante las campañas realizadas para el estudio de *Patella ferruginea* en el archipiélago desde 2005 se han venido tomando datos de la temperatura superficial del agua de mar.

Estas medidas se realizaron utilizando el pHmetro electrónico disponible en la Estación Biológica, cuyo sensor proporciona datos de temperatura con una resolución nominal de  $\pm 0,1$  °C. Las mediciones se realizaron en el puerto de la isla de Isabel II, en la zona de embarque del muelle chico, en un margen de  $\pm 2$  horas respecto al mediodía. La temperatura se midió a una profundidad aproximada de 70 cm respecto a la superficie.

A partir de septiembre de 2008 y por iniciativa de miembros del personal de servicio en la Estación Biológica se elaboró un protocolo para que pudiera ser registrada de manera voluntaria la temperatura superficial de agua de mar de una manera estandarizada y siguiendo una metodología semejante a la utilizada previamente.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Estudios de aspectos de la biología de *P. ferruginea*

##### 3.1.1. Determinación de la talla de madurez sexual

De entre los ejemplares capturados en el mes de octubre, 6 se consideraron inmaduros o juveniles por carecer de gónada identificable macroscópicamente. El mayor de estos juveniles presentaba una talla de 32.2 mm DM. Por su parte, el ejemplar adulto (macho) de menor tamaño sexado en el conjunto de los trabajos fue de 24.7 mm DM.

De este modo, se puede considerar que la talla de madurez sexual de *Patella ferruginea* en el archipiélago de las islas Chafarinas está comprendida en un rango de tallas aproximado entre 24 y 33 mm DM. La talla de 50 % de madurez sexual se puede considerar por tanto que se situaría en torno a los 28 mm DM. Estos resultados se sintetizan en la Tabla 3.1.

inmaduro de mayor talla:	32,2 mm DM
macho de menor talla:	24,7 mm DM
la talla de 50% de madurez sexual estimada	en torno a 28 mm DM

**Tabla 3.1.** Síntesis de resultados para la determinación de la talla de madurez sexual de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas.

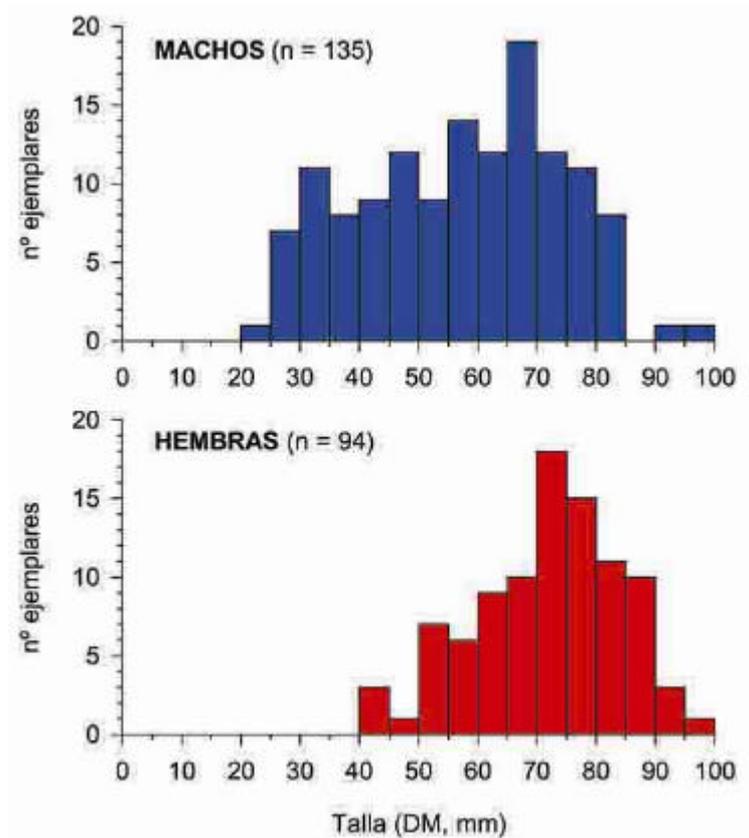
##### 3.1.2. Distribución de tallas por sexos

En la Figura 3.1 se representa la distribución de tallas por sexos para los ejemplares de *Patella ferruginea* analizados en las Islas Chafarinas. En esta Figura se incluyen los resultados tanto de los ejemplares sexados durante los trabajos de la presente Asistencia Técnica (n = 141) como aquellos para los que se obtuvo este tipo de información en trabajos precedentes (n = 88; GUALLART, 2006). En total se ha podido determinar el sexo de 229 ejemplares de *Patella ferruginea* hasta la fecha en el archipiélago.

En la tabla 3.2 se sintetizan los datos biométricos de los ejemplares sexados.

	machos	hembras
ejemplar de menor talla	24,7	41,0
ejemplar de mayor talla	97,3	95,2
talla promedio	56,8	71,5
n	135	94

**Tabla 3.2.** Síntesis de los datos biométricos (talla en mm DM) de los ejemplares de *Patella ferruginea* sexados hasta la fecha en las Islas Chafarinas.



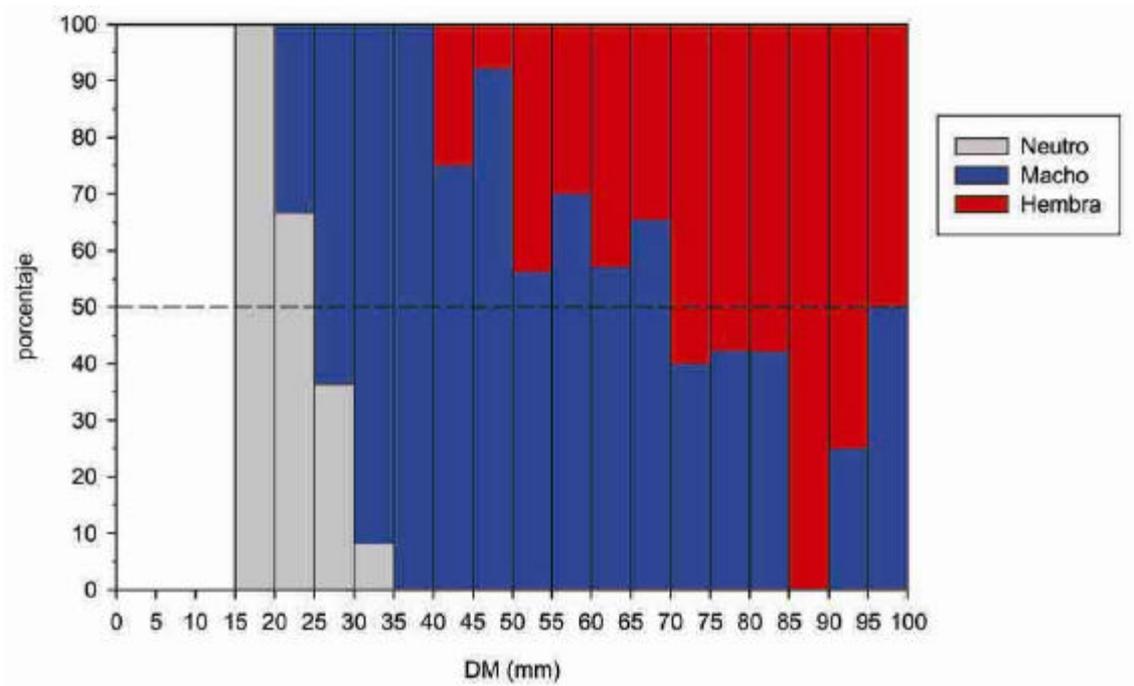
**Figura 3.1.** Distribución de tallas por sexos de los ejemplares de *Patella ferruginea* sexados hasta la fecha en las Islas Chafarinas.

La proporción de ejemplares de cada sexo para el total de ejemplares sexados ( $n = 229$ ) fue de 59,0 % machos y 41,0% hembras, es decir una relación 1:1,44 (hembras:machos).

En la Figura 3.2 se representan los datos de la Figura 3.1 como porcentaje del total de individuos de cada intervalo de tallas. Se ha incluido en ésta los datos de los ejemplares inmaduros (obtenidos durante el mes de octubre; ver apartado 3.1.1.)

En ésta se observa cómo la proporción entre machos y hembras tiende a disminuir conforme aumenta la talla. Mientras todos los ejemplares adultos  $< 40$  mm DM son machos, en todos los intervalos de tallas  $> 40$  mm DM es posible encontrar ejemplares de ambos sexos. Hay que destacar que ejemplar de mayor talla sexado hasta la fecha en las Islas Chafarinas, de 97,3 mm DM, era una macho (Tabla 3.2).

En la Tabla 3 se sintetiza la variación de la proporción de sexos en función de grupos de talla más amplios. En él se refleja cómo ésta proporción tiende a invertirse conforme aumentan de tamaño, para el rango de talla en que pueden hallarse ambos sexos ( $> 40$  mm DM). Así, para un rango de tamaño intermedio, 60-80 mm DM, la proporción de sexos es semejante, aproximadamente 1:1. En cambio para los rangos inferior (40 – 60 mm DM) y superior (80 – 100 mm DM) a este intervalo la proporción de ejemplares de cada sexo es semejante si bien inversa: proporción aproximada 2:5 (hembras:machos) en el primero y de 5:2 en el segundo.



**Figura 3.2.** Variación del porcentaje de sexos en ejemplares adultos por rangos de talla.

rango tallas	% machos	% hembras	n
< 40 mm DM	100,0	0,0	25
40-60 mm DM	72,1	27,9	54
60-80 mm DM	50,9	49,1	97
>80 mm DM	28,6	71,4	34
n	135	94	229

**Tabla 3.3.** Variación del porcentaje de sexos en ejemplares adultos por rangos de talla.

### 3.1.3. Contraste de las hipótesis acerca del modo de reproducción de *P. ferruginea*

En octubre de 2006 se sexaron 15 ejemplares previamente marcados, de un rango de tallas de entre 50,9 y 82,0 mm DM (media = 66,4 mm DM). Todos los ejemplares correspondían al transecto EPI, a excepción de uno localizado sobre un SD en el transecto NDR.

De estos 15 ejemplares, 6 fueron identificados como machos y 9 como hembras. Tres de los ejemplares, todos ellos machos, se perdieron poco después del sexado: uno de ellos fue dañado en el pie durante la extracción y no llegó a adherirse a la roca al ser devuelto al sustrato; los otros dos no se hallaban en la roca el día siguiente al sexado y se supone que fueron arrastrados por el oleaje.

Durante el periodo de reposo del ciclo reproductor durante el año siguiente desaparecieron 3 ejemplares, todos ellos hembras. Se observó que faltaba en la zona un ejemplar en la campaña de marzo de 2007 (perdido por tanto entre octubre de 2006 y marzo de 2007), otro en julio de 2007 (perdida entre marzo y julio) y un tercero en septiembre de 2007 (perdida entre julio y septiembre). De estos tres, únicamente en el caso del primero las causas de su desaparición pudiera estar ligada al proceso de sexado; el hecho de que los otros dos desaparecieran varios meses después de éste hace suponer que su muerte fuera por otras causas, presumiblemente naturales.

De este modo, en noviembre de 2007 quedaban únicamente 9 ejemplares identificados mediante marcaje sexados el anterior periodo reproductor (6 hembras y 3 machos). En este mes fue posible sexar de nuevo únicamente 3 de estos ejemplares (2 machos y 1 hembra, de acuerdo con el sexado de 2006). Como se ha indicado en el apartado 2.7 el número total de ejemplares a sexar de este modo durante la campaña estaba limitado a aquellos que se encontraran desplazándose fuera de su huella durante los muestreos, con el fin de minimizar la mortalidad asociada a su extracción.

De estos ejemplares, una hembra y un macho presentaban el mismo sexo que el año anterior, mientras que el tercer ejemplar **fue identificado como macho en 2006 y como hembra en 2007**.

Este dato constituye la primera evidencia directa de que *Patella ferruginea* presenta hermafroditismo proterándrico, al haberse observado el cambio de sexo de un ejemplar entre dos periodos reproductores sucesivos.

Este dato, novedoso y que en principio resolvería la cuestión correspondiente a este apartado, debe ser tomado con cautela. Como dato aislado, pudiera responder a un hecho infrecuente en la especie o, aunque improbable, pudiera tratarse de un error en el registro durante la toma de datos. Este hecho deberá verificarse en trabajos futuros mediante la aplicación de las mismas técnicas descritas para este apartado pero con un mayor número de ejemplares.

A finales de junio de 2007 quedaron en el archipiélago 26 ejemplares marcados y cuyo sexo había sido identificado el año anterior. De éstos, 15 fueron identificados como hembras y 11 como machos. Estos ejemplares deben servir como base para corroborar si es posible en próximos periodos reproductores la existencia de cambio de sexo en los ejemplares.

### **3.1.4. Distribución de sexos por tallas en función de factores ambientales**

En especies de lapas con hermafroditismo proterándrico en las que la distribución de tallas de ambos sexos se solapa considerablemente (e.g. *Patella caerulea*, *Lottia gigantea*) el principal factor al que se ha atribuido influencia en la determinación del momento (y la talla) de cambio de sexo es la densidad de ejemplares en el sustrato en el enclave en que se hallan. De manera general, se considera que en lugares con escasa densidad, los ejemplares tienden a cambiar de sexo (de macho a hembra) a una edad y talla menor, con el fin de conseguir que en la población haya una representación de hembras adecuada. En cambio, en las zonas con elevada densidad de

ejemplares, este cambio de sexo tiende a retrasarse (BRANCH, 1981; LINDBERG y WEIGHT, 1985; KIDO Y MURRAY, 2003).

En la Figura 3.3 se presenta la distribución de frecuencia de tallas de ejemplares sexados, en función de la densidad de ejemplares existente en cada zona de muestreo. En general en ella no se observa ningún patrón diferencial en las zonas con diferente densidad.

Si se analiza la distribución de las hembras adultas de menor talla, en torno a 40 mm DM, cuya presencia podrían indicar una tendencia a que tuviera lugar antes el cambio de sexo, en la Figura 3.3 se observa que éstas se han hallado en zonas con densidad de ejemplares entre moderada y alta. En las zonas con baja densidad ( $< 5$  ej./m) no se han hallado este tipo de hembras si bien este rango de tallas apenas ha sido muestreado. Esta distribución no coincide con lo esperado de acuerdo con lo indicado por los autores anteriormente citados (a menor densidad, cambio de sexo a una talla inferior) si bien la escasez de datos disponibles no permiten descartar que este hecho pueda tener lugar.

Por otra parte en la Figura 3.4 se representa la proporción total de sexos entre los ejemplares muestreados, categorizada para zonas de diferente densidad. En ésta se observa que la relación hembras:machos en las zonas de menor densidad ( $< 5$  ej./m) es superior al resto de zonas con mayor densidad ( $> 5$  ej./m), siendo el único caso en que el porcentaje de hembras supera al de machos. Sin embargo estas diferencias no alcanzan a ser estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 7,03$ ; g.l. = 3;  $p = 0,071$ ) con los datos disponibles.

Esta aparente tendencia, que en esta ocasión sí tendería a indicar una relación de la distribución de sexos con la densidad, debe sin embargo valorarse con cautela, dado que la distribución de tallas en los muestreos por zonas con distinto rango de densidad no es uniforme: como se muestra en la Figura 3.4B la talla media de los ejemplares muestreados en las zonas con menor densidad es algo superior al resto de zonas, lo cual podría explicar la mayor presencia relativa de hembras.

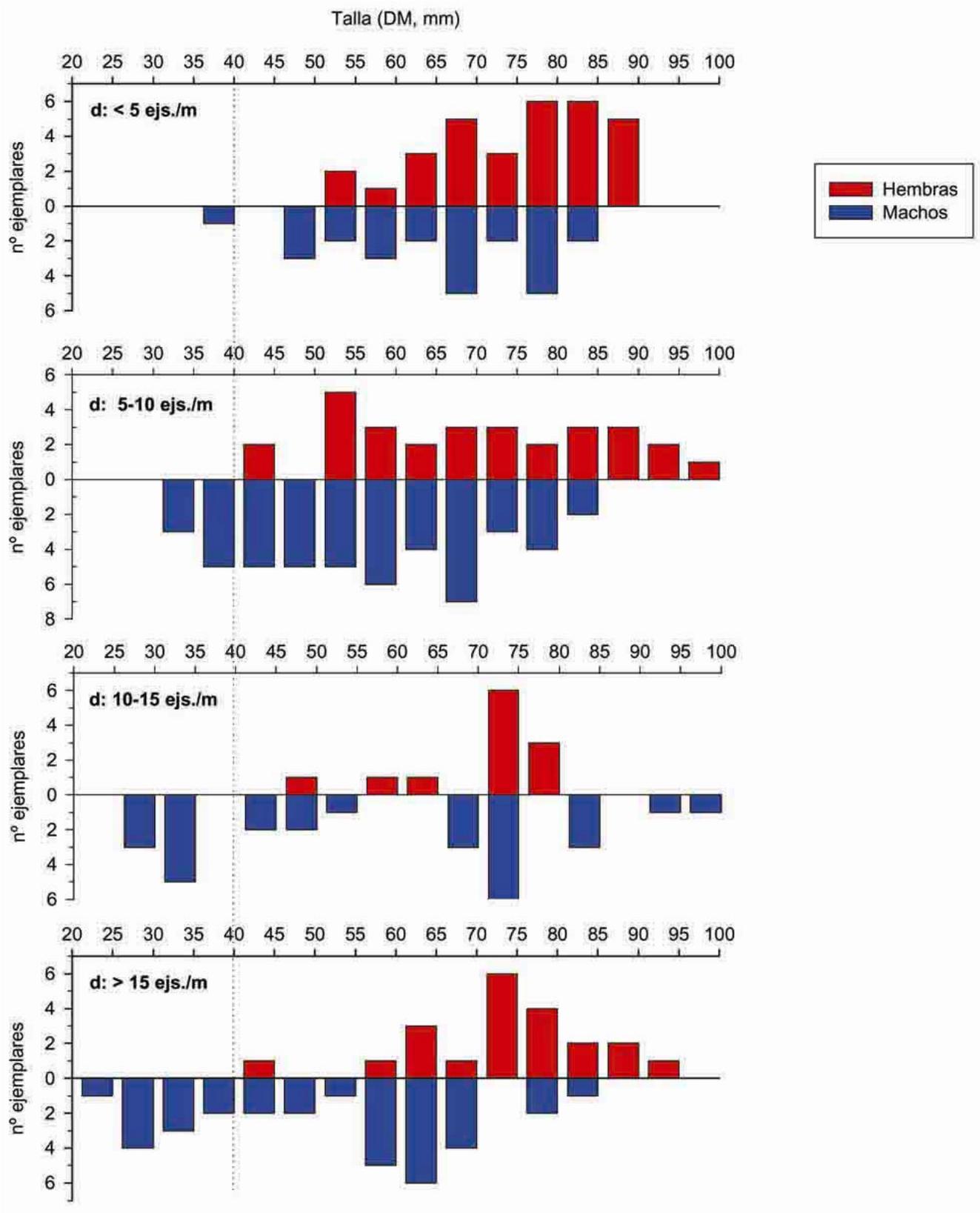
### 3.1.5. Datos gonadales

#### *Tamaño de los ovocitos*

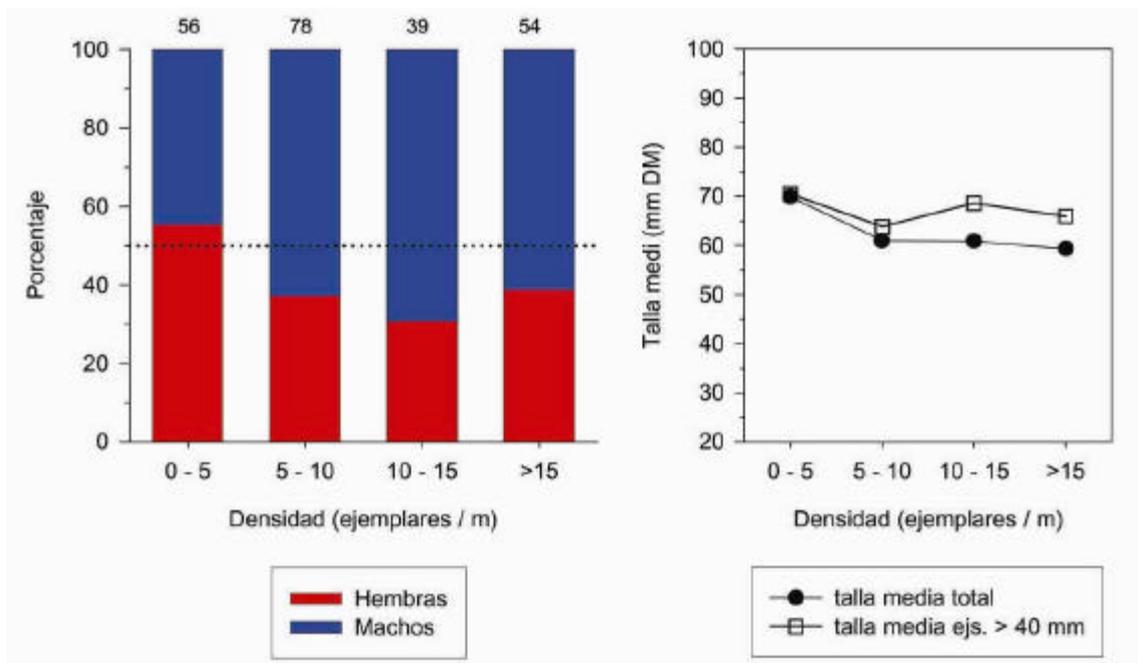
Se ha determinado el tamaño medio de los ovocitos maduros para un total de 31 ejemplares hembra, comprendidos en el rango de tallas 41,2 – 90,2 mm DM (media  $69,9 \pm 12,1$  mm DM).

El tamaño medio de los ovocitos por ejemplar osciló entre 136,3 y 149,4  $\mu\text{m}$  ( $n = 31$ ), con una media de **142,3**  $\pm 3,69$   $\mu\text{m}$ .

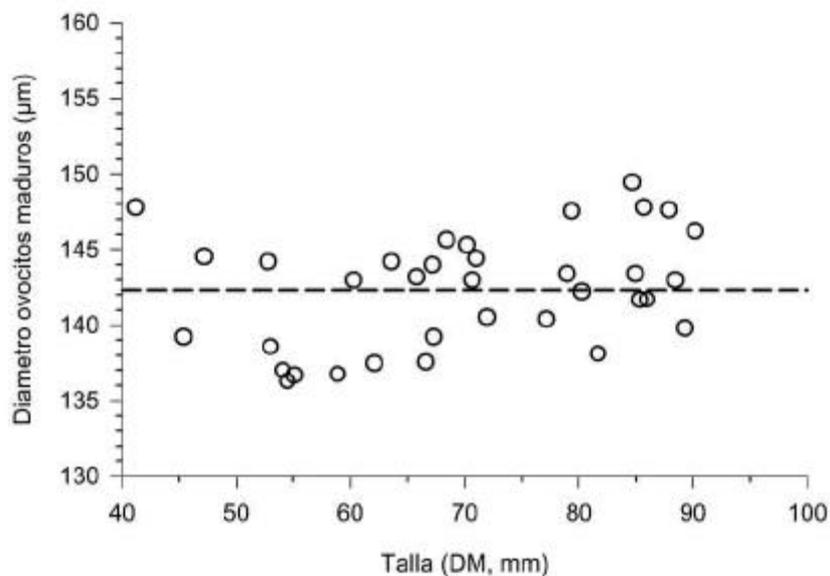
En la Figura 3.5 se representa la relación entre la talla de los ejemplares y el tamaño medio de los ovocitos. Aunque en esta representación parece observarse una tendencia ligera a aumentar el tamaño de los ovocitos con la talla, la correlación lineal no alcanza a ser significativa ( $r = 0,325$ ;  $p = 0,057$ ;  $n = 35$ ).



**Figura 3.3.** Distribución de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* sexados en las islas Chafarinas en función de la densidad poblacional en cada enclave de muestreo.



**Figura 3.4.** Proporción de sexos (izquierda) y talla media de los ejemplares de *Patella ferruginea* sexados (derecha) en función de la densidad poblacional de cada enclave de muestreo



**Figura 3.5.** Relación entre la talla y el tamaño medio de los ovocitos maduros en *Patella ferruginea* en las islas Chafarinas.

### *Peso gonadal e Índice Gonadosomático*

En la Figura 3.6 se representan los valores de la relación Talla (DM, mm) vs. Peso de la gónada, para los ejemplares maduros estudiados (todos ellos obtenidos

durante los meses de octubre y noviembre). Entre éstos se han incluido también los valores obtenidos en trabajos precedentes en el archipiélago (GUALLART, 2006).

