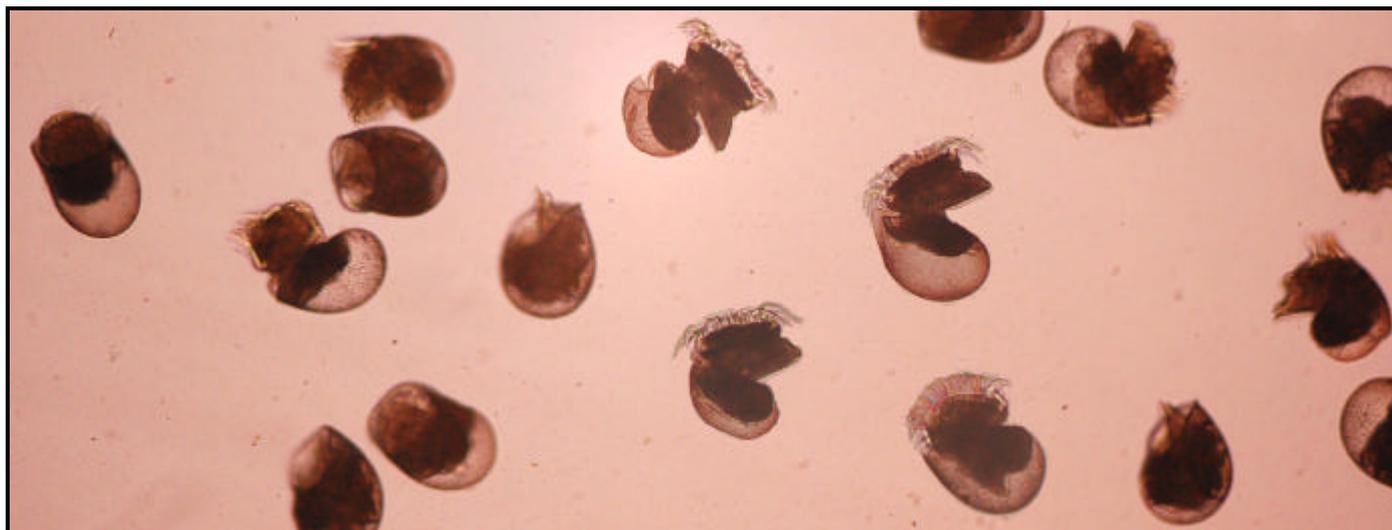


Seguimiento de poblaciones y ejemplares de *Patella ferruginea* y ensayo de técnicas para la inducción a puesta, desarrollo larvario y obtención de juveniles en las islas Chafarinas



Informe final

agosto 2010

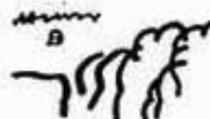
Realizado por:

Javier Guallart Furió



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO



ORGANISMO AUTÓNOMO
DE PARQUES NACIONALES

**Seguimiento de poblaciones y ejemplares de
Patella ferruginea y ensayo de técnicas para
la inducción a puesta, desarrollo larvario y
obtención de juveniles en las islas Chafarinas**

Informe final

agosto 2010

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

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MATERIAL Y MÉTODOS	9
2.1. Estancias en el archipiélago	9
2.2. Aspectos biométricos.....	9
2.3. Censos en transecto y censos en escollos	10
2.4. Marcaje de ejemplares	15
2.6. Crecimiento individual en ejemplares marcados	19
2.7. Sexado de ejemplares: disección y técnicas no letales.....	19
2.8. Sustratos desmontables y traslado experimental de ejemplares	21
2.9. Ensayos de fecundación artificial.....	26
3. RESULTADOS	30
3.1. Seguimiento de la población en las islas Chafarinas.....	30
3.1.1 Éxito del reclutamiento anual.....	30
3.1.2. Seguimiento de la población	31
3.1.3. Mortalidad natural	54
3.2. Estudios de aspectos de la biología de <i>P. ferruginea</i>	57
3.2.1. Crecimiento y longevidad	57
3.2.2. Modo de reproducción y factores que determinan el cambio de sexo.....	63
3.3. Ensayos de técnicas de reproducción controlada de <i>Patella ferruginea</i>	
3.3.1. Técnicas de estabulación y mantenimiento de ejemplares en cautividad	67
3.3.2. Técnicas de inducción a la puesta.....	67
3.3.3. Técnicas maduración artificial de ovocitos.....	67
3.3.4. Desarrollo larvario	69
3.4. Experiencias de manejo de ejemplares.....	77
3.4.1. Acondicionamiento de ejemplares a sustratos desmontables.....	77
3.4.2. Traslado experimental de ejemplares entre diferentes enclaves del archipiélago.....	81
4. DISCUSIÓN	87
4.1. Seguimiento de la población en las islas Chafarinas.....	87
4.2. Estudios de aspectos de la biología de <i>P. ferruginea</i>	96
4.3. Ensayos de técnicas de reproducción controlada de <i>Patella ferruginea</i>	105
4.4. Experiencias de manejo de ejemplares.....	107

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	111
5.1. Seguimiento de la población.....	111
5.2. Biología de la lapa ferruginosa	112
5.3. Reproducción controlada de la lapa ferruginosa.....	113
5.4. Manejo de ejemplares.....	114
5.5. Recomendaciones.....	115
6. REFERENCIAS CITADAS	118
7. ANEXO. Acerca de un evento de mortalidad d ejemplares de <i>Patella ferruginea</i> en junio de 2010.....	123

1. INTRODUCCIÓN

La presente Asistencia Técnica se enmarca dentro de una serie de trabajos llevados a cabo durante los últimos años acerca de de la lapa ferruginosa (*Patella ferruginea*) en el archipiélago de la Islas Chafarinas.

La lapa ferruginosa (*Patella ferruginea* Gmelin, 1791) es una especie protegida por la legislación española, incluida desde 1999 en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (actualmente, Catálogo Español de Especies Amenazadas) en su máxima categoría de protección, es decir, “en peligro de extinción” (Orden de 9 de junio de 1999, BOE, 148, de 22 de junio de 1999).

En mayo de 2008 se aprobó la “Estrategia de conservación de la lapa ferruginosa (*Patella ferruginea*) en España” (AA.VV., 2008), la cual representa la primera Estrategia de conservación en nuestro país elaborada para una especie de invertebrado marino

En España, la población de *Patella ferruginea* se halla muy fragmentada si bien comprende algunos núcleos poblacionales importantes. Tal y como se sintetiza en la citada Estrategia (AA.VV., 2008), la población peninsular incluye una serie de contingentes poblacionales o grupos aislados de ejemplares posiblemente sin capacidad reproductora. En cambio, los 3 núcleos poblacionales principales del país se corresponden con enclaves en las costas norteafricanas. Así, en la Ciudad Autónoma de Ceuta se estima una población de en torno 30.000 ejemplares mientras que en la C.A. de Melilla habría al menos 18.000 ejemplares adultos.

Sin embargo es en un tercer enclave, el archipiélago de las Islas Chafarinas, donde se halla sin duda el mejor contingente poblacional. Este pequeño archipiélago de soberanía española, declarado Refugio Nacional de Caza en 1982 (R.D. 1115/1982, de 17 de abril, B.O.E. nº 130 de 1 de junio) y situado a unas 27 millas náuticas al Este de Melilla y en las proximidades de la costa de Marruecos (Figura 1.1) presenta una población estimada de entre 36.000 y 49.000 ejemplares adultos de *Patella ferruginea* (GUALLART, 2006). La amplia distribución de la especie en su litoral así como su abundancia, buena representación de grupos de talla/edad y el reclutamiento regular registrado durante los últimos años han motivado que las islas Chafarinas, como recoge la Estrategia, puedan ser consideradas como un auténtico “santuario” para la especie. Actualmente es probable que este archipiélago, junto con el de las Islas Habibas en Argelia (BOUMAZA Y SEMROUD, 2001), acoja a las poblaciones en mejor estado de conservación a nivel mundial de la especie.

Los primeros trabajos acerca de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas fueron llevados a cabo en 1994 por parte del equipo del Laboratorio de Biología Marina de la Universitat de València. En estos trabajos se realizaron por primera vez censos en diferentes enclaves del litoral del archipiélago que pusieron de manifiesto la elevada densidad de ejemplares que se alcanzaba, en al menos algunos sectores de las islas, valores mucho mayores que los descritos para cualquier otras zona geográfica hasta aquel momento (AA.VV, 1994 ; APARICI et al., 1995)

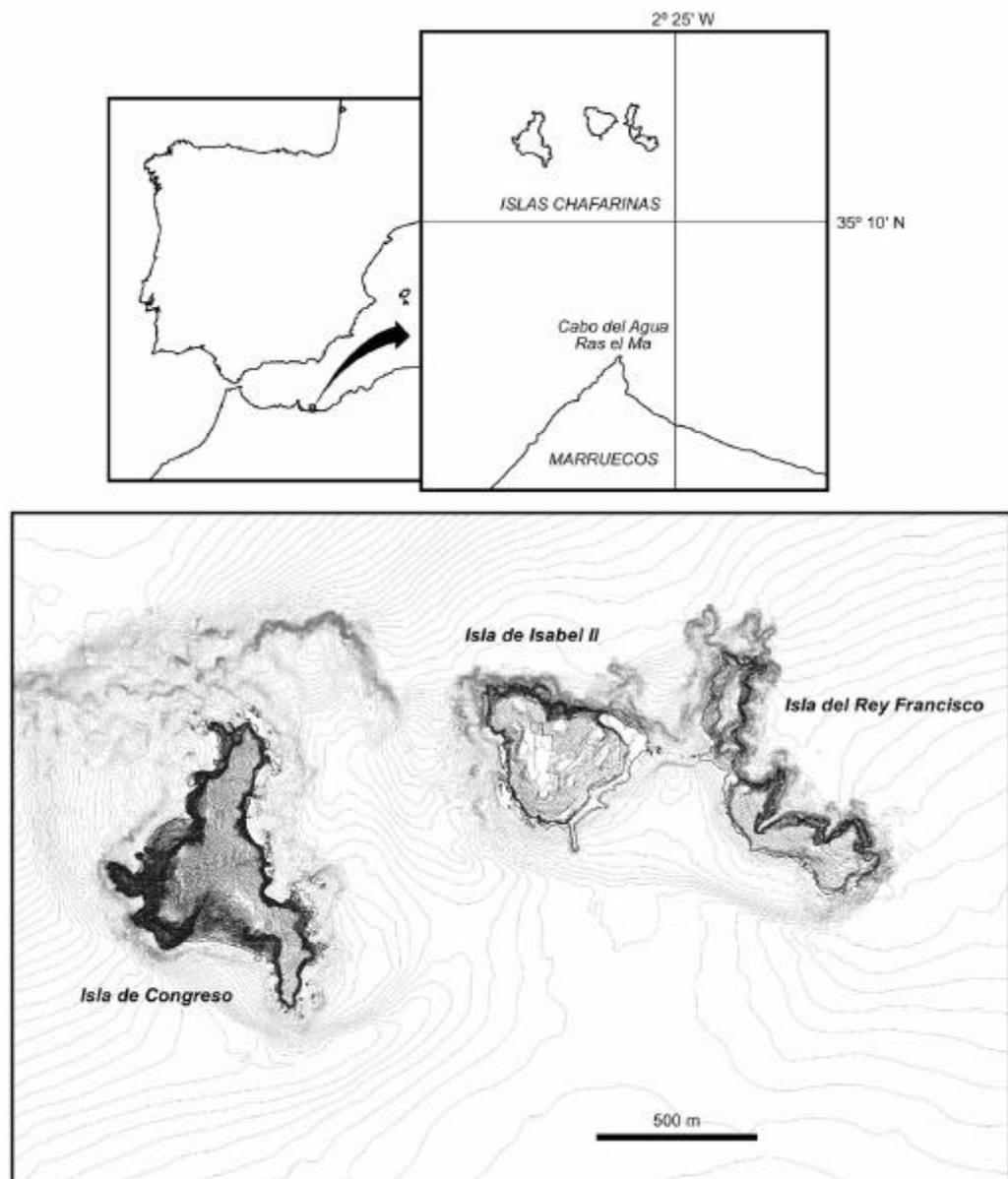


Figura 1.1. Localización geográfica de las Islas Chafarinas.

Entre 1999 y 2003 fueron llevados a cabo una serie de trabajos de seguimiento de la especie por parte de la empresa GENA S.L. en el marco de una serie de contratos dirigidos al Seguimiento y Control de los Ecosistemas en el Refugio Nacional de Caza. Los trabajos dirigidos a *Patella ferruginea* a lo largo de estos años se centraron fundamentalmente en el establecimiento de un sistema básico de seguimiento de la población de la especie, definiendo una serie de transectos permanentes en los que evaluar tanto la evolución de la población adulta como la variabilidad del reclutamiento anual. En estos trabajos se consiguió entre otras cosas por primera vez obtener una serie casi continua de datos temporales de abundancia para *Patella ferruginea*, iniciada en 1999 (GUALLART, 1999; 2000; 2001; 2002)

Sin embargo es a partir de 2005 cuando comenzaron a desarrollarse trabajos específicos dirigidos a profundizar en los conocimientos de la biología de la especie a partir de la población del archipiélago.

En una primera Asistencia Técnica llevada a cabo entre 2005 y 2006 (GUALLART, 2006), se abordó la investigación de distintos aspectos acerca de la biología de la especie. Obtener este tipo de información presentaba gran interés desde el punto de vista científico. Pero, dado además el gran desconocimiento acerca de su biología (debido sin duda a la escasez de poblaciones en buen estado en las que llevar a cabo estos estudios), resultaba fundamental para cualquier planteamiento dirigido a la recuperación o a la gestión de la especie. Los trabajos realizados cubrieron un abanico bastante amplio de temas, incluyendo la descripción de aspectos biométricos de la especie, la caracterización de estados reproductores, la descripción de la fenología reproductiva (para la zona), la obtención de las primeras estimas de crecimiento, el estudio de diversos aspectos del comportamiento (determinación del área de campeo, desplazamientos tróficos, factores que influyen en el cambio de huella), la descripción de los depredadores naturales,... Un aspecto muy relevante fue poner de manifiesto que la distribución de las tallas para cada sexo era completamente diferente a lo que se suponía para la especie hasta la fecha: estos resultados hicieron plantear dudas acerca de su modo de reproducción (hermafroditismo o gonocorismo) y de cualquier modo cambiaron la perspectiva que se tenía en esta cuestión y su importancia en algunos aspectos de la conservación de la especie. Adicionalmente, se realizaron diversas experiencias y se comenzaron a desarrollar metodologías para el manejo de la especie: marcaje, técnicas de sexado no letales, uso de sustratos desmontables, empleo de colectores de juveniles,...

Además en aquella Memoria se describió la realización, de manera casi accidental, de algunos ensayos de fecundación para *Patella ferruginea*, realizada a partir de gametos obtenidos de gónadas tras la disección de ejemplares, que ponía de manifiesto la posibilidad de estudiar el desarrollo larvario de la especie y, tal vez, la obtención de juveniles con diversos fines.

Uno de los aspectos que se destacó en aquel caso ya era el interés de que existiera una continuidad en al menos en determinados trabajos de la especie, que iban a requerir un seguimiento a medio (o incluso a largo) plazo de determinados ejemplares para obtener resultados concluyentes para la especie. Entre éstos, se destacaban los trabajos dirigidos a analizar el crecimiento y longevidad de los ejemplares, así como el modo de reproducción (hermafroditismo vs. gonocorismo). Pero asimismo destacaban la importancia de seguir realizando un seguimiento continuo de la población en el archipiélago, obteniendo una serie ininterrumpida de datos acerca de su densidad poblacional y reclutamiento, al menos en determinados enclaves definidos como referencia.

Una Asistencia Técnica posterior realizada entre 2007 y 2008 recogía alguna de estas ideas y ampliaba y complementaba la información disponible hasta la fecha (GUALLART, 2008). En este caso los trabajos se dirigían a concretar algunos aspectos fundamentales de la biología de la especie, como la talla de madurez sexual o la fecundidad (y su relación con la talla/edad de los ejemplares), mientras que pretendía conseguir un mayor número de datos (aumentando la representatividad de la conclusiones alcanzadas) acerca de la distribución de tallas por sexos o la tasa de crecimiento. Se conseguía presentar evidencias directas por primera vez acerca de la existencia de hermafroditismo en la especie, si bien destacando la necesidad de obtener un mayor número de datos a este respecto. Asimismo se realizaban nuevas experiencias para el establecimiento de técnicas para el manejo de la especie, como la técnica de

sexado no letal de WRIGHT Y LINDBERG (1979), el ensayo de acondicionamiento de juveniles y adultos a sustratos desmontables y el control de las poblaciones de depredadores naturales de la especie. Además, se realizaron nuevos ensayos para la captación de juveniles mediante colectores en el medio natural y nuevas experiencias de reproducción controlada del especie (inducción a la puesta, fecundación de gametos,...). Estos trabajos incluyeron también el seguimiento de la población y del éxito del reclutamiento anual mediante la realización de censos transecto, los cuales complementaban y continuaban la serie histórica obtenida hasta la fecha.

La presente Asistencia Técnica puede entenderse que responde a la necesidad de la continuidad de los trabajos precedentes descritos llevados a cabo en las Islas Chafarinas. Esta necesidad puede considerarse que se pone de manifiesto tanto por una serie de cuestiones metodológicas, de aspectos que requieren una serie de datos durante un periodo temporal largo (e.g. crecimiento y longevidad, cambio de sexo de ejemplares) como por la necesidad de implementar la posibilidad de profundizar en el conocimiento de esta especie, emblemática, en múltiples aspectos, a partir de la singular oportunidad que supone disponer de una población natural en excelente estado de conservación como es la que se encuentra en las Islas Chafarinas.

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. Seguimiento de la población en las islas Chafarinas
2. Estudios de aspectos de la biología de *Patella ferruginea*
3. Ensayos de técnicas de reproducción controlada de *Patella ferruginea*
4. Experiencias de manejo de ejemplares

El primero de estos apartados pretende continuar la serie histórica de datos que se disponen para las islas Chafarinas de forma casi continua desde 1999 para *Patella ferruginea*, de manera que permita analizar (y si es posible verificar el buen estado) la evolución de la población y el reclutamiento de la especie.

El segundo apartado se centra en varios aspectos de la biología de la especie sobre todo aquellos que precisaban la continuidad de los trabajos, por cuestiones metodológicas, durante una serie más o menos larga de años. En este caso se planteaban tres temas particularmente relevantes. El primer tema era el estudio de aspectos acerca del crecimiento y la longevidad de la especie. Este tipo de trabajos se ha venido realizando mediante el seguimiento individual de ejemplares marcados y, si se tiene en cuenta la elevada longevidad que se ha sugerido para la especie por algunos autores (más de 30 años), resulta importante disponer de información de periodos de tiempo lo más prolongados posibles, para alcanzar conclusiones representativas. El segundo trataba de intentar verificar el modo de reproducción de la especie (hermafroditismo vs. gonocorismo) y, en el caso de confirmarse el hermafroditismo, obtener información acerca de la frecuencia y factores que determinan el cambio de sexo. En este caso la continuidad de los trabajos es de nuevo particularmente relevante, dado que éstos se basan en el sexado y marcaje de ejemplares para su seguimiento en años sucesivos. Un tercer tema que se ha planteado es intentar evaluar por primera vez la mortalidad natural de la especie, sobre todo como una referencia que pueda ser utilizada en estudios

futuros acerca de la supervivencia de determinados contingentes de ejemplares objeto de manejo (e.g. ejemplares trasladados a otras áreas geográficas).

El tercer apartado se centra en desarrollar técnicas de reproducción controlada para la especie, intentando alcanzar hitos más allá de los logrados en años precedentes en esta línea. Se considera que conseguir controlar la reproducción de la especie para completar su ciclo vital en condiciones de laboratorio es un proceso que puede ser largo, dadas las particularidades de la especie en comparación con otros moluscos objeto de acuicultura comercial. Sin embargo los avances en este sentido pueden considerarse que resultan del máximo interés para las tareas de conservación y recuperación de la especie. Así, si llega a alcanzarse este estado de conocimientos, se podría conseguir “producir” juveniles para el traslado y reintroducción en otras zonas geográficas (uno de los puntos destacados en la Estrategia de conservación de la especie). Sin embargo además aportaría información muy relevante para el conocimiento de su biología (e.g. duración de la fase larvaria) o para el desarrollo de otras metodologías de estudio (e.g. descripción del desarrollo larvario; y posibilidad de identificación de sus larvas en el zooplancton, estudios de abundancia larvaria, dispersión, ...). En este sentido, el R.N.C. de las Islas Chafarinas representa un lugar fundamental por sus posibilidades para llevar a cabo este tipo de tareas, tanto debido a las poblaciones existentes, como a las instalaciones técnicas disponibles o en proceso de implementación (e.g. Laboratorio húmedo con sistema de acuarios El Pirata). En principio en este apartado se ha incluido como objetivo aportar información en todos los aspectos principales que constituyen los trabajos clásicos para el cultivo de una especie mediante técnicas de acuicultura: estabulación de adultos reproductores, inducción a la puesta, fecundación y desarrollo larvario, inducción a la puesta,...

Por último, en un cuarto apartado se ha planteado llevar a cabo determinadas experiencias de manejo de ejemplares, como una primera aproximación a aquellas que podrían ser necesarias llevar a cabo en el futuro. En concreto en este caso se plantearon realizar una serie de ensayos preliminares de traslado de ejemplares, utilizando unos elementos propuestos previamente como son los sustratos desmontables, para comenzar a adquirir experiencia en este sentido, en vistas a que en un futuro puedan ser utilizadas técnicas semejantes para el traslado de ejemplares de *Patella ferruginea* entre distintas zonas geográficas, con fines de reintroducción o de reforzamiento de poblaciones.

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 3 estancias en las Islas Chafarinas entre junio de 2009 y marzo de 2010, correspondientes a los meses:

- junio 2009
- noviembre 2009
- marzo 2010

De manera adicional, se ha utilizado en la elaboración de la presente Memoria datos, resultados y observaciones inéditas procedentes de una estancia llevada a cabo en el archipiélago en noviembre de 2008 dirigida al estudio de *Patella ferruginea* en los meses anteriores al inicio de la presente Asistencia Técnica.

Todas las estancias citadas anteriormente se realizaron durante la segunda quincena del mes indicado.

Por último, en la primera quincena de junio de 2010 y cuando la elaboración de esta Memoria estaba ya en fase de finalización, se realizó una nueva estancia en el archipiélago en relación con otro proyecto. Durante esta estancia se realizaron algunas observaciones relevantes relativas a la mortalidad de un cierto número de ejemplares de *Patella ferruginea*. Se ha decidido sin embargo en la Memoria mantener el texto realizado hasta entonces relativo al seguimiento de la población de la especie, así como la discusión y conclusiones correspondiente, y adjuntar en el Anexo I el informe presentado a principios de julio a la Dirección Técnica del R.N.C. referente a las observaciones realizada y conclusiones alcanzadas en esta última estancia.

2.2. Aspectos biométricos

En los distintos aspectos del trabajo, se define la talla de los ejemplares de *Patella 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).

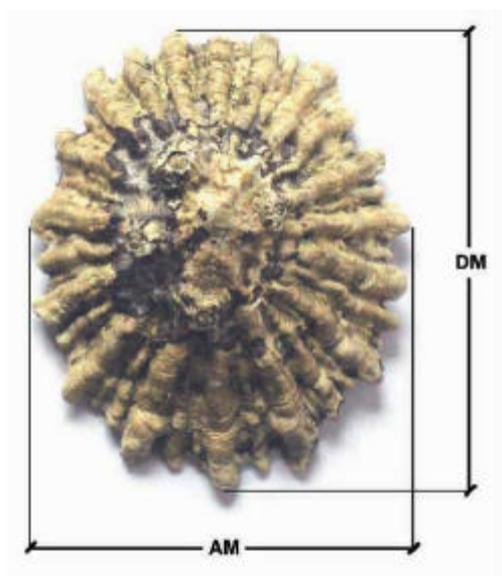


Figura 2.1. Biometría de ejemplares de *Patella ferruginea*. DM: Diámetro máximo; AM: anchura máxima

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.

2.3. Censos en transecto y censos en escollos

Los censos de ejemplares consisten en el recuento y categorización por grupos de talla de todos los ejemplares de *Patella ferruginea* localizados en determinados tramos de costa. Hasta la fecha los censos relativos a *P. ferruginea* en el archipiélago se han venido realizando en transectos permanentes, es decir, en tramos lineales de costa definidos entre durante puntos. Durante el presente año, se ha iniciado además la realización de censos en determinados escollos próximos al litoral

Los **censos en transecto** presentan utilidad en diversos aspectos del estudio de *Patella ferruginea*. Fundamentalmente se han venido utilizando como una referencia para seguimiento del estado de la población en el archipiélago y para el análisis de la variabilidad del reclutamiento anual. De manera adicional aportan información en aspectos como mortalidad, crecimiento (particularmente en juveniles),... Estos censos se realizan en transectos definidos permanentemente, de manera que se compara el contingente de ejemplares existente en dos periodos de tiempo diferentes para un mismo tramo de costa, de longitud definida. De este modo, además los resultados se representan no en valor absoluto de número de ejemplares sino como un valor de “densidad”, como “ejemplares por metro lineal de costa” (ejs./m).

Durante los últimos años han sido 3 los transectos utilizados para el seguimiento rutinario de la población en el archipiélago, localizados uno en cada isla. 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 ha permitido disponer de datos comparativos durante una serie temporal más o menos larga, que en estos momentos ya ha superado los diez años casi consecutivos (no hay datos disponibles para 2000 y 2004).

Es de destacar que estos transectos han sufrido una serie de pequeñas modificaciones a lo largo de este intervalo. Si en 1999 se definieron con una longitud de 25 m, a partir de 2005 se decidió reducir su extensión a una longitud de alrededor de 10 m. Este cambio en la definición de los transectos permitía una reducción del esfuerzo de muestreo, posibilitaba definir los transectos como tramos de costa en zonas con tipología del sustrato más uniforme y, dada la elevada densidad de ejemplares observada, no suponía una pérdida de información relevante sobre el contingente de ejemplares de la zona (GUALLART, 2006). Estas modificaciones deben tomarse en consideración a la hora de comparar los resultados de los censos del periodo 1999 - 2003 con los posteriores a 2005 (GUALLART, 2006; 2008; incluye los resultados de la

presente Asistencia Técnica), teniendo en cuenta la diferencia de longitud y, por tanto, la no coincidencia completa del trazado de los transectos.

Las características de estos 3 transectos se presentan en la Tabla 2.1. Su localización se indica en la Figura 2.2.

Por otra parte, y aunque no estaba previsto inicialmente, se han realizado y se presentan aquí resultados de censos relativos a otros transectos, cuya ubicación se indica asimismo en la Figura 2. Esto está relacionado con el hecho, que se comenta con detalle posteriormente, de que en noviembre de 2009 se detectó la desaparición de numerosos ejemplares en algunas zonas de la isla de Isabel II. Con el fin de contrastar si este descenso en el número de ejemplares fue un suceso local o un evento generalizado en el litoral del archipiélago, se planteó tanto en noviembre de 2009 como en marzo de 2010 realizar censos en otras zonas para las que se dispusiera de información previamente. De este modo se realizaron censos en otros 4 transectos, que se indican asimismo en la Figura 2.2. La información previa disponible para estas zonas procede de GUALLART (2000), TEMPLADO et al. (2006) y/o GUALLART (2006).

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 principales utilizados para el seguimiento mediante censos de la población de *Patella ferruginea*.

Hay que destacar que una de estas zonas, citada como “El Pirata. Isabel” (EPI) es una zona para la que se dispone de información de manera regular desde marzo de 2005. Se trata de una plataforma rocosa, de unos 13.4 m de longitud de línea de costa, situada a unos 50 m al sur del Laboratorio Húmedo “El Pirata”, y en la que se han llevado a cabo durante los últimos años numerosas experiencias de marcaje, recolocación de ejemplares,... debido a lo cual se han realizado regularmente censos de la población existente. Esta zona puede considerarse como un cuarto transecto básico de seguimiento, para el cual se dispone de información continuada durante más de 5 años y que debería ser incluida en la serie de transectos de seguimiento en el futuro.

Aparte de los censos en transecto, durante el presente año se planteó realizar además **censos en escollos** o rocas aisladas de la línea de costa. El motivo está relacionado con el planteamiento del estudio en la presente Asistencia Técnica de la mortalidad natural de *P. ferruginea* en el archipiélago.

Evaluar la mortalidad en un intervalo de tiempo a partir de censos en transecto plantea 2 dificultades. La primera de ellas es que, por ejemplo, ante la desaparición de un cierto contingente de ejemplares de la zona, no es posible atribuir esto con seguridad a mortalidad dado que, por ejemplo, podrían haber cambiado de huella desplazándose por la costa hasta una nueva zona fuera de los límites del transecto. La segunda cuestión es que en los transectos establecidos la abundancia de ejemplares es generalmente muy elevada, contabilizándose en cada transecto de aproximadamente 10 m siempre más de 100 ejemplares y a menudo hasta varios centenares. Esto hace que los censos, aún

siendo exhaustivos y minuciosos en lo posible, presenten un cierto margen de error en los recuentos; en este caso pequeñas diferencias de abundancia de determinados grupos de talla pudieran corresponder tanto a la mortalidad de ejemplares como a ese margen de error en los censos.

La realización de censos en escollos se ha planteado por primera vez este año con el fin de minimizar en lo posible esta problemática. La localización de ejemplares en estos escollos o rocas aisladas de la línea de costa asegura que los ejemplares no se desplacen fuera de la zona definida para el seguimiento, es decir, el conjunto de la/s roca/s. Por otra parte, se ha planteado que los escollos en los que realizar el seguimiento deberían presentar un número moderado de ejemplares, entre un mínimo que hiciera que el contingente fuera representativos (e.g. > 25 ejemplares adultos) y un máximo que supusiera una mayor facilidad para el registro exhaustivo de ejemplares (e.g. < 75 adultos). Un criterio adicional para la selección de estos escollos ha sido que fueran relativamente accesibles, habiendo escogido en este sentido enclaves que pudieran alcanzarse sin embarcación y junto a la isla de Isabel II.

Siguiendo estas ideas, se han realizado censos en 3 grupos de escollos, cuya localización se indica en la Figura 2.3:

- Escollos Playa de los Cubanos
- Escollos El Pirata (Figura 2.4A)
- Escollos W Isabel (Figura 2.4B)

Los censos, tanto en transectos como en los escollos, consisten en el 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. En el caso de los transectos, los resultados se expresan como densidad de ejemplares por metro lineal de costa, mientras que en el caso de los escollos, que no presentan una longitud de costa definida sino una superficie, se hace como número total de ejemplares por grupo de talla.

Todos los censos se deben realizar 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. Este aspecto supone una cuestión limitante de relevancia para la realización de los censos.

En algunos de los censos llevados a cabo en noviembre de 2009, por cuestiones de urgencia, se realizaron algunos censos en condiciones no óptimas, es decir, con la marea en un nivel intermedio y con un suave oleaje que bañaba las rocas. En estos casos los censos pueden no haber sido totalmente exactos.