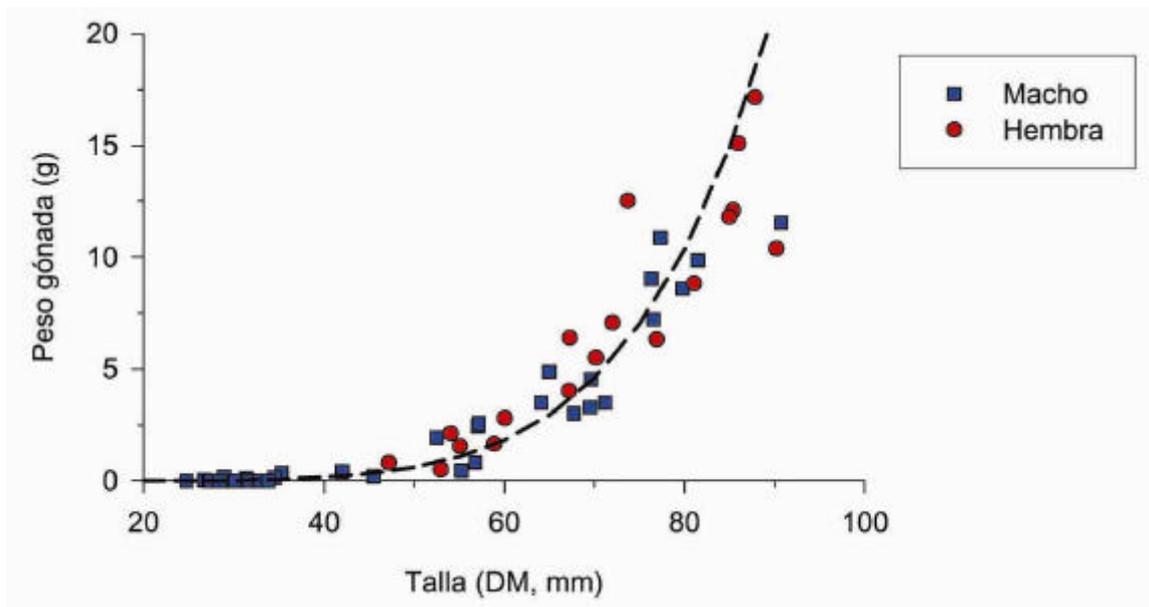
En el ajuste a una función potencial, no se han hallado diferencias significativas entre sexos ( $\alpha = 0,05$ ). El resultado de la regresión conjunta para ambos sexos es:

$$PG = 3,37 * 10^{-11} * DM^{6,036} \quad (r = 0,959; n = 52)$$

donde,

PG = Peso de la gónada (g)

DM = Talla, como diámetro máximo de la concha (mm)



**Figura 3.6.** Relación entre la talla y el peso de la gónada, por sexos.

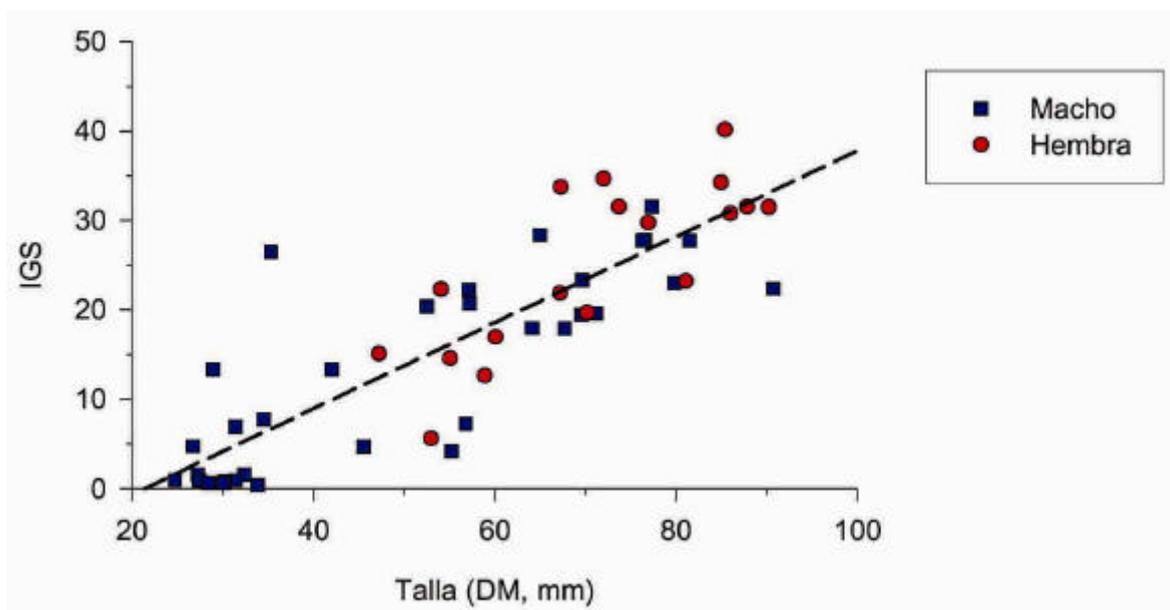
En estos resultados destaca el elevado del exponente (6,036). En las relaciones talla vs. volumen (o parámetros asociados a este último, como el peso) cuando tiene lugar una relación isométrica (es decir, se mantiene la proporción de forma o tamaño durante el crecimiento) el exponente es de 3, o valores próximos a éste. El exponente obtenido, que duplica este valor de 3, indica una marcada alometría positiva en la relación entre la talla y el peso de la gónada en ejemplares maduros

Este hecho se destaca aún más si se calcula el Índice gonadosomático (IGS), que se define como la relación porcentual del peso de la gónada respecto al total del peso de la masa corporal (excluida la concha):

$$IGS = \frac{\text{Peso gónada} * 100}{\text{Peso corporal}}$$

En la Figura 3.7 se representan los valores obtenidos de IGS frente a la talla de los ejemplares. Se ha detectado correlación lineal entre ambos parámetros, tanto para machos ( $r = 0,826$ ;  $p < 0,001$ ) como para hembras ( $r = 0,789$ ;  $p < 0,001$ ). No se han observado diferencias significativas entre sexos en los resultados de la regresión lineal DM vs. IGS ( $\alpha = 0,05$ ). El resultado de la regresión conjunta para ambos sexos es:

$$\text{IGS} = -10,29 + 0,481 * \text{DM} \quad (r = 0,855; n = 52)$$



**Figura 3.7.** Relación entre la talla y el índice Gonadosomático, por sexos.

### ***Fecundidad***

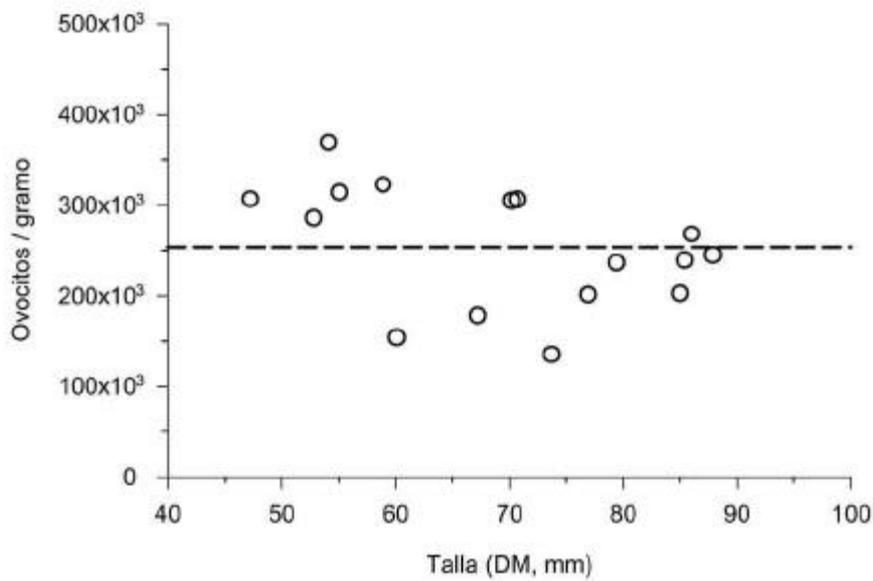
Se han realizado estimas de fecundidad para 16 ejemplares hembra, comprendidos en el rango de tallas 47,2 – 87,9 mm DM (media  $69,4 \pm 13,4$  mm DM).

La densidad de ovocitos por unidad de peso de gónada, expresada como número de ovocitos por gramo, presentó un rango entre 135.000 y 368.990 ovocitos/gramo, con un promedio de  **$254.210 \pm 66.775$  ovocitos/gramo** (Figura 3.8).

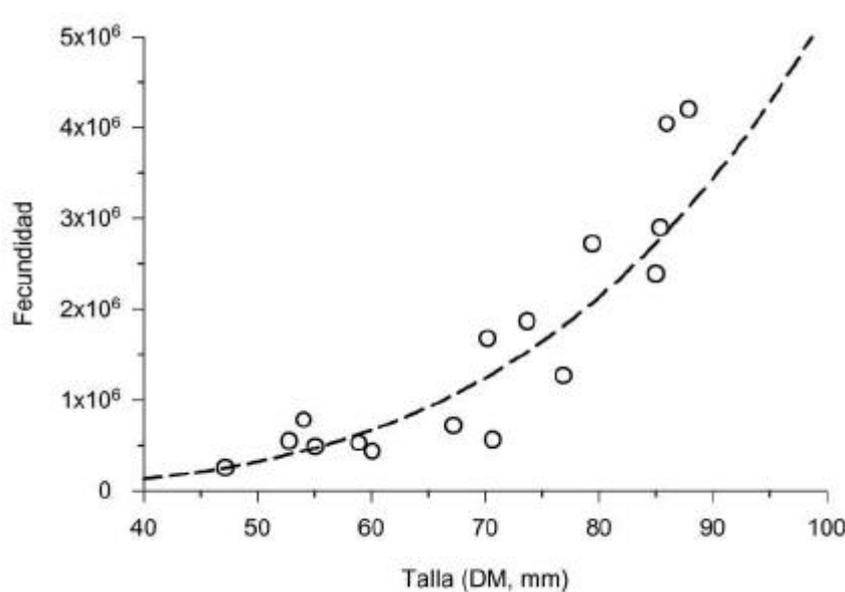
Aunque en la Figura 3.7 parece observarse una tendencia a disminuir la densidad de ovocitos con la talla, la correlación lineal no alcanza a ser significativa ( $r = -0,437$ ,  $p = 0,091$ ,  $n = 16$ ).

La fecundidad total (número de ovocitos por gónada) presenta una marcada correlación con la talla (Figura 3.9). Se ha ajustado a una curva de regresión potencial la relación entre ambas variables, dando como resultado:

$$\text{Fecundidad} = 0,0429 * \text{DM}^{4,044} \quad (r = 0,909, n = 16)$$



**Figura 3.8.** Relación entre la talla y la densidad de ovocitos en la gónada (n° ovocitos / gramo de gónada).



**Figura 3.9.** Relación entre la talla y la fecundidad (n° ovocitos en la gónada).

Para los ejemplares estudiados, el valor mínimo de fecundidad fue de 248.360 ovocitos en un ejemplar de 47,2 mm DM. El valor máximo de fecundidad, 4.200.925 ovocitos, se estimó para un ejemplar de 87,9 mm DM.

De acuerdo con la ecuación obtenida, una hembra de 40 mm DM presentaría en promedio un fecundidad 129.178 ovocitos mientras que una de 100 mm DM una

fecundidad de 5.253.603 ovocitos. Una hembra de tamaño medio, de 75 mm DM, presentaría una fecundidad de 1.641.365 ovocitos.

### **Datos gonadales para ejemplares de *Patella caerulea* y *P. lusitanica***

#### *PATELLA CAERULEA*

Los datos proceden de de 3 ejemplares hembra de *Patella caerulea*, de un rango de tallas 41,4 – 43,3 mm DM (media =  $42.6 \pm 1.07$  mm DM).

El diámetro medio por hembra de los ovocitos osciló entre 140,9 y 146,4  $\mu\text{m}$ , con un promedio de  $143,5 \pm 2,75$   $\mu\text{m}$  (n = 3).

La densidad de ovocitos en la gónada varió entre 300.893 y 403.289 ovocitos/gramo, con un promedio de  $362.638 \pm 54359$  ovocitos/gramo (n = 3).

La fecundidad obtenida en estos ejemplares osciló entre 273.813 y 1.377.585 ovocitos por gónada, con un promedio de  $671.453 \pm 613.151$  ovocitos (n = 3).

#### *PATELLA LUSITANICA*

Se han obtenidos datos de 4 ejemplares hembra de *Patella lusitanica*, de un rango de tallas 32,4 – 48,7 mm DM (media =  $41,2 \pm 6,74$  mm DM).

El diámetro medio por hembras de los ovocitos osciló entre 141,9 y 146,1  $\mu\text{m}$  (n = 4), con un promedio de  $144,0 \pm 2,98$   $\mu\text{m}$  (n = 4).

La densidad de ovocitos en la gónada varió entre 237.500 y 332.337 ovocitos/gramo, con un promedio de  $290.221 \pm 39.200$  ovocitos/gramo (n = 4).

La fecundidad obtenida en estos ejemplares osciló entre 194.750 y 661.351 ovocitos por gónada, con un promedio de  $389.940 \pm 216.111$  ovocitos (n = 4).

### **Comparativa entra las 3 especies de *Patella* estudiadas**

En la Tabla 3.4 se sintetizan los principales parámetros gonadales obtenidos para las tres especies de *Patella* estudiadas. Con fines comparativos los datos de *Patella ferruginea* se han calculado, para aquellos casos en que se ha detectado correlación de la variable con la talla, para 2 tallas de referencia. La primera, 42 mm, es un valor de talla semejante al de los ejemplares obtenidos para las otras dos especies (en promedio, 42,6 mm DM para *P. caerulea* y 41,2 mm DM para *P. lusitanica*), a la vez que está próximo al valor de la talla mínima observada para hembras de *Patella ferruginea* (41,0 mm DM). El segundo valor, 75 mm, corresponde a una talla de una hembra adulta de *P. ferruginea* que podría considerarse de tamaño “intermedio”. Este valor, todavía está lejos de la talla máxima descrita para la especie (en torno a 105 mm DM) si bien, de acuerdo con algunas observaciones, es de hecho la talla máxima que suelen alcanzar los

ejemplares de *P. ferruginea* en las Islas Chafarinas en enclaves con elevada densidad de ejemplares (GUALLART, 2006).

	<i>P. ferruginea</i>		<i>P. caerulea</i>	<i>P. lusitanica</i>
Talla media (mm DM)	42*	75*	42,6	41,2
Diámetro ovocitos ( $\mu\text{m}$ )	142,3 $\pm$ 3,69		143,5 $\pm$ 2,75	144,0 $\pm$ 2,98
Densidad ovocitos (huevos /g)	254.210		362.638	290.221
Peso gónada	0,21	7,01	1,80	1,30
IGS	9,91	25,76	38,6	27,7
Fecundidad	157.354	1.641.365	671.453	389.940

\* valores de referencia establecidos con fines comparativos.

**Tabla 3.4.** Comparación de los datos gonadales de ejemplares hembras de *Patella ferruginea* con *Patella caerulea* y *P. lusitanica*. En tipografía normal los datos corresponden al promedio para el conjunto ejemplares estudiados, por especie; en cursiva, los resultados obtenidos a partir de interpolación de las ecuaciones de regresión obtenidas para las tallas establecidas como referencia (42 y 75 mm DM) para *P. ferruginea* (ver explicación en el texto).

Los valores de la Tabla 3.4 muestran en primer lugar la gran semejanza en cuanto al tamaño de ovocitos maduros entre las tres especies.

El valor promedio de densidad de ovocitos obtenido es algo menor en *Patella ferruginea* que en *P. lusitanica* y *P. caerulea*, destacando esta última por presentar un valor un 43 % superior en este parámetro en comparación con *P. ferruginea*.

Respecto a la fecundidad si se comparan directamente los datos correspondientes a grupos de tallas semejantes (en torno a 42 mm DM) la fecundidad para *P. ferruginea* es sensiblemente menor que la obtenida para las otras dos especies. Sin embargo este hecho es debido no tanto a la menor densidad de ovocitos, como al hecho de que en este rango de tallas las hembras de *P. ferruginea* presentan un tamaño de gónada proporcionalmente más pequeño, que se refleja claramente en el valor de IGS, debido a que a esta talla las hembras acaban de alcanzar la madurez sexual.

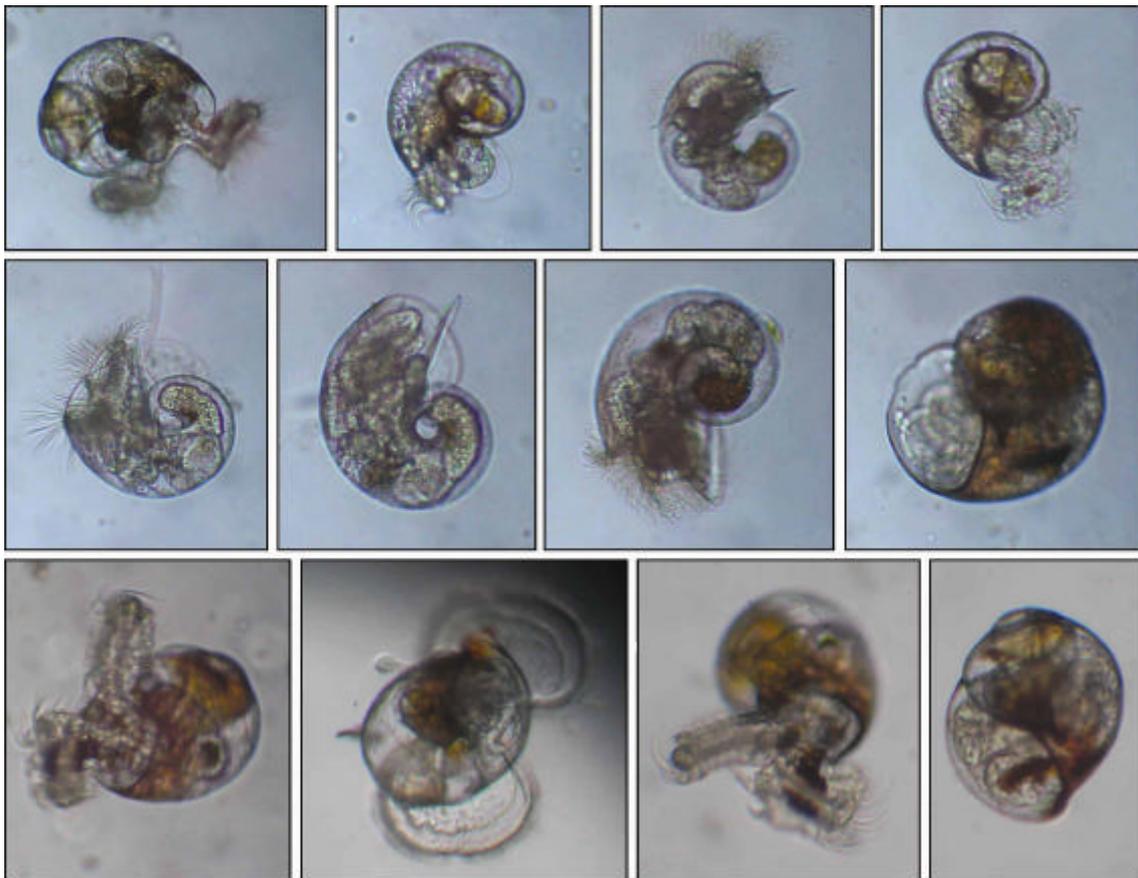
A la hora de comparar la fecundidad entre especies hay que tener en cuenta que las hembras de *P. ferruginea* alcanzan la madurez sexual (o representan la talla mínima de cambio de sexo) a una talla superior a la de las otras dos especies, a la vez que alcanza una talla máxima muy superior.

Si se comparan con los valores de fecundidad respecto a una hembra de una talla de referencia de 75 mm DM (en la que se observa que el IGS ya ha alcanzado un valor semejante a de los adultos de en torno a 42 mm de las otras dos especies) el valor total de fecundidad es muy superior en el caso de *P. ferruginea*.

### 3.1.6. Zooplancton

En ninguna de las muestras procedentes de los arrastre de plancton efectuados en noviembre de 2007 en los alrededores del archipiélago (Figura 2.8) se han detectado larvas pertenecientes al género *Patella*.

En cambio en todas estas muestras se hallaron numerosas larvas velíger de diferentes especies de moluscos gasterópodos. En la Figura 3.10 se presentan algunas imágenes como ejemplo de éstas. La abundancia de larvas velíger de gasterópodos fue particularmente importante en una de las muestras, “291107-01”, realizada al este de la isla de Rey Francisco (Figura 3.11).



**Figura 3.10.** Ejemplo de algunas larvas planctónicas de moluscos gasterópodos halladas en las muestras estudiadas. Ninguno de los ejemplares corresponde al género *Patella*.

### 3.1.7. Crecimiento

De acuerdo con GUALLART (2006) existe una marcada componente estacional en la tasa de crecimiento de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas. Ésta es marcadamente mayor durante la primavera y el invierno y mucho menor durante el verano y, particularmente, el otoño. Debido a este hecho y con el fin de minimizar la influencia de estas variaciones estacionales en el cálculo de la tasa de crecimiento anual, ésta se ha calculado a partir únicamente de ejemplares marcados para los que se ha



**Figura 3.11.** Aspecto general bajo la lupa binocular de la muestra de plancton “291107-01”, obtenida al E de la isla de Rey Francisco.

podido hacer un seguimiento biométrico durante un periodo igual o superior a un año. Dentro de éstos, se han seleccionado los valores de variaciones de talla correspondientes a intervalos de un año completo o a múltiplos de este valor.

En la Figura 3.12 se presenta un gráfico tipo GULLAND y HOLT (1959) a partir de éstos datos. El resultado del ajuste mediante regresión lineal de los datos es:

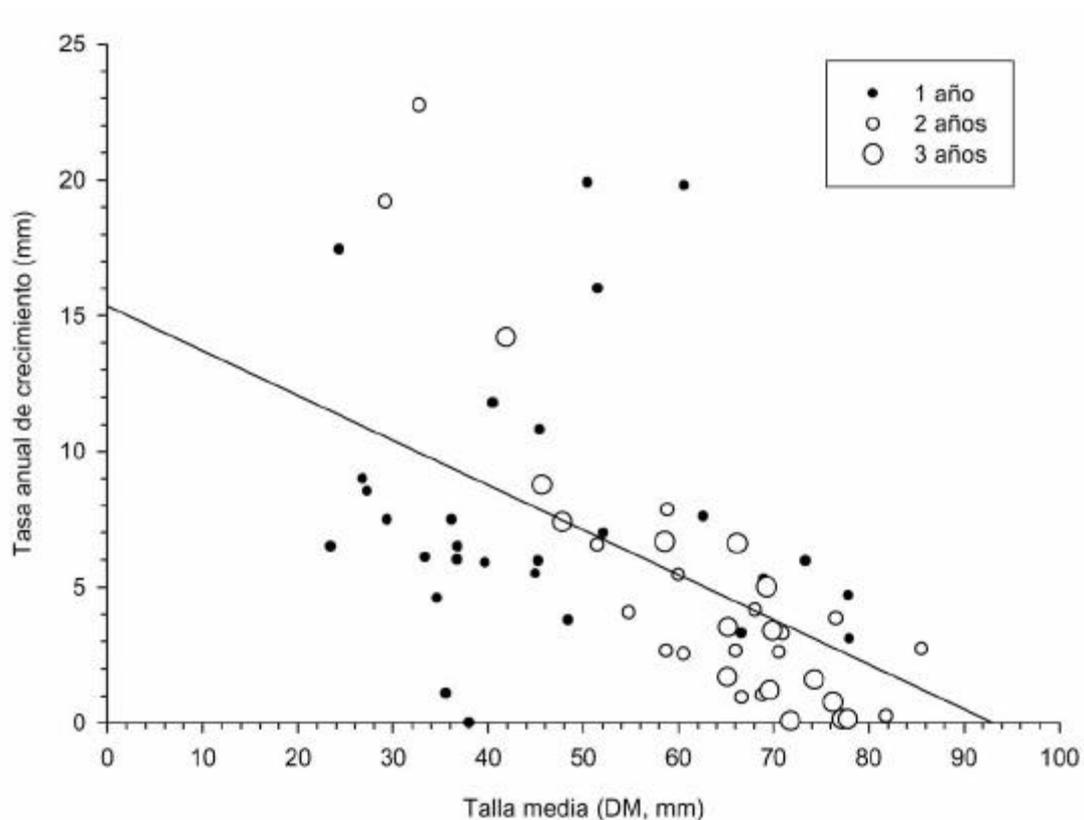
$$\text{TAC} = 15,346 - 0,165 * \text{TM} \quad (r = -0,529; p < 0,001; n = 60)$$

donde “TAC” es la Tasa anual de crecimiento (en mm) y “TM” la talla media (promedio entre el valor inicial y final del periodo de seguimiento) de los ejemplares.

Uno de los hechos destacables que se observa en la Figura 3.12 es la existencia de una variabilidad considerable en la tasa anual de crecimiento entre ejemplares. Ésta es particularmente destacada para aquellos de pequeño y mediano tamaño (i.e. < 60 mm DM)

En la Figura 3.13 se muestran algunos ejemplos de la evolución del tamaño de la concha en determinados ejemplares. Éstos se han seleccionado no aleatoriamente sino destacando las diferencias más singulares, con fines descriptivos.

Por ejemplo, en el rango de tallas < 40 mm DM, varios ejemplares han presentado una tasa de crecimiento muy baja a lo largo de un año de crecimiento, menor de 2 mm anuales (e.g. en un año, ELC-M5 pasa de 35,0 a 36,1 mm DM; EPI-B0 mantiene su talla en 38 mm DM) mientras que otros presentan una tasa superior a 15 mm anuales (e.g. en un año, ELC-X7 pasa de 15,6 a 33,0 mm DM; SDN02-X pasa de 10,1 a 34 mm DM).



**Figura 3.12.** Gráfico tipo GULLAND y HOLT (1959) de relación entre la talla y la tasa anual de crecimiento. Talla (talla media) considerada como promedio de la talla inicial y final del intervalo de seguimiento de cada ejemplar. Tasa anual de crecimiento calculada como promedio anual del periodo de seguimiento. Todos los datos corresponden a periodos de seguimiento de un año o múltiplos de éste.

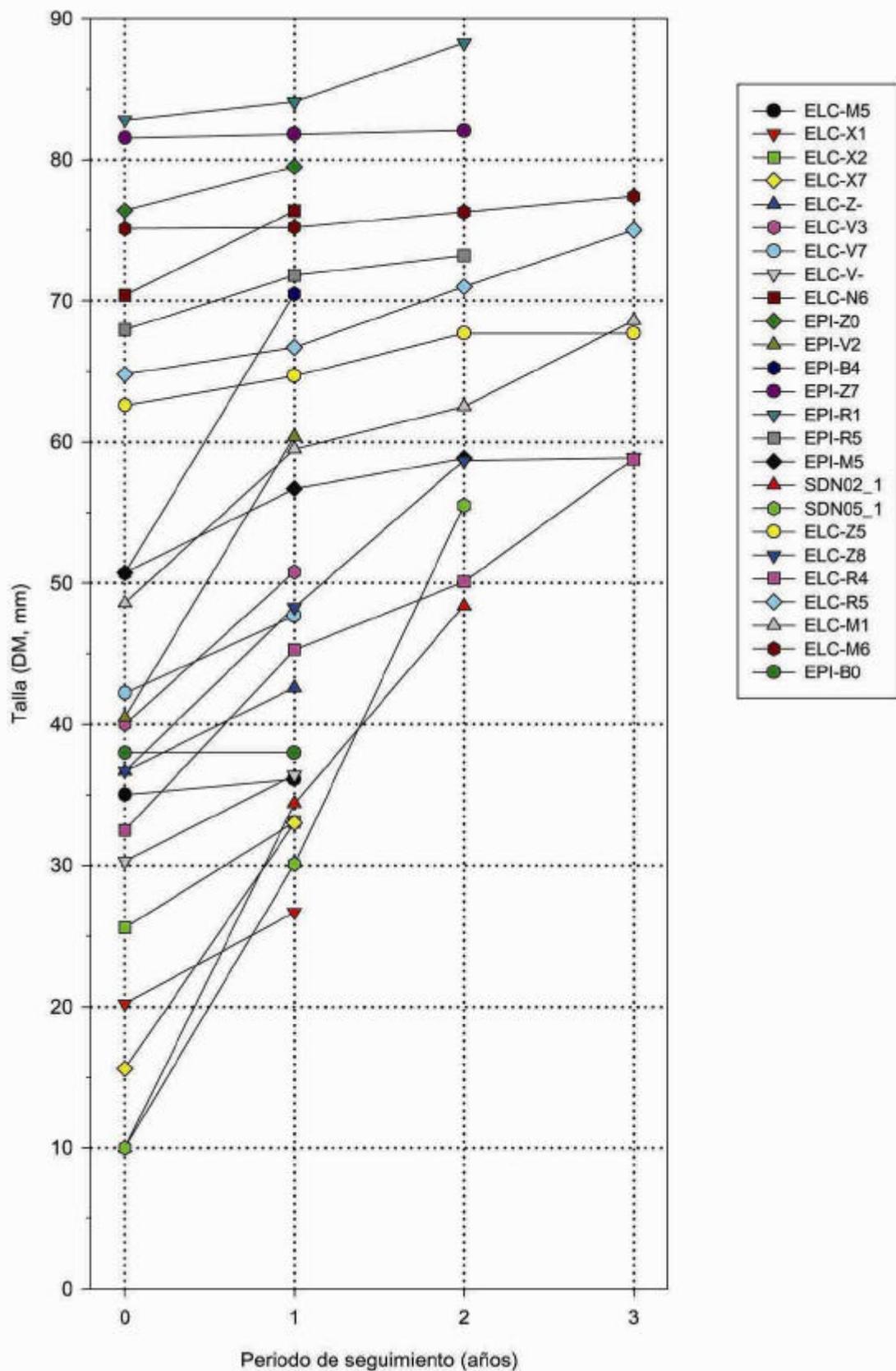
Dentro del rango 40 – 60 mm DM existe asimismo una variabilidad muy marcada. A modo de ejemplo, algunos ejemplares presentan una tasa anual de crecimiento de en torno a 5 mm (e.g. en un año, ELC-V7 pasa de de 42,2 a 47,7 mm DM) mientras que otros llega a alcanzar los 20 mm anuales (e.g. en un año, EPI-V2 pasa de 40,5 a 60,4 mm DM).

Por otra parte, los datos de la Figura 3.12 muestran que entre los ejemplares estudiados no se ha detectado crecimiento negativo de la concha, al menos cuando los resultados son analizados no en intervalos trimestrales sino referidos a una periodicidad anual.