Por otra parte hay que destacar que la detección de todos los ejemplares presentes en un transecto durante la realización de un censo puede depender, además de las condiciones meteorológicas, de otros factores. Por ejemplo durante los meses de otoño e invierno el piso mesolitoral superior del archipiélago suele presentar un recubrimiento algal dominado por un alga marrón que tapiza la roca y a menudo las conchas de las lapas, la cual dificulta la observación y recuento de ejemplares, sobre

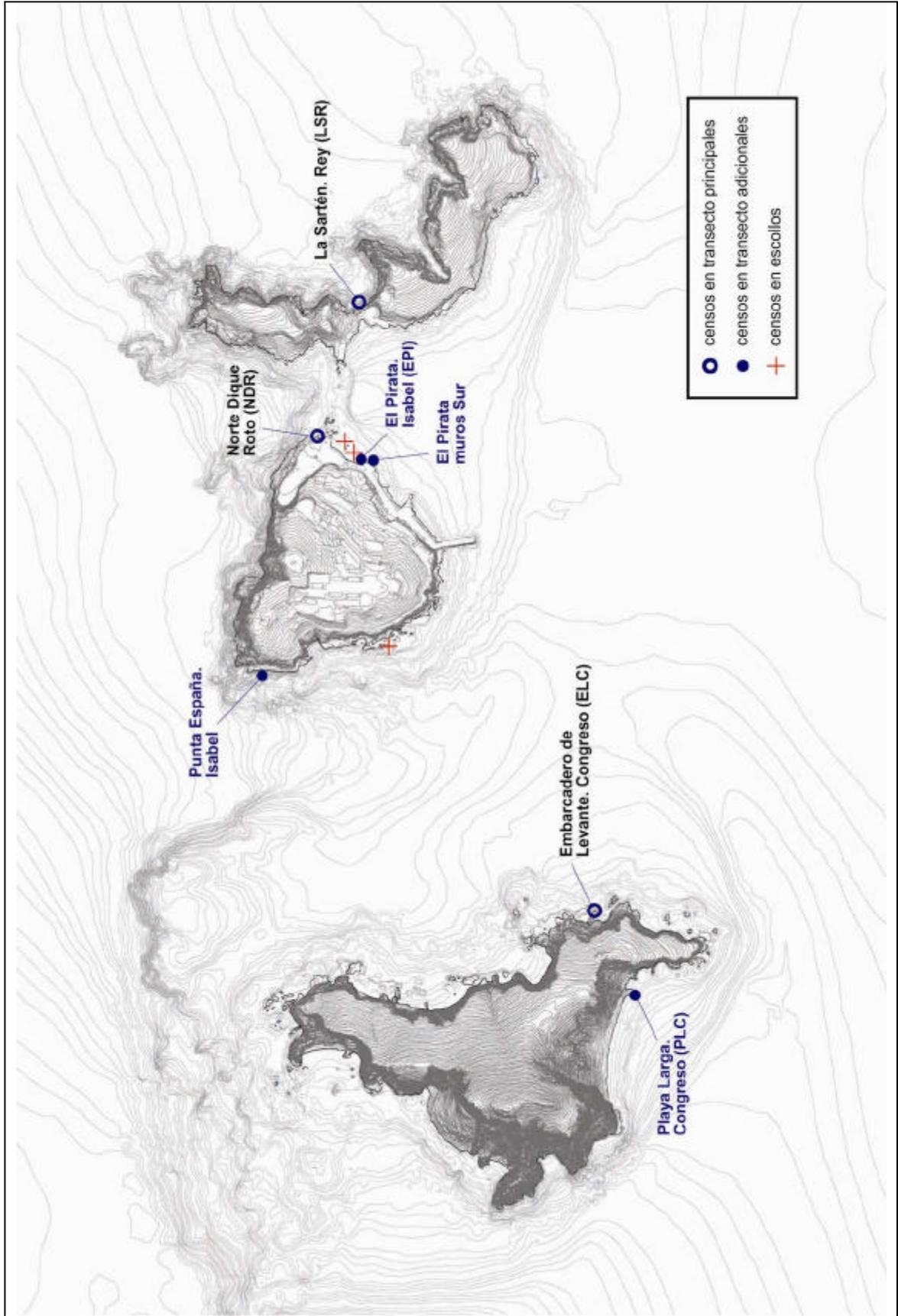


Figura 2.2. Localización de los transectos y escollos utilizados para el seguimiento mediante censos de la población de *Patella ferruginea*.

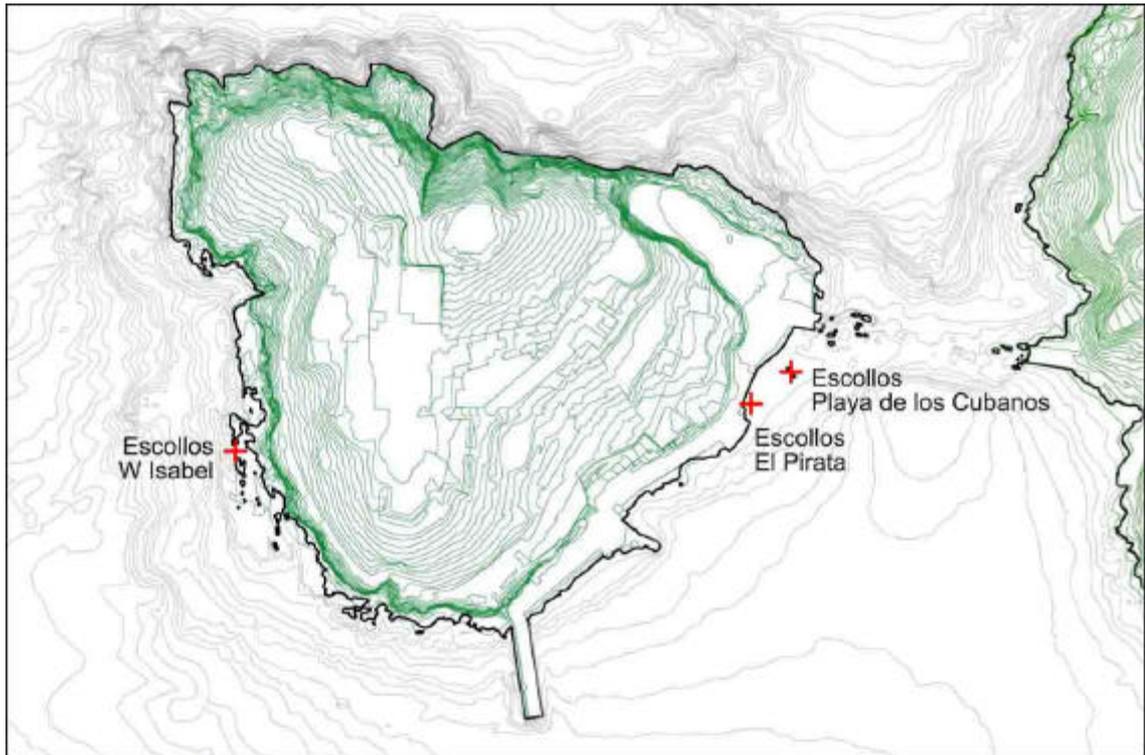


Figura 2.3. Detalle de la localización de los escollos en los que se ha comenzado a realizar el seguimiento mediante censos de ejemplares.

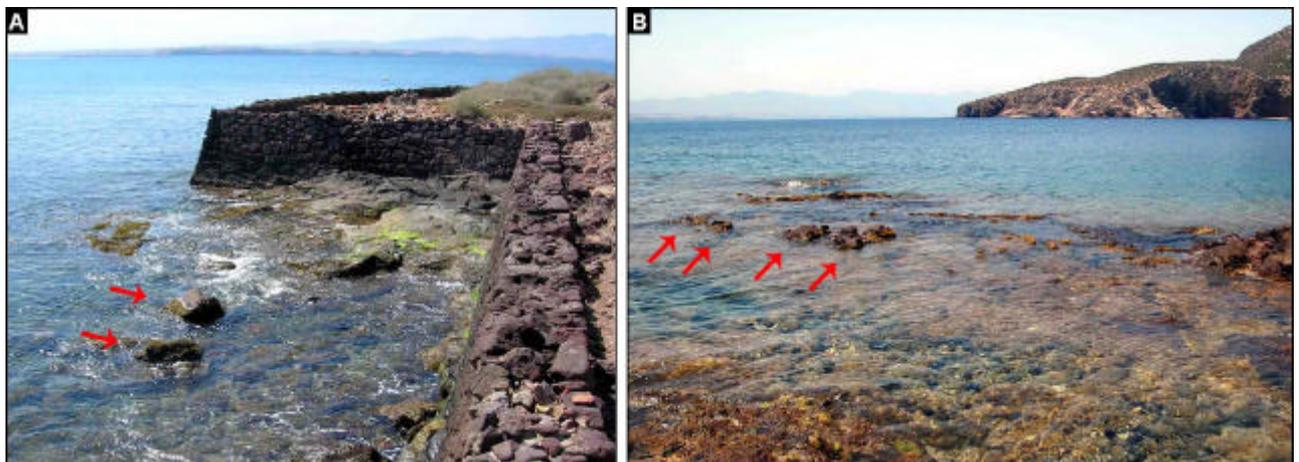


Figura 2.4. Imágenes de algunos grupos de escollos utilizados para el seguimiento de *Patella ferruginea*, indicados mediante flechas rojas. (A) Escollos El Pirata. (B) Escollos W Isabel.

todo aquellos de pequeño tamaño (p.ej. < 20 mm DM). Un ejemplo se presenta en la Figura 2.5 (si bien en este caso los ejemplares son fácilmente identificables por la escasa cobertura algal de la roca a su alrededor). Este hecho puede condicionar que durante los censos de noviembre no se hayan detectado algunos ejemplares presentes en realidad en los transectos; sin embargo cabe suponer que este factor afectaría sobre todo a ejemplares de tamaño pequeño (p.ej. < 30 mm DM) y no a los de mayor tamaño (p.ej. > 40 mm DM).



Figura 2.5. Grupo de ejemplares de *Patella ferruginea* fotografiados en el litoral de las Islas Chafarinas en noviembre de 2009. Los tres ejemplares señalados con una flecha roja (de una talla entre 25 y 35 mm DM) presentan un recubrimiento algal característico de esta época del año que puede dificultar su detección durante la realización de los censos.

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.

2.4. 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 y la verificación del modo de reproducción de la especie.

Se han empleado dos procedimientos básicos de marcaje ligeramente diferentes, que se basan en los utilizados en trabajos anteriores llevados a cabo en el archipiélago (GUALLART, 2006; 2008) si bien con algunas modificaciones. En ambos casos se trata de adherir a la concha piezas de plástico identificativas; las diferencias entre ambos se basan en el tipo de pegamento utilizado, el procedimiento de uso y la morfología de las marcas.

En el primer procedimiento el adhesivo utilizado es resina de poliéster de dos componentes transparente y las marcas son piezas de plástico de color con un número troquelado. Esta técnica se utiliza para marcar ejemplares sin separarlos del sustrato, por

lo que es muy poco agresiva y supone un riesgo mínimo de mortalidad de los ejemplares. Con el fin de mejorar la adherencia de la marca, la concha del ejemplar se lija ligeramente en las proximidades del umbo (donde presenta mayor grosor). Dado que la resina requiere un cierto tiempo para secarse, solamente se puede realizar el marcaje en condiciones en que los ejemplares permanecen un cierto tiempo (al menos 20 minutos) sin mojarse, es decir, baja condiciones meteorológicas en que la marea está baja y el mar completamente en calma. Si bien presenta esta limitación, tiene la ventaja respecto al siguiente método de que la calidad y perdurabilidad del adhesivo es mucho mayor. Este procedimiento se ha utilizado sobre todo para el marcaje con fines de estudio del crecimiento y longevidad de ejemplares. Este método es prácticamente idéntico al utilizado inicialmente para el marcaje de *Patella ferruginea* en el archipiélago (GUALLART, 2006); algunas de las marcas fijadas de esta manera han permanecido ya más de 5 años sobre la concha de algunos ejemplares. La principal diferencia respecto a los trabajos anteriores es que en este caso se han empezado a utilizar marcas con números troquelados de 2 dígitos; en este caso las marcas no son redondas sino subrectangulares, con las esquinas recortadas. Se han utilizado plástico de 6 colores diferentes: rojo (R), azul (Z), amarillo (M), verde (V), naranja (N) y blanco (B) (Figura 2.6).

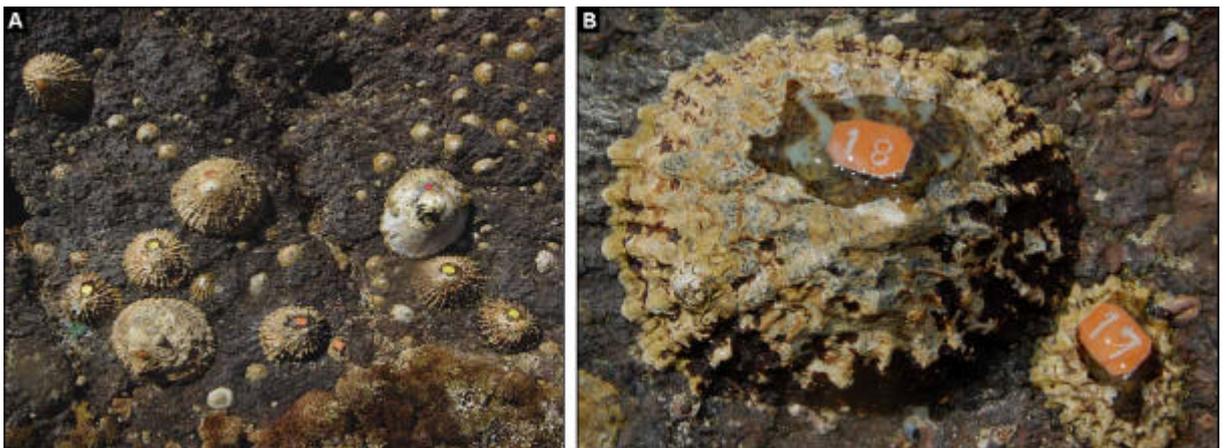


Figura 2.6. Marcaje de ejemplares mediante resina de poliéster. (A) Grupo de ejemplares marcados en la zona del Embarcadero de Levante de Congreso (ELC). El color de la marca junto con el número troquelado en esta constituye el código identificativo del ejemplar. (B) Dos ejemplares marcados en la zona de la imagen anterior, con los códigos N17 y N18.

El segundo procedimiento se basa en el empleo de pegamento de cianocrilato, de secado muy rápido. Su uso se hace necesario en el caso del marcaje a ser realizado tras el sexado de ejemplares. En este caso los ejemplares deben ser arrancados del sustrato, procesados (medición, biopsia y sexado) y devueltos rápidamente al punto del litoral de 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 de poliéster implicaría mantener en seco fuera de su huella durante un periodo demasiado prolongado. Por este motivo este segundo procedimiento, con un tiempo de fijación de la marca muy corto, inferior a un minuto, resulta fundamental.

En estos casos se procedió además a un doble marcaje. Por una parte se adhirió una marca de color numerada en la parte anterior de la concha y una pequeña marca de plástico en la parte posterior. La fijación de la marca numerada, de mayor superficie, requiere el lijado o pulido de la superficie de la concha, para facilitar su adherencia. La marca en la zona posterior, por su parte, consiste en una estrecha pieza de unas dimensiones aproximadas de 8 x 2 x 0,5 mm, que se pega en el interior de una hendidura hecha con una hoja de sierra sobre la concha, la cual se ha planteado que aumenta las probabilidades de permanencia de la marca (Figura 2.7).

En todos estos casos el color de la pieza de plástico, al margen de la numeración identificativa que pudiera presentar, representaba un código indicativo del sexo de cada ejemplar:

- azul: macho
- rojo: hembra
- verde: indeterminado

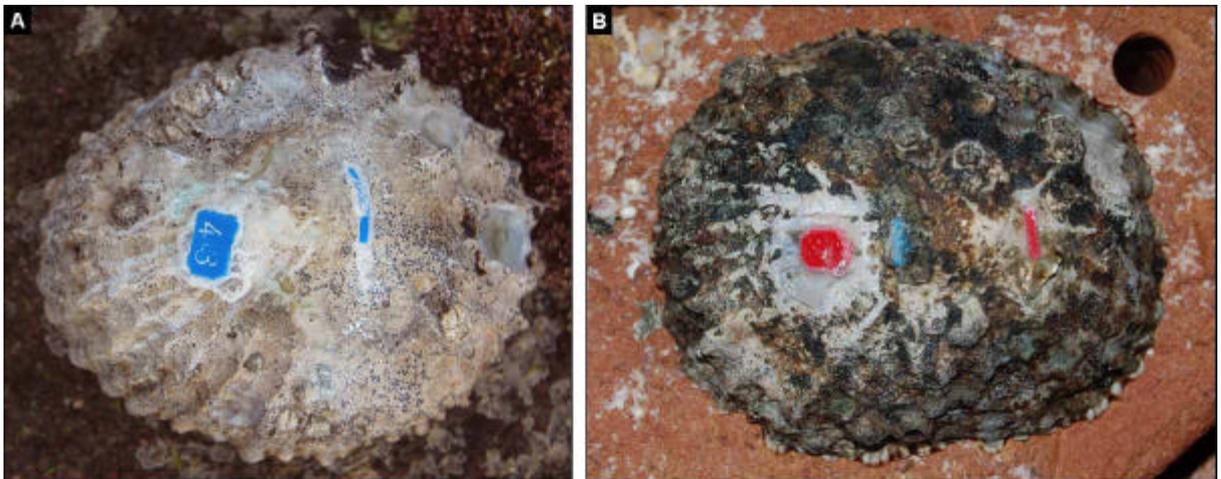


Figura 2.7. Marcaje de ejemplares mediante adhesivo de cianocrilato. El color del código hace referencia al sexo del ejemplar. (A) Ejemplar macho, con el código Z43, marcado en noviembre de 2009, mostrando las dos marcas adheridas a la concha. (B) Ejemplar identificado como macho en 2007, marcado entonces con una marca azul, y posteriormente sexado en 2008 como hembra, tras lo cual fue marcado de nuevo con una doble marca de color rojo (R20).

Hay que destacar que este tipo de procedimiento de marcaje, identificando el sexo de los ejemplares mediante el color de la marca, empezó a emplearse en 2007. Desde entonces, se ha podido comprobar el cambio de sexo de algunos de estos ejemplares. De este modo y tras los nuevos procesos de sexado y marcaje de ejemplares, algunos ejemplares han mantenido la marca antigua, con su color identificativo de sexo, y se han combinado con las correspondientes marcas posteriores. Un ejemplo de este caso se muestra en la Figura 2.7B. En este caso un ejemplar identificado como macho en 2007, marcado entonces con una marca azul, fue en 2008 sexado como hembra, tras lo cual fue marcado de nuevo (combinándolo con la marca antigua) con una doble marca de color 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 ha sido llevada a cabo en lo posible a lo largo de las campañas realizadas para todos los ejemplares marcados.

Por otra parte, se ha procedido al remarcado de algunos ejemplares que habían perdido la marca pero que, por su posición en el sustrato y gracias al registro fotográfico que periódicamente se realiza de cada ejemplar; se pudieron identificar con total seguridad. En todos estos casos se emplearon las mismas combinaciones de códigos numéricos y de coloración en las marcas empleadas.

Durante los trabajos de la presente Asistencia Técnica se ha realizado el marcaje de 75 nuevos ejemplares (incluyendo tanto el marcaje para el estudio del crecimiento, como el de ejemplares sexados y devueltos al medio natural), así como el remarcado de 7 ejemplares que habían perdido la marca instalada en años anteriores y que pudieron ser identificados con seguridad a partir del registro fotográfico que periódicamente se realiza de cada ejemplar

Al finalizar la última campaña realizada en junio de 2010, quedaban en el archipiélago 58 ejemplares identificados con marca.

El marcaje de ejemplares a lo largo de la presente Asistencia Técnica, conjuntamente con el llevado a cabo en trabajos anteriores, se ha realizado en 6 zonas del archipiélago, la cuales se indican en la Figura 2.8.

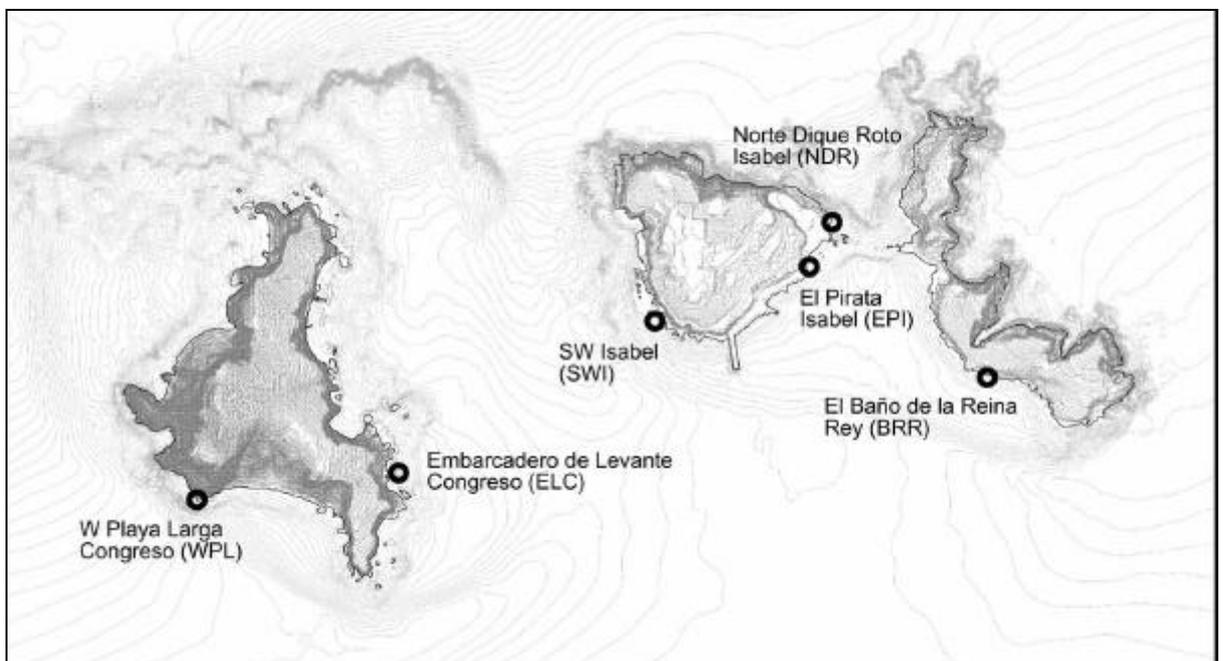


Figura 2.8. Zonas con ejemplares marcados de *Patella ferruginea*, en junio de 2010.

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 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 presentaban 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. Los valores de estas tres réplicas pueden ser utilizados además para determinar si las diferencias de talla de cada ejemplar entre biometrías sucesivas eran estadísticamente significativas mediante un análisis de la varianza (ANOVA).

2.7. Sexado de ejemplares mediante 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.

El método más inmediato para el sexado de ejemplares consiste en la observación de la gónada madura tras su disección. 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 fueron descritas con detalle por GUALLART (2006). Este método evidentemente supone el sacrificio de los ejemplares (o, en determinados casos, el aprovechamiento de ejemplares muertos por otras causas) lo cual limita mucho su aplicación, tanto teniendo en cuenta el estatus de protección de la especie y el grado de regresión de sus poblaciones, como el hecho de que distintos aspectos de estudio requieren la posibilidad de determinar el sexo de los ejemplares sin que ello suponga su muerte (e.g. verificación de la existencia o no de hermafroditismo en la especie, sexado de ejemplares en vistas a la reproducción controlada o a la reintroducción de contingentes).

WRIGHT Y LINDBERG (1979) propusieron un método para el sexado de ejemplares de lapas (orden Patellogastropoda) sin que supusiera necesariamente la muerte de éstos. El método 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 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 2.9). En el caso de que se alcance ésta y se extraiga una muestra apropiada, ésta 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 2.10).

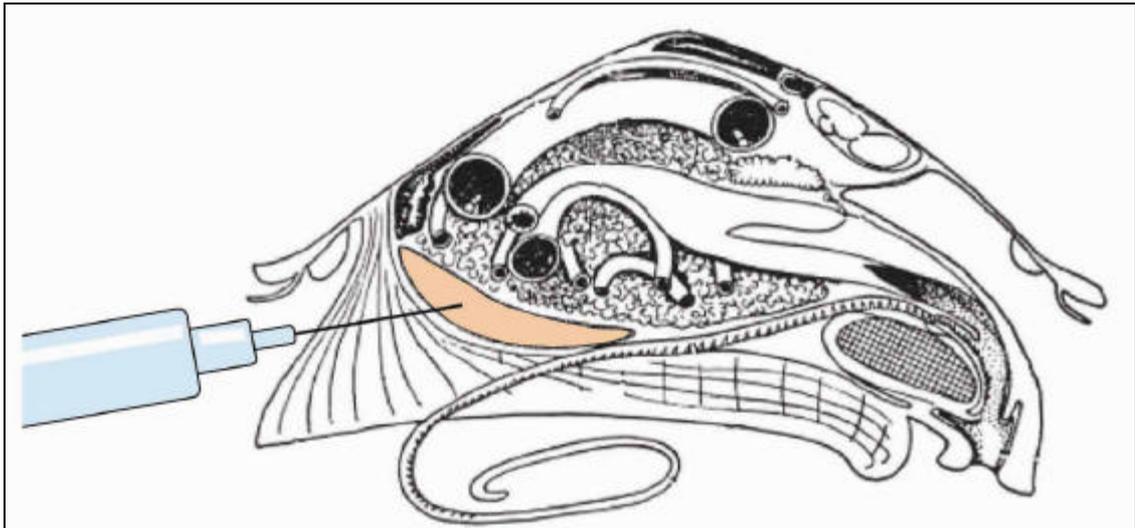


Figura 2.9. Esquema del corte longitudinal de una lapa, en la que se muestra la localización de la gónada (en rosado) y se representa el procedimiento para realizar la biopsia mediante una jeringuilla.

Esta técnica ya ha sido utilizada con éxito en *Patella ferruginea* en trabajos anteriores llevados a cabo en el archipiélago (GUALLART, 2006; 2008). En uno de éstos además se comprobó que la mortalidad asociada a esta técnica era muy baja si se seguían una serie de precauciones en su aplicación (GUALLART, 2008).

Durante la presente Asistencia Técnica se ha planteado su uso con el fin de cubrir varios objetivos:

- contrastar la hipótesis acerca del modo de reproducción de *Patella ferruginea* (hermafroditismo vs. gonocorismo) y analizar los factores que pueden influir en el cambio de sexo
- identificación del sexo de ejemplares para su uso en el ensayo de técnicas de reproducción controlada
- ampliar la información acerca de la composición de sexos de la población del archipiélago, incrementando los datos disponibles resultantes de trabajos anteriores

Las tareas de sexado de ejemplares se han llevado a cabo en noviembre de 2008 y en noviembre de 2009, coincidiendo con el periodo madurez de los ejemplares de la especie, factor imprescindible para poder llevar a cabo estos trabajos, tal y como se ha

comentado anteriormente. Se han seguido en lo posible todas las recomendaciones presentadas anteriormente por GUALLART (2008) acerca del uso de esta metodología.

Todos los ejemplares tras su sexado fueron marcados siguiendo alguna de las técnicas descritas en el apartado 2.4. Parte de los ejemplares fueron devueltos al medio tras su sexado mientras que otros fueron trasladados a las instalaciones del Laboratorio El Pirata para ser utilizados en experiencia de inducción a la puesta y de reproducción controlada de la especie.

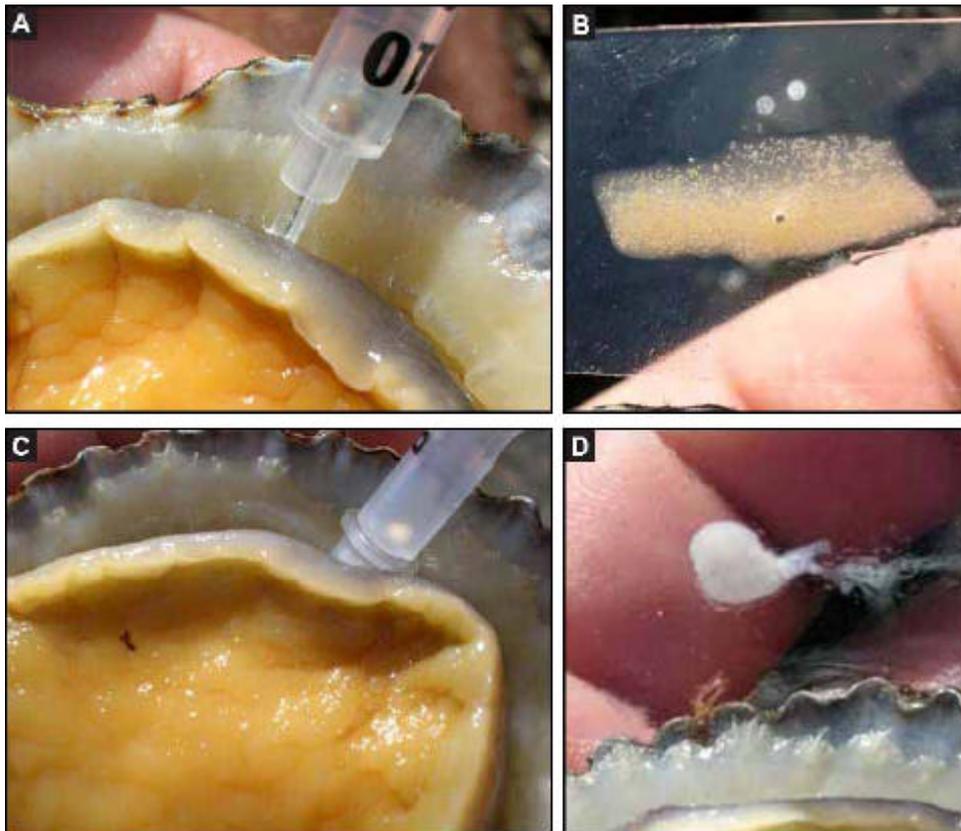


Figura 2.10. Ejemplo de sexado de ejemplares mediante la técnica no letal de WRIGHT Y LINDBERG (1979). Las imágenes (A) y (B) corresponden al sexado de una hembra mientras que las (C) y (D) corresponden al de un macho.

2.8. Sustratos desmontables y traslado experimental de ejemplares

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 sendas memorias anteriores (GUALLART, 2006; 2008). 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 o manipulación 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 retirado (y en su caso reinstalado) para el transporte o manejo de ejemplares. Además, los ejemplares pueden ser manejados y/o transportados con un sustrato sobre el que se puede considerar que han adquirido 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 puede dirigirse al menos a 3 objetivos:

- manejo de ejemplares adultos
- transporte y reubicación de ejemplares
- captación de juveniles

Inicialmente los SD instalados en las Islas Chafarinas consistían en rocas obtenidas en el archipiélago de dimensiones consideradas como adecuadas (GUALLART, 2006) (Figura 2.11A-C). Como se explica con detalle en las Memorias de trabajos precedentes, los SD se plantearon para ser instalados en zonas con plataformas rocosas subsuperficiales con recubrimiento algal típico del mesolitoral inferior, de manera que una de la premisas básicas era que los SD debían 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 *Patella ferruginea*.

A partir de 2007 se comenzó a ensayar un segundo tipo de SD, que se describió como “Sustrato desmontable doble” (SDD). Éstos estaban constituidos por 2 piezas: una basal más gruesa que proporcionaba la altura adecuada para la que la zona superficial estuviera a una cota adecuada respecto al nivel del mar y otra más fina, atornillada sobre la anterior, que constituía la superficie sobre la que se fijarían los ejemplares de *Patella ferruginea* (Figura 2.11D-F). Este diseño se basaba en la idea de poder manejar para los traslados de ejemplares no ya un elemento relativamente voluminoso y pesado como un SD en sus primeros diseños, sino la pieza superior de un SDD que constituye un elemento mucho más ligero y manejable.

A lo largo de este periodo se ha experimentado con varios materiales para los distintos elementos de los SDD. En los primeros ensayos se utilizaron piezas de roca natural (con una superficie superior suficientemente plana que permitiera la instalación de la baldosa superior) o ladrillos macizos existentes en las escombreras de Isabel II. A principios de 2008 se ensayó el uso como elemento basal de piezas de nylon macizo, al considerar este material como muy resistente a la vez que inerte. Respecto al elemento superficial, se utilizaron inicialmente sobre todo baldosas de barro cocido (Figura 2.11D). Durante los últimos ensayos se han empleado asimismo piezas de nylon macizo de 10 mm de grosor (Figura 2.11E-F). Todas las piezas superficiales de los SDD presentaban unas dimensiones en superficie de 28 x 14 cm, lo cual representa un área de 392 cm².

A lo largo de los trabajos de la presente Asistencia Técnica se han utilizado varios de los modelos descritos anteriormente. En la Figura 2.11 se muestran algunos ejemplos de éstos.



Figura 2.11. Algunos ejemplo de sustratos desmontables utilizados a lo largo del estudio. (A) Grupo de SD situados en la zona del transecto NDR, en junio de 2010. (B) SD situado en la zona NDR, en junio de 2010, con el ejemplar R37 sobre su superficie. (C) SD situado en la zona NDR, en junio de 2010, con un ejemplar no marcado de 66.5 mm DM procedente del reclutamiento de 2008. (D) SDD, con una baldosa como elemento superior, con 2 ejemplares adaptados a su superficie en noviembre de 2009. (E) SDD con ambas piezas de nylon, con el elemento superior recién instalado (junio 2009). (F) SDD de la imagen anterior, con 2 adultos y un juvenil sobre su superficie (marzo 2010).