A partir de estos los resultados de la regresión lineal presentada en la Figura 3.12, se puede estimar los parámetros principales de la curva de crecimiento de von Bertalanffy (L8 y k) como:

$$L_8 = T_{\max}$$

$$k = 1 - e^{-a}$$



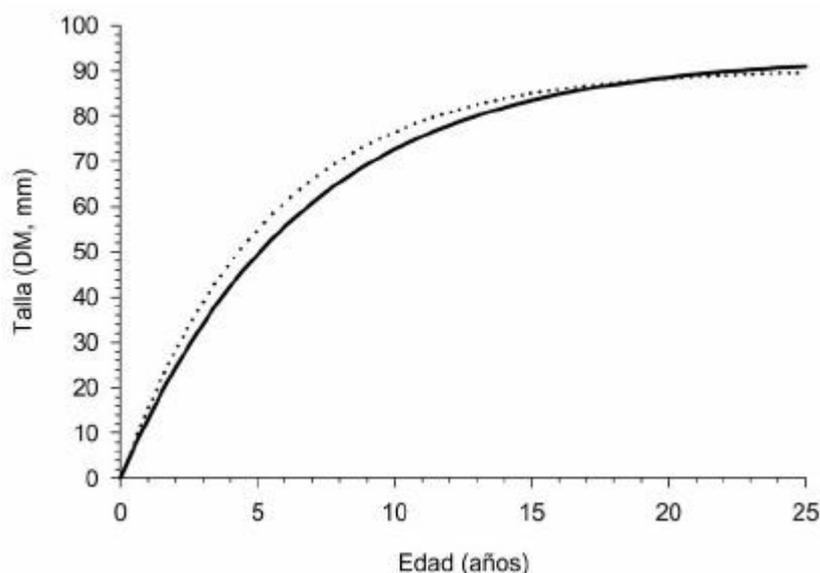
**Figura 3.13.** Ejemplo de evolución anual de la talla (DM, mm) de 25 ejemplares de *Patella ferruginea* marcados en las Islas Chafarinas.

donde “ $T_{max}$ ” (Talla máxima, en mm DM) es el punto de corte de la recta con el eje de abscisas y “ $a$ ” la pendiente de la recta de regresión. De este modo se obtiene:

$$L(t) = 93,01 * (1 - e^{-0,152 * t})$$

donde “ $L(t)$ ” es la longitud (mm DM) a la edad “ $t$ ” (en años) de acuerdo con el modelo.

En la Figura 3.14 se representa esta curva y se compara con la obtenida en trabajos anteriores en el archipiélago (GUALLART, 2006) a partir de un número inferior de datos, valores que se sintetizan en la Tabla 3.5.



**Figura 3.14.** Modelo de relación edad – talla (curva de crecimiento de von Bertalanffy) para *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas. La línea sólida representa los resultados de la presente Asistencia Técnica; la línea punteada, los obtenidos previamente por GUALLART (2006) a partir de un número inferior de datos.

parámetros	GUALLART (2006)	presente estudio
$Lg$	90,49	93,01
$k$	0,192	0,152
$n$	21	60
$r$	-0,740	-0,529

**Tabla 3.5.** Comparación de los parámetros obtenidos en el presente estudio de la curva de crecimiento de von Bertalanffy en *P. ferruginea*, respecto los resultantes de trabajos precedentes realizados en el archipiélago en que se disponía de un menor número de datos y durante un periodo de seguimiento más corto.

## **3.2. Desarrollo de técnicas de apoyo a experiencias para la producción de juveniles de la especie.**

### **3.2.1. Técnica de sexado no letal de WRIGHT y LINDBERG (1979)**

Durante octubre de 2006 y noviembre de 2007 se ensayó el sexado de 132 ejemplares mediante la técnica propuesta por WRIGHT y LINDBERG (1979). En éstos se obtuvo una identificación positiva del sexo en el 91,7 % de los casos, realizando un número igual o inferior 3 punciones por ejemplar. Si se excluyen los intentos de sexado realizados en noviembre de 2007 después de que se produjera el temporal que supuestamente desencadenó la freza para la mayor parte de la población (y que dificultaría el uso de esta técnica al hallarse más reducidas las gónadas de los ejemplares), el porcentaje de éxito de sexado de ejemplares asciende al 96,2 %.

De los ejemplares identificados, en un 80,4 % de los casos se consiguió identificar el sexo al primer intento, un 13,4 % a la segunda punción y un 6,2 % durante el tercer intento.

Para la evaluación de la mortalidad asociada al uso de esta técnica (potencialmente por daños corporales debidos a la extracción del ejemplar o, sobre todo a daños internos que pudieran tener lugar al realizar las biopsias) se ha considerado únicamente aquellos ejemplares que fueron extraídos e inmediatamente devueltos al medio tras aplicarles la técnica de sexado. Así, se ha considerado que aquellos ejemplares sexados y que fueron trasladados a condiciones de laboratorio en la Estación Biológica, aun cuando fueran posteriormente devueltos al medio natural, su tasa de supervivencia o mortalidad no eran representativas para la evaluación de uso de esta técnica, debido a que su evolución podía depender no solo de la influencia de la realización de la biopsia sino del periodo pasado en condiciones fuera de su entorno natural.

Se ha considerado como probable mortalidad asociada a la técnica tanto aquellos ejemplares que no se adhirieron al sustrato tras la biopsia, como aquellos que “desaparecieron” (no pudieron ser hallados) los días posteriores a su sexado o en el intervalo hasta la siguiente campaña de muestreo en el archipiélago. Hay que destacar que particularmente para estos últimos puede haber habido otras causas de su desaparición (pérdida de la marca y traslado a otra huella, mortalidad natural por depredadores) pero, por un principio de precaución, se ha decidido también incluir a éstos entre los ejemplares con probable mortalidad asociada al uso de esta técnica.

Con estas características, en octubre de 2006 solo se pueden considerar 15 ejemplares que, previamente marcados, fueron sexados y devueltos inmediatamente a su medio. Fue en noviembre de 2007 cuando se empezó a emplear la técnica de marcaje rápido de ejemplares (ver apartado 2.5) para evaluar la supervivencia de un mayor número de ejemplares a los que se les aplicó esta técnica. Así, en noviembre de 2007 se sexaron y se devolvieron inmediatamente al sustrato 7 ejemplares previamente marcados y 19 ejemplares a los que se les realizó un marcaje rápido.

Del total de 41 ejemplares a los que les aplicó esta técnica y procedió a su seguimiento, 35 fueron localizados en su medio natural transcurrido un periodo de al

menos 3 meses después del sexado. Esto supone una **supervivencia del 85,4 %**. El porcentaje de supervivencia fue diferente en los dos años: mientras que en 2006 ésta fue del 73,3 %, en 2007 alcanzó el 92,3 %.

Las causas directas de la mortalidad conjunta observada (14,6 %) puede ser atribuible a dos hechos diferenciados: la extracción y manipulación de los ejemplares y el propio uso de la técnica de WRIGHT & LINDBERG (1979).

De los 4 ejemplares “perdidos” tras el sexado en 2006 (total de 15 ejemplares sexados), 3 de ellos se desprendieron del sustrato y fueron arrastrados por el oleaje poco después de su devolución al medio; uno de ellos había sufrido daños parciales en el epitelio de su pie durante la extracción. El cuarto ejemplar no fue hallado en una revisión realizada durante la siguiente campaña en las islas, 5 meses más tarde.

Por otra parte de los 2 ejemplares “perdidos” tras su sexado en 2007 (total de 26 ejemplares sexados) uno de ellos no fue hallado en el sustrato dos días después del sexado y el otro se consideró “desaparecido” en la siguiente campaña (4 meses más tarde). El segundo de estos ejemplares había sufrido daños en el epitelio del pie durante su extracción.

Aunque no se presentan datos de supervivencia de ejemplares sexados que han sido sometidos además a otros tratamientos experimentales (mantenimiento en condiciones de laboratorio en el archipiélago, traslado al IATS, realización de un número superior de punciones en machos con el fin de obtener muestras de esperma para fecundación, ...) debido a que éstos pueden haber influido en su mortalidad o supervivencia, cabe destacar algunas observaciones adicionales:

- al menos 2 de los ejemplares que han presentado una supervivencia superior a 3 meses tras el sexado sufrieron daños parciales en el epitelio del pie durante la extracción. Esto indica que, aunque este daño puede suponer dificultades para la adherencia al sustrato (y provocar la mortalidad del ejemplar, al ser arrastrado por el oleaje) no implica necesariamente un daño letal.
- varios ejemplares machos con una supervivencia superior a 3 meses tras el sexado fueron sometidos a múltiples biopsias, en algunos casos hasta 8, con el fin de obtener muestras de esperma para fecundación experimental de ovocitos.
- 9 ejemplares que tras el sexado fueron trasladados a condiciones de laboratorio de la Estación Biológica, sometidos a diversas situaciones experimentales (mantenimiento en cubetas, ensayos de inducción a la puesta,...) y posteriormente devueltos al medio natural, han presentado una supervivencia superior a 3 meses.

### **3.2.2. Desarrollo de técnicas de captación de juveniles procedentes del reclutamiento anual**

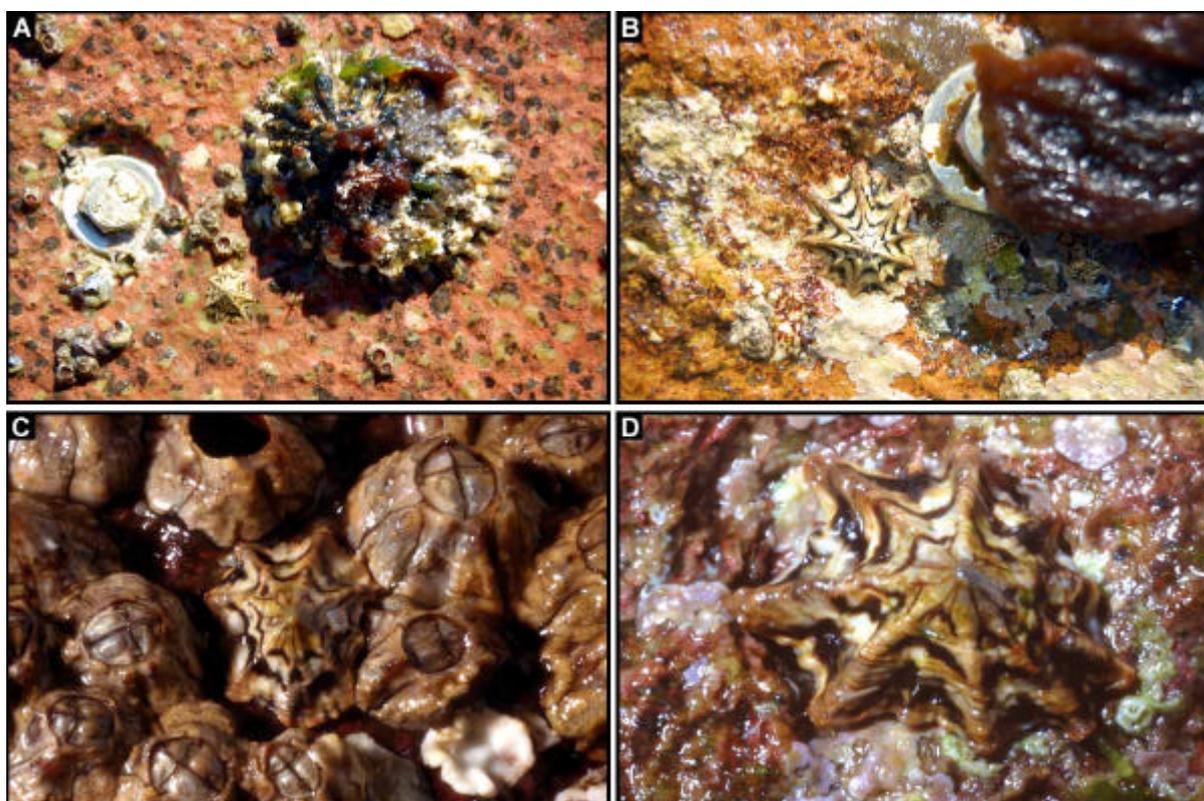
#### *Sustratos desmontables*

En abril de 2007 había dispuestos un total de 8 sustratos desmontables (SD) en la zona NDR, todos los cuales habían permanecidos instalados durante un periodo superior a 6 meses, por lo cual en la época de freza y posterior fijación de postlarvas

(entre noviembre y diciembre del años anterior) ya disponían de una cobertura algal adecuada. Estos 8 SD ocupaban una superficie total de 0,227 m<sup>2</sup>. En 3 de estos 8 SD se hallaron juveniles de pequeño tamaño (< 15 mm DM) procedentes del reclutamiento anual, en un número total de 7 juveniles

En marzo de 2008 había instalados un total de 16 SD entre las zonas NDR y EPI, si bien solamente 9 de ellos había sido instalados al menos 3 meses antes del periodo reproductor anterior (noviembre 2007) y por lo tanto presentaban una cobertura algal adecuada. La superficie total de los 16 SD era de 0,454 m<sup>2</sup> mientras que la de los 9 SD con buena cobertura algal era de 0,286 m<sup>2</sup>. En 6 de estos últimos SD se hallaron juveniles procedentes del reclutamiento anual, con un total de 15 juveniles.

Algunas imágenes de los juveniles hallados sobre SD se presentan en la Figura 3.15.

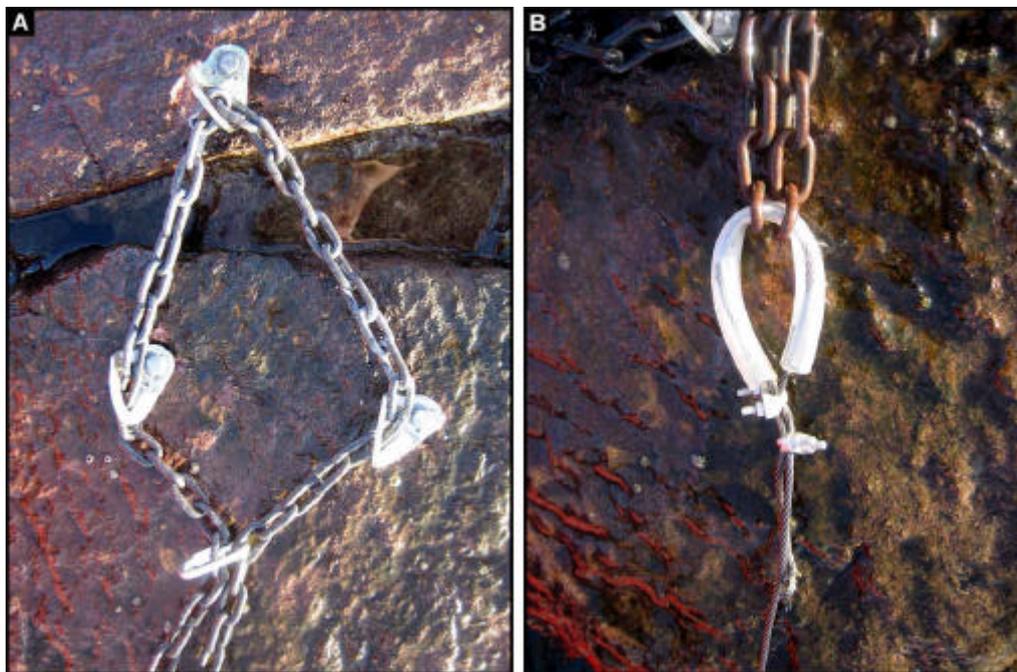


**Figura 3.15.** Juveniles procedentes del reclutamiento anual fijados espontánea-mente sobre SD. Todas las imágenes fueron tomadas en marzo de 2008. Los ejemplares de A, B y D presentan una talla aproximada de 15 mm DM; el ejemplar de C, en torno a 10 mm DM.

### Colectores flotantes

El cable de acero de la línea de 100 colectores tipo “sombrecitos chinos” instalada en octubre de 2006 entre dos bloques del dique roto sufrió una primera rotura apenas un mes después (noviembre) junto a uno de los puntos de anclaje sobre las rocas. Esta rotura no supuso inicialmente la pérdida de ninguno de los colectores. Pocos días

después, los miembros de turno en la Estación Biológica pertenecientes a GENA S.L. realizaron una reparación para reinstalar la línea de colectores. Esta consistió en sustituir la parte de cable de acero que engarzaba en los anclajes de la roca por sendas cadenas de acero galvanizado y en unir el cable de acero de la línea a la cadena recubriendo al primero con un tubo de plástico para reducir el rozamiento entre ambos elementos metálicos (Figura 3.16).



**Figura 3.16.** Detalle de las reparaciones realizadas a la línea de colectores en noviembre de 2006 por parte del personal de la Estación Biológica. (A) Cadena enhebrada en los 3 anclajes fijos a la roca. (B) Cable de acero de la línea fijado a la cadena anterior y protegida por un tubo de plástico. Imágenes proporcionadas por GENA S.L.

Sin embargo en enero de 2007 durante un temporal se produjo la ruptura del cable de acero por un punto central, lo que supuso la pérdida de todos los colectores sin que pudieran llegar a ser revisados.

Como se ha comentado en el apartado 2.12, en septiembre de 2007 se instalaron nuevas líneas de colectores utilizando de nuevo los “sombrecitos chinos”. Se planteó que el principal problema del ensayo del año anterior había sido utilizar un cable acero para enhebrar los colectores: si bien este material presenta una elevada resistencia, a la vez su rigidez y falta de elasticidad hace que deba soportar en determinados puntos la tensión del movimiento de cada ola. Por este motivo en 2007 se planteó enhebrar los colectores con un cabo de plástico de 16 mm Ø, cuya relativa elasticidad podría absorber y distribuir las tensiones producidas por el oleaje. De este modo en septiembre de 2007 se instalaron 252 colectores tipo “sombrecitos chinos” distribuidos en 3 líneas.

En el mes de noviembre de 2007, apenas 2 meses tras su instalación, se observó que los colectores habían adquirido ya una cobertura algal considerable. Esta cobertura no se distribuía uniformemente en toda la superficie sino únicamente en la mitad

sumergida en el agua (Figura 3.16C). De este modo quedaba una porción emergida libre de algas y una línea de interfase en cada colector entre las porciones emergida y sumergida. Estas características la hacían en principio muy adecuadas para su finalidad de servir de sustrato de fijación de postlarvas de *Patella ferruginea* que, a falta de conocimientos detallados, cabe suponer que tiendan a fijarse en la interfase entre las comunidades mesolitoral superior e inferior.

Sin embargo en este mismo mes se detectó además que un cierto porcentaje de “sombrecitos chinos” se había roto, perdiendo su superficie principal, dejando únicamente el “canuto” central engarzado en el cabo de la línea (Figura 3.16B).

En marzo de 2008 (transcurridos aproximadamente 4 meses desde su instalación), todos los colectores se habían roto de una manera semejante, quedando de ellos únicamente el cilíndrico central. En esa campaña se desinstalaron las líneas de colectores y se revisaron los restos de éstos con el fin de buscar juveniles de *P. ferruginea* que se hubieran podido fijar en esta superficie. A pesar de que estas estructuras presentaban numerosos organismos adheridos a ellas (Figura 3.16D) no se detectó ningún juvenil de *Patella ferruginea*.

En esa misma campaña, marzo de 2008, se ensayó la fabricación e instalación de colectores “tipo ladrillo” (ver apartado 2.12). Los 5 colectores instalados en esa fecha, permanecían en buenas condiciones y presentaban una buena cobertura algal 3 meses más tarde, en junio de 2008. En este tipo de colectores asimismo se consiguió que una parte de ellos quedara emergida, presentando por tanto una zona de interfase entre la zona con cobertura algal de los estratos sumergido y emergido.

En junio de 2008 además se instalaron 8 colectores adicionales “tipo ladrillo”, por lo que al finalizar esta última campaña correspondiente a la presente Asistencia Técnica habían quedado instalados 13 colectores de este tipo.

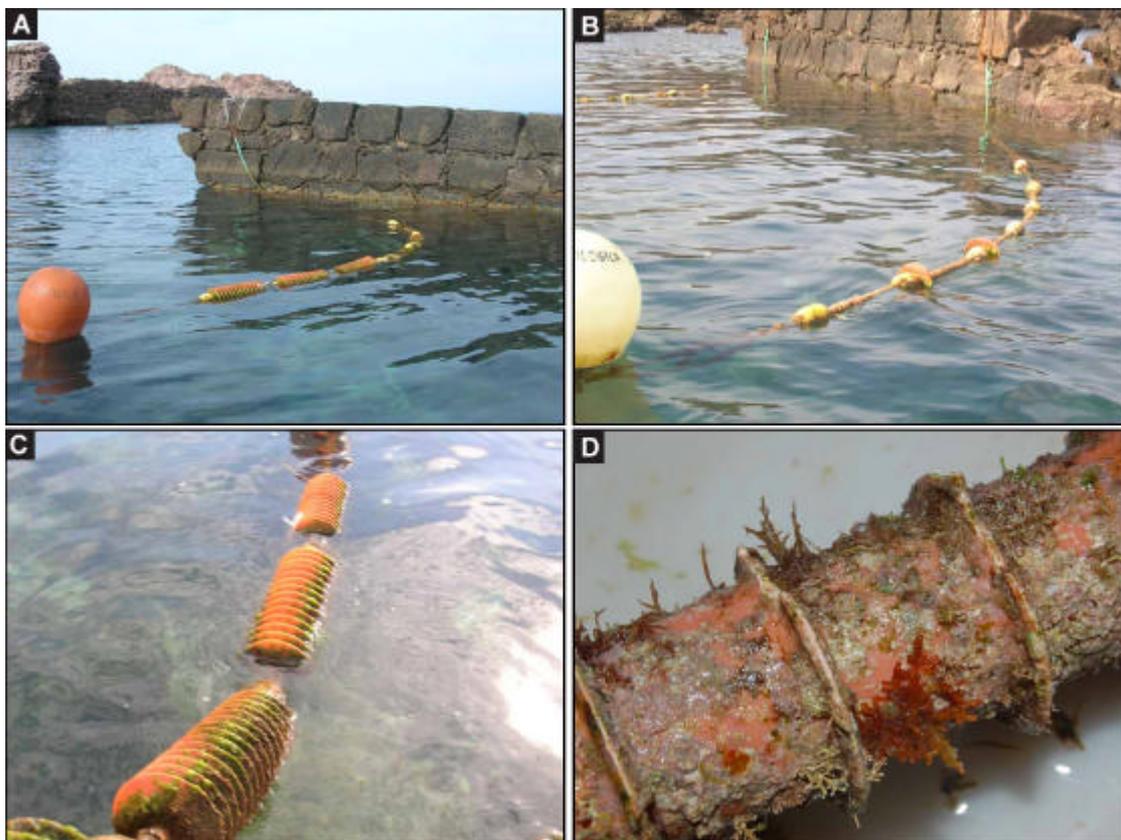
### **3.2.3. Ensayos de traslocación de juveniles de pequeño tamaño a SD**

El ensayo de traslocación de juveniles de pequeño tamaño a SD se planteó con la finalidad de evaluar la posibilidad de utilizar estas estructuras para el mantenimiento y “preengorde” de juveniles que pudieran obtenerse mediante distintas técnicas de acuicultura (reproducción controlada o colectores).

El periodo adecuado para realizar estos ensayos en principio debía ser un turno a finales de invierno o principios de primavera (marzo o abril), momento en el que se detectan juveniles procedentes del reclutamiento anual. En el periodo de duración de la presente Asistencia Técnica se incluía únicamente un periodo en que este pudiera llevarse a cabo, a principios de 2008.

Sin embargo, durante la estancia realizada en marzo de 2008 se observó, como se ha comentado en el apartado anterior que, en la mayoría de SD instalados existían ya juveniles procedentes de larvas fijadas de manera natural. Con el fin de que los ejemplares trasladados no pudieran suponer un factor de competencia por la superficie o los recursos disponibles en los SD con los juveniles asentados de manera natural, y

teniendo en cuenta además que en los SD instalados en que no se habían fijado juveniles la cobertura algal era escasa, se decidió no realizar esta experiencia.



**Figura 3.16.** Líneas de colectores flotantes tipo “sombrecitos chinos” instalados en septiembre de 2007. (A) Aspecto de la línea LC2 en noviembre de 2001. (B) Aspecto de la línea LC3 en noviembre de 2001; se observa que la mayor parte de colectores han perdido su superficie principal (C) Detalle de LC2 en noviembre de 2001, mostrando la cobertura de algas en la parte sumergida. (D) Incrustaciones en los “canutos” centrales, durante su revisión en marzo de 2008.

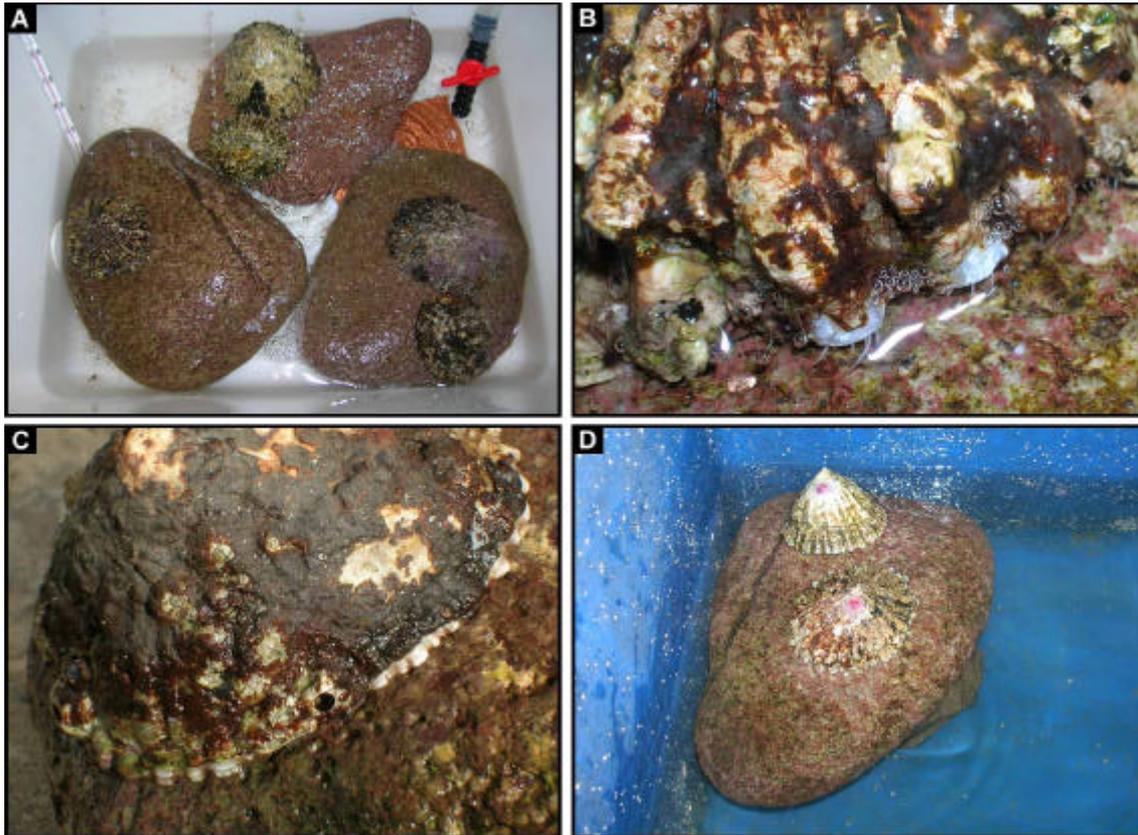
#### 3.2.4. Ensayos de acondicionamiento de adultos en SD para su transporte

El ensayo de acondicionamiento de ejemplares a sustratos desmontables (SD) se ha llevado a cabo en relación con dos experiencias concretas planteadas a lo largo del desarrollo de los trabajos:

- transporte de ejemplares al Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (IATS)
- devolución al medio de ejemplares mantenidos en condiciones de laboratorio para experiencias de reproducción controlada

En octubre de 2006, de acuerdo con la Dirección Técnica de R.N.C Islas Chafarinas, se decidió trasladar un cierto número de ejemplares adultos de *P. ferruginea* al Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (IATS) en Castellón para realizar a partir de éstos ensayos de reproducción controlada.

Con este fin durante esta campaña se trasladaron diversos ejemplares previamente sexados a un sistema de cubetas instalado en la Estación Biológica donde se habían colocado distintos elementos rocosos para su acondicionamiento y adaptación a estos sustratos (Figura 3.17A). Algunos de estos elementos rocosos consistieron en SD previamente instalados en el medio litoral, con una cobertura propia del mesolitoral superior adquirida, mientras que otros consistieron en bolos de porte mediano y forma aplanada obtenidos de la playa de los Cubanos (al sur del dique roto, en la isla de Isabel II), que presentaban asimismo un cierto recubrimiento algal.



**Figura 3.17.** Acondicionamiento de ejemplares de *P. ferruginea* para su traslado al IATS en octubre de 2006. (A) Ejemplares adultos sobre elementos rocosos en el interior de una cubeta instalada en la Estación Biológica. (B) Ejemplar tras 2 días de su traslado a las cubetas, mostrando los tentáculos paleales y el inicio del crecimiento de la concha (en color blanco) para adaptar su contorno al nuevo sustrato. (C) Ejemplar de *P. ferruginea* completamente adaptado a un SD (nótese la porción de concha recién formada en el margen, sin cobertura algal). (D) Dos ejemplares hembras de *P. ferruginea* en uno de los tanques del IATS, sobre uno de los sustratos utilizados para su transporte.

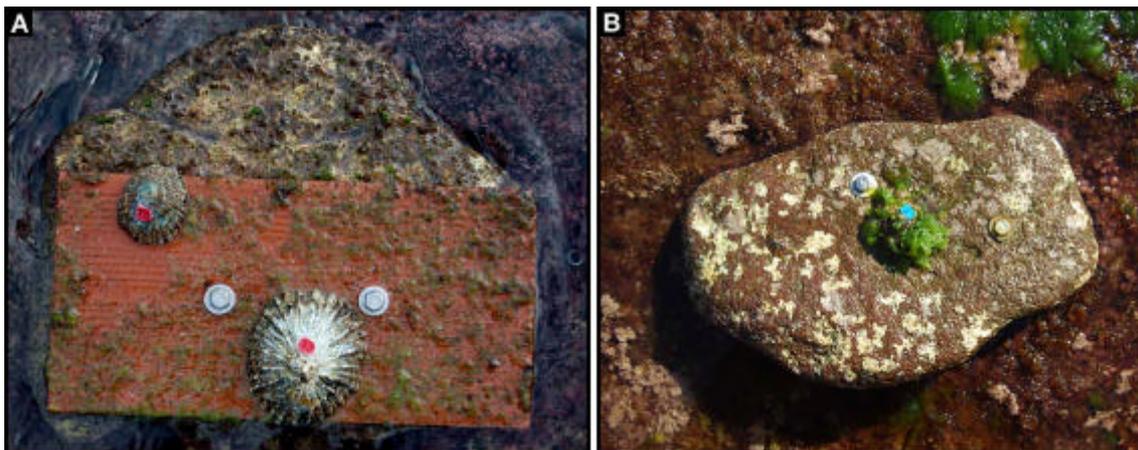
Durante esta campaña se trasladaron a estos sistemas y sobre estos elementos 24 ejemplares adultos previamente sexados. Al final de la campaña se habían mantenido 17 ejemplares, 7 machos y 10 hembras; de entre el resto de ejemplares adultos, 4 habían muerto por diversas causas difíciles de precisar (e.g. técnicas de sexado, dificultades de

acondicionamiento a las condiciones del agua de estos sistemas rudimentarios,...) y 3 habían sido sacrificados para otros aspectos de estudio.

La supervivencia inicial a la adaptación a estas condiciones (que implicaban tanto el traslado a un nuevo sustrato como la adaptación a unas condiciones de restringidas con una calidad de agua limitada) fue por tanto del 73,9 %.

De manera adicional, cabe destacar que desde la salida de las Islas Chafarinas hasta su llegada al IATS, a lo largo del transporte, que duró 2 días, murieron 4 ejemplares, 2 machos y 2 hembras. De este modo, llegaron vivos al IATS 13 ejemplares: 8 hembras y 5 machos.

Por otra parte en noviembre de 2007 se llevaron a cabo en el archipiélago algunas experiencias de reproducción controlada (ver apartado 3.2.6) que implicaron el traslado a condiciones de laboratorio en la Estación Biológica de diversos ejemplares de *P. ferruginea*. Una vez finalizadas estas experiencias, los ejemplares supervivientes fueron trasladados todos ellos a SD (Figura 3.18). Se trasladaron de este modo un total de 10 ejemplares: 3 machos, 5 hembras y 2 ejemplares de sexo no determinado.



**Figura 3.18.** Ejemplares trasladados a SD en noviembre de 2007 tras su mantenimiento en condiciones de laboratorio. (A) Dos ejemplares hembras tras ser trasladados a un SDD con elemento basal constituido por una roca. (B) Ejemplar macho sobre un SD simple, cuatro meses después de su traslado a éste.

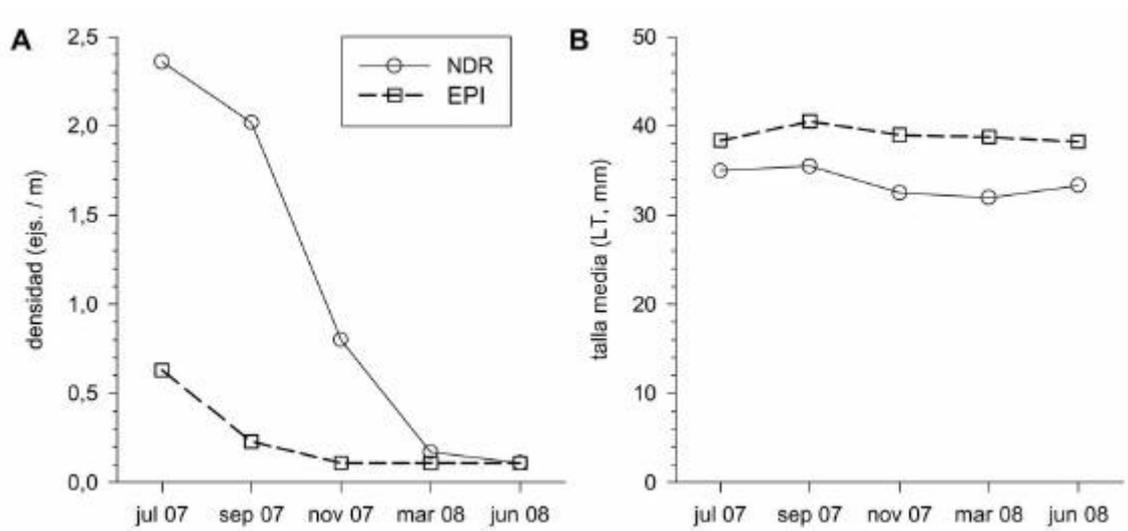
En marzo de 2008, cuatro meses más tarde, sobrevivían 7 de estos 10 ejemplares. Uno de ellos había desaparecido, no hallándose sobre su SD. La pérdida de los otros 2 ejemplares fue debida a la desaparición del SD sobre el que se encontraban, siendo éste probablemente arrancado por el oleaje.

Estos 7 ejemplares permanecían vivos sobre los SD correspondientes en junio de 2008.

Si se excluyen los ejemplares desaparecidos debido a la pérdida del SD sobre el que se hallaban, la supervivencia de los ejemplares trasladados a SD en noviembre de 2007 fue del 87,5 % ( $n = 8$ ).

### 3.2.5. Control de la población de depredadores naturales de la especie en zonas de experimentación

En la Figura 3.19 se representa la evolución en la densidad del gasterópodo *Stramonita haemastoma* en las dos zonas donde se realizó la extracción experimental de ejemplares: zona del transecto “Norte dique roto” (NDR) en Isabel II y zona del transecto “El Pirata Isabel” (EPI).



**Figura 3.19.** Evolución de la densidad (A) y la talla media (B) de *Stramonita haemastoma* en las dos zonas donde se ha realizado su extracción experimental.

La extracción de todos los ejemplares hallados en cada campaña ha supuesto una disminución importante de los ejemplares observados pero no de una manera inmediata. Tal y como se observa en la Figura 3.19A, tras la primera extracción de ejemplares su abundancia en la segunda campaña fue sensiblemente menor pero aún relevante, sobre todo en la zona de NDR. Es a partir de la tercera (en EPI) o de la cuarta campaña (en NDR) cuando se ha conseguido mantener densidades de ejemplares muy bajas; a pesar de todo, incluso en estas últimas se hallaron siempre algunos ejemplares.

La talla media de los ejemplares obtenidos permanece sin embargo prácticamente constante a lo largo de las campañas de extracción (Figura 3.19B). Estos valores permiten descartar que la incorporación de nuevos ejemplares en campañas sucesivas sea debido al reclutamiento propio de la especie (que hubiera implicado un significativo descenso de la talla media) y hace suponer que probablemente ésta sea debida al desplazamiento de ejemplares procedentes de zonas próximas.

### 3.2.6. Experiencias para el ensayo de técnicas de reproducción controlada de *Patella ferruginea*.

En la Tabla 3.6 se resumen los ensayos realizados para inducción a la puesta de *Patella ferruginea* tanto en noviembre de 2006 en el Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (IATS, del CSIC) como en noviembre de 2007 en las Islas Chafarinas.

Técnica de inducción	Nº ejemplares	Duración
<i>IATS. 2006</i>		
Alternancia de temperatura de agua cada ½ hora, entre temperatura ambiente y tª ambiente + 5 °C	4 ? + 2 ?	4 h
Inmersión en solución H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 0,024 % en agua de mar + aireación intensa	3 ? + 3 ?	2 h
Inmersión en solución H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 0,024 % en agua de mar + aireación intensa	3 ?	2 h
<i>Islas Chafarinas. 2007</i>		
Alternancia de temperatura de agua cada ½ hora, entre temperatura ambiente y tª ambiente - 5 °C	3 ?	4 h
Alternancia de temperatura de agua cada ½ hora, entre temperatura ambiente y tª ambiente - 5 °C	4 ?	5 h
Aireación intensa	3 ?	16 h
Inmersión en solución H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 0,024 % en agua de mar + aireación intensa	3 ?	4 h
Inmersión en solución H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 0,024 % en agua de mar + aireación intensa	2 ?	12 h

**Tabla 3.6.** Resumen de los ensayos realizados para intentar conseguir la inducción a la freza en *P. ferruginea*. Se indica para cada experiencia el tipo de estímulo empleado, el número de ejemplares sobre el que se aplicó y la duración total de la experiencia de inducción.

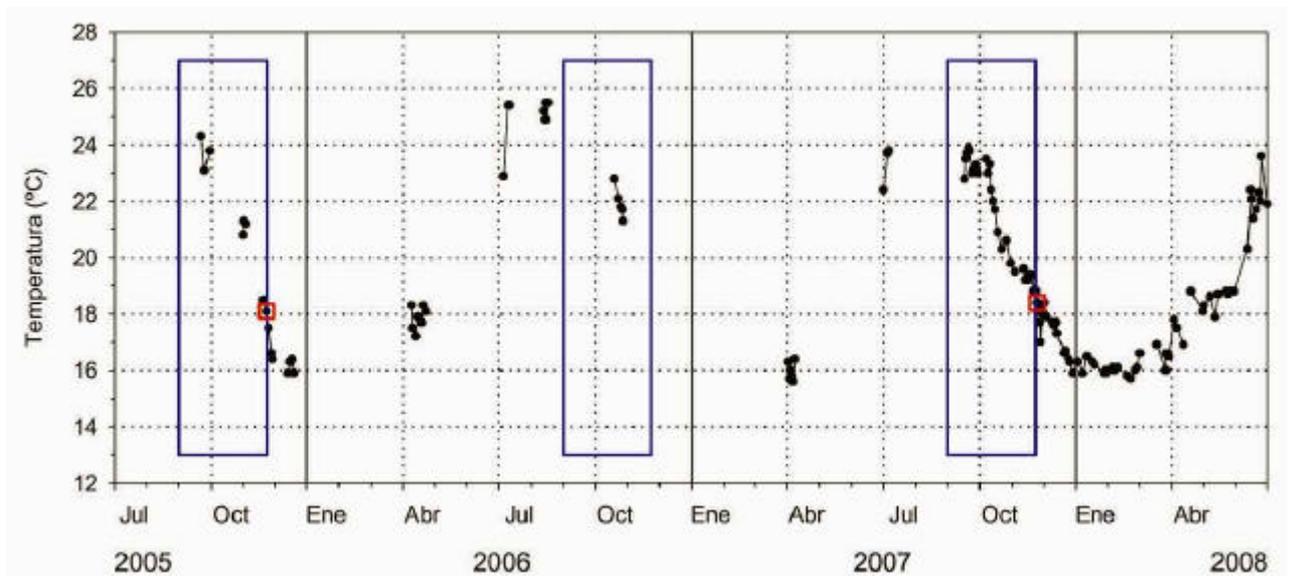
En ninguno de los ensayos realizados se consiguió la inducción a la freza de los ejemplares con los estímulos aplicados y con la duración que se detalla en la Tabla anterior.

En la Tabla 3.7 se describen una síntesis los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados utilizando la técnica de DODD (1957). Como se ha comentado en el apartado 2.13, ésta consiste en la obtención de gametos para la fecundación mediante la extracción directa de éstos a partir de las gónadas de ejemplares maduros. Los datos descriptivos que se presentan sintetizan de manera cronológica las fases de desarrollo larvario observadas desde el momento de la fecundación.

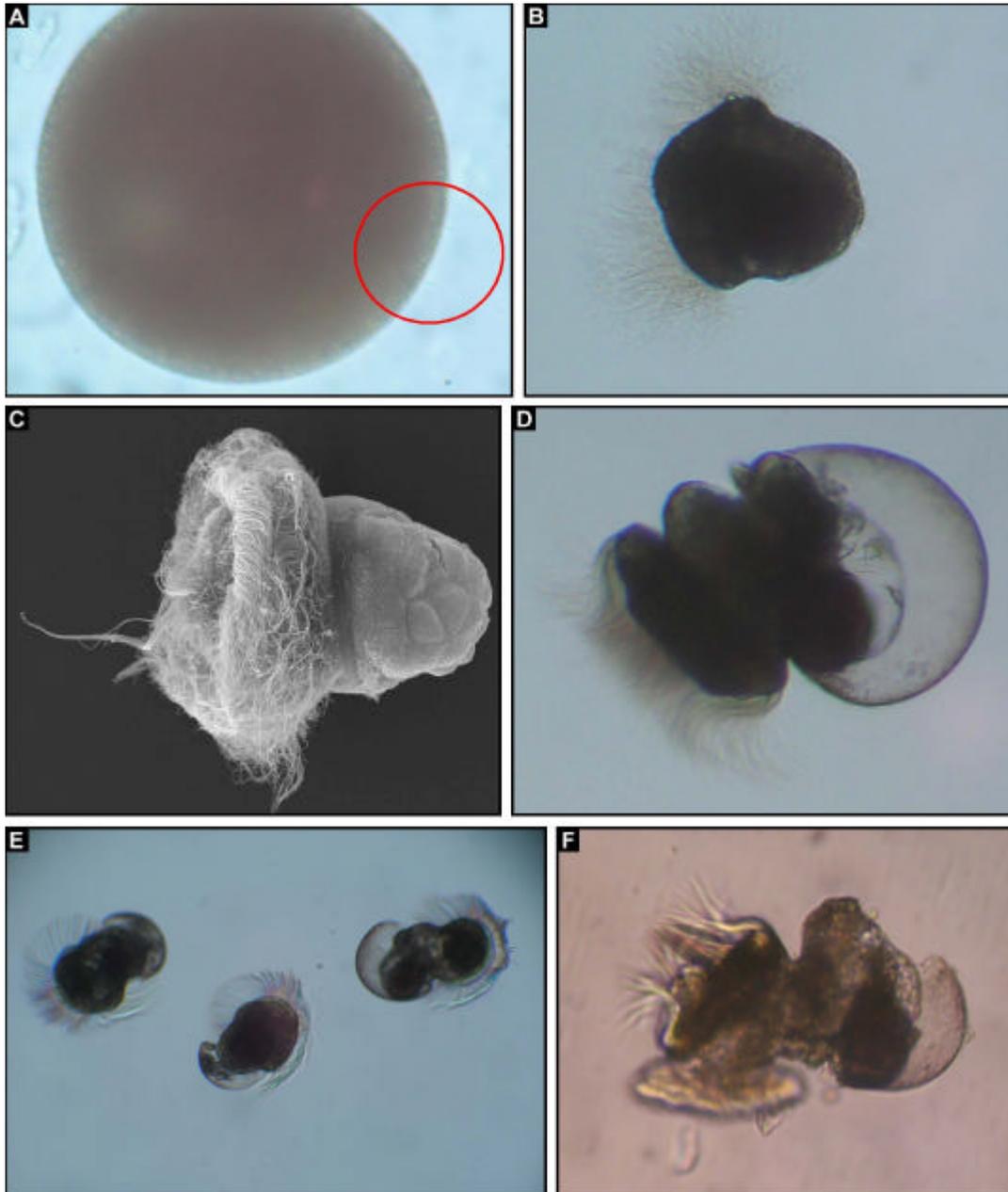
Hay que destacar que en todas estas experiencias, la incubación de ovocitos fecundados y el mantenimiento de larvas durante su desarrollo larvario se llevó a cabo a una temperatura de en torno a 20 °C, por dificultades para regular las condiciones de temperatura. Estas condiciones son sensiblemente diferentes a las del medio natural en las Islas Chafarinas en el periodo inmediatamente posterior a la freza. De acuerdo con la limitada información disponible (Figura 3.20) en estas fechas la temperatura superficial del agua en el archipiélago presenta valores entre 16 y 18 °C. Esta diferencia de temperatura deber tomarse en consideración a la hora de valorar sobre todo el tiempo que se requiere para alcanzar cada una de las fases del desarrollo.

T (h)	Estado
2	Primeras divisiones celulares. Se observan numerosos embriones con 2 blastómeros
3 - 4	Las divisiones celulares son relativamente rápidas. Antes de las 4 h es posible observar embriones en estado de mórula así como la mayoría de estados intermedios
16	Larvas trocóforas iniciales
24	Larvas trocóforas bien formadas (Figura 3.21B)
30	Primeras larvas velíger pretorsionales
48	Larvas velíger con concha bien desarrollada, presentando claramente el rudimento del pie (Figura 3.21D)
72	Larvas pedivelíger con pie bien desarrollado. En observación al microscopio, alternan el movimiento natatorio con el velo y el movimiento de reptación sobre el sustrato utilizando el pie (Figura 3.21F)

**Tabla 3.7.** Síntesis de la cronología del desarrollo larvario de *Patella ferruginea* a 20 °C, a partir de las experiencias de reproducción controlada realizadas hasta la fecha. Se indica el tiempo “T” (en horas) transcurrido desde la fecundación.



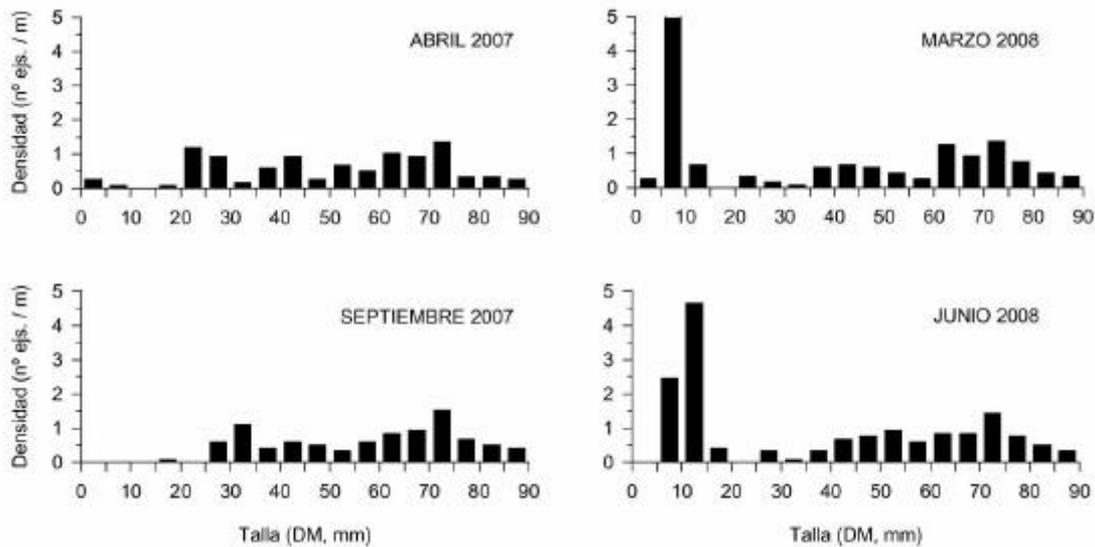
**Figura 3.20.** Datos de temperatura superficial del agua en las Islas Chafarinas. Los cuadros azules señalan el periodo aproximado de maduración gonadal de *Patella ferruginea* y los cuadros rojos las fechas en que se detectó el inicio de la freza.



**Figura 3.21.** Imágenes del desarrollo larvario de *Patella ferruginea* a partir de los trabajos realizados de reproducción controlada. (A) Ovocito durante el proceso de fecundación; en el círculo rojo se destacan dos espermatozoides adheridos a su superficie. (B) Larva trocófora 18 horas tras la fecundación. (C) Imagen de microscopía electrónica de barrido de una larva trocófora tras 22 horas desde la fecundación. (D) Larva velíger tras 46 horas desde la fecundación. (E) Grupo de larvas velígeres nadando, 54 horas tras la fecundación. (F) Larva pedivelíger, mostrando el pie reptante bien desarrollado y conservando aún el velo, 79 horas tras la fecundación.

### 3.3. Seguimiento de la población en las islas Chafarinas

En las Figuras 3.21, 3.22 y 3.23 se representan respectivamente los resultados de los censos realizados a lo largo del periodo de estudio en los tres transectos estudiados: “Embarcadero de Levante Congreso” (ELC), “Norte Dique Roto” (NDR) en Isabel II y “La Sartén Rey” (LSR).

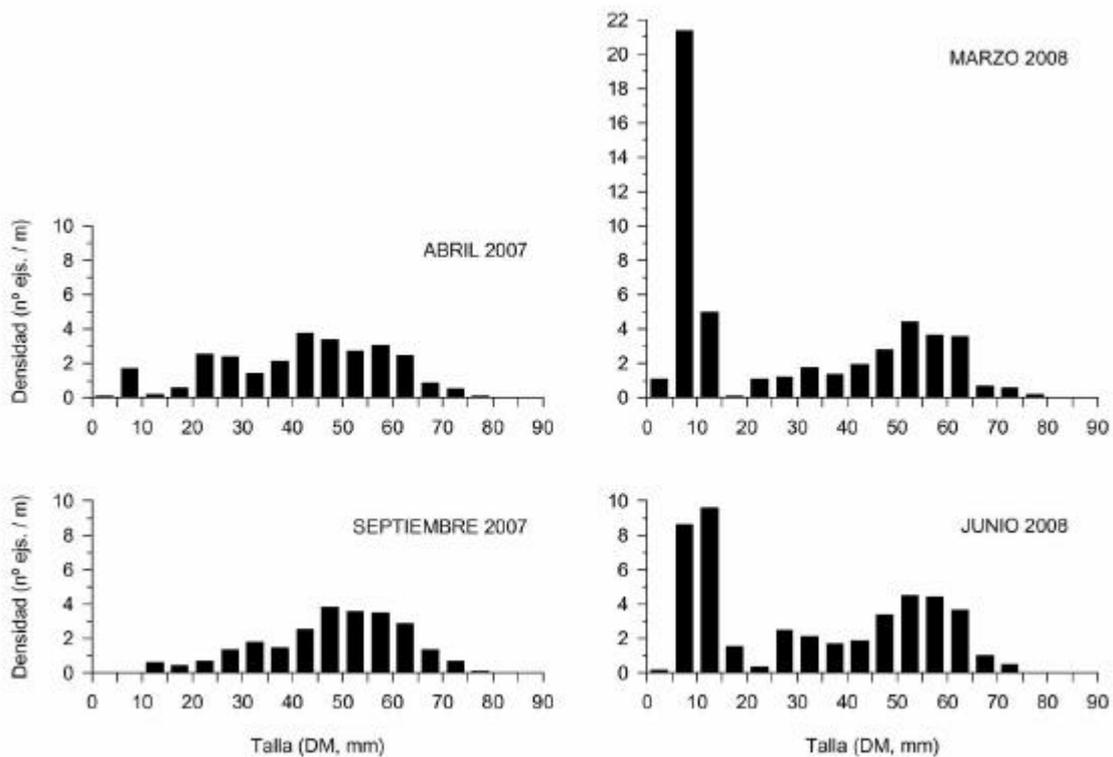


**Figura 3.21.** Distribución de frecuencias de tallas de ejemplares *Patella ferruginea* en resultantes de los censos realizados en 2007 y 2008 en el transecto “Embarcadero de Levante Congreso” (ELC).

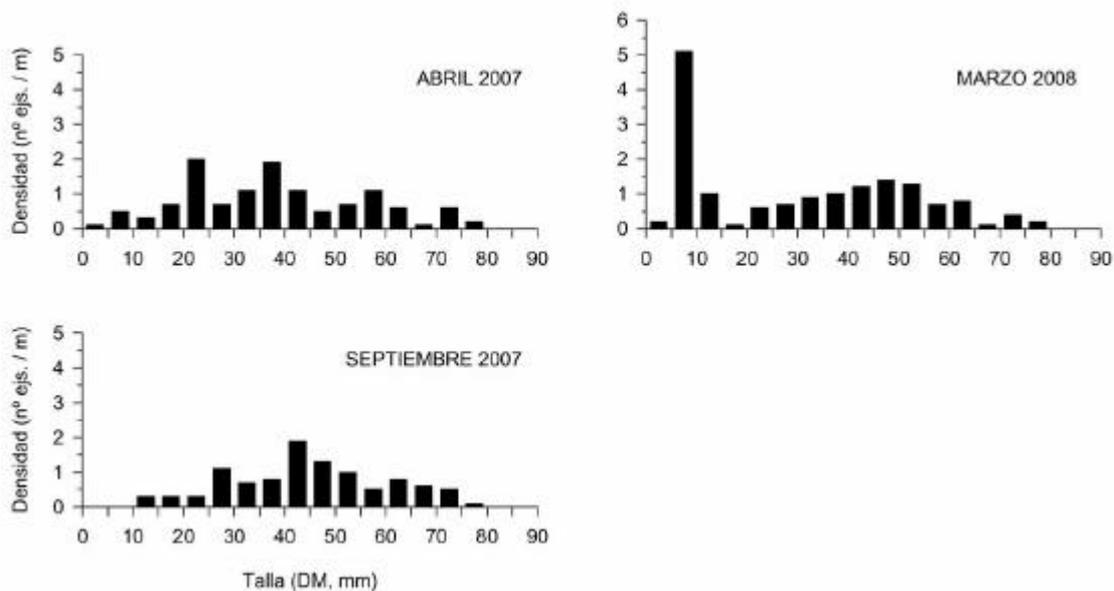
En estas Figuras se aprecia ya visualmente que si bien en población adulta (e.g. > 30 mm DM) no hay variaciones apreciables entre los distintos censos en cuanto a abundancia de ejemplares o distribución de frecuencia de tallas, existen marcadas diferencias entre 2007 y 2008 en cuanto a la densidad de ejemplares de menor tamaño (e.g. < 20 mm DM), procedentes del reclutamiento anual. Se destaca en ellas el mayor reclutamiento que tuvo lugar en el periodo reproductor de finales de 2007 (y que queda reflejado en los censos de 2008) en comparación con el que tuvo lugar el año anterior.