La instalación de de sustratos desmontables se ha realizado en 2 zonas del litoral oriental la isla de Isabel II, en las zonas correspondientes a los transectos del “Norte Dique Roto (NDR)” y “El Pirata Isabel (EPI)” (ver Figura 2.2).

Acondicionamiento de ejemplares a sustratos desmontables

Se pueden plantear dos tipos de ensayos de acondicionamiento de ejemplares a los sustratos desmontables (SD).

El primero se centraría en trasladar los ejemplares a SD instalados en el medio natural. Este tipo de trabajos han sido realizados previamente (GUALLART, 2006) y requieren una serie de precauciones a la hora del traslado de ejemplares. Se considera que el mayor riesgo para los ejemplares es que puedan ser arrastrados por el oleaje si pierden fuerza de adherencia al sustrato momentáneamente, durante los primeros momentos de la adaptación al nuevo sustrato. Con este fin se ensayó en trabajos previos (GUALLART, 2006) la colocación de una malla durante los primeros días, técnica que en principio dio buenos resultados.

El segundo tipo consistiría en el mantenimiento de los ejemplares sobre los SD en condiciones de acuario controladas. En este caso los ejemplares no corren el riesgo de perderse por la acción del oleaje pero, en cambio, requieren de unas condiciones de calidad de agua en el sistema de acuarios lo suficientemente buenas como para conseguir no solo su supervivencia sino su pronta adaptación al nuevo sustrato.

Los trabajos relativos al ensayo de acondicionamiento de ejemplares a SD para la presente Asistencia Técnica se han centrado únicamente en esta segunda opción. Así, se han utilizado con este fin ejemplares trasladados al Laboratorio El Pirata para distintas experiencias de fecundación controlada y se ha aprovechado el ensayo de adaptación a SD para proceder a su devolución al medio natural desde el laboratorio una vez finalizadas estas experiencias.

Los trabajos relativos a este apartado consistieron en colocar los SD en el interior de tanques del sistema de acuarios del Laboratorio El Pirata y situar sobre ellos los ejemplares de *Patella ferruginea* objeto de manejo. Todos los SD utilizados con este fin habían estado al menos 3 meses instalados en el medio natural, por lo que disponían de un recubrimiento algal adecuado. Se mantuvo a los ejemplares en condiciones de fotoperíodo semejante al existente en el medio natural, regulando mediante temporizadores el encendido y apagado de las lámparas de los tanques. Aunque de manera ideal los ejemplares deberían mantenerse en un flujo de agua en circuito abierto, que proporcionaría un agua de gran calidad y en condiciones muy próximas a la del medio natural, este sistema todavía no está disponible en las instalaciones del Laboratorio por lo que fue necesario trabajar en un sistema con circuito cerrado. Con el fin de optimizar la calidad del agua, se realizó un cambio total del agua del sistema previamente al inicio de las experiencias y se llevó a cabo cambios parciales o totales sucesivos cuando se consideró aconsejable, en general cada varios días.

Los ejemplares se colocaron en los tanques bajo un flujo de agua de entrada en forma de cascada, que se distribuía mediante tubos de entrada en forma de “flautín”. En varios tanques se probó a utilizar un sistema de tubos en el orificio de evacuación del agua que generaba cambios periódicos en el nivel del agua; aunque estos presentaban una periodicidad reducida, en torno a 15 minutos, simulaban en cierto modo un sistema de “micromareas”.

Se decidió colocar un máximo de 2 ejemplares adultos por cada SD, considerando que la superficie de éstos (392 cm² en el caso de SDD; entre 220 y 425 cm² para otros SD) podría presentar limitaciones para proporcionar alimento a un número mayor de ejemplares.

Los ejemplares se mantuvieron entre 3 y 8 días sobre los SD, antes de su devolución al medio natural. Todos los ejemplares fueron marcados (ver apartado correspondiente) antes de esta devolución.

Hay que destacar que todos los ejemplares utilizados en tareas relacionadas con este apartado habían sido sexados previamente mediante la técnica de WRIGHT Y LINDBERG (1979). Este hecho, *a priori*, podía suponer una mayor probabilidad de mortalidad asociada a la biopsia realizada o una mayor dificultad para adaptación a los SD, lo cual debe ser tenido en cuenta a la hora de valorar los resultados.

Traslado experimental de ejemplares entre diferentes enclaves del archipiélago

Como se ha comentado, uno de los objetivos que se han planteado para el uso de los SD es el traslado de ejemplares sin que ello suponga necesariamente arrancarlos del sustrato. Esto podría tener particular interés en vistas al traslado de ejemplares entre distintas zonas geográficas para la reintroducción o reforzamiento de las poblaciones de la especie.

Siguiendo esta idea, se planteó el interés de realizar una primera serie de experiencias para evaluar la viabilidad del uso del SD con este fin. En este caso, se planteó llevar a cabo el traslado de ejemplares entre diferentes enclaves del archipiélago, como un ensayo inicial del procedimiento que en un futuro pudiera ser utilizado para el traslado entre diferentes zonas geográficas.

Se plantearon dos premisas para llevar a cabo estas experiencias.

La primera de ellas es que los ejemplares a ser trasladados junto con sus SD, debían de presentar la concha completamente adaptada a la superficie de éstos. Esto debía garantizar tanto la capacidad de los ejemplares a soportar condiciones de desecación durante el traslado, como que se hubieran adaptado a utilizar el propio SD como área de campeo. Siguiendo esta idea, se consideró como requisito necesario que los ejemplares hubieran permanecido más de 3 meses sobre los SD.

La segunda premisa se centraba en las características de la zona a donde se debían realizar los traslados. Se consideró que si en un futuro se llevaban a cabo trabajos de traslado para reintroducción o reforzamiento de las poblaciones, la zona de destino debía de presentar sin duda una ausencia o una muy baja densidad de ejemplares. Se planteó por tanto adecuado ensayar a realizar el traslado a zonas donde se dieran estas características. En las islas Chafarinas no existen muchas zonas del litoral donde la densidad de ejemplares de *Patella ferruginea* sea muy baja o donde esté ausente la especie, al margen de aquellas formadas por un sustrato inadecuado (e.g. playas de bolos). Otras zonas posiblemente son poco adecuadas para ésta, por tratarse de un litoral rocoso pero con los fondos aledaños muy someros (ver GUALLART, 2006). Se eligió por tanto para esta experiencia de traslado un enclave situado en la isla de

Congreso, al W de Playa Larga (Figura 2.8) en la que la densidad de ejemplares detectada en años anteriores era muy baja (< 1 ej./m) pero con unas características del sustrato que, *a priori*, no parecían ser inadecuadas para la especie.

2.9. Ensayos de fecundación artificial

Los intentos de obtener la fecundación artificial a partir de gametos de *Patella ferruginea* presentan importancia desde distintos puntos de vista:

- posibilidad de conseguir juveniles mediante técnicas de reproducción controlada, que pudieran ser utilizados para su traslado a enclaves de otras áreas geográficas donde reforzar o regenerar las poblaciones
- determinar aspectos relevantes de su biología reproductiva (e.g. duración del desarrollo larvario, preferencia por sustratos para la metamorfosis,...)
- describir el desarrollo embrionario de la especie

En la presente Asistencia Técnica se han ensayado 2 tipos de técnicas con el objetivo de obtener gametos para este fin:

- (1) ensayos de inducción a la puesta
- (2) fecundaciones realizadas a partir de gametos extraídos artificialmente de ejemplares maduros.

Los ensayos de inducción a la puesta consisten en intentar obtener gametos mediante estímulos que provoquen la freza en adultos sexualmente maduros. En el presente trabajo se han ensayado 3 tipos de estímulos que, de acuerdo con la escasa información disponible en la bibliografía, han proporcionado en otras especies de lapas algunos resultados positivos (CORPUZ, 1981; KAY Y EMLET, 2002). Estos son:

- variaciones térmicas
- agitación del agua mediante burbujeo intenso
- inmersión en solución una solución de agua de mar con peróxido de hidrógeno

Se ha ensayado el uso de estas técnicas tanto por separado como de manera sinérgica, combinando 2 de ellas simultáneamente.

El segundo grupo de técnicas consiste en la obtención de gametos para realizar las fecundaciones extrayéndolos directamente de los ejemplares. Esta técnica se cita en la presente memoria como técnica de de DODD (1957), al ser empleada por este autor en un trabajo clásico acerca de la reproducción de especies del género *Patella*. Esta técnica ha sido ya empleada en *Patella ferruginea* con un éxito parcial en trabajos precedentes realizados en las Islas Chafarinas (GUALLART, 2006; 2008)

La técnica de DODD (1957) implica en principio el sacrificio de ejemplares, al obtener los gametos mediante la disección de las gónadas de ambos sexos. En los trabajos de la presente Asistencia Técnica sin embargo se ha ensayado, con el fin de minimizar el sacrificio de ejemplares de esta especie protegida, obtener espermatozoides mediante una punción en los machos siguiendo un procedimiento idéntico al método de sexado no letal de WRIGHT Y LINDBERG (1979); en este caso, la pequeña muestra que permite identificar el sexo ha resultado suficiente para conseguir la fecundación de un cierto número de ovocitos. Así, en ninguna de las fecundaciones

ensayadas en 2009 fue necesario sacrificar a ningún macho para la obtención de esperma.

Tras la obtención de las gónadas femeninas mediante la disección de ejemplares hembras, se extrajeron los ovocitos disgregando la gónada en agua de mar filtrada y esterilizada (AMFE). Esta AMFE fue obtenida mediante filtros de cartucho de hasta 1 μm y esterilizada con una serie de 3 lámparas ultravioleta, equipamiento disponible en el laboratorio El Pirata.

Para estimar la fecundidad en las gónadas femeninas obtenidas, se colocó la totalidad de la muestra de ovocitos de cada ejemplar en una probeta graduada de 1 litro con AMFE. Posteriormente se realizó una suspensión de los ovocitos en toda la columna de agua mediante un agitador y se obtuvo una submuestra de 1 ml utilizando una pipeta automática. Esta submuestra se vertió en una cámara Sedgewick y se llevó a cabo un recuento del número total de ovocitos presentes en las submuestra mediante el microscopio.

Maduración de los ovocitos

Uno de los problemas que presenta la técnica de DODD (1957) es que un porcentaje muy elevado de ovocitos no alcanza a madurar. De hecho, este autor consideró que una gónada estaba suficientemente madura para realizar una fecundación viable cuando al menos un 5% de los ovocitos presentan indicios de estar maduros (ver criterios de madurez en párrafos posteriores). Es valor tan bajo implica que en torno al 95% de los ovocitos extraídos utilizando esta técnica suelen ser no viables.

Se ha ensayado un método para intentar madurar un mayor porcentaje de ovocitos de manera artificial, que consiste en alcalinizar el agua de mar en que se mantienen los ovocitos tras su extracción (SMALDON Y DUFFUS, 1985; HODGSON ET AL., 2007; AQUINO DE SOUZA ET AL., 2009).

Así, inicialmente tras extraer los ovocitos mediante disección se colocaron en recipientes con aguas de mar filtrada y esterilizada (AMFE), los cuales fueron sometidos periódicamente a agitación suave. El conjunto de ovocitos de cada ejemplar se dividió en 3 partes, para ser sometidos experimentalmente a 3 tratamientos diferentes. Para ello, la muestra de ovocitos se homogeneizó en 1 litro de AMFE y éste fue repartido entre 3 recipientes.

Los tratamientos de maduración artificial de los ovocitos consistieron en:

- (1) tras 30 minutos en AMFE, se modificó la alcalinidad del agua añadiendo una solución de hidróxido sódico (NaOH) hasta alcanzar un valor de pH 9.0. Transcurridas 2 horas, se cambió el agua de mar mediante decantaciones sucesivas hasta alcanzar el natural del agua de mar (en torno a pH 8.0)
- (2) como el tratamiento anterior, pero manteniendo únicamente 15 minutos los ovocitos a pH 9.0. Para ello el proceso de alcalinización se realizó aproximadamente 2 horas después de la extracción de los ovocitos.
- (3) sin tratamiento de maduración artificial de ovocitos: muestra control

Con el fin de evaluar la evolución de la maduración de los ovocitos, se extrajeron pequeñas muestras de los recipientes periódicamente:

- (1) transcurridos 30 minutos desde la extracción de los ovocitos
- (2) transcurrida 1 hora 30 minutos desde la extracción de ovocitos (en el caso del primer tratamiento, tras 1 hora a pH 9.0)
- (3) tras acabar el tratamiento a pH 9.0, aproximadamente 3 horas desde la extracción de los ovocitos

En el momento de la extracción de los ovocitos del ovario, éstos presentan un aspecto irregular, a menudo poliédrico (resultado del estado de compresión en que se encuentran dentro del ovario) y están recubiertos por una capa de aspecto gelatinoso claramente definida, el “corion” (Figura 2.12A-D). Durante el proceso natural de maduración del ovocito, se producen una serie de procesos que, al menos a nivel macroscópico, suponen dos cambios relevantes:

- adquisición de una morfología esférica (contorno redondo, en observación al microscopio)
- disolución y pérdida del corion (Figura 2.12)

Por este motivo, las muestras de ovocitos extraídas se examinaron al microscopio y un mínimo de 100 ovocitos fueron clasificados en las siguientes categorías:

- morfología
 - redondo
 - ovalado
 - irregular
- corion
 - sin corion
 - parcialmente sin corion
 - con corion

Se puede considerar que un ovocito es maduro cuando presenta un aspecto redondo y ha perdido completamente el corion o más del 90% de éste (DODD, 1957; SMALDON Y DUFFUS, 1985; HODGSON ET AL., 2007; AQUINO DE SOUZA ET AL., 2009).

El segundo procedimiento para evaluar la influencia de la técnica de alcalinización del medio en la maduración de los ovocitos consistió en el la obtención de muestras de los cultivos entre 2 y 3 horas después de la fecundación. En estas muestras se realizó el recuento de un mínimo de 100 ovocitos / embriones en primeras fases de división. Los resultados se presentan en porcentaje respecto al total de ovocitos/embriones recontados.

Fecundación y desarrollo larvario

La fecundación de los gametos se realiza mezclando en un mismo recipiente las muestras que contienen tanto espermatozoides como óvulos.

Como se ha señalado, unos 30 minutos tras la fecundación se tomaron muestras de cada una de las cubetas con el fin de evaluar la abundancia de huevos fecundados y en las distintas fases iniciales del desarrollo larvario. Las muestras se observaron al microscopio y se realizó el recuento y caracterización de al menos 100

huevos/embriones, datos a partir de los cuales se calcularon los porcentajes para cada tipología.