La variabilidad interanual en el reclutamiento de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas, ya descrita anteriormente (GUALLART, 2006), y su importante influencia en algunos casos en el número total de ejemplares censados en un transecto, motiva que el análisis de la evolución de la población en la zona deba llevarse de manera separada para juveniles y adultos.

Un ejemplo de éste hecho se muestra en la Figura 3.24 en el que se sintetizan los resultados de los censos llevados a cabo en el transecto “Norte Dique Roto” (NDR) en Isabel II desde 1999 hasta 2008. En ésta se observan importantes variaciones en la densidad total de ejemplares (conjunto de la columna) entre años. Sin embargo al destacar

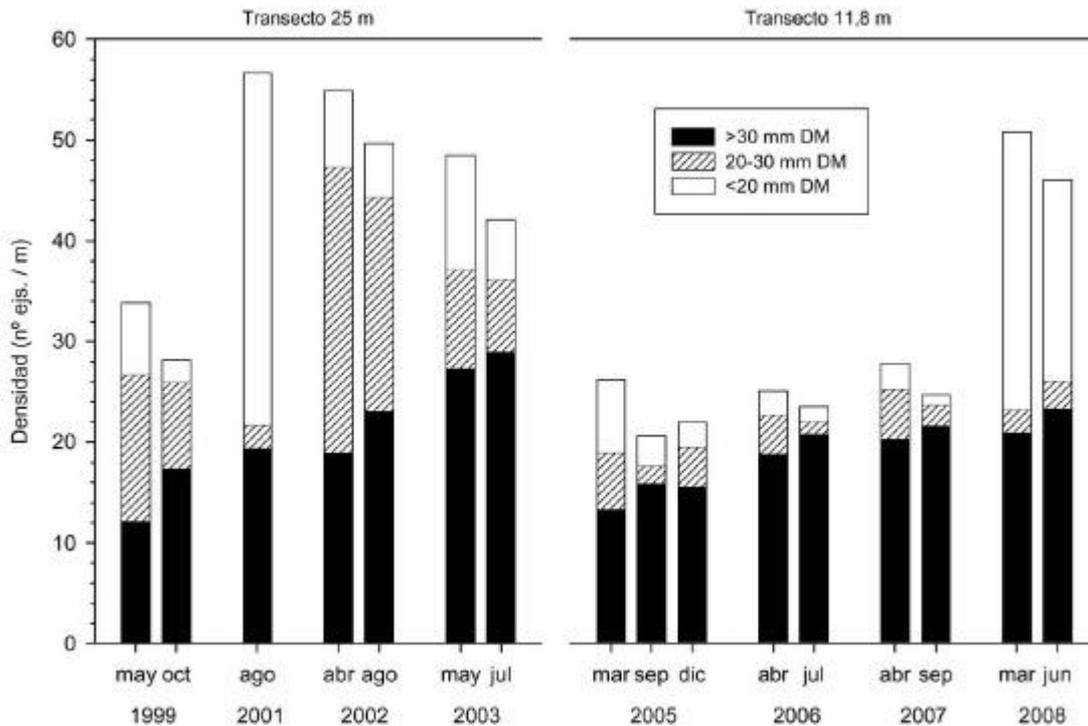


**Figura 3.22.** Distribución de frecuencias de tallas de ejemplares *Patella ferruginea* en resultantes de los censos realizados en 2007 y 2008 en el transecto “Norte Dique Roto” (NDR) en Isabel II.



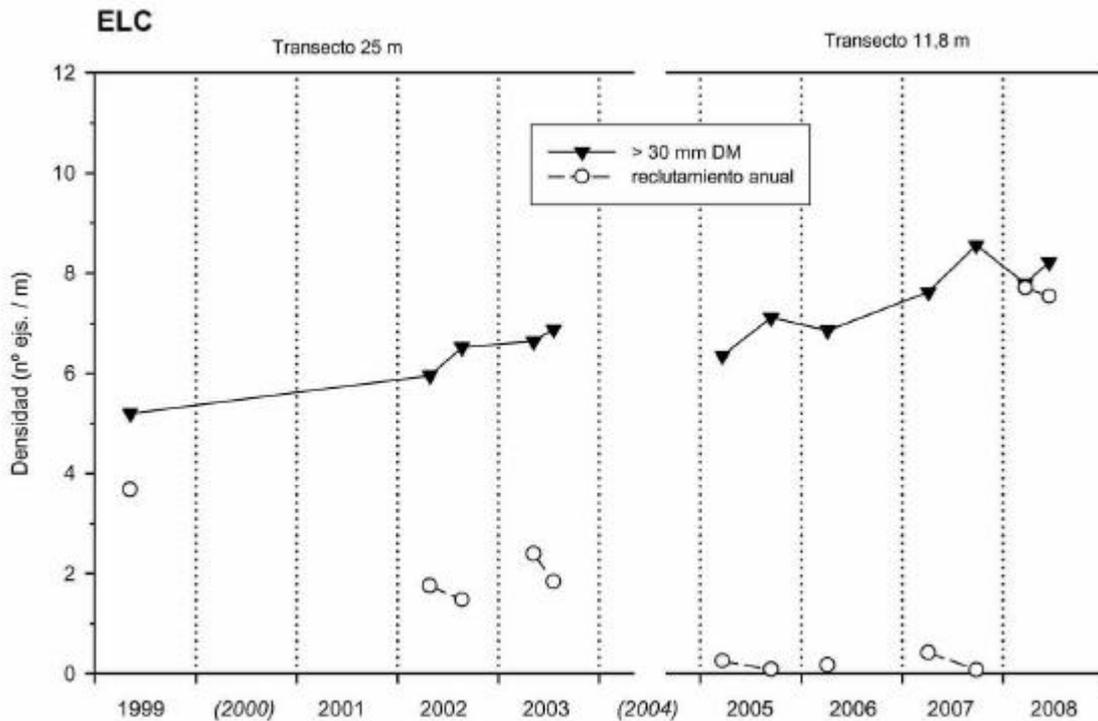
**Figura 3.23.** Distribución de frecuencias de tallas de ejemplares *Patella ferruginea* en resultantes de los censos realizados en 2007 y 2008 en el transecto “La Sartén Rey” (LSR).

la composición por grupos de tallas (ejemplares < 20 mm DM: rango aproximado de reclutas del año; ejemplares > 30 mm DM: rango aproximado de ejemplares adultos) se observa que las mayores variaciones entre años están relacionadas con la presencia de numerosos ejemplares procedentes del reclutamiento anual (e.g. años 2001 y 2008). En otros casos la elevada abundancia procede no tanto del reclutamiento tenido lugar durante ese año sino de la supervivencia y crecimiento de los reclutas del año anterior (e.g 2002; los ejemplares 20 – 30 mm DM corresponden aproximadamente rango de tallas de juveniles del segundo año, que procederían del elevado reclutamiento que fue detectado en 2001).

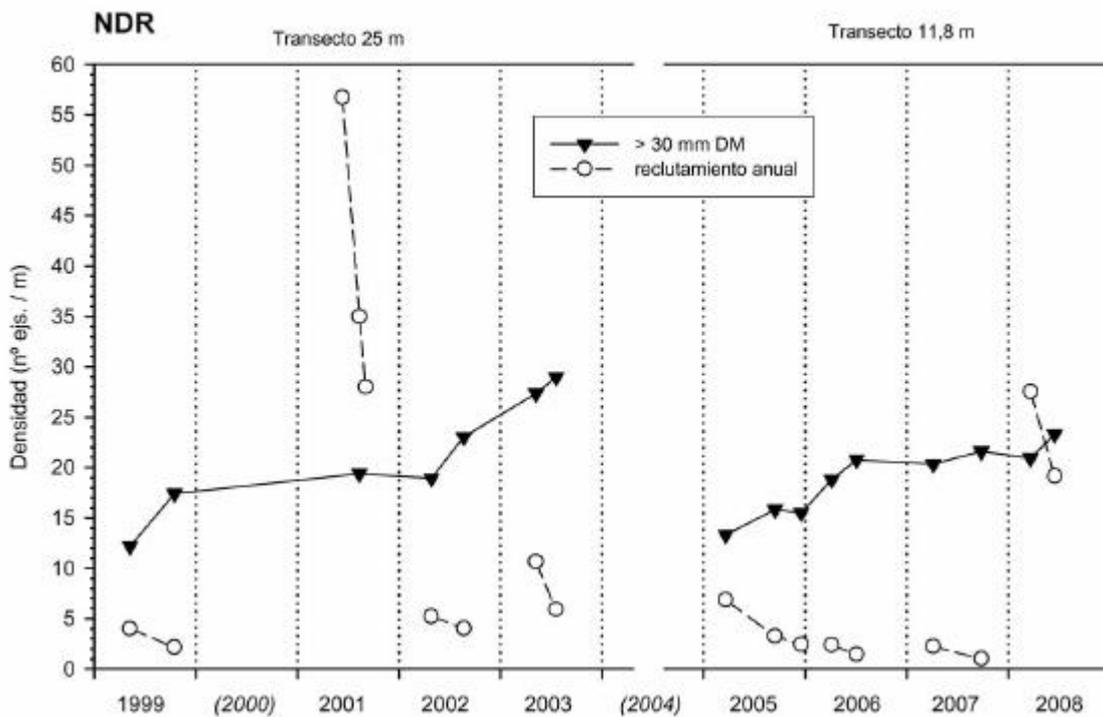


**Figura 3.24.** Evolución de la densidad total de ejemplares en el transecto “Norte Dique Roto” (NDR) en Isabel II desde 1999. Los datos entre 1999 y 2003 proceden de distintos trabajos realizados por GENA S.L. (GUALLART, 1999; 2001; 2002) mientras que los correspondientes a 2005 y 2006 proceden de GUALLART (2006). Nótese que los resultados del periodo 1999 – 2003 no son estrictamente comparables con los de periodo 2005 – 2008 pues se basaron en transectos de diferente longitud. Se destaca con diferente relleno en las barras los ejemplares pertenecientes a diferentes rangos de talla (DM, mm)

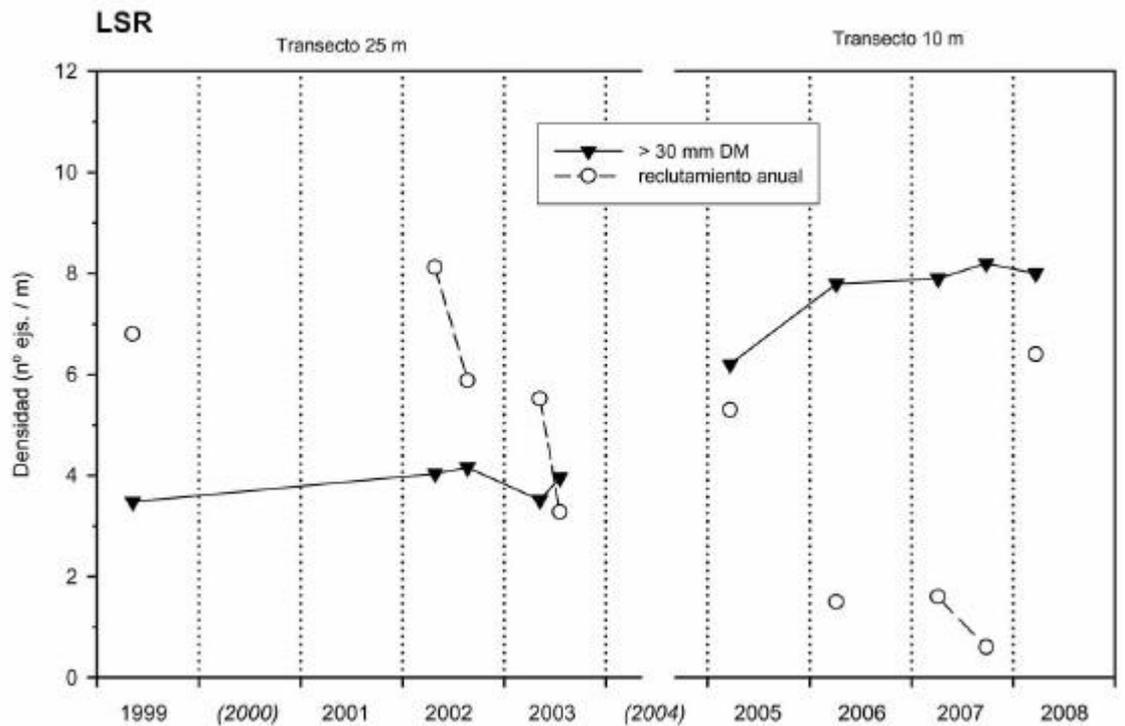
Por este motivo en las Figuras 3.25, 3.26 y 3.27 se representan los resultados de los censos para los 3 transectos estudiados de manera diferenciada para dos contingentes de ejemplares: adultos (> 30 mm DM) y reclutas del año. En esta gráfica la abundancia de ejemplares procedentes del reclutamiento anual no se ha calculado a partir de definir un rango de tallas determinado (e.g. < 20 mm DM) sino que, teniendo en cuenta la evolución de la talla media de este grupo debido al crecimiento durante el primer año de vida, se ha calculado identificando las cohortes correspondientes en las gráficas de distribución de frecuencias de tallas.



**Figura 3.25.** Evolución de la densidad de ejemplares > 30 mm DM y de ejemplares procedentes del reclutamiento anual en el transecto “Embarcadero de Levante Congreso” (ELC) desde 1999. Procedencia de los datos y consideraciones acerca de la longitud de los transectos como en la Figura 3.24.



**Figura 3.26.** Evolución de la densidad de ejemplares > 30 mm DM y de ejemplares procedentes del reclutamiento anual en el transecto “Norte Dique Roto” (NDR) en Isabel II desde 1999. Procedencia de los datos y consideraciones acerca de la longitud de los transectos como en la Figura 3.24.



**Figura 3.27.** Evolución de la densidad de ejemplares > 30 mm DM y de ejemplares procedentes del reclutamiento anual en el transecto “La Sartén Rey” (LSR) desde 1999. Procedencia de los datos y consideraciones acerca de la longitud de los transectos como en la Figura 3.24.

#### *Evolución de contingente de adultos en los transectos*

En los 3 transectos estudiados (Figuras 3.25, 3.26 y 3.27) la densidad de ejemplares adultos (> 30 mm DM) se mantiene estable o incluso tiende a incrementarse a lo largo de una década de seguimiento.

En el transecto “Embarcadero de Levante Congreso” (ELC) (Figura 3.25) la densidad de ejemplares parece presentar una tendencia creciente. En el periodo 1999 – 2003 pasó de un promedio de 5,20 ejes./m a 6,76 ejes./m mientras que en 2005 – 2008 (con una definición del transecto de menor longitud) pasó de 6,74 ejes./m a 8,01 ejes./m en promedio.

En el transecto “Norte Dique Roto” (NDR) en Isabel II (Figura 3.26) la tendencia es semejante, con una tendencia a aumentar la densidad de ejemplares adultos incluso de una manera más acusada. El incremento en el periodo 1999 a 2003 fue en promedio de 14,80 ejes./m a 28,16 ejes./m mientras que en intervalo 2005 a 2008 pasó de 14,58 ejes./m a 22,12 ejes./m.

Por su parte en el transecto “La Sartén Rey” (LSR) (Figura 3.27) la tendencia es semejante con un incremento menos marcado, pasando de 1999 a 2003 de una densidad de adultos de 3,48 ejes./m a 3,74 ejes./m mientras que el periodo 2005 – 2008 varió desde 6,20 ejes./m a 8,00 ejes./m.

### *Evolución del contingente de reclutas anuales en los transectos*

Los resultados obtenidos en la evolución de la densidad de ejemplares en el reclutamiento anual en los tres transectos estudiados durante el periodo 1999 – 2008 aportan información en dos aspectos muy relevantes.

En primer lugar, la comparación de la evolución de la densidad de reclutas dentro de un mismo año (su primer año de vida) en los 3 transectos y en todos los casos en que pudieron realizarse varios censos dentro de un mismo año muestra una disminución de su abundancia a lo largo de éste (Figuras 3.25, 3.26 y 3.27). Se pueden plantear dos causas para esta disminución de la densidad de reclutas: mortalidad y migración.

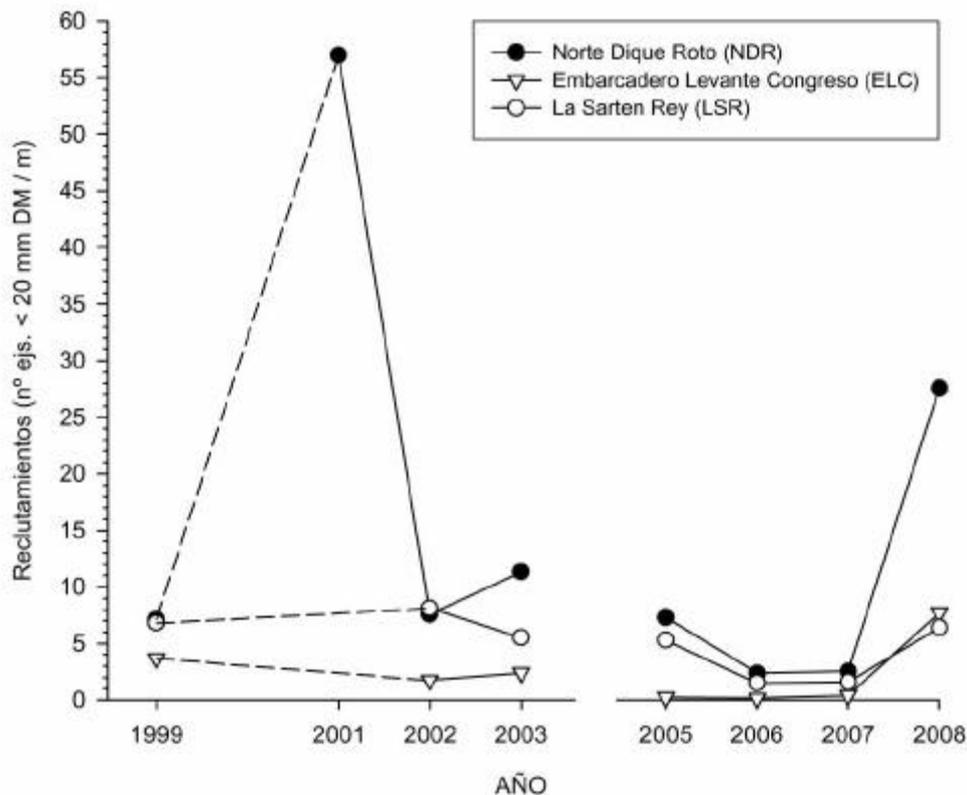
La migración de juveniles a otras zonas litorales próximas es un aspecto que no se ha estudiado directamente en la presente Asistencia Técnica. Sin embargo, y a pesar de representar una posibilidad que debería analizarse, puede considerarse que nos sea la principal causa de disminución en la abundancia, tanto por la probable limitada capacidad para realizar largos desplazamientos de estos ejemplares de pequeña talla, como por la probable existencia asimismo de densidades de juveniles semejantes en zonas aledañas.

La mortalidad natural de reclutas durante el primer año de vida se plantea en cambio como la principal causa de la disminución de la abundancia de éstos. Al igual que otras especies, los juveniles de menor talla pueden ser particularmente sensibles a la depredación por parte de sus depredadores naturales. Por otra parte, resulta probable que las condiciones de finales de primavera y verano, con frecuentes situaciones de mar en calma y elevada insolación puedan suponer unas condiciones de estrés térmico para los reclutas que, dada su pequeña talla, impliquen una mortalidad superior a la de los ejemplares de mayor tamaño, con mayor capacidad para resistir estas condiciones adversas.

El segundo aspecto relevante es la variabilidad en el éxito del reclutamiento de juveniles. En la Figura 3.28 se representan los datos de la evolución anual detectada en los 3 transectos estudiados desde 1999 hasta 2008. Todos los datos corresponden a censos realizados en los meses de marzo o abril (final del invierno o principio de la primavera).

En esta Figura se observa que, respecto al promedio de la densidad de reclutas observada en los tres transectos en los diferentes años, en algunos de éstos la tasa de reclutamiento es mucho mayor. Este es el caso de valores obtenidos en 2001 (GUALLART, 2001) y nuevamente en 2008.

Los datos obtenidos en su día para 2001 de este fenómeno de reclutamiento marcadamente elevado fueron escasos, debido a las condiciones meteorológicas durante la campañas de muestreo (GUALLART, 2001). De hecho, el dato presentado en la Figura 3.28 para este año se refiere únicamente a uno de los transectos (NDR) y procede de un submuestreo de parte del transecto



**Figura 3.28.** Evolución del reclutamiento detectado durante finales del invierno o principios de la primavera desde 1999 en los 3 transectos estudiados. Procedencia de los datos y consideraciones acerca de la longitud de los transectos como en la Figura 3.24.

En 2008 en cambio, durante los trabajos de la presente Asistencia Técnica, se pudo obtener más información sobre este fenómeno.

En los tres transectos estudiados el reclutamiento en 2008 fue superior al del promedio de los tres años anteriores (2005 a 2007) y en 2 de ellos (NDR y ELC) el valor es varias veces superior al del máximo alcanzado en este periodo (Tabla 3.7).

	Promedio 2005-2007	Máximo 2005-2007	2008
Embarcadero de Levante Congreso	0,28	0,42	7,71
Norte Dique Roto	4,07	7,29	27,54
La Sartén Rey	2,80	5,30	6,40

**Tabla 3.7.** Comparación en los tres transectos estudiados entre el reclutamiento detectado en 2008 y el registrado en los tres años precedentes. Resultados de censos realizados en marzo o abril, expresados en densidad (n° reclutas / m).

Además de la elevada densidad de reclutas en los 3 transectos estudiados, se realizaron observaciones en distintos enclaves del archipiélago. En éstas se puso de

manifiesto que la mayor presencia de reclutas detectada no era un fenómeno local, restringido a los transectos estudiados sino que era algo generalizado en la mayor parte del litoral, en comparación con observaciones realizadas en años anteriores.

En la Figura 3.29 se muestra un ejemplo de la espectacularidad de la abundancia de reclutas observada en algunos casos. En la imagen, que cubre un área de aproximadamente 60 cm<sup>2</sup>, se observan 10 juveniles procedente del reclutamiento anual. Ocho de los ejemplares se hallan sobre la concha de un ejemplar adulto marcado (ELC-M6; 77,4 mm DM en marzo de 2008) y otros dos junto a éste.



**Figura 3.29.** Ejemplar de 77,4 mm DM fotografiado en la zona de marcaje de ELC, en la isla de Congreso, en marzo de 2008. Se observan 8 juveniles de pequeño tamaño (reclutas) sobre la concha y otros 2 sobre el sustrato junto a él, todos ellos destacados con círculos de color rojo.

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1. Estudios de aspectos de la biología de *Patella ferruginea*

#### 4.1.1. Determinación de la talla de madurez sexual

Los únicos datos precedentes acerca de la talla de madurez sexual de *Patella ferruginea* proceden del trabajo de FRENKIEL (1975) realizado en la costas argelinas. Esta autora señala la dificultad para determinar con precisión la talla de madurez sexual a partir de sus resultados debido a la escasez de datos obtenidos de ejemplares de talla inferior a 30 mm y la ausencia de ejemplares en el intervalo 19 – 23 mm DM. Destaca sin embargo que todos los ejemplares muestreados de 15 a 18 mm eran inmaduros mientras que los de talla superior a 24 mm eran adultos. (*“Nos récoltes comportent peu de petits individus et ne deviennent régulières qu'a partir de 30 mm, tant a Ghazaouet qu'a Raschgoun. Les animaux de taille inférieure sont rares, soit qu'ils se cachent dans des anfractuosités de roches et sont recouverts d'épizoaires, soit qu'ils vivent dans d'autres localités. [...] Les animaux ramassés de 15 à 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» “*, p. 17). Señala por lo tanto que la madurez sexual se alcanzaría aproximadamente en el intervalo 19 – 23 mm.

Los datos obtenidos en la presente Asistencia Técnica son semejantes (rango de madurez sexual = 24,7 – 32,2 mm DM; talla aproximada de 50 % de madurez sexual = 28 mm DM) si bien algo superiores. Estas diferencias, aunque pudieran ser debidos a aspectos poblacionales, en opinión del autor de la presente Memoria podrían ser atribuidos al procedimiento para medir la talla de los ejemplares. Los ejemplares de pequeño tamaño presentan generalmente un borde estrellado, con prominencias resultantes de la prolongación de las costillas de la concha muy acusadas (ver eg. Figura 3.15). FRENKIEL (1975) no detalla el criterio que utilizó para medir la “talla” de los ejemplares; en el caso de que siguiera un criterio distinto para la medición del “diámetro máximo de la concha” (incluyendo o no estas prominencias; en el presente trabajo se han incluido; ver Figura 2.1) las diferencias de talla de madurez sexual podrían ser debidas a esta cuestión.

Un hecho destacable de las observaciones realizadas por FRENKIEL (1975) es la dificultad que tuvo para conseguir ejemplares del rango de talla 19 - 23 mm. Algo semejante se observó en octubre de 2006 en las Islas Chafarinas, campaña en la que se extrajeron ejemplares para determinar este parámetro intentando cubrir todo el rango de tallas en que previsiblemente podía tener lugar (15 – 30 mm DM); en este caso resultó difícil hallar ejemplares del rango de talla 20 – 25 mm DM mientras que era relativamente común obtener ejemplares por encima y por debajo de la talla de este intervalo.

Esta coincidencia puede no ser casual sino tener una explicación razonable. De acuerdo con los resultados de GUALLART (2006; ver Figura 3.28 y 3.29 en esta Memoria) los juveniles procedentes del reclutamiento anual, alcanzan durante su primer

año de vida y una talla en torno a 18 mm de mientras que tras el segundo año de vida han crecido hasta una talla promedio de 28 mm DM. De este modo, durante el mes de octubre se pueden encontrar contingentes de ejemplares del grupo de edad 0+, con una talla en torno a 18 mm DM, y ejemplares del grupo de edad 1+, con una talla en torno a 28 mm, pero resulta difícil hallar ejemplares de talla intermedia. Éstos corresponderían únicamente extremos de la variabilidad de la tasa de crecimiento (colas de la distribución normal en la frecuencia de tallas) de uno de estos dos grupos de edad.

La conclusión relevante de estas observaciones es que, aparte del valor que se determine como rango o promedio de talla de madurez sexual para una determinada población, estos datos indican que la madurez sexual en *Patella ferruginea* tendría lugar al final de su segundo año de vida. Esta idea confirmaría las conclusiones preliminares presentadas por GUALLART (2006).