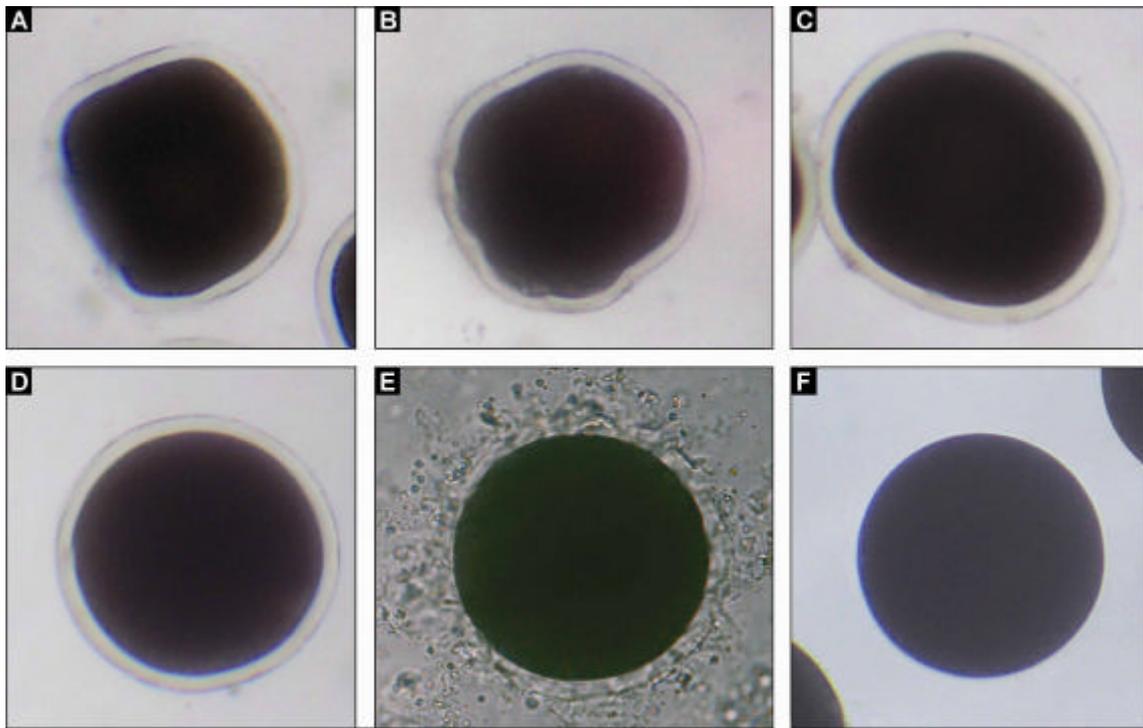


Figura 2.12. Algunos ejemplos de ovocitos en proceso de maduración tras se extracción de la gónada. (A) Ovocito poliédrico (irregular) con corion. (B) Ovocito irregular con corion. (C) Ovocito ovalado con corion. (D) Ovocito redondo con corion. (E) Ovocito redondo parcialmente sin corion. (F) Ovocito redondo sin corion (maduro).

Aproximadamente 2 horas tras la fecundación, se cambió del agua tamizando los huevos sobre un tamiz de $64\ \mu\text{m}$ con el fin de eliminar los espermatozoides sobrantes. A partir de ese momento, se realizaron cambios del agua de los cultivos (agua de mar filtrada y esterilizada, AMFE) cada 24 horas hasta el final de las experiencias.

Todas las experiencias se llevaron a cabo con el agua a la temperatura ambiente del laboratorio El Pirata, al carecer de infraestructura para mantener las cubetas de cultivo a una temperatura controlada. Cabe destacar que durante las experiencias llevadas a cabo, el agua en estas cubetas osciló entre 19.8 y $20.7\ ^\circ\text{C}$, mientras que la del agua de mar en el medio natural era sensiblemente inferior, entre 18.5 y $18.9\ ^\circ\text{C}$.

3. RESULTADOS

3.1. Seguimiento de la población

3.1.1. Evolución del reclutamiento anual

En la Figura 3.1 se representa la evolución durante los últimos años del reclutamiento anual en los tres transectos principales establecidos para el seguimiento de *Patella ferruginea* en el archipiélago, incluyendo los datos obtenidos para 2009 y 2010.

En 2009 el reclutamiento observado en el archipiélago fue muy elevado, en particular en algunos enclaves, algo semejante a lo ocurrido en 2008 en el cual ya se destacó un éxito del reclutamiento excepcionalmente alto. En cambio el reclutamiento observado en 2010 fue mucho más reducido, aunque en el entorno del promedio de la mayoría de años precedentes en el archipiélago.

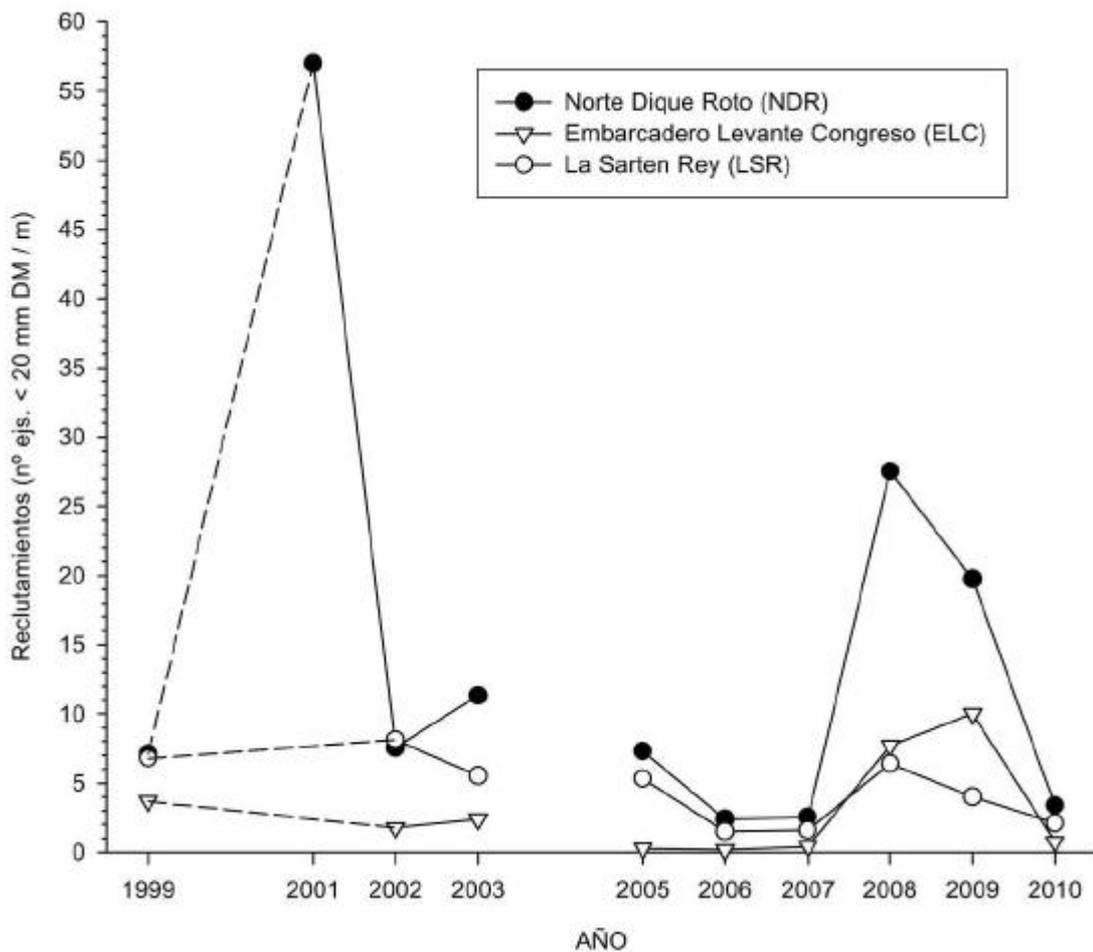


Figura 3.1. Evolución del reclutamiento anual de *Patella ferruginea* en los 3 transectos principales de seguimiento. Los datos de 1999 - 2003 corresponden a transectos de 25 m de longitud mientras que los posteriores, 2005 - 2010, están referidos a transectos de menor longitud, en torno a 10 m. Todos los datos corresponden a censos realizados en los meses de marzo o abril excepto los de 2009, que se llevaron a cabo en el mes de junio.

En 2009, destaca por su abundancia el transecto del “Norte de Dique Roto” (NDR) en la isla de Isabel II, en el cual se registró una densidad de reclutas del año por metro lineal de costa de 19.8 recl./m. En los otros dos transectos, la abundancia fue elevada aunque más moderada, de 4.0 recl./m en “La Sartén. Rey” (LSR) y de 10.0 recl./m en “Embarcadero Levante. Congreso” (ELC).

Hay que destacar además que los datos de 2009 podrían subestimar, al menos a nivel comparativo, los valores de éxito de reclutamiento. Esto es así porque hasta la fecha se ha procurado realizar los censos para evaluar el reclutamiento anual en los meses de marzo o abril y es el valor obtenido en estos meses el que se ha venido utilizando como referencia del éxito de reclutamiento de cada año (GUALLART, 2006; 2008). Por otra parte, en la mayoría de casos en que se han realizado en un mismo año censos consecutivos en los meses de marzo y de junio, se ha observado una disminución en este segundo mes del número de reclutas detectados, lo cual se ha atribuido a una elevada mortalidad de los juveniles de pequeño tamaño durante este periodo de su primer año de vida (GUALLART, 2006; 2008; ver asimismo Figuras 3.2, 3.4 y 3.6).

Al igual que en 2008, el elevado éxito del reclutamiento parece que correspondió a un hecho generalizado en el archipiélago. Esta conclusión puede extraerse en primer lugar de diversas observaciones realizadas en litoral del archipiélago. Hay que destacar por otra parte que en un transecto adicional, el de “El Pirata. Isabel” (EPI), se registraron asimismo cifras extremadamente elevadas de reclutas en 2009, con una densidad promedio de 21.3 recl./m.

Frente a esto, el reclutamiento observado para 2010 fue mucho más moderado. Los valores oscilaron en los tres transectos básicos estudiados entre 0.8 recl./m (en ELC) y 3.4 recl./m (en NDR). Estos valores son semejantes a los obtenidos en años precedentes (e.g. 2006 y 2007) y no deben considerarse como inhabitualmente bajos para el archipiélago.

3.1.2. Seguimiento de la población

Transectos principales de seguimiento

En las Figuras 3.2 a 3.7 se presenta una síntesis de la evolución de los resultados desde 1999 del contingente poblacional registrado en cada uno de los 3 transectos básicos de seguimiento. Los datos entre 1999 y 2002 proceden de distintos trabajos realizados por GENA S.L. (GUALLART, 1999; 2001; 2002) mientras que los correspondientes a 2003, 2005 y 2006 proceden de GUALLART (2006) y los de 2007 y 2008 a GUALLART (2008). De manera adicional, en la Figuras 3.8 y 3.9 se presentan los datos disponibles para un cuarto transecto, “El Pirata. Isabel” (EPI), para el que se han venido obteniendo datos de manera más o menos regular desde 2005.

Por su parte en las Figuras 3.11 a 3.14 se presentan la abundancia y distribución de tallas de los ejemplares en los censos de estos 4 transectos realizados desde junio de 2008, con el fin de analizar con detalle la evolución durante el periodo correspondiente a los trabajos de la presente Asistencia Técnica.

NORTE DIQUE ROTO (NDR)

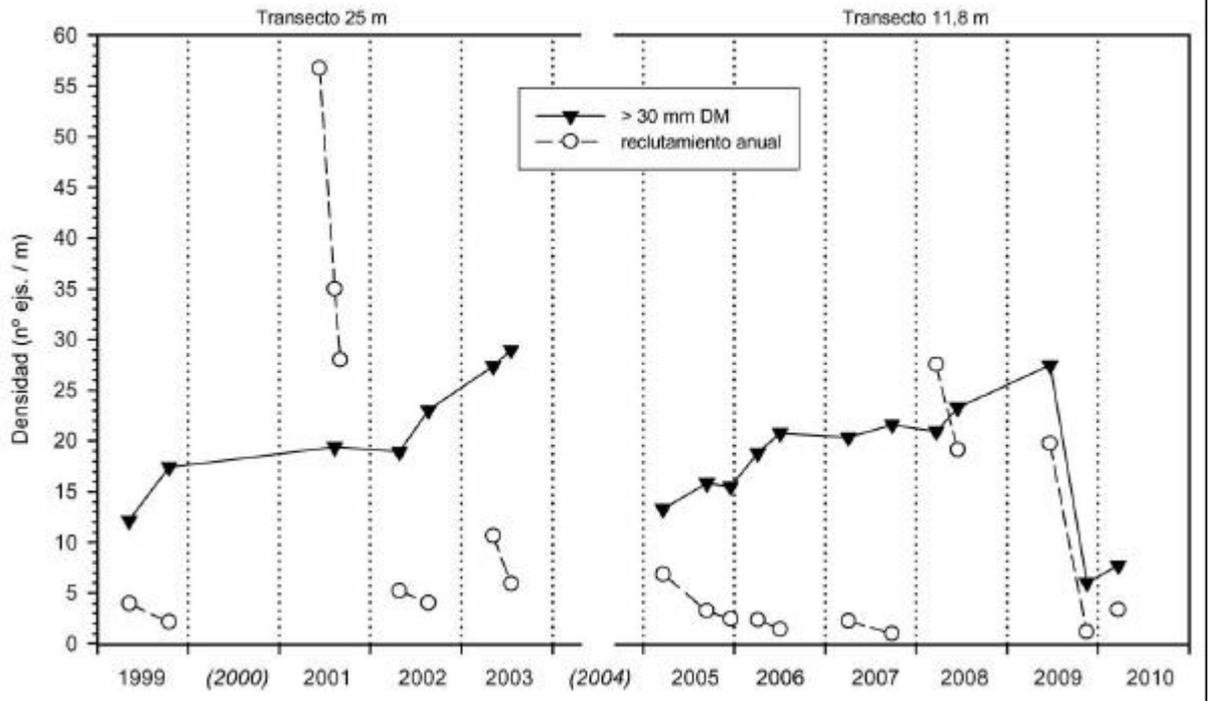


Figura 3.2. Evolución de la densidad de ejemplares > 30 mm DM y de ejemplares procedentes del reclutamiento anual en el transecto “Norte Dique Roto” (NDR) en Isabel II desde 1999. Nótese que los resultados del periodo 1999 – 2003 no son estrictamente comparables con los de periodo 2005 – 2008 pues se basaron en transectos de diferente longitud.

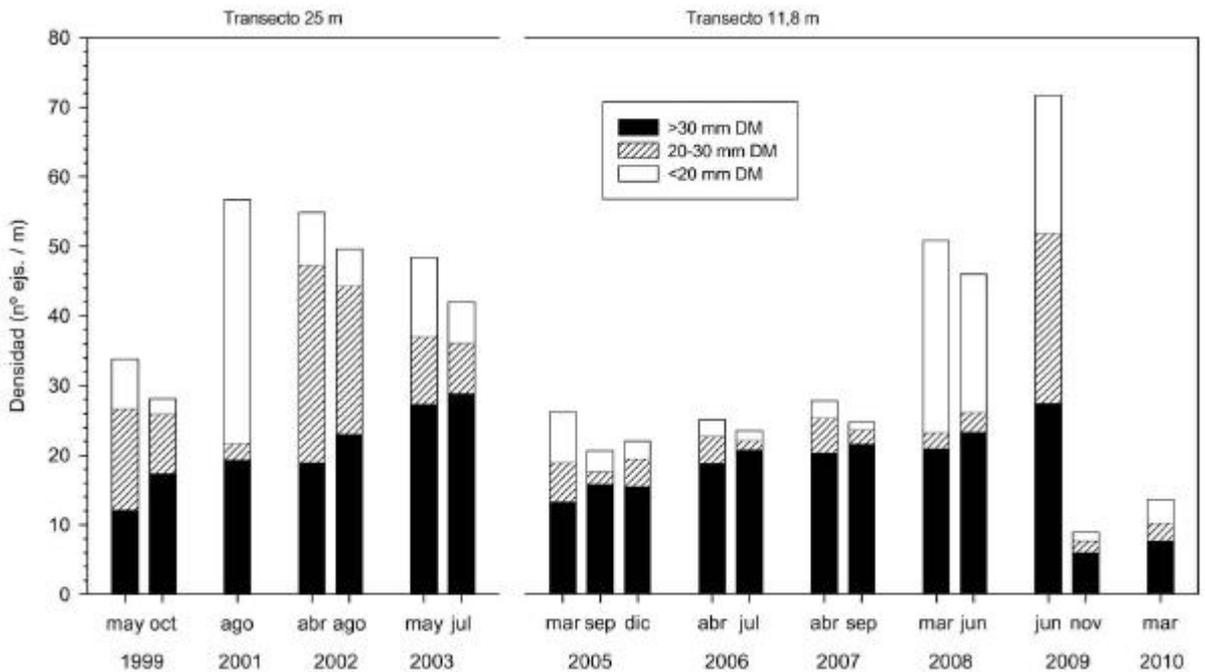


Figura 3.3. Evolución de la densidad total de ejemplares y por grupos de talla en el transecto “Norte Dique Roto” (NDR) en Isabel II desde 1999. Se destaca con diferente relleno en las barras los ejemplares pertenecientes a distintos rangos de talla (DM, mm)

EMBARCADERO LEVANTE. CONGRESO (ELC)

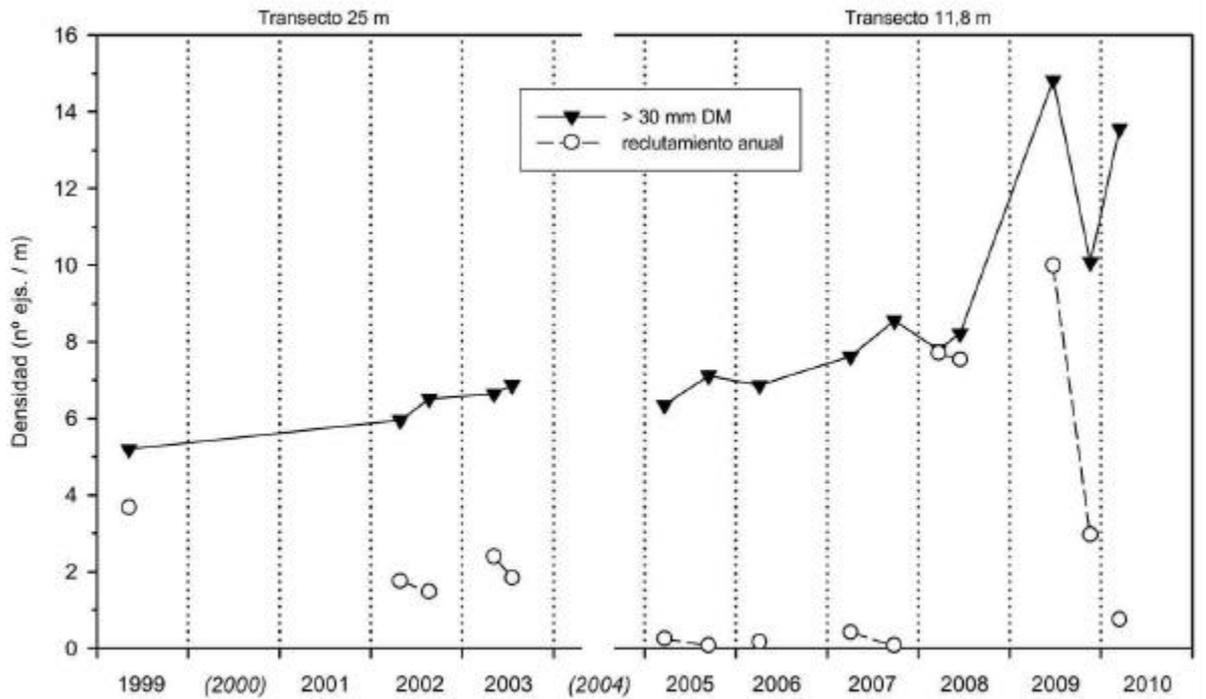


Figura 3.4. Evolución de la densidad de ejemplares > 30 mm DM y de ejemplares procedentes del reclutamiento anual en el transecto “Embarcadero de Levante, Congreso” (ELC) desde 1999. Nótese que los resultados del periodo 1999 – 2003 no son estrictamente comparables con los de periodo 2005 – 2008 pues se basaron en transectos de diferente longitud.

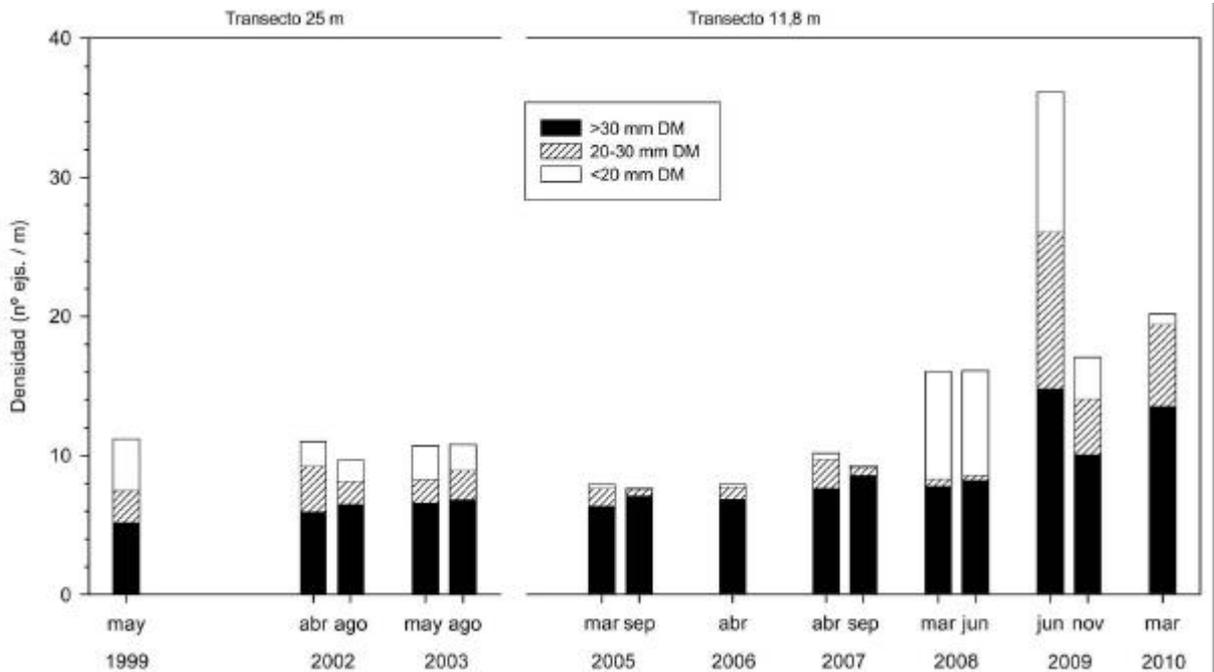


Figura 3.5. Evolución de la densidad total de ejemplares y por grupos de talla en el transecto “Embarcadero de Levante, Congreso” (ELC) desde 1999. Se destaca con diferente relleno en las barras los ejemplares pertenecientes a distintos rangos de talla (DM, mm)

LA SARTÉN. REY (LSR)

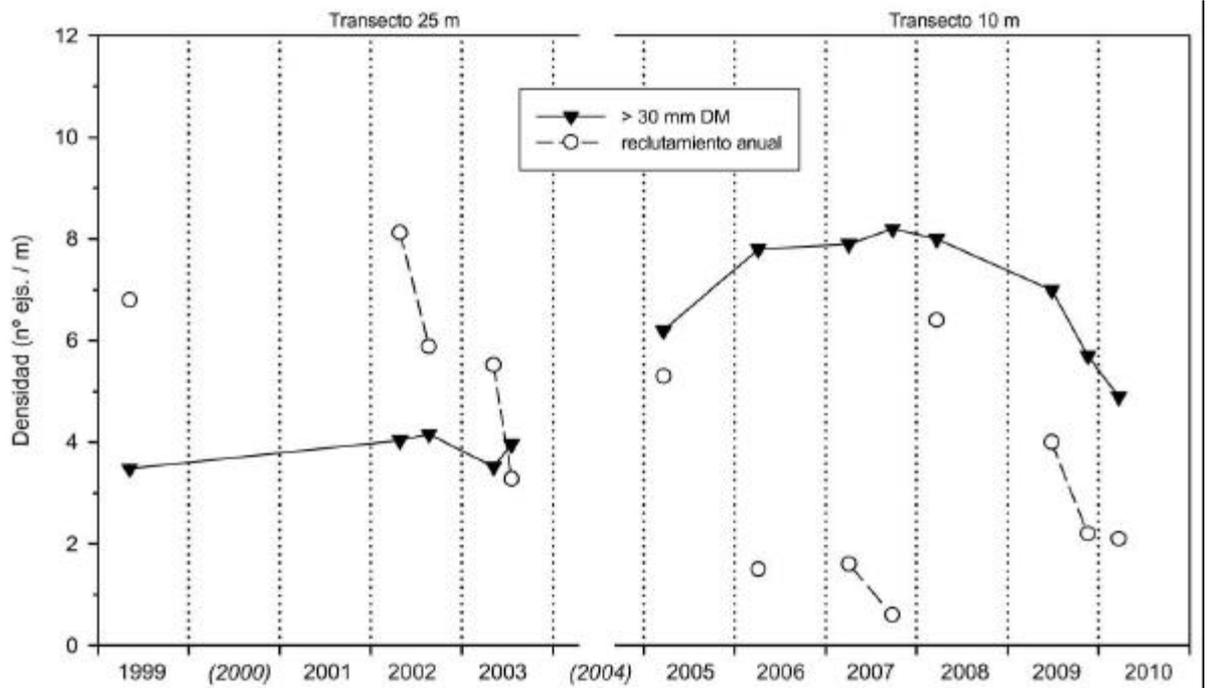


Figura 3.6. Evolución de la densidad de ejemplares > 30 mm DM y de ejemplares procedentes del reclutamiento anual en el transecto “La Sartén. Rey” (LSR) desde 1999. Nótese que los resultados del periodo 1999 – 2003 no son estrictamente comparables con los de periodo 2005 – 2008 pues se basaron en transectos de diferente longitud.

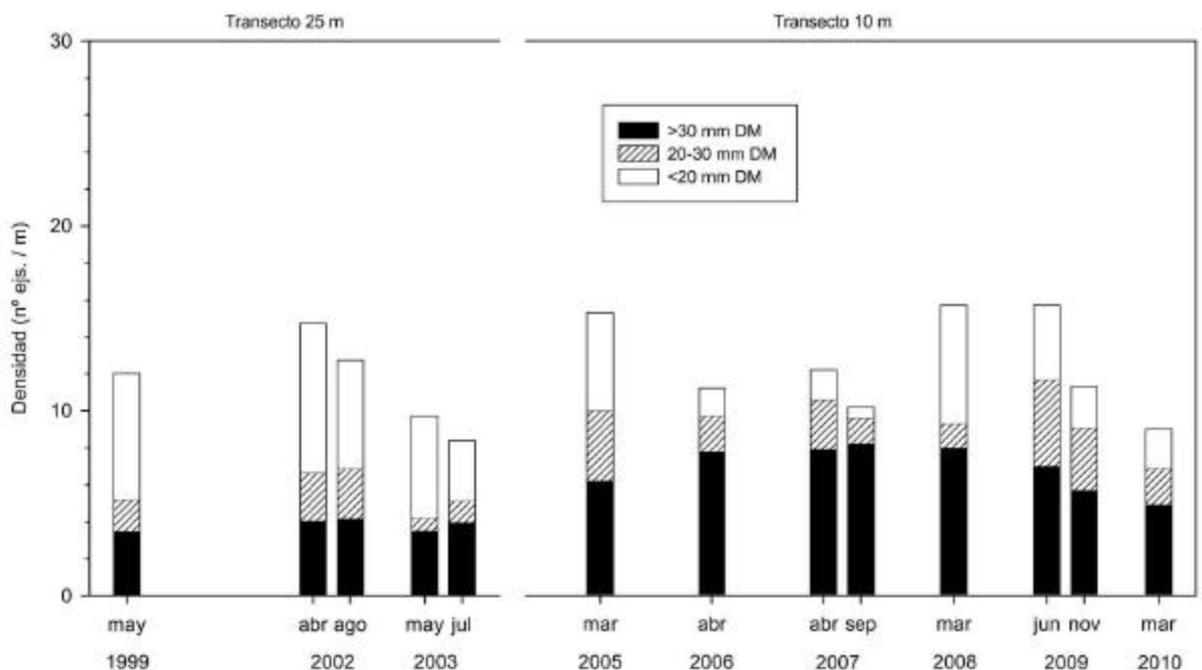


Figura 3.7. Evolución de la densidad total de ejemplares y por grupos de talla en el transecto “La Sartén. Rey” (LSR) desde 1999. Se destaca con diferente relleno en las barras los ejemplares pertenecientes a distintos rangos de talla (DM, mm)

EL PIRATA. ISABEL (EPI)

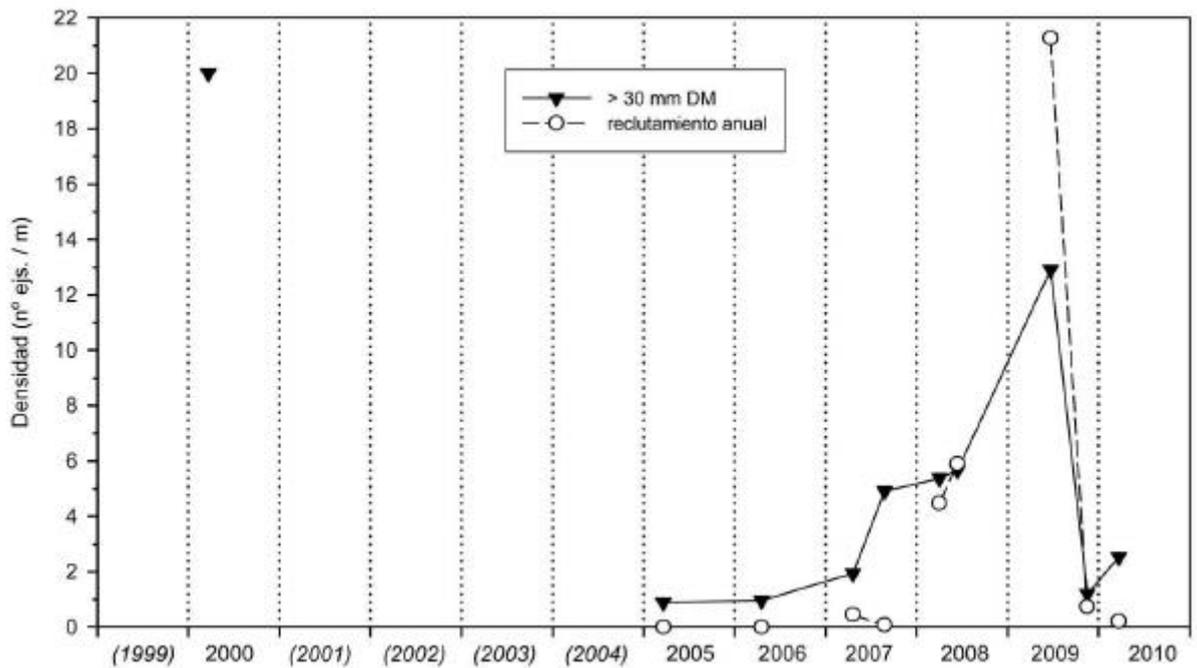


Figura 3.8. Evolución de la densidad de ejemplares > 30 mm DM y de ejemplares procedentes del reclutamiento anual en el transecto “El Pirata. Isabel” (EPI). Los datos entre 2005 y 2010 corresponden a censos mientras que el dato aislado de 2000 corresponde a una estima de la densidad de ejemplares > 30 mm DM realizada durante el cartografiado de la especie en el archipiélago.