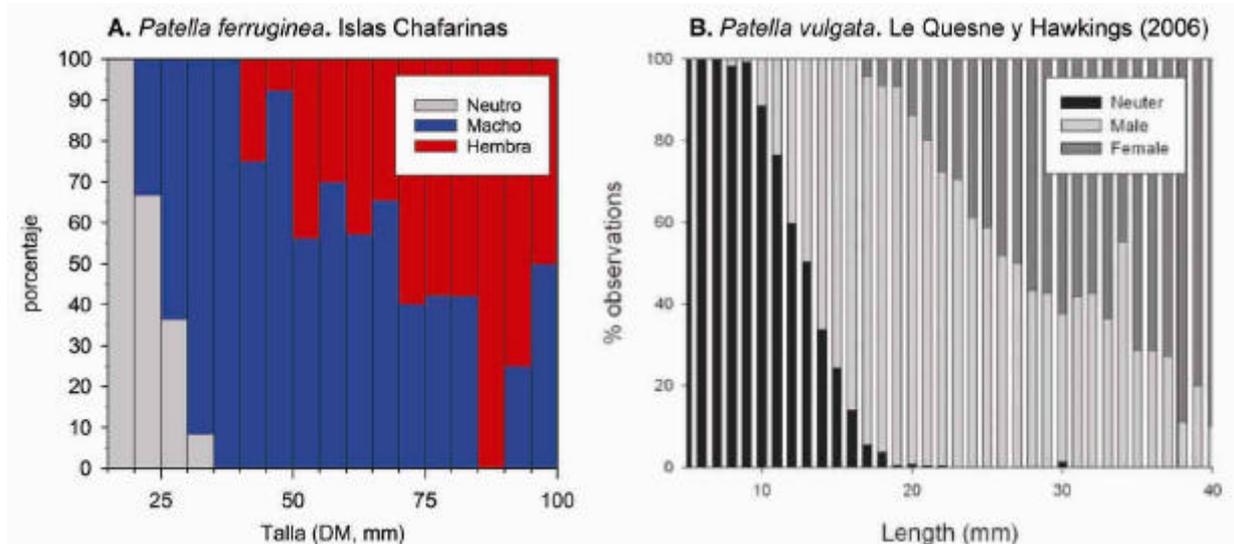
#### **4.1.2. Contraste de las hipótesis acerca del modo de reproducción de *P. ferruginea***

GUALLART (2006) presentó una detallada discusión acerca de la controversia existente acerca de modo de reproducción de *P. ferruginea*. En síntesis, la idea generalmente admitida hasta hace algunos años de que *P. ferruginea* presentaba hermafroditismo proterándrico, con una marcada segregación de sexos en función de la talla (hasta 40 mm los ejemplares eran machos y posteriormente cambiaban a hembras), se basaba en una información incorrecta. El origen de esta idea procedía de los trabajos de LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990b, 1991b) quienes aportaron esta información citando como fuente el trabajo de FRENKIEL (1975); sin embargo esta última autora no había indicado estos hechos sino que los comentarios de Laborel-Deguen y Laborel parecen resultar de una interpretación errónea de este trabajo. En los trabajos precedentes en las Islas Chafarinas GUALLART (2006; también en GUALLART et al., 2006) se puso de manifiesto que no existía esta clara segregación de tallas por sexos y que, si bien el porcentaje de hembras tendía a aumentar con la talla, esto no indicaba necesariamente la existencia de hermafroditismo. Un hecho semejante fue descrito por ESPINOSA et al. (2006) en un estudio de *P. ferruginea* en la costa de Ceuta, aunque estos autores dieron por asumido el hermafroditismo en esta especie.

Este tipo de distribución diferencial de sexos en función de la talla ha sido una de las bases en la que algunos autores se han fundamentado para suponer la existencia de hermafroditismo en algunas especies de lapas. Este criterio, fue discutido y criticado por BRANCH (1981) quien indicó que este tipo de distribución podía deberse a otras causas (e.g. mayor tasa de crecimiento en las hembras) y que, si bien no permitía descartar la existencia de uno u otro tipo de modo de reproducción (hermafroditismo vs. gonocorismo) tampoco hacía posible determinarlo en un sentido u otro.

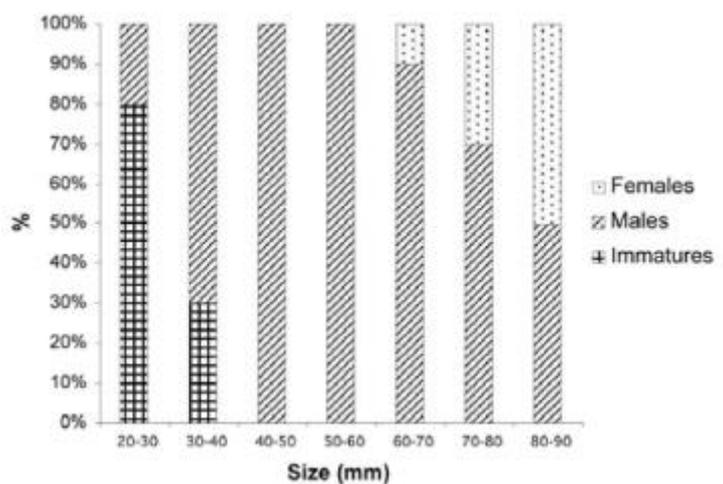
En la Figura 4.1 se compara la distribución de sexos por grupos de tallas entre *Patella ferruginea*, obtenida para las islas Chafarinas, y la descrita para *P. vulgata* por LE QUESNE y HAWKINS (2006). En ambos caso el patrón es similar en varias características: (1) la presencia de hembras se detecta a un rango de talla superior al de los machos (2), el porcentaje de hembras tiende a incrementarse con la talla y (3) se encuentran machos incluso en el intervalo de tallas máximo estudiado. Las principales diferencias en la evolución de los porcentajes está relacionada con el tamaño muestral: mientras que los datos para *P. ferruginea* proceden del sexado de 229 ejemplares, los

resultados para *P. vulgata* proceden de la captura y sacrificio de un número muy elevado de ejemplares (4.515 ejemplares). Resulta evidente que, dado el estatus de protección de *P. ferruginea*, existen claras limitaciones para obtener para obtener este tipo de información para un número tan alto de ejemplares.



**Figura 4.1.** Comparación en la distribución de sexos en función de la talla para (A) *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas (presente estudio) y (B) *Patella vulgata* en Inglaterra, para la que LE QUESNE Y HAWKINS (2006) además confirmaron la existencia de hermafroditismo proterándrico mediante el empleo de la técnica de WRIGHT y LINDBERG (1979)

Por otra parte en la Figura 4.2 se reproduce la distribución de sexos por talla para *P. ferruginea* descrita por ESPINOSA et al. (2006) en el litoral de Ceuta. El patrón que describen estos autores es semejante al observado en las Islas Chafarinas, si bien destaca el hecho de que estos autores no hallaran hembras de la especie en el rango de tallas inferior a 60 mm DM.



**Figura 4.2.** Distribución de sexos en función de la talla para *Patella ferruginea* en el litoral de Ceuta, de acuerdo con ESPINOSA et al. (2006)

La comparación de este tipo de datos entre *P. ferruginea* y *P. vulgata* es relevante dado que LE QUESNE y HAWKINS (2006) demostraron la existencia de hermafroditismo proterándrico en esta especie mediante el uso de la técnica de sexado no letal de WRIGHT y LINDBERG (1979). De nuevo, si bien la semejanza en el patrón de distribución de sexos en función de la talla no permite determinar su modo de reproducción, sí indica que no es en absoluto descartable que se trate de hermafroditismo proterándrico.

Los únicos métodos para determinar con seguridad la existencia de hermafroditismo en especies de lapas son: (1) el hallazgo de ejemplares que simultáneamente presenten gónadas masculinas y femeninas, representando en principio un estado de transición en el proceso de cambio de sexo (e.g. DODD, 1956; BRANCH, 1974; CREESE et al., 1990); y (2) la observación de que, mediante técnicas de sexado no letales (como la de WRIGHT y LINDBERG, 1979), ejemplares identificados que en periodos reproductivos sucesivos presenten diferente sexo (e.g. WRIGHT y LINDBERG, 1982; LINDBERG y WRIGHT, 1985; LE QUESNE y HAWKINS, 2006)

En el caso de *P. ferruginea*, parece poco probable que el primero de estos dos métodos pueda aportar información en este sentido. Dado que el reposo sexual entre dos periodos reproductores consecutivos es muy prolongado, de alrededor de 9 meses al año, y que en ese intervalo la gónada permanece reducida e indiferenciada (FRENKIEL, 1975; GUALLART, 2006; GUALLART et al., 2006), cabe suponer que si el cambio de sexo tiene lugar éste suceda durante este periodo. Parece razonable suponer por lo tanto que la probabilidad de poder identificar porciones de gónada de diferente sexo en maduración en un mismo ejemplar sea muy reducida.

En el presente trabajo se ha hallado la primera evidencia directa de la existencia de hermafroditismo proterándrico en *Patella ferruginea*, mediante el empleo del segundo método. Así, un ejemplar previamente marcado e identificado como macho en octubre de 2006 utilizando la técnica de sexado no letal de WRIGHT y LINDBERG (1979), fue identificado como hembra en noviembre de 2007 utilizando esta misma técnica.

Este dato parece resolver definitivamente la cuestión planteada. Sin embargo en opinión del autor de la presente Memoria, el hecho de que se trate de un único dato hace que las conclusiones basadas en éste deban tomarse con cautela. El principal motivo de esta cautela se basa en la probabilidad de que haya podido haber algún error, fundamentalmente en el registro del sexo del ejemplar durante el primer año. No existe ningún indicio que apunte en este sentido y puede considerarse que la probabilidad de este hecho es muy baja. A pesar de esto, y de que plantear esta duda implica que el autor de la presente Memoria asume positivamente la posibilidad de un error en el desarrollo de sus trabajos, la relevancia de la conclusión que implica hace que se plantee esta cautela por un principio de precaución.

Este resultado debería corroborarse en trabajos realizados en un futuro próximo en el archipiélago. El hecho de que al finalizar las campañas de la presente Asistencia Técnica haya un número de ejemplares sexados y marcados en el litoral del archipiélago relevante (n = 26), debería permitir el desarrollo de estos trabajos.

#### 4.1.3. Distribución de sexos por tallas en función de diferentes factores ambientales

Tal y como se ha comentado, hasta hace poco se asumía, a partir de las opiniones erróneas de LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990b, 1991b), que *P. ferruginea* presentaba una marcada segregación de tallas por sexos, siendo los ejemplares entre 25 y 40 mm DM machos y los de talla superior hembras. Como se ha comentado en el apartado anterior, los trabajos en las Islas Chafarinas (GUALLART, 2006) y en Ceuta (ESPINOSA, 2005; ESPINOSA et al., 2006) han mostrado recientemente que existe un solapamiento importante en las tallas de ambos sexos a partir de 40 mm DM y que pueden hallarse machos incluso entre los ejemplares de mayor talla. Este patrón de distribución de sexos es habitual para otras especies de gasterópodos marinos con hermafroditismo proterándrico.

En diversas especies con hermafroditismo sucesivo (e.g. hermafroditismo proterándrico) se ha intentado determinar a menudo qué factores determinan el cambio de sexo. El primer aspecto más evidente es la edad o la talla. A menudo se ha argumentado que el que las hembras constituyan los ejemplares de mayor tamaño sería ventajoso, pues la mayor talla les facilita la producción de un número significativo de ovocitos (de tamaño mucho mayor que los espermatozoides), así como la adquisición de suficientes recursos tróficos para la provisión de vitelo de éstos (ver WRIGHT, 1988, para una síntesis). Sin embargo de ser únicamente éste el factor determinante, el resultado sería generalmente una segregación por sexos en función de la talla más evidente (con menor solapamiento) que el observado en numerosas ocasiones, entre ellas en *P. ferruginea*.

Entre los otros factores que se ha descrito que pueden influir en el cambio de sexo destaca la densidad poblacional de ejemplares en un enclave determinado. Así en zonas con una menor densidad de ejemplares y, sobre todo, con un rango de tallas menor, los ejemplares tenderían a cambiar de sexo a una talla (y edad) más temprana con el fin de mantener una proporción de sexos que hiciera a esa población reproductivamente viable. Este hecho sería particularmente patente en grupos de ejemplares en que se hubiera producido una reducción de la densidad de población, bien en ensayos experimentales, bien como resultado de presión antrópica sobre las poblaciones (e.g. extracción para su consumo en zonas no protegidas frente a zonas incluidas en Áreas Marinas Protegidas) (LEWIS. y BOWMAN, 1975; BREYER, 1980; LINDBERG y WRIGHT, 1985; WRIGHT, 1988, 1989; WARNER et al., 1996; BRANCH y ODENDAAL, 2003; KIDO y MURRAY, 2003)

En los trabajos realizados en las Islas Chafarinas no se han hallado diferencias evidentes en la distribución de sexos por grupos de tallas en función de la densidad local de ejemplares, si bien los datos todavía son insuficientes. Por otra parte, tampoco se han observado en las Islas Chafarinas procesos de disminución de la población de determinados enclaves (por la práctica ausencia de presión antrópica actual) que podrían permitir evaluar la influencia de este proceso en la distribución de sexos de *P. ferruginea*.

Hay que destacar además que en la mayoría de trabajos referenciados anteriormente, las conclusiones se han realizado utilizando técnicas experimentales más o menos agresivas (e.g. disminución experimental de la población en enclaves para analizar su evolución posterior), a menudo mediante la extracción y sacrificio de un

número muy elevado de ejemplares. Esto ha sido así porque se trataba de especies con poblaciones abundantes y no protegidas y, el uso de estas especies de lapas como objeto de estudio, a menudo se basaba en su abundancia y en la posibilidad de utilizarlas como modelo de la dinámica de especies intermareales. En el caso de *P. ferruginea*, dado el estatus de protección de la especie y el estado de sus poblaciones, está claramente desaconsejado realizar a gran escala estos trabajos experimentales. En este caso, si bien estudios futuros deben aportar más información en este aspecto, éstos deben integrarse en otros objetivos, planteando el tamaño muestral adecuado no tanto para el análisis de los resultados sino sobre todo tomando en consideración la certeza de que no supongan un impacto negativo para las poblaciones del archipiélago.

Un último aspecto a destacar es la proporción de sexos descritas en las poblaciones de *Patella ferruginea*. En las Islas Chafarinas, la relación hembras:machos resultante de los trabajos de la presente Asistencia Técnica junto con los datos de trabajos anteriores es de 1:1,44, es decir moderadamente segada hacia una mayor presencia de machos. Frente a esto, ESPINOSA (2005) describió para la población de *P. ferruginea* en Ceuta una proporción 1:38,2, en la que, además, todas las hembras halladas presentaban una talla superior a 60 mm (en las Islas Chafarinas la talla mínima de las hembras halladas es de 41,0 mm DM)

En la mayoría de estudios acerca de la reproducción de especies de lapas se ha descrito una proporción de sexos semejante a la observada en *P. ferruginea* en las Islas Chafarinas, con un porcentaje moderadamente mayor de machos que de hembras (e.g. BRANCH, 1974; WARNER et al., 1996; KIDO y MURRAY, 2003). Algunos autores han descrito cómo en zonas en que es frecuente la recolección de estos moluscos, la proporción de hembras en la población tiende a reducirse (y por tanto la relación hembras:machos a incrementarse); esto sería debido sobre todo a la tendencia a capturar y extraer de la población ejemplares de mayor talla, en los que las hembras están más representadas (BRANCH y ODENDAAL, 2003)

La destacable diferencia en la proporción de sexos obtenida para las Islas Chafarinas y la descrita para Ceuta por ESPINOSA (2005) podría indicar la existencia de una cierta presión antrópica en este último enclave, tal y como propone este autor. Frente a esto los resultados obtenidos en las Islas Chafarinas pueden ser un indicador más del excelente estado de la población de *Patella ferruginea* en el archipiélago.

#### **4.1.4. Análisis de la capacidad de dispersión natural de la especie**

La mayor parte de autores recientes citan que *Patella ferruginea* presenta una baja capacidad de dispersión natural (e.g. LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1990b, 1991b, TEMPLADO et al., 2004, MORENO y ARROYO, 2008). De manera general, se ha admitido que este sería uno de las causas del estado de regresión de la especie o que, al menos, sería un factor que dificultaría la recuperación espontánea (natural) de aquellas poblaciones hubieran sufrido una regresión pero la causa de ésta ya hubiera cesado.

Esta idea sin embargo tiene su origen únicamente en una serie de comentarios realizados por LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990b, 1991b). Estos autores

indicaron que el tamaño elevado de los ovocitos (200  $\mu\text{m}$ ) y su elevada densidad implicaban una fase de vida pelágica relativamente corta, de varios días a varias semanas. ("*Il est cependant vraisemblable en raison de la taille élevée des ovocytes (diamètre 200  $\mu\text{m}$ ) et de leur forte densité, que les stades pélagiques de cette espèce sont de durée relativement courte (quelque jours à quelques semaines)*"; LABOREL-DEGUEN y LABOREL 1990b, p. 59 ; LABOREL-DEGUEN y LABOREL 1991a, p. 113). Por otra parte estos autores indicaron que *Patella ferruginea* presenta una baja fertilidad ("*D'autre part un certain nombre de facteurs biologiques intrinsèques paraissent aggraver la raréfaction de l'espèce: la faible fertilité de l'espèce, [...]*" LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1990b, p.61; "[...] *ainsi que la taille élevée et le petit nombre de ces oeufs [...]*" LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1991b, p. 116).

El conjunto de esta argumentación, que ha sido asumida generalmente como válida, plantea sin embargo algunas dudas. La primera es que el valor del tamaño de los ovocitos, siendo un dato numérico redondo y sin que se haga constancia en el trabajo al procedimiento de medición o al número de ejemplares del que procede, hace pensar en que podría ser un dato solamente aproximado. La segunda cuestión es si el tamaño relativamente grande de los ovocitos y la elevada densidad (su flotabilidad negativa) implican necesariamente una vida larvaria corta. Además, si como sugieren estos autores la vida larvaria de *P. ferruginea* puede llegar a ser de incluso "varias semanas"; cabe plantearse que este periodo de tiempo no parece corresponder precisamente a un intervalo "corto", como para impedir su dispersión de varias decenas o algún centenar de kilómetros. Por último es incierto el origen de la información acerca de la escasa fertilidad de la especie, pues si en el segundo de los trabajos no cita la fuente bibliográfica en que se basa, en el primero (LABOREL-DEGUEN y LABOREL 1990b, p. 59) hace referencia al trabajo de FRENKIEL (1975), si bien esta autora no señala en realidad este aspecto.

Recientemente, ESPINOSA et al. (2006) estudiaron algunos aspectos de la biología reproductiva de *P. ferruginea* a partir de ejemplares de Ceuta. En este trabajo, describieron que el tamaño medio de los ovocitos maduros presentan un rango 142.26 – 169.9  $\mu\text{m}$ , con un promedio de 149,78  $\mu\text{m}$  (los autores no indican el número de ejemplares examinados con este fin, aunque por otros aspectos del trabajo se puede deducir que fueron entre 8 y 10 hembras). Sin embargo la lectura detallada de este artículo permite detectar algunas imprecisiones metodológicas importantes en este tema y sus conclusiones pueden considerarse como muy discutibles.

En primer lugar, estos autores consideraron el tamaño de cada ovocito como su "diámetro máximo" y no como el promedio entre los dos ejes principales ("*For estimating oocyte size vs. shell length, for each female 50 oocytes were measured, each across its largest diameter, directly over a screen connected with the microscope and using a scale for reference*" p. 86). Este procedimiento tiende sin duda a sobreestimar el "diámetro real" en los ovocitos que presentan una sección ligeramente ovalada (el promedio de los dos ejes principales es en este caso una mejor aproximación), los cuales son frecuentes entre las muestras de ovocitos incluso cuando ya han adquirido la mayoría su forma subsférica en contacto con agua de mar (obs. pers.).

En segundo lugar, aunque no citado expresamente en la metodología, estos autores parecen incluir en el tamaño del ovocito la cubierta gelatinosa (citada a menudo

como “corion”) que éstos presentan inicialmente al ser extraídos del ovario o tras la freza (véase el comentario en la discusión, “*Dodd (1957) reported an oocyte size for P. vulgata of 150 µm, and for P. caerulea of 135 µm, although these dimensions did not include the chorion.*” p. 89). El corion tiende a disgregarse y desaparecer al poco tiempo de permanencia de los ovocitos en agua de mar (DODD, 1957; obs. pers.) por lo que en la práctica difícilmente puede tenerse en consideración para calcular su tamaño y, a partir de él y tomando en consideración las reservas energéticas que comporta, inferir conclusiones acerca de la evolución de las formas larvarias. Las medidas efectuadas por tanto incluyendo el corion en el diámetro de los ovocitos tienden de nuevo a sobrestimar los resultados.

En tercer lugar las mediciones de ovocitos realizadas por ESPINOSA et al. (2006) parece que se realizaron a partir de ovocitos fijados en alcohol (aunque no lo cita expresamente en la metodología, de nuevo hace a referencia a ello en el apartado de discusión (“*However, we observed smaller dimensions in some cases, probably due to the effect of alcohol preservation.*”, p. 89). Cabe suponer que la fijación en alcohol puede suponer una deshidratación de las muestras y por tanto una reducción en el diámetro de los ovocitos. Por lo tanto, el uso de este procedimiento en este caso podría implicar una fuente de subestimación del parámetro objeto de estudio.

El hecho de que, de acuerdo con la opinión del autor de la presente Memoria argumentada en los párrafos anteriores, estos autores hayan empleado una metodología que implica dos fuentes de sobreestimación de los resultados y otra de subestimación de éstos, no debe hacer pensar que estos sesgos puedan quedar compensados entre sí sino, sencillamente, que los resultados presentados son marcadamente imprecisos y en absoluto representativos.

Incluso si se asumiera la validez de estos resultados, resulta cuanto menos sorprendente que ESPINOSA et al. (2006) a partir de sus resultados concluyan que los valores obtenidos en su estudio son “semejantes” a los de LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990b, 1991b) y “confirman el tamaño medio de ovocitos descrito por esos autores” (“*Laborel-Deguen and Laborel (1990) suggested that the large size (200 µm) and high density of the oocytes of P. ferruginea indicate a short pelagic stage [...]. The results of the present study confirm the mean oocyte size reported by these authors [...]*”, p. 89): la diferencia entre ambos valores (200 µm vs. 149,78 µm) es de aproximadamente un 25 %, lo cual parece que debería haber hecho concluir a ESPINOSA et al. (2006) que sus resultados indican un tamaño marcadamente menor que lo que se suponía hasta la fecha.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran un tamaño de ovocitos medio (142,3 µm) sensiblemente menor al señalado LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990b, 1991b). Por otra parte destaca la semejanza en el tamaño de los ovocitos de esta especie con los de *P. caerulea* (143,5 µm) y *P. lusitanica* (144,0 µm), dos especies con una amplia área de distribución en el Mediterráneo y que aparentemente no presentan signos de regresión.

El segundo argumento utilizado para asumir una limitada capacidad de dispersión natural en *P. ferruginea* es su supuesta “baja fecundidad”. ESPINOSA et al. (2006) han publicado recientemente los resultados obtenidos en el litoral de Ceuta que,

en general, pueden considerarse semejantes a los descritos en la presente Asistencia Técnica para las Islas Chafarinas. En ambos casos se describe cómo no se ha detectado correlación entre la “densidad de ovocitos” (número de ovocitos por gramo de gónada) y la talla y cómo el tamaño relativo de las gónadas (IGS) se incrementa considerablemente con la talla. Asimismo, los valores de fecundidad obtenidos son semejantes, alcanzando en las hembras de mayor talla el valor de varios millones de ovocitos por ejemplar.

Por lo tanto, el orden de magnitud de la fecundidad de *P. ferruginea* observado no puede considerarse como muy bajo. Destaca sin embargo el hecho de que son los ejemplares de mayor tamaño, y particularmente las hembras, las que contribuyen de manera más significativa a la producción de gametos durante la freza. La comparación de la fecundidad de hembras de *P. ferruginea* con la de *P. caerulea* y *P. lusitanica* obtenida en la presente Asistencia Técnica muestra que la fecundidad en las tres especies puede ser semejante (superior incluso en el caso de *P. ferruginea*) si bien no se comparan grupos de talla semejantes, sino al comparar la fecundidad en el “promedio” de la talla de los adultos, mayor en el caso *P. ferruginea*.

Las observaciones anteriores destacan el hecho, también señalado por ESPINOSA et al. (2006), que la fecundidad de “efectiva” de una población de *P. ferruginea* está condicionada en gran parte por la talla de los ejemplares que la componen. Así, en zonas donde existe presión antrópica sobre la especie y la presencia de ejemplares de mayor talla puede estar limitada, la capacidad reproductiva se vería mermada por la comparativamente menor capacidad de los ejemplares de talla intermedia para producir una cantidad de gametos suficiente para garantizar un buen reclutamiento asociado a éste.

Determinar esta relación entre fecundidad “operativa” y estructura poblacional en *P. ferruginea* requiere un análisis más profundo de la dinámica poblacional de la especie, que precisa previamente una mayor información acerca de la tasa de crecimiento (e.g. periodo necesario para adquirir una talla para poseer una capacidad de producción de gametos relevante, factores que pueden influir en esa tasa de crecimiento...) y otros aspectos de su biología (e.g. mortalidad natural,...)

La tercera cuestión relativa a supuesta escasa capacidad de dispersión natural de *P. ferruginea* está relacionada con la duración de su desarrollo larvario. Como se ha comentado, la idea procede de un comentario de LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990b, 1991b), sin datos que lo avalen aparte del supuesto (e inexacto) elevado tamaño de los ovocitos maduros. Además, aún si como sugieren estos autores su vida larvaria puede llegar a ser de incluso “varias semanas”, este periodo de tiempo puede no considerarse exactamente como un intervalo “corto”.

En la presente Asistencia Técnica se ha intentado localizar larvas de *Patella ferruginea* (o al menos larvas correspondientes al género *Patella*) en el zooplancton del entorno de las Islas Chafarinas pocos días después del momento de la freza, pero no se han podido hallar. Las causas de este hecho son desconocidas, aunque tal vez pueda deberse a un patrón particular de ubicación de las larvas de esta especie en la columna de agua.

La posibilidad de localizar estas larvas en el zooplancton puede resultar muy interesante en vistas a estudios futuros en los que, de ser posible realizarlo con éxito, podría permitir planificar campañas que determinaran la distinta densidad de larvas en el zooplancton a diferentes distancias del archipiélago en la época de reproducción, y de este modo analizar su patrón de dispersión. Por este motivo, cabe plantear que habría que seguir realizando ensayos en este sentido en trabajos futuros.

El otro aspecto de estudio que aporta información en este sentido está relacionado con los ensayos de reproducción controlada realizados. En el ensayo realizado en el IATS en noviembre de 2006 se obtuvieron al cabo de 3 días tras la fecundación larvas pedivelíger, aún con velo pero con un pie bien desarrollado que les permitía reptar por el sustrato, alternando este movimiento con el de natación libre con el velo. La brevedad del periodo hasta alcanzar este estadio, únicamente tres días, apoya la idea de una vida larvaria corta para *P. ferruginea*. Sin embargo estas observaciones deben considerarse con cautela. En primer lugar, los ensayos se realizaron a una temperatura varios grados superior a la del agua de mar en el entorno del archipiélago en la época en que tiene lugar la freza y es bien conocida la existencia de una correlación positiva en la velocidad del desarrollo larvario de moluscos con la temperatura (HELM Y BOURNE, 2004). Por otra parte, se ha observado en diferentes especies de moluscos que, aún habiendo alcanzado las larvas la fase pedivelíger parcialmente reptante, éstas pueden mantenerse nadando sin fijarse y ni realizar la metamorfosis durante un tiempo hasta que encuentran un sustrato adecuado (HELM Y BOURNE, 2004). Esta posibilidad podría permitir a las larvas de *P. ferruginea* prolongar parcialmente su periodo de vida larvaria (y poseer una mayor capacidad de dispersión) un tiempo superior al que pueda determinarse como “habitual” en ensayos bajo condiciones controladas.

Por todo lo anterior, debe concluirse que resulta necesario continuar trabajando en distintos aspectos de la biología de la especie para determinar realmente su capacidad de dispersión natural y la influencia que ésta pueda tener en su actual estado de regresión.

#### **4.1.5. Tasa de crecimiento, particularmente en adultos, y longevidad**

Los únicos datos publicados acerca de la tasa de crecimiento de *Patella ferruginea* consisten hasta la fecha en un único valor, señalado por LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990b, 1991b). Estos autores describieron que un ejemplar marcado en Córcega creció a lo largo de 4 años y 2 meses de seguimiento desde una talla de 55 mm hasta 69 mm. Este dato, que supone una tasa de crecimiento anual media de 6,5 mm / año para una talla promedio de 62 mm, coincide con el rango de resultados obtenidos para las Islas Chafarinas en el presente estudio (ver Figura 3.12)

A pesar de esta falta de información, en general se ha asumido que esta sería una especie de crecimiento lento y posiblemente de una prolongada longevidad (e.g. LABOREL-DEGUEN y LABOREL, 1990b, 1991b; TEMPLADO y MORENO, 1997; TEMPLADO, 2001).

ESPINOSA (2005) en un trabajo todavía no publicado, estudió el crecimiento de *Patella ferruginea* en las aguas de Ceuta. En general los resultados presentados de

tasa de crecimiento coinciden con los obtenidos en el presente estudio para las Islas Chafarinas. Sin embargo algunas de las conclusiones alcanzadas por este autor pueden considerarse como muy discutibles.

Por ejemplo, ESPINOSA (2005) realizó mediante un complejo procedimiento estadístico una extrapolación de los resultados para calcular que la longevidad de la especie puede ser de hasta “35,72 años” (p. 100). Sin embargo parte este procedimiento estadístico se basaba en una premisa errónea, la imposibilidad de crecimiento negativo (“*Biológicamente esta limitación es razonable, puesto que no es posible un crecimiento negativo de los ejemplares*”, p 100). Aunque en distintos grupos zoológicos (e.g. peces) esta premisa puede ser razonable, no lo es en el caso de moluscos y, en concreto de lapas, donde la medida representativa de la talla procede del tamaño de la concha; en este caso puede haber no ya un “crecimiento corporal negativo” sino fenómenos erosivos sobre la concha que resulten en valores de “crecimiento de la concha” (y por lo tanto del parámetro de talla utilizado) negativos.

La existencia de este tipo de variaciones negativas en el tamaño de la concha en *P. ferruginea* ya fue destacado por LABOREL-DEGUEN y LABOREL (1990a, 1991a) si bien estos autores indicaron que podía ser un efecto aparente, debida a la dificultad de medir con precisión las conchas cuando están sobre el sustrato. En las Islas Chafarinas se han observado a menudo variaciones negativas del tamaño de la concha, generalmente cuando se trabaja con intervalos de seguimiento relativamente cortos (trimestrales), tal y como discute con detalle GUALLART (2006). La causa fundamental de estos crecimientos negativos se refiere a factores que suponen erosión de la concha (efecto abrasivo del oleaje, organismos incrustantes sobre la concha, depredadores,...), tal y como ha sido descrito para moluscos intermareales o litorales (e.g. THOMSON, 1980; SHANKS y WRIGHT, 1986; DAY et al., 2000). En la práctica éste es un factor importante a la hora de plantear modelos de crecimiento para estas especies, dado que el crecimiento corporal (de la concha) puede considerarse resultado de la conjunción de un crecimiento positivo activo y un crecimiento negativo pasivo; la variación del tamaño de la concha por tanto dependería en cada momento de la intensidad relativa de cada uno de estos procesos (GUALLART, 2006).

Aparte de esta cuestión, que plantea dudas sobre la exactitud de los datos de longevidad propuestos por ESPINOSA (2005) al no cumplir uno de los requisitos de la propia metodología estadística empleada, hay que destacar que estos cálculos proceden del seguimiento de ejemplares marcados durante un periodo de dos años. En opinión del autor de la presente Memoria, la relación entre el periodo de estudio (2 años) y el resultado final (35 años) es desproporcionadamente baja como para que la extrapolación realizada aporte resultados fiables, más aún teniendo en cuenta la posible complejidad del modelo de crecimiento en lapas discutido anteriormente.

La mejor manera sin duda de verificar la longevidad en *Patella ferruginea* es realizar seguimientos a largo plazo de ejemplares marcados. En los trabajos de la presente Asistencia Técnica, en continuidad con otra anterior, se ha conseguido por primera vez datos de evolución de crecimiento individual para algunos ejemplares de *P. ferruginea* durante un periodo superior a 3 años. La continuación del seguimiento de estos ejemplares puede por tanto ir aportando datos de periodos de seguimiento cada vez más prolongados. Hay que destacar que, en este sentido, el que este tipo de trabajos se vaya realizando de manera ininterrumpida es fundamental, pues el marcaje de

ejemplares requiere un cierto mantenimiento periódico (limpieza de las marcas, reemplazo de éstas en caso de pérdida si los ejemplares pueden ser positivamente identificados,...).

Siguiendo la argumentación de los párrafos anteriores, con los datos obtenidos en las Islas Chafarinas e incluso habiendo calculado el modelo de la curva de crecimiento de von Bertalanffy para *Patella ferruginea* a partir de un número relevante de datos, la información debe considerarse insuficiente para realizar estimas fiables de longevidad de la especie. Sin embargo sí que pueden aportar información para determinar la edad en dos momentos relevantes del ciclo vital de los ejemplares.

El primero, tal y como se ha discutido en el apartado 4.1.1 es la talla de primera madurez sexual (en forma de machos) que, de acuerdo con los resultados obtenidos, se adquiriría muy probablemente durante el segundo año de vida.

El segundo aspecto es la talla a la que los ejemplares no ya adquieren la madurez sexual sino que presentan una “capacidad reproductiva relevante”. Tal y como se discute en los apartados 3.1.5 y 4.1.4, los ejemplares poco después de alcanzar la madurez sexual presentan una gónada relativamente reducida y por lo tanto contribuyen poco al conjunto de gametos emitidos durante la freza; conforme aumenta la talla, el tamaño de las gónadas maduras es mayor, no de una manera proporcionalmente directa al tamaño sino que, como se observa al analizar el Índice Gonadosomático (IGS) (Figura 3.7), es comparativamente muy superior.

Tómese como referencia en este sentido la talla de 70 mm DM. De hecho, ésta es casi la talla máxima que se suele alcanzar en algunas zonas del archipiélago con una densidad muy elevada de ejemplares (en torno a 75 mm DM; GUALLART, obs. pers.). A esta talla de 70 mm DM, los ejemplares presentan ya un valor promedio de IGS en torno al 25 % (Figura 3.7) y las hembras una fecundidad media superior al millón de ovocitos (Figura 3.9).

De acuerdo con el modelo de CCVB presentado en la Figura 3.14, esta talla de 70 mm DM se alcanzaría en promedio en torno a los 8 años. Sin embargo, si se revisan los datos de ejemplares concretos, esta talla posiblemente se podría alcanzar mucho antes.

Si se utilizan los datos representados en la Figura 3.13, se observa que el ejemplar SDN05-X, un recluta detectado en abril de 2006 con una talla de 10,1 mm DM había alcanzado un tamaño de 55,5 mm DM dos años más tarde, en marzo de 2008. Este ejemplar había alcanzado una talla de 55,5 mm DM con poco más de dos años de vida. En otro ejemplo, el ejemplar EPI-B4 pasó de medir 50,7 mm DM a 70,5 mm DM en solo un año, desde abril de 2007 hasta marzo de 2008. Si se conjugan los datos de estos dos ejemplares, se puede llegar a concluir que potencialmente, algunos ejemplares pueden alcanzar la talla de 70 mm DM con solamente 3 años de vida, un valor muy inferior al promedio resultante del modelo, 8 años.

Sin embargo se puede utilizar una argumentación semejante pero para llegar a resultados opuestos. Los ejemplos anteriores corresponden a ejemplares con una tasa de crecimiento marcadamente elevada. Cabe esperar (y así se observa en algunos casos) que otros ejemplares presenten una tasa de crecimiento mucho menor que el promedio

que representa el modelo, por lo que el alcance de esta talla de 70 mm DM podría ser superior a 10 años.

Estas observaciones, tal y como se ha comentado en el apartado 3.1.7., destacan la elevada variabilidad en la tasa de crecimiento de los ejemplares de *P. ferruginea*, sobre todo aquellos de talla pequeña o mediana.

Esta variabilidad ha sido descrita asimismo para diferentes especies de lapas y se ha asociado a diferencias en las condiciones ambientales. De hecho, en los resultados de *P. ferruginea* para Ceuta presentados por ESPINOSA (2005), éste obtuvo una tasa de crecimiento sensiblemente mayor en la zona interior del puerto que en la exterior. Entre los factores que se han descrito relacionados con la variabilidad de la tasa de crecimiento en lapas destacan el grado de exposición al hidrodinamismo y la abundancia de la cubierta microalgal en las rocas: la tasa de crecimiento se ha descrito como mayor en aquellas zonas o épocas en que el recubrimiento algal es mayor, mientras que en general se ha observado que la tasa de crecimiento tiende a ser mayor en zonas más protegidas frente a las más expuestas (LEWIS y BOWMAN, 1975; CHOAT y BLACK, 1979; JENKINS y HARTNOLL, 2001; BRANCH y ODENDAAL, 2003; KIDO y MURRAY, 2003).

En el presente trabajo no se ha analizado todavía la influencia que estos factores ambientales puedan tener en la tasa de crecimiento de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas, principalmente porque en algunas de las zonas de marcaje el grado de exposición es semejante y, en otras, relativamente protegidas, el número de datos disponibles todavía es reducido. De cualquier modo, este es un aspecto de estudio relevante que debería plantearse para trabajos futuros.

## **4.2. Desarrollo de técnicas de apoyo a experiencias para la producción de juveniles de la especie**

### **4.2.1. Implementación de la técnica de sexado no letal de WRIGHT y LINDBERG (1979) y evaluación de la posible mortalidad asociada a su uso.**

La técnica de de sexado no letal de WRIGHT Y LINDBERG (1979) ha sido utilizada con éxito en algunas especies de lapas, para las cuales en algunos casos ha permitido determinar la existencia de hermafroditismo sucesivo mediante observación directa del cambio de sexo de ejemplares (e.g. WRIGHT y LINDBERG, 1982; LINDBERG y WRIGHT, 1985; LE QUESNE y HAWKINS, 2006)

Los trabajos realizados en las Islas Chafarinas confirman la viabilidad de su uso en *Patella ferruginea*. Un porcentaje superior al 90% de ejemplares a los que se aplicó esta técnica pudo ser sexado satisfactoriamente y, en la mayoría de casos, siendo necesario realizar una única punción para la obtención de la muestra gonadal.

El principal problema que se le puede argumentar al uso de esta técnica es que pudiera constituir un factor de mortalidad a corto o medio plazo para los ejemplares.

Así, aunque los ejemplares sean devueltos al sustrato natural tras el sexado y se adhieran a éste, cabe plantearse si la biopsia realizada puede suponer un daño anatómico interno que suponga posteriormente su muerte, que pasaría desapercibida sin un seguimiento posterior al uso de esta técnica. Este hecho presenta particular relevancia cuando se plantea aplicarlo a una especie amenazada como *Patella ferruginea*, no solo por su estatus legal de protección sino por el delicado estado de la mayoría de sus poblaciones.

En los trabajos realizados para otras especies de lapas se ha indicado que el número de ejemplares hallados transcurrido un año desde su sexado representaba solo un porcentaje relativamente reducido respecto al total inicial. WRIGHT y LINDBERG (1982) indicaron que de 30 ejemplares macho de *Lottia gigantea* sexados inicialmente sola pudieron recuperar 9 ejemplares (30,0 %) transcurridos 14 meses. Por su parte, LE QUESNE y HAWKINS (2006) de un total de 200 ejemplares de *Patella vulgata* sexados, únicamente pudieron hallar 37 ejemplares (18,5 %) transcurrido un año, en la siguiente estación reproductora. Aunque la “desaparición” de ejemplares en ambos casos puede atribuirse a diversas causas aparte de la aplicación de esta técnica (pérdida de marcas, mortalidad natural,...), esta mortalidad “aparente” superior al 70 % de ejemplares señalaba la importancia de realizar una evaluación detallada previo a su uso de una más o menos generalizada en *Patella ferruginea*.

El seguimiento de los ejemplares de *Patella ferruginea* tras su sexado llevado a cabo en la presente Asistencia Técnica ha mostrado una tasa de supervivencia muy elevada, en promedio del 85,4 % y que alcanza al 92,3 % para los ejemplares del último año. Esta mortalidad del 14,6 % cabe atribuirle al menos en parte al proceso de extracción de ejemplares más que a la aplicación de la técnica de sexado en sí misma, tal y como se comenta en el apartado 3.2.1.

El éxito alcanzado en la aplicación de esta técnica en *Patella ferruginea*, con una mortalidad asociada al empleo directamente de ésta por debajo del 10 % y probablemente muy inferior no debe hacer pensar que pueda recomendarse su empleo de manera más o menos indiscriminada en otras zonas y por otros grupos de investigación. Como se ha señalado, parte de la mortalidad observada está asociada al proceso de extracción y manejo de los ejemplares, algo que requiere algunas precauciones y, sin duda, una cierta experiencia.

Con carácter general se recomienda para el empleo de la técnica de sexado no letal en *Patella ferruginea*:

- extraer los ejemplares cuando están desplazándose fuera de su huella
- realizar el proceso de extracción siguiendo las recomendaciones descritas en GUALLART (2006)
- minimizar el tiempo de manejo desde la extracción del ejemplar hasta su devolución al medio natural, a ser posible con una duración total de este periodo inferior a 10 minutos
- realizar un número no superior a 3 punciones en cada ejemplar y, si tras éstas no se ha obtenido una muestra adecuada, renunciar a la determinación del sexo y devolver el ejemplar a su medio natural.

#### 4.2.2. Desarrollo de técnicas de captación de juveniles procedentes del reclutamiento anual

En la presente Asistencia Técnica se han ensayado dos tipos de sistemas para la captación de juveniles de *P. ferruginea* del medio natural: sustratos desmontables (SD) y colectores flotantes. Los resultados han sido dispares, si bien hay que destacar que estos ensayos se realizaron a una escala “experimental” y no a una escala de “producción”.

Los SD, aparte de otras finalidades descritas, han permitido la obtención de un cierto número de juveniles, procedentes de larvas fijadas espontáneamente sobre ellos. En abril de 2007 se obtuvieron 7 juveniles en 8 SD con una superficie total de 0,227 m<sup>2</sup> mientras que en marzo de 2008 se hallaron 15 juveniles en 9 SD (había un total de 16 instalados, pero 7 de ellos habían permanecido poco tiempo y presentaban escasa cobertura algal; ver apartado 3.2.2) con una superficie conjunta de 0,286 m<sup>2</sup>.

Estos resultados demuestran la posibilidad de captación natural de juveniles procedentes del reclutamiento anual mediante SD. Sin embargo hay que tomar en consideración dos limitaciones que puede tener el uso de SD con este fin

El primero es relativo al número de SD requeridos para obtener una determinada cantidad de juveniles la cual, evidentemente, estará relacionada con la intensidad del éxito del reclutamiento de cada año. Si se toman como referencia los valores anteriores, para obtener por ejemplo 100 juveniles, hubiera hecho falta una superficie instalada de SD de 3,2 m<sup>2</sup> en 2007, un año con una tasa de reclutamiento “media”, mientras que se hubiera requerido una superficie de 1,9 m<sup>2</sup> en 2008, en que hubo un reclutamiento excepcionalmente elevado. Si se toman como referencia los tamaños estándar utilizados en los últimos SDD, se hubiera requerido tener instalados 81 SD en 2007 y 48 SD en 2008 para obtener este centenar de juveniles.

La instalación de un número importante SD puede plantear algunas dificultades. Al menos con la metodología empleada actualmente su instalación solamente se puede realizar en momentos muy concretos, en los que se combina una situación de marea y mar completamente en calma. El principal problema sin embargo es que su instalación requiere de la existencia de plataformas de abrasión casi superficiales, para que se cumplan todas las condiciones requeridas (ver apartado 2.12), con una superficie suficiente para emplazar todos los SD planteados. Aunque existen diversas zonas en el archipiélago en que pueden darse estas condiciones, habría que analizar el número máximo de SD que podrían instalarse en el conjunto de su litoral.

La segunda limitación que se puede plantear es que estos SD, al hallarse próximos al litoral donde se halla *P. ferruginea*, podrían retener larvas que de otro modo hubieran acabado fijándose en el sustrato natural. De este modo, se podría plantear que los SD, sobre todo si se instalan de una manera masiva, podrían competir con el reclutamiento (y la dinámica) de la población natural en el archipiélago.

Amabas consideraciones deben tenerse en cuenta en vistas es caso de que se plantee la instalación de numerosos SD en el archipiélago, con éste u otros fines.

El segundo sistema ensayado para la captación de juveniles, los colectores flotantes, no ha dado resultados hasta el momento debido no a un problema de concepto, sino a una cuestión de diseño, dado que los elementos y materiales empleados no han resistido las duras condiciones a que están sometidas en el medio.

Las principales dificultades para alcanzar un diseño adecuado son determinar qué tipo de materiales son apropiados no solo para resistir en este medio sino, además, representar un sustrato adecuado para la fijación de las larvas, y qué tipo de anclajes se deben utilizar para mantener a éstos en un enclave determinado.

La zona en que se han desarrollado los ensayos, al sur del dique roto, se sigue considerando una zona idónea con este fin. Su principal problema es que en esta zona se forman rompientes durante los temporales del primer cuadrante, que son los que más energía presentan en el archipiélago. Sin embargo este problema debería poder solucionarse con futuros diseños de colectores y anclajes, que permitan soportar estas condiciones. Frente a esto presenta varias ventajas: (1) se localiza en un área en cuyas proximidades se ha detectado en el litoral tasas de reclutamiento muy elevadas (zona de NDR) lo que hace suponer la abundancia de larvas en el periodo correspondiente, (2) la instalación de colectores en la zona no plantearía problemas para la navegación, dado que se trata de una zona muy poco transitada por la abundancia de escollos en sus proximidades, y (3) su situación permitiría el control visual permanente desde la Estación Biológica por parte del equipo en servicio, lo cual ayudaría a detectar de manera temprana problemas que pudieran surgir acerca de estos elementos (e.g. rotura de algún anclaje o de alguna amarra,...).

La principal ventaja del uso de colectores flotantes, en comparación de los SD, es que éstos en principio no competirían directamente con el sustrato natural en la captación de larvas, hecho que como se ha comentado sí puede tener lugar en el caso de los SD. Por otra parte, una vez se determine el material y diseño de los colectores adecuados y una vez instalados un sistema de anclajes suficientemente robusto, el número de colectores que se podrían instalar podría ser relativamente elevado, sin las limitaciones comentadas anteriormente para la instalación de SD (i.e. existencia de plataformas de abrasión subsuperficiales).

Una idea que se plantea es la instalación en esta zona de una estructura flotante, anclada en varios puntos al fondo, que permita disponer en su interior un emparrillado de cabos superficiales que enhebrarían los colectores. Esta estructura podría ser semejante a la de las jaulas de engorde piscícola, de morfología circular y constituida por tubos de polietileno.

De cualquier modo, en el momento actual destaca la necesidad de diseñar y ensayar colectores adecuados sobre los que efectivamente puedan fijarse larvas de *Patella ferruginea*. Se trataría en este caso de trabajos experimentales, a pequeña escala y evaluando la idoneidad de diferentes modelos.

Cabe destacar por último que el desarrollo a media o gran escala de ambos sistemas de colectores (una vez perfeccionado su diseño) puede requerir una inversión económica relevante, con la participación operarios especializados en distintas instalaciones en el medio marino. Este tipo de trabajos por tanto quedarían fuera de las posibilidades de cobertura de un presupuesto como el de la presente Asistencia Técnica.

### **4.2.3. Ensayos de acondicionamiento de ejemplares en sustratos desmontables para su transporte**

Los ensayos de utilización de sustratos desmontables (SD) para el manejo y traslado de ejemplares de *Patella ferruginea*, corresponden a una técnica novedosa diseñada por el autor de la presente Memoria, que se comenzó a utilizar en una Asistencia Técnica anterior (GUALLART, 2006).

Como se ha comentado en el apartado 3.2.3, se descartó durante los trabajos de la presente Asistencia Técnica llevar a cabo traslados de ejemplares juveniles a SD, y se centraron en cambio en el traslado de adultos, con distintos fines. Los resultados obtenidos en este aspecto apuntan la potencialidad de esta técnica, habiéndose observado una buena capacidad de adaptación de los ejemplares a estos sustratos.

Se han producido algunos casos de mortalidad asociada al traslado de ejemplares a SD. Algunos de estos casos se han debido a pérdida de los propios SD al ser arrancados por el oleaje y en otros casos las causas son menos evidentes, dado que a algunos de los ejemplares se le habían aplicado técnicas experimentales que podían haber mermado su capacidad de supervivencia (mantenimiento en condiciones de laboratorio, sexado,...); en algunos casos esta pérdida se puede atribuir directamente a daños ocasionados en el pie de algún ejemplar durante su extracción, que le habría dificultado su adherencia posterior al sustrato. A pesar de estos casos, la supervivencia de ejemplares trasladados a SD en las dos experiencias realizadas fue siempre superior al 70%; cabe suponer que con la experiencia adquirida en el manejo de ejemplares y con algunas mejoras en el diseño (e.g. en los sistemas de anclaje de los SD) esta supervivencia pueda ser habitualmente superior

En la recientemente aprobada “Estrategia de Conservación de la Lapa ferrugínea en España” (AA.VV., 2008) se ha descartado el traslado de ejemplares adultos con fines de reintroducción en otras zonas. De éste modo, el acondicionamiento a SD de ejemplares adultos debería dirigirse únicamente al manejo de ejemplares para fines experimentales en el archipiélago (e.g. traslado al Laboratorio húmedo “El Pirata” y posterior devolución al medio natural) o para el transporte de determinados contingentes de adultos reproductores a centros de investigación para el desarrollo de trabajos de reproducción controlada.

En cambio en la propia Estrategia se plantea el interés de que se puedan trasladar juveniles de *P. ferruginea*, obtenidos mediante técnicas de acuicultura, para su reintroducción en otras áreas geográficas en que se considere necesario reforzar o regenerar las poblaciones. En este caso se plantea que el uso de SD puede ser fundamental para el acondicionamiento, transporte y posterior reubicación de los juveniles en estas nuevas zonas.

Hay que destacar que los planteamientos para el uso de SD con el fin de traslado ejemplares, que tienen su origen en los trabajos realizados en las Islas Chafarinas, han sido adoptados por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía en la elaboración del documento “Información básica para protocolo de manejo, traslado y reubicación de *Patella ferruginea*”, dentro del Programa de gestión sostenible de recursos para la conservación del medio marino andaluz (CMA-JA, 2006). MORENO y ARROYO (2008) han destacado asimismo el uso de estas técnicas en las “Propuestas de

conservación y gestión” de la especie en el “Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía”.

#### **4.2.3. Control de la población de depredadores naturales de la especie en zonas de experimentación**

El control de la población de depredadores naturales de *Patella ferruginea* en determinados enclaves puede revestir importancia para diversos trabajos relativos a la especie.

Los resultados obtenidos en estas primeras experiencias muestran que es posible en determinados enclaves reducir significativamente la densidad de ejemplares de uno de los principales depredadores de la especie, el gasterópodo *Stramonita haemastoma*, extrayendo todos los ejemplares hallados en campañas llevadas a cabo con una periodicidad trimestral.

En las experiencias realizadas, la reducción de la densidad de ejemplares no fue inmediata tras las primeras extracciones sino que se alcanzó varios meses más tarde. Asimismo, se observó que la talla media de los ejemplares a lo largo del estudio se mantenía prácticamente constante, lo que permitía descartar la idea de que la aparición de nuevos ejemplares fuera debida a la incorporación de juveniles procedentes del reclutamiento natural de la especie.

Ambos hechos pueden explicarse a partir de aspectos de la biología de la especie. *Stramonita haemastoma* es una especie propia de fondos infralitorales, que se distribuye desde el piso mesolitoral hasta más de 10 metros de profundidad (D'ANGELO y GARGIULLO, 1981; POPPE y GOTO, 1991). En la zona más superficial, donde en ocasiones puede llegar a alcanzar densidades muy elevadas, los ejemplares suele permanecer durante el día ocultos en pequeñas oquedades del mesolitoral inferior y se desplazan a cotas más superficiales para alimentarse por la noche (RILOV et al., 2001). Este comportamiento ha sido observado frecuentemente en las Islas Chafarinas, asociado con la depredación de ejemplares de *Patella ferruginea* (GUALLART, 2006; GUALLART et al., 2006).

Dado que la captura y extracción de ejemplares de *S. haemastoma* se llevó a cabo únicamente en la parte más superficial de su rango de distribución, cabe suponer que la incorporación de nuevos ejemplares se debiera al desplazamiento, no tanto de ejemplares de zonas aledañas superficiales, sino de áreas más profundas del mismo enclave. Esto explicaría la rápida recuperación de la densidad de ejemplares tras la primera campaña de extracción (desplazamiento de ejemplares a zonas superficiales al disminuir la competencia) (ver Figura 3.19). El marcado descenso posterior de la densidad tras varias campañas en que se extrajeron la totalidad de ejemplares hallados hace suponer que en ese momento habría sido eliminada la mayor parte de ejemplares al menos de las capas más superficiales (e.g. < 1 m profundidad) de cada enclave; la presencia de algunos ejemplares en las últimas campañas podrían proceder del desplazamiento de ejemplares desde zonas más alejadas, tanto del litoral como de cota más profundas.

Esta hipótesis se ve apoyada por las diferencias observadas en la evolución de los dos enclaves a lo largo de las campañas experimentales de extracción de ejemplares, la existencia de densidades importantes en los fondos aledaños al litoral. Así, la zona del transecto “Norte dique roto” (NDR) en Isabel II, en la que la recuperación de la densidad de ejemplares tras las primeras campañas de extracción fue más acusada, presenta en las proximidades del litoral una plataforma con numerosas oquedades e irregularidades del sustrato, prolongándose hacia el exterior hasta cotas más profundas. Frente a este caso, en la zona del transecto “El Pirata Isabel” (EPI), donde se consiguió limitar el número de ejemplares *S. haemastoma* en un periodo de tiempo inferior, el litoral continúa en unos fondos con bloques de tamaño mediano, en los que cabe esperar la existencia de una abundancia más limitada de ejemplares de esta especie.

### 4.3. Seguimiento de la población en las islas Chafarinas

El conjunto de los trabajos de seguimiento realizados pone de manifiesto el excelente estado actual de la población de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas. Al menos dos aspectos concretos avalan esta conclusión: (1) el mantenimiento e incluso crecimiento de la densidad de la población de ejemplares adultos en varios transectos representativos; y (2) el reclutamiento regular de juveniles detectado que, en algunos años, ha alcanzado valores que pueden considerarse como excepcionales. Hay que destacar que el seguimiento llevado a cabo de la población de *P. ferruginea* en el archipiélago a lo largo de la última década es probablemente el único realizado con esta envergadura y continuidad en toda su área de distribución.

De manera adicional, hay que destacar durante el desarrollo de los trabajos en el archipiélago no se ha observado ningún indicio de que localmente la población puede presentar ningún indicio de regresión. Por otra parte, observaciones realizadas al margen de los censos en transecto indican que el reclutamiento de juveniles tiene una amplia distribución a lo largo de la mayor parte del litoral del archipiélago. Este hecho fue particularmente verificable a principios de 2008, en que el reclutamiento detectado en los censos fue muy elevado: prospecciones realizadas en diversas zonas del litoral con otros fines permitieron observar asimismo una densidad inusualmente elevada de reclutas en comparación con años anteriores.

El reclutamiento de *P. ferruginea* observado en las Islas Chafarinas a principios de 2008 puede considerarse excepcionalmente elevado y es comparable a otro evento de similares características detectado a principios de 2001. Hay que tener en cuenta que la mayor parte de autores citan que el hallazgo de juveniles de *P. ferruginea* es algo relativamente infrecuente, 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). En algunos enclaves sí se ha descrito la presencia de frecuente de juveniles; este es el caso de Ceuta (ESPINOSA, 2005), Melilla (TEMPLADO et al., 2006) y las Islas Habibas, en la costa argelina (BOUMAZA y SEMROUD, 2001), todos ellos en las costas las norte de África. Sin embargo en ninguna de estas últimas zonas se ha llegado a describir valores de

reclutamiento tan elevados como los obtenidos en las Islas Chafarinas en los años 2001 y 2008, que llegaban a superar densidades de 25 juveniles por metro lineal de costa.

Estos datos, además de destacar el carácter excepcional de la población de las Islas Chafarinas respecto al conjunto de su área de distribución actual, ponen de manifiesto la existencia de una importante variabilidad interanual en el éxito del reclutamiento de la especie en el archipiélago. Este aspecto ya se había descrito y discutido a partir de resultados anteriores (GUALLART, 2006).

Se desconocen las causas que condicionan la existencia de esta variabilidad. En principio puede estar relacionado con diversos factores, algunos de ellos difíciles de verificar. Uno de ellos podría ser la existencia puntual de determinadas corrientes que podrían alejar a la mayor parte del contingente de larvas planctónicas de la especie lejos del archipiélago. Hay que destacar que hay indicios que señalan que la freza tiene lugar durante el primer temporal de cierta envergadura que ocurre durante el mes de noviembre. Dado que los temporales en estas fechas suelen ser del primer cuadrante (al menos los observados durante los años en que se ha estudiado el periodo reproductor de esta especie en el archipiélago) y que éstos suelen tener una persistencia de varios días, pequeñas variaciones en la intensidad o corrientes generadas a pequeña escala pueden suponer patrones relativamente diversos en la dispersión de las larvas. Por otra parte pueden existir algunos factores que incidan en la supervivencia de las larvas durante su fase planctónica (e.g. densidad de depredadores, parámetros físico-químicos del agua,...) u otros que puedan producir una cierta variabilidad en la capacidad de producción de gametos por parte de la población del archipiélago.

Actualmente se carece prácticamente de información acerca de las condiciones del medio marino en el entorno del archipiélago y su evolución a lo largo del tiempo. Se han observado eventos infrecuentes durante los últimos años, como la presencia masiva de medusas de la especie *Pelagia noctiluca*, persistente durante todo el año, lo cual podría indicar alteraciones en las condiciones en el medio marino. En este sentido resulta del máximo interés que puedan incorporarse a la Estación Biológica equipos y protocolos de toma de datos para el seguimiento de una manera regular de al menos determinados parámetros (parámetros físico-químicos, calidad del agua, productividad,...).

La continuidad durante los próximos años en el seguimiento de la densidad poblacional de la especie mediante la realización de censos en transecto, tanto del contingente de adultos como de juveniles procedentes del reclutamiento anual, es una tarea que debe considerarse prioritaria. Estos trabajos deben permitir valorar la evolución de la población con una perspectiva a largo plazo, continuando la serie histórica de resultados que se ha conseguido obtener hasta la fecha. Por otra parte, la determinación de la tasa de reclutamiento en cada año puede considerarse un parámetro fundamental para verificar el buen estado de la población y su mantenimiento a medio plazo: la posibilidad de que puedan existir condiciones que supongan un riesgo de la población de Chafarinas puede ponerse de manifiesto inicialmente, más que por una mortalidad de adultos, por un descenso en de la tasa de reclutamiento.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Aspectos de la biología de *Patella ferruginea*

#### *Reproducción*

1. La talla de maduración sexual de *Patella ferruginea* en el archipiélago de las islas Chafarinas ha sido establecida en un rango de tallas 24 - 33 mm DM, con una talla de 50 % de madurez sexual en torno a los 28 mm DM. Estos resultados son acordes a resultados previos descritos para poblaciones argelinas.

#### *Modo de reproducción*

2. Se ha obtenido la primera evidencia directa de la existencia de hermafroditismo proterándrico en *P. ferruginea*, al haberse detectado un ejemplar que fue sexado como macho en otoño de 2006 y que posteriormente fue identificado como hembra un año más tarde, en otoño de 2007. Este resultado de cualquier modo debe considerarse con cautela y requiere su confirmación a partir de un número mayor de observaciones de este tipo.
3. Como se había descrito en trabajos anteriores, no existe absoluta segregación de sexos en función de la talla que ponga de manifiesto de manera evidente la existencia de hermafroditismo proterándrico. Todos los ejemplares adultos de talla inferior a 40 mm DM son machos; a partir de este valor se pueden encontrar adultos de ambos sexos, si bien conforme aumenta la talla tiende a disminuir el porcentaje de machos en la población.
4. La influencia de la densidad de población en cada enclave en la talla de cambio de sexo, descrita para otras especies de lapas hermafroditas, no ha podido ser confirmada en *P. ferruginea*. A partir de los datos disponibles, todavía limitados, la distribución de sexos por tallas es en principio semejante para zonas del archipiélago con diferente densidad de ejemplares.
5. La proporción de sexos para el conjunto la población muestreada es de 1:1,44 (hembras:machos).

#### *Capacidad de dispersión natural*

6. Se ha revisado la información a partir de la cual se ha argumentado que *Patella ferruginea* presenta una escasa capacidad de dispersión natural, concluyendo que los principales datos en que se fundamentaba (tamaño de los ovocitos maduros y fecundidad, principalmente) son inexactos. Este hecho no debe interpretarse necesariamente como que las conclusiones alcanzadas y asumidas (baja capacidad de dispersión natural) sean necesariamente erróneas.

7. Uno de estos parámetros, el tamaño de los ovocitos maduros de *P. ferruginea*, es sensiblemente menor que lo que se había descrito previamente y es semejante al de otras especie del género *Patella* presentes en el Mediterráneo con una amplia área de distribución y sin indicios evidentes de regresión.
8. La fecundidad de *P. ferruginea*, que había sido considerada como baja sin datos concretos que sustentaran esta idea, no puede considerarse como tal. Los resultados obtenidos para hembras adultas de tamaño intermedio indican una fecundidad del orden de varios millones de ovocitos por hembra, lo cual coincide con los resultados de algún trabajo reciente de otros autores.
9. De nuevo, la fecundidad de esta especie puede considerarse semejante a la de otras especies de lapas mediterráneas con una amplia distribución geográfica. Sin embargo el rango de tallas al que *P. ferruginea* alcanza estos valores es sensiblemente mayor que en las otras especies comparadas y cabe plantearse si, por tanto, también la edad. Se requiere disponer de mayor información para analizar la productividad de gametos de una manera comparativa tomando en cuenta estos aspectos.
10. Los ejemplares de mayor tamaño, en particular las hembras, contribuyen a la producción de gametos de una manera particularmente superior, acorde no solamente con su mayor tamaño sino proporcionalmente de una manera más pronunciada en relación con éste. Este hecho destaca la importancia para el éxito de la reproducción de *P. ferruginea* la existencia o pervivencia en las poblaciones de ejemplares de talla elevada, correspondientes en principio al grupo de ejemplares de mayor edad.
11. Se desconoce la duración de la fase planctónica del desarrollo larvario de *Patella ferruginea* en el medio natural. La búsqueda experimental de larvas planctónicas de *P. ferruginea* en el archipiélago en los días posteriores a la freza no ha dado de momento resultado. Las experiencias de reproducción controlada realizadas han conseguido obtener larvas pedivelíger parcialmente reptantes y dispuestas para la metamorfosis en un periodo de 3 días desde la fecundación. Aunque estas observaciones hacen suponer una duración de la fase larvaria relativamente corta, no debe considerarse éste como un valor de referencia debido a la influencia de diferentes aspectos, que se discuten en el apartado correspondiente.

### ***Crecimiento y longevidad***

12. Se han revisado los conocimientos acerca del crecimiento de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas a partir de un mayor número de datos de seguimiento de ejemplares marcados, y correspondientes para algunos de estos a un intervalo de tiempo superior. Este periodo de seguimiento, que en algunos casos ha alcanzado a superar los 3 años, es el periodo de estudio más prolongado realizado hasta la fecha para *Patella ferruginea*.
13. Los resultados obtenidos permiten definir una curva de crecimiento (siguiendo el modelo de VON BERTALANFFY, 1938) ligeramente diferente a la obtenida en

trabajos anteriores en el archipiélago partiendo de un menor número de datos. El valor de L8 en este modelo se incrementa ligeramente, a la vez que se disminuye sensiblemente la constante de crecimiento (k).

14. Se destaca sin embargo la dificultad de considerar la validez generalizada de este modelo por dos motivos: (1) la existencia durante el crecimiento de un doble proceso simultáneo de formación y erosión de la concha; (2) la existencia de una importante variabilidad en la tasa de crecimiento, sobre todo en ejemplares de tamaño pequeño e intermedio (< 60 mm DM).
15. La obtención de estimas de longevidad con un grado de confianza razonable requiere el seguimiento de ejemplares identificados durante un periodo más prolongado. Se discute que la variabilidad observada puede suponer que ejemplares alcancen una talla con un producción de gametos significativa en un amplio rango, que puede oscilar desde 3 a más de 10 años.
16. Los resultados obtenidos permiten confirmar con un grado de confianza razonable que la edad de madurez sexual es de dos años (durante al otoño del segundo año de vida de los ejemplares).

## **5.2. Técnicas de apoyo para la producción de juveniles**

### ***Técnica de sexado no letal de WRIGHT y LINDBERG (1979)***

17. Se ha empleado con éxito la técnica de sexado no letal de WRIGHT y LINDBERG (1979) en *Patella ferruginea*. En un elevado porcentaje de ejemplares a los que se aplicó esta técnica (superior al 90 %) durante el periodo reproductor pudo identificarse su género.
18. El seguimiento de los ejemplares tras su sexado ha permitido comprobar que la mortalidad asociada al empleo de esta técnica es reducida, inferior al 10 %. Esta mortalidad en algunos casos puede estar relacionada no directamente con la realización de las biopsias gonadales en que se basa esta técnica sino con otros aspectos necesarios para su aplicación (e.g. daño accidental en el pie de los ejemplares durante su extracción,...)
19. La relativamente reducida mortalidad asociada a esta técnica, asumible bajo determinadas condiciones en estudios específicos, no debe hacer considerar recomendable su uso de una manera generalizada. Se discuten algunas recomendaciones acerca del uso de esta técnica, a la vez que enfatiza que ésta solamente debería llevarse a cabo por personal experimentado en el manejo de ejemplares de *P. ferruginea*.

### ***Técnicas de captación de juveniles***

20. Se han ensayado dos tipos de elementos para la captación de juveniles procedentes del reclutamiento anual: sustratos desmontables (SD) y colectores flotantes.
21. Los SD han permitido la obtención de un cierto número de juveniles, que puede considerarse como significativo en relación con la superficie instalada. Se discuten las principales limitaciones al uso de SD exclusivamente con este fin, que se centran en la dificultad de disponer de suficientes zonas del litoral con características adecuadas para su instalación y la posible competencia que puedan representar respecto al reclutamiento litoral.
22. La captación mediante colectores flotantes presenta buenas perspectivas en el futuro, si bien los ensayos realizados hasta la fecha no han tenido éxito, por problemas de resistencia a la acción del oleaje de los elementos y materiales empleados.
23. En ambos casos, y particularmente para el segundo, sería conveniente continuar los ensayos dirigidos a establecer los diseños idóneos de colectores. Se plantea que los trabajos en este sentido deben realizarse a dos niveles: (1) inicialmente a una escala experimental para determinar la idoneidad de diferentes modelos de colectores (particularmente los colectores flotantes, aunque también pueden plantearse mejoras en el diseño o en los materiales para los SD) y (2) en su caso, posteriormente, un ensayo de instalación a media o gran escala.
24. De cualquier modo se considera que el uso de ambos tipos de estructuras (SD y colectores flotantes) con este fin no es excluyente sino complementario

### ***Uso de sustratos desmontables como elemento de traslado de ejemplares***

25. Los sustratos desmontables (SD), aparte de su uso con colectores de juveniles, son unos elementos que pueden presentar gran utilidad para diversas tareas del manejo de ejemplares de *Patella ferruginea*. Entre éstas se incluye la ubicación de adultos para su manejo en condiciones del laboratorio (facilitando su devolución al medio tras la realización de experiencias), el preengorde de juveniles que puedan haberse obtenido mediante técnicas de acuicultura (reproducción controlada y/o colectores) y el traslado de juveniles para reintroducción de ejemplares a otras zonas geográficas.
26. Se han ensayado varios diseños y diferentes materiales con este fin. En la presente Asistencia Técnica se ha diseñado y ensayado un nuevo modelo, los “sustratos desmontables dobles” (SDD), que presentan la ventaja de que el elemento a transportar sobre el que sitúan los ejemplares es mucho más ligero que en los primeros diseños. Esto puede facilitar la logística del transporte de ejemplares, particularmente juveniles, tal como se plantea en la “Estrategia de Conservación de la Lapa ferruginea en España”.
27. En general se ha observado una buena capacidad de adaptación de los ejemplares a estos sustratos. Se han producido algunos casos de mortalidad asociada al traslado

de ejemplares a SD. A pesar de estos casos, la supervivencia de ejemplares trasladados a SD en las experiencias realizadas fue siempre superior al 70 % y cabe suponer que con la experiencia adquirida en el manejo de ejemplares y con algunas mejoras en el diseño esta supervivencia pueda ser habitualmente superior.

### ***Control de la población de depredadores naturales***

28. Los trabajos realizados para el control de la población de depredadores naturales de *Patella ferruginea* en determinadas zonas experimentales se han dirigido al gasterópodo *Stramonita haemastoma*, la única de estas especies hallada en estas zonas. Mediante la extracción periódica (aproximadamente cada 3 meses) se ha conseguido mantener una densidad de ejemplares mucho más reducida que la habitual. Esta reducción no se produce de manera inmediata tras la primera recolección de ejemplares sino tras dos o más extracciones, al ser recolonizado al principio rápidamente el litoral probablemente a partir de ejemplares infralitorales. El mantenimiento de estas bajas densidades requiere posteriormente la revisión periódica de la zona, para la extracción de ejemplares que pueden colonizar el enclave a partir de zonas del litoral adyacentes.
29. Este control puede ser recomendable llevarlo a cabo en distintas zonas experimentales en que pretende potenciar al máximo la supervivencia de ejemplares (e.g. zonas con ejemplares sexados y marcados, zonas con SD en los que se realice el preengorde de juveniles, enclaves de otras áreas geográficas en los que en el futuro se puedan realizar en el ensayos de reintroducción de ejemplares,...).

### ***Experiencias de reproducción controlada***

30. En noviembre de 2006 y de 2007 se llevaron a cabo sendos ensayos de reproducción controlada de *P. ferruginea*, el primer año en el Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (IATS) al que se trasladaron expresamente algunos ejemplares y el segundo en las instalaciones de la Estación Biológica de la Islas Chafarinas.
31. En ninguno de los ensayos realizados se consiguió la inducción a la freza de los ejemplares mediante estímulos utilizados con este fin habitualmente para otras especies de gasterópodos marinos. La singularidad del hábitat *P. ferruginea* (mesolitoral superior) frente a la de la mayoría de especies de gasterópodos marinos criados con fines comerciales mediante técnicas de acuicultura (principalmente infralitorales) implica la necesidad de continuar ensayando diferentes estímulos y bajo diferentes condiciones con el fin de desarrollar una técnica adecuada para la inducción a la puesta de esta especie.
32. Se realizaron experiencias de fecundación en *P. ferruginia* utilizando la técnica de DODD (1957), que consiste en la utilización de gametos procedentes de su extracción directa a partir de las gónadas de ejemplares maduros, lo cual implica el sacrificio al menos de ejemplares hembra. En uno de los ensayos realizados se llegó a conseguir larvas pedivelíger parcialmente reptantes aunque, tras ser trasladadas a tanques para su metamorfosis, posteriormente no se llegaron a hallar post-larvas fijadas al sustrato.

### 5.3. Seguimiento de la población

33. Los resultados del seguimiento de la densidad de ejemplares en determinados transectos para los que se vienen realizando estos trabajos durante la última década muestran que la población de ejemplares adultos en las Islas Chafarinas se mantiene estable o, incluso, tiende a incrementar su abundancia. Aunque evidentemente la representatividad de los enclaves estudiados en comparación con el conjunto del litoral del archipiélago es limitada, no se ha observado ningún indicio a lo largo del estudio de que localmente la población puede presentar ningún indicio de regresión.
34. Se destaca la necesidad de continuar durante los próximos años con el seguimiento del estudio de la densidad poblacional de la especie en los transectos establecidos, con el fin de poseer una herramienta para evaluar la evolución de la población con una perspectiva a largo plazo.
35. La existencia de un reclutamiento regular e importante detectada durante los trabajos de la presente Asistencia Técnica (de forma semejante a lo observado en años anteriores) es uno de los indicadores más relevantes del buen estado de las poblaciones del archipiélago y, de no presentar variaciones importantes en el futuro, puede constituir una garantía de la pervivencia de la especie en su litoral.
36. La variabilidad interanual en el éxito del reclutamiento de *P. ferruginea* ha sido puesta de manifiesto nuevamente a partir de los resultados obtenidos. Si bien todos los datos de la última década en las Islas Chafarinas muestran una tasa de reclutamiento muy elevada en comparación con otros enclaves en los que todavía se encuentran poblaciones de esta especie, en determinados años se ha observado que la tasa de reclutamiento puede ser marcada y excepcionalmente superior. Este es el caso del reclutamiento detectado en 2008 (resultante del periodo reproductor de otoño de 2007) que, junto con el observado en 2001, muestran que ésta puede ser varias veces superior al que tiene lugar en promedio durante la mayoría de años.
37. Las causas de esta variabilidad interanual en el reclutamiento de *P. ferruginea* son desconocidas. El hecho de que esta elevada tasa de reclutamiento (sin duda excepcional en comparación con todos los datos disponibles para la especie) haya tenido lugar en el archipiélago en dos años durante la última década, no permite en absoluto definir una periodicidad para estos eventos con la información disponible actualmente.
38. Resultaría muy relevante poder analizar las causas que determinan esta variabilidad, y si ésta es debida a aspectos estocásticos de efecto local o si responde a un patrón relacionado con diferentes variables ambientales a una escala mayor. En este sentido, destaca la necesidad tanto de realizar un seguimiento a medio y largo plazo del reclutamiento anual de la especie como de disponer de manera regular de datos de diversos parámetros hidrográficos del entorno que pudieran influir en éste.

## 5.4. Recomendaciones

39. Los trabajos de la presente Asistencia Técnica han proporcionado numerosa y relevante información acerca de la biología de *Patella ferruginea*, de utilidad para la gestión y conservación de la especie. Se plantea la necesidad fundamental de la continuación de los trabajos dirigidos a esta especie en las Islas Chafarinas, dado que algunos de los aspectos estudiados requieren un mayor número de datos o su obtención durante un periodo de tiempo más prolongado. Por otra parte, las excelentes condiciones de la población del archipiélago junto con las instalaciones de acuarios (Laboratorio húmedo “El Pirata”) que está en fase de finalización en la isla de Isabel II deberían permitir aportar conocimientos en otros aspectos de su biología no abordados hasta la fecha.
40. Se propone por tanto una serie de líneas de investigación que deberían ser llevadas a cabo en años próximos. Éstas reflejan en lo fundamental las recomendaciones establecidas en la recientemente aprobada “Estrategia de Conservación de la Lapa ferrugínea en España”. Entre los objetivos de estas líneas de investigación se destacan:
- Caracterización detallada del hábitat de la especie
  - Evaluación de la mortalidad natural (y, en su caso, no natural) y factores que la determinan
  - Competencia con otras especies localizadas en su hábitat
  - Verificación del modo de reproducción (hermafroditismo vs. gonocorismo)
  - 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
  - Alimentación
  - Tasa de crecimiento, particularmente en adultos y longevidad
  - Seguimiento de la evolución población del archipiélago
  - Seguimiento de la evolución del éxito del reclutamiento anual
  - Análisis de la estructura genética de las poblaciones
41. 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.
42. 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.

43. La labores a ser llevadas a cabo en relación con *P. ferruginea* por la Dirección Técnica del R.N.C islas Chafarinas así como del equipo responsable de la Estación Biológica de las Islas Chafarinas son asimismo fundamentales para el desarrollo de los trabajos planteados y para el mantenimiento del buen estado de las poblaciones en el archipiélago. En este sentido destaca la permanencia durante todo el año de personal de la Estación Biológica, factor que puede permitir el seguimiento continuo de diversas tareas relevantes. Entre éstas se destacan:

- 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.
- Mantenimiento del sistema de acuarios del laboratorio húmedo “El Pirata”, así como de ejemplares *P. ferruginea* y experiencias que puedan desarrollarse en éste. Cabe plantear que en futuras adjudicaciones del contrato a la empresa encargada de la Estación Biológica se valore la cualificación de personal con competencia en trabajos de acuicultura o de mantenimiento de sistemas de acuarios complejos.
- Realización de un seguimiento de distintos parámetros hidrológicos en el entorno del archipiélago
- Apoyo a experiencias en desarrollo en el litoral del archipiélago acerca de *P. ferruginea*, a partir del seguimiento de protocolos claramente establecidos

## 6. 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).
- AA. VV. (AUTORES VARIOS), 2008. *Estrategia de conservación de la lapa ferrugínea (Patella ferruginea) en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 52 pp. Aprobada por la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, el 30 de mayo de 2008.
- APARICI, V., J. GUALLART y J.J. VICENT, 1995. *Patella ferruginea* population in Chafarinas islands (Alboran Sea, Western Mediterranean). En: *20th Malacological Congress*, Vigo, Spain.
- 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., 1974a. The ecology of *Patella* Linnaeus from the Cape Peninsula, South Africa. 3. Growth Rates. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 41: 111–160.
- BRANCH, G.M., 1974b. The ecology of *Patella* Linnaeus from the Cape Peninsula, South Africa. 2. Reproductive cycles. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 41: 111-165.
- BRANCH, G.M., 1981. The biology of limpets: physical factors, energy flow and ecological interactions. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 19: 235-380.
- BRANCH, G.M. y F. ODENDAAL, 2003. The effects of marine protected areas on the population dynamics of a South African limpet, *Cymbula oculus*, relative to the influence of wave action. *Biological Conservation*, 114: 255–269.
- BREYER, A., 1980. Life history of *Epitonium tinctum* (Prosobranchia: Mesogastropoda). *A. Rep. west. Soc. Malacologists* 12: p. 9
- CHRISTIAENS, J., 1983. Il genere *Patella* lungo le coste di Malaga. *La Conchiglia*, 15(166-167): 15-17.
- CHOAT, J.H. y R. BLACK, 1979. Life histories of limpets and the limpet-laminarian relationship. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 41: 25-50.
- CMA-JA (Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía), 2006. *Información básica para protocolo de manejo, traslado y reubicación de Patella ferruginea*. Programa de gestión sostenible de recursos para la conservación del medio marino andaluz. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 9 pp.
- CORPUZ, G., 1981. Laboratory culture of *Cellana exarata* Reeve (Gastropoda: Prosobranchia, Patellidae). *Aquaculture*, 24: 219-231.
- CREESE, R.G., D.R. SCHIEL y M.J. KINGSFORD, 1990. Sex change in a giant endemic limpet, *Patella kermadecensis*, from the Kermadec Islands. *Marine Biology*, 104: 419-429.
- CURINI-GALLETTI, M. 1979. Ritrovamento di una *Patella ferruginea*. *Notiziario CISMA*, 1: 53-54.
- D'ANGELO, G. y S. GARGIULLO, 1981. *Guida alle Conchiglie Mediterranee*. Ed. Fabri. 224 pp.
- 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

- DODD, J.M., 1956. Studies on the biology of limpets. III. Hermaphroditism in the three British species of *Patella*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 35: 327-340.
- DODD, J. M., 1957: Artificial fertilization, larval development and metamorphosis in *Patella vulgata* L. and *Patella caerulea* L. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 29: 172-186.
- ESPINOSA, F., 2005. *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., GUERRA-GARCÍA, J.M., FA, D., GARCÍA-GÓMEZ, J.C. 2006. Aspects of reproduction and their implications for the conservation of the endangered limpet, *Patella ferruginea*. *Invertebrate, Reproduction and Development*, 49: 85-92.
- 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.
- 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.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, J.A., I. BUENO DEL CAMPO, H. GARCÍA PEÑA y H. BAZAIRI, 2006. La población de *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Mollusca, Gastropoda, Patellidae) en los acantilados de Melilla y Tres Forcas. En: *XIV Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina*, Barcelona, pp 152-153.
- 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).
- GUALLART, 2006. *Estado de Patella ferruginea en las Islas Chafarinas y estudios previos para la traslocación de ejemplares*. Asistencia Técnica para el Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente), 134 pp. (no publicado).
- GUALLART, J., M. CALVO y P. CABEZAS, 2006. Biología reproductora de la lapa *Patella ferruginea* (Mollusca: Patellidae), especie catalogada “en peligro de extinción”. En: *XIV Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina, Barcelona*.
- GUALLART, J. e I. ACEVEDO, 2006. Observaciones sobre la biología de la lapa *Patella ferruginea* (Mollusca, Patellidae) en las Islas Chafarinas. En: *XIV Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina, Barcelona*.
- 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.
- HELM, M.M. y N. BOURNE, 2004. Hatchery culture of bivalves. A practical manual. *FAO Fisheries Technical Paper*, 471: 177 pp.
- JENKINS, S.R. y R.G. HARTNOLL, 2001. Food supply, grazing activity and growth rate in the limpet *Patella vulgata* L.: a comparison between exposed and sheltered shores. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 258: 123–139.
- KIDO, J.S y S.N. MURRAY, 2003. Variation in owl limpet *Lottia gigantea* population structures, growth rates, and gonadal production on southern California rocky shores. *Marine Ecology Progress Series*, 257: 111–124.
- 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* *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 86: 161-162.
- LEWIS, J.R. y R.S. BOWMAN, 1975. Local habitat-induced variations in the population dynamics of *Patella vulgata* L. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 17: 165-203.
- LINDBERG, D.R. y W.G. WRIGHT, 1985. Patters of sex change of the protandric patellacean limpet *Lottia gigantea* (Mollusca: Gastropoda). *The Veliger*, 27(3): 261-265.
- 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)
- MORENO, D. y M.C. ARROYO, 2008. *Patella ferruginea* Gmelin, 1791. Pp 308-319. En BAREA-AZCÓN, J.M., E. BALLESTEROS-DUPERÓN y D. MORENO (coords.) *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*. 4 Tomos, 1430 pp. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- 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. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 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.
- POPPE, G.T. y Y. GOTO, 1991. *European Seashells. Vol. 1.* Verlag Christa Hemmen. 352 pp.
- RILOV, G., Y. BENAYAHU y A. GASITH, 2001. Low abundance and skewed population structure of the whelk *Stramonita haemastoma* along the Israeli Mediterranean coast. *Marine ecology. Progress series*, 218: 189-202.
- SHANKS, A.L. y W. G. WRIGHT, 1986. Adding teeth to wave action: the destructive effects of wave-borne rocks on intertidal organisms. *Oecologia (Berlin)*, 69: 420-428.
- 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., 2001. *Patella ferruginea* Gmelin, 1791. Pp. 41-50 en: *Los Invertebrados no insectos de la "Directiva Hábitat" en España* (Ramos, M. A., Bragado, D. y Fernández, J., eds.). Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Serie Técnica, Madrid.
- 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.
- TEMPLADO, J., GUALLART, M. CALVO, P. CABEZAS, I. ACEVEDO, A. MACHORDOM y A.A. LUQUE, 2006. *Inventario y seguimiento de Patella ferruginea en España, así como la elaboración de una propuesta de estrategia de conservación de la especie.* Informe final. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 199 pp.
- THOMPSON, G. B., 1980. Distribution and population dynamics of the limpet *Patella vulgata* L. in Bantry Bay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 45: 173-217
- WARNER, R.R., D.L. FITCH y J.D. STANDISH., 1996. Social control of sex change in the shelf limpet, *Crepidula norrisiarum*: size-specific responses to local group composition. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 204: 155-167.
- WRIGHT, W.G., 1988. Sex change in the Mollusca. *Trends in Ecology & Evolution*, 3(6): 137-140.

- WRIGHT, W.G., 1989. Intraspecific density mediates sex-change in the territorial patellacean limpet *Lottia gigantea*. *Marine Biology*, 100: 353-364.
- 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.