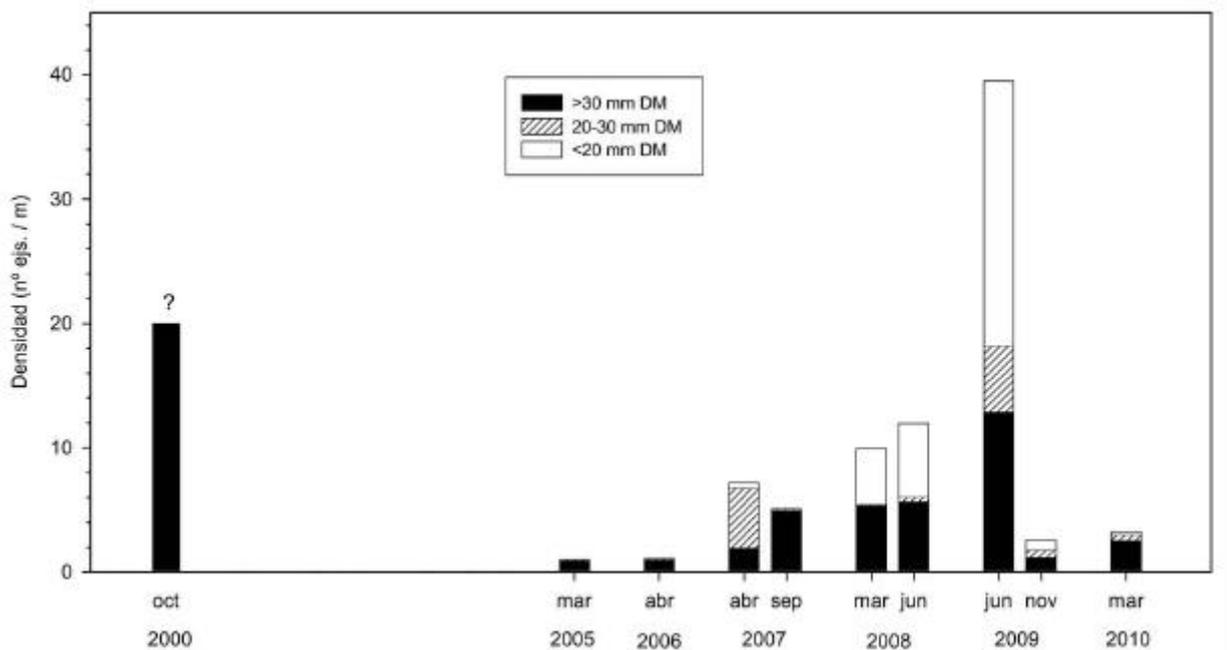


Figura 3.9. Evolución de la densidad total de ejemplares en el transecto “El Pirata. Isabel” (EPI) en Isabel II. Procedencia de los datos, como en la Figura 3.8. Se destaca con diferente relleno en las barras los ejemplares pertenecientes a distintos rangos de talla (DM, mm)

El aspecto más destacable que se refleja en las Figuras anteriores es el brusco descenso de ejemplares, tanto juveniles como adultos, que tuvo lugar entre junio y noviembre de 2009 en al menos 2 de estos transectos, NDR y EPI, ambos en la isla de Isabel II. Este hecho fue detectado a simple vista durante la estancia de noviembre de 2009, fue en su momento objeto de un informe elaborado para la Dirección Técnica del R.N.C. y se intenta discutir con detalle en el presente Informe.

El transecto NDR (Norte del Dique Roto, en Isabel II) es el transecto al cual se ha dado prioridad para el seguimiento durante la última década y que, en cierto modo, ha sido considerado como punto de referencia de la evolución de la especie en el archipiélago. Es un transecto con una densidad de ejemplares alta, habiendo superado en todos los censos realizados desde 1999 una densidad de 10 ejemplares adultos (> 30 mm DM) por metro lineal de costa y, en algunas ocasiones habiendo alcanzado casi los 30 ejs.ad./m. Asimismo es una zona en la que se han detectado en algunos años tasas de reclutamiento excepcionalmente elevadas para la especie: como se muestra en la Figura 3.1, en los años 2001, 2008 y 2009 se registraron densidades promedio de reclutas superior a 20 recl./m.

En NDR se ha observado una evolución durante los últimos años, desde 2005 (Figuras 3.2. y 3.3), que implicaba no solamente el mantenimiento de una elevada densidad de ejemplares sino incluso su aumento. Este incremento ha sido progresivo, pasando de una densidad de ejemplares adultos de 13,3 ejs.ad./m en marzo de 2005 a una densidad de 27.5 ejs.ad./m en junio de 2008, lo que supone duplicar el contingente poblacional. Sin embargo, en noviembre de 2009 se observó una marcada disminución de ejemplares, algo que podía apreciarse a simple vista, y que en los censos suponía la desaparición de aproximadamente 4/5 partes (78.1%) de los ejemplares adultos, alcanzando una densidad de 6.0 ejs.ad./m. Los datos de marzo de 2010 confirman este descenso, presentando solamente una densidad algo superior, de 7.7. ejs.ad./m

La observación de esta singular disminución del número de ejemplares en NDR coincidió con otras observaciones semejantes en una zona próxima de la misma isla, citada aquí como el transecto “El Pirata Isabel” (EPI). Como se ha indicado el apartado de Material y Métodos, se trata de una plataforma rocosa en las proximidades del Laboratorio Húmedo El Pirata en la que se han venido realizando numerosas experiencias con ejemplares y con sustratos desmontables. Por este motivo, desde 2005, junto con el seguimiento de estos ejemplares, se habían venido realizando censos considerado la plataforma como un transecto de 13.4 m de longitud.

Al final de la campaña de junio de 2009 se disponía en EPI de una veintena de ejemplares marcados y sexados en años anteriores. Al ir a intentar volver a sexar estos ejemplares a principios de la campaña de noviembre de 2009 (para otro de los apartados de la presente Asistencia Técnica) se comprobó que todos los ejemplares marcados habían desaparecido y, aparentemente, lo habían hecho también la mayor parte de los ejemplares adultos. Esto motivó realizar un nuevo censo en la zona, que mostró asimismo una disminución de la abundancia muy elevada, pasado de los 12.9 ejs.ad./m en junio de ese año a 1.2 ejs.ad./m en noviembre, lo cual suponía la desaparición del 90.8% de ejemplares adultos. En términos absolutos, se había pasado de que censar en junio 173 ejemplares adultos (> 30 mm DM) a únicamente 16 cinco meses más tarde.

El primer aspecto que parecía confirmar que se trataba de mortalidad (y no, e.g., de migración a lo largo de la línea de costa) fue el hallazgo de numerosas conchas en los fondos aledaños al transecto. En la Figura 3.10 se muestra un ejemplo de las conchas recolectadas en alrededor de una hora de buceo, en fondos de profundidad menor de 1.5 m. Aunque el hallazgo de conchas de ésta y otras especies de lapa en los fondos del archipiélago es habitual, su abundancia en esta situación era claramente inusual.



Figura 3.10. Grupo de conchas de *Patella ferruginea* recolectados en noviembre de 2009 en fondos infralitorales en las proximidades de el transecto “El Pirata. Isabel” (EPI). En la parte inferior, centro e izquierda, se observan las conchas de 2 ejemplares previamente y marcados (marcas de color azul).

El análisis de los censos realizados en los otros 2 transectos principales de seguimiento (ELC y LSR) (Figuras 3.4 a 3.7) muestra un patrón de evolución diferente. En ambos casos, entre junio y noviembre de 2009 se observó una disminución de la abundancia de adultos si bien mucho más moderada: en caso de ELC se detectó una disminución de ejemplares adultos de 32.0% (pasando de una densidad del 14.8 a 10.1 ejs.ad./m) y en LSR del 18.6% (desde un 7.0 a un 5.7 ejs.ad./m)

Estos hechos plantearon la necesidad de analizar si esta aparente mortalidad se trataba de un hecho local o un efecto generalizado para todo el archipiélago. Se trataba de una cuestión muy relevante: (1) si se trataba de un hecho localizado que había tenido lugar en la isla de Isabel II, la única habitada del archipiélago, sería muy necesario intentar averiguar su origen, pues probablemente fuera debido a un factor de origen humano y habría que intentar corregirlo; (2) si se trataba de un hecho generalizado, habría que tomar en consideración la posibilidad de que la población del archipiélago en su conjunto estuviera en una fase de regresión.

Para intentar evaluar estas cuestiones se ha aprovechado, además de los censos en transecto anteriores, los censos en escollos planteados a partir de junio de 2009, (precisamente para analizar la mortalidad natural de la especie) así como la repetición

de censos en otras zonas para las que se disponía de información previa procedente de años anteriores.

En la Tabla 3.1 se presenta una síntesis de las variaciones de abundancia observadas en los censos estudiados, tanto entre junio y noviembre de 2009, como entre el periodo siguiente, entre noviembre de 2009 y marzo de 2010. Por su parte, en las Figuras 3.11 a 3.20 se presenta con fines descriptivos de manera detallada la evolución de la abundancia y de la distribución de grupos de talla de los contingentes presentes en estas zonas.

A la hora de valorar la variación en la abundancia y la distribución de tallas de ejemplares en una determinada zona entre dos censos consecutivos debe tenerse en cuenta que las variaciones observadas pueden deberse a factores relativamente diversos y que pueden ponerse de manifiesto conjuntamente. Se plantean algunas consideraciones en este sentido:

- el aumento de talla debido al crecimiento habitual de la especie (la curva de crecimiento promedio) supone un descenso en la abundancia del grupo de talla original y un incremento en el correspondiente a la nueva talla alcanzada.
- la mortalidad de ejemplares de un determinado grupo de talla supone el descenso en el número de ejemplares de este contingente sin que se ponga de manifiesto un incremento en los grupos de talla de tamaño inmediatamente superiores.
- el reclutamiento anual, a partir de larvas planctónicas fijadas en el litoral, supone la principal causa de incremento de densidad de ejemplares de pequeña talla en cada zona. De acuerdo con los datos disponibles, durante el primer semestre de vida los ejemplares suelen alcanzar una talla de 15 mm DM y al final el primer año en torno a 20-25 mm DM, datos que permiten identificar aproximadamente la incorporación de ejemplares debido al reclutamiento anual.
- pueden existir desplazamientos (cambios de huella) de ejemplares a lo largo del litoral. Esto puede suponer un incremento de ejemplares en un transecto si se incorporan a la zona en que se define éste, o una disminución si suponen la salida de éste. Estos desplazamientos en principio pueden tener lugar a lo largo de todo el rango de tallas, si bien los ejemplares de mayor talla puede realizar cambios de huella a mayor distancia (GUALLART, 2006; GUALLART et al., 2006). En los escollos o rocas separadas de la línea de costa se asume que no puede haber este tipo de desplazamientos o éstos deben ser mínimos, dado que *Patella ferruginea* en muy raras ocasiones se desplaza sobre sustrato con cobertura propia del piso mesolitoral inferior (GUALLART, 2006).
- debe asumirse la existencia de un porcentaje de error en los censos realizados. Es decir, tanto la exactitud de las medidas de cada ejemplar (grupo de talla al que ha sido asignado) como el número total de ejemplares censados pueden no ser completamente exactos. Esta imprecisión puede depender de varios factores, como ya destaca en el capítulo de Material y Métodos, entre la que cabe destacar:
 - las condiciones meteorológicas en que se realiza el censo: la precisión es menor si los censos se levantan a cabo en condiciones no óptimas, como e.g. con la marea subiendo o con un ligero oleaje que baña las rocas.
 - el número total de ejemplares censados: cuanto mayor es el número de ejemplares, la imprecisión que se cabe asumir es mayor.
 - cobertura algal del litoral: la precisión puede ser menor cuando existe una cobertura algal muy desarrollada en el litoral, que cubriría asimismo a menudo total o parcialmente a los ejemplares de *Patella ferruginea*.

A.	TOTAL			< 20 mm			>30mm			> 40 mm		
	jun-09	nov-09	% var.	jun-09	nov-09	% var.	jun-09	nov-09	% var.	jun-09	nov-09	% var.
El Pirata Isabel	529	34	-93,6	285	10	-96,5	173	16	-90,8	95	5	-94,7
Norte Dique Roto Isabel	845	105	-87,6	233	14	-94,0	324	71	-78,1	216	40	-81,5
Embarcadero Levante Congreso	426	201	-52,8	118	35	-70,3	175	119	-32,0	113	73	-35,4
La Sartén Rey	157	113	-28,0	40	22	-45,0	70	57	-18,6	55	43	-21,8
El Pirata Muros Sur	156	90	-42,3	39	13	-66,7	78	56	-28,2	51	41	-19,6
Escollos El Pirata	40	17	-57,5	8	2	-75,0	20	11	-45,0	6	3	-50,0
Escollos Playa Cubanos	58	42	-27,6	7	6	-14,3	47	30	-36,2	32	18	-43,8
Escollos W Isabel	118	32	-72,9	59	1	-98,3	44	25	-43,2	34	24	-29,4

B.	TOTAL			< 20 mm			>30mm			> 40 mm		
	nov-09	mar-10	% var.	nov-09	mar-10	% var.	nov-09	mar-10	% var.	nov-09	mar-10	% var.
El Pirata Isabel	34	43	+26,5	10	3	-	16	34	+112,5	5	20	+300,0
Norte Dique Roto Isabel	105	161	+53,3	14	40	-	71	91	+28,2	40	54	+35,0
Embarcadero Levante Congreso	201	238	+18,4	35	9	-	119	160	+34,5	73	98	+34,2
La Sartén Rey	113	90	-20,4	22	21	-	57	49	-14,0	43	34	-20,9
El Pirata Muros Sur	90	102	+13,3	13	11	-	56	66	+17,9	41	39	-4,9
Escollos El Pirata	17	18	+5,9	2	1	-	11	16	+45,5	3	15	+400,0
Escollos Playa Cubanos	42	68	+61,9	6	5	-	30	57	+90,0	18	40	+122,2
Escollos W Isabel	32	58	+81,3	1	26	-	25	31	+24,0	24	22	-8,3

Tabla 3.1. Evolución del número de ejemplares hallados de *Patella ferruginea* en las distintas zonas de seguimiento entre (A) junio y noviembre de 2009 y (B) noviembre de 2009 y marzo de 2010. Se indica en cada caso el número de ejemplares y el porcentaje de variación.

Una cuestión adicional a ser destacada es la existencia aparente de una mortalidad importante de los reclutas a lo largo del primer año de vida. Este hecho ha sido puesto de manifiesto en trabajos anteriores realizados en el archipiélago (e.g. GUALLART, 2006; 2008) y queda patente en las Figuras 3.2 a 3.9: en todos los años y en todos los transectos (a excepción únicamente de un par de datos correspondientes a 2008 en EPI) se observa en las gráficas cómo la densidad de reclutas disminuye entre los censos realizados en marzo-abril a los llevados a cabo posteriormente dentro del mismo año. Aún sin analizar con detalle los resultados, se observa en estas gráficas que generalmente entre los censos realizados a finales de invierno – principios de primavera y aquellos realizados a finales de verano – principios de otoño se produce una disminución de entre un 20 y un 60% de los reclutas del año. Estos valores podrían considerarse como “habituales” para la especie en el archipiélago y responderían a una mortalidad relativamente elevada para estos ejemplares de pequeño tamaño, que serían más sensibles al ataque de depredadores y a las inclemencias meteorológicas del periodo estival (GUALLART, 2006). Esta cuestión se desarrolla con más detalle en el apartado siguiente.

Si se analiza cada una de las zonas de estudio con detalle, se ponen de manifiesto algunos aspectos en común si bien asimismo algunas diferencias destacables.

En la Figura 3.11 se muestra la evolución desde junio de 2008 del transecto NDR. Entre junio de 2008 y junio de 2009 se presentan algunas diferencias destacables entre los resultados de ambos censos. Parte de esas diferencias (A), referidas a ejemplares de talla pequeña o mediana (< 40 mm DM) están relacionadas con la evolución del reclutamiento: el descenso de densidad de ejemplares de 5-10 mm DM puede ser atribuido a una menor abundancia en reclutamiento de 2009 de este grupo de talla mientras que el marcado incremento en todos los grupos entre 20 y 35 mm DM correspondería a las diferencias positivas de reclutamiento entre años junto con el crecimiento de los reclutas de 2008 a 2009. Por su parte, en el rango de tallas > 40 mm DM (B) hay pequeños incrementos y disminuciones de abundancia de ejemplares por grupos de tallas, que pueden atribuirse al crecimiento corporal de los ejemplares.

En cambio, entre junio y noviembre de 2009 en NDR las diferencias son mucho más marcadas. En este intervalo (Figura 3.11.C y D), se observa una disminución generalizada de la abundancia de ejemplares a lo largo de todo el rango de tallas. Entre los ejemplares de menor tamaño (< 30 mm DM) (Figura 3.11 C), se registró la desaparición del 94.0% de los ejemplares (Tabla 3.1), algo que podría atribuirse a una mortalidad de juveniles particularmente elevada. Sin embargo la disminución de ejemplares adultos es asimismo muy destacable, produciéndose un descenso de 78.1% de los ejemplares de talla > 30 mm DM (Figura 3.11 D) y un 81.5 % de los ejemplares de talla > 40 mm DM (Tabla 3.1). Todos los valores comparativos por grupos de tallas son claramente negativos y, en conjunto, suponen la disminución del 87.6% del total de ejemplares.

Sin embargo entre noviembre de 2009 y marzo de 2010 las variaciones en la abundancia de ejemplares son mucho más reducidas y pueden explicarse sin la existencia de un evento de mortalidad excepcional. En el intervalo de tallas < 30 mm DM (Figura 3.11 E) las variaciones existentes pueden explicarse en relación con la incorporación de los reclutas del año de 2010 y el crecimiento de los procedentes del reclutamiento de 2009, supervivientes del año anterior. Respecto a las variaciones de

NORTE DIQUE ROTO (NDR)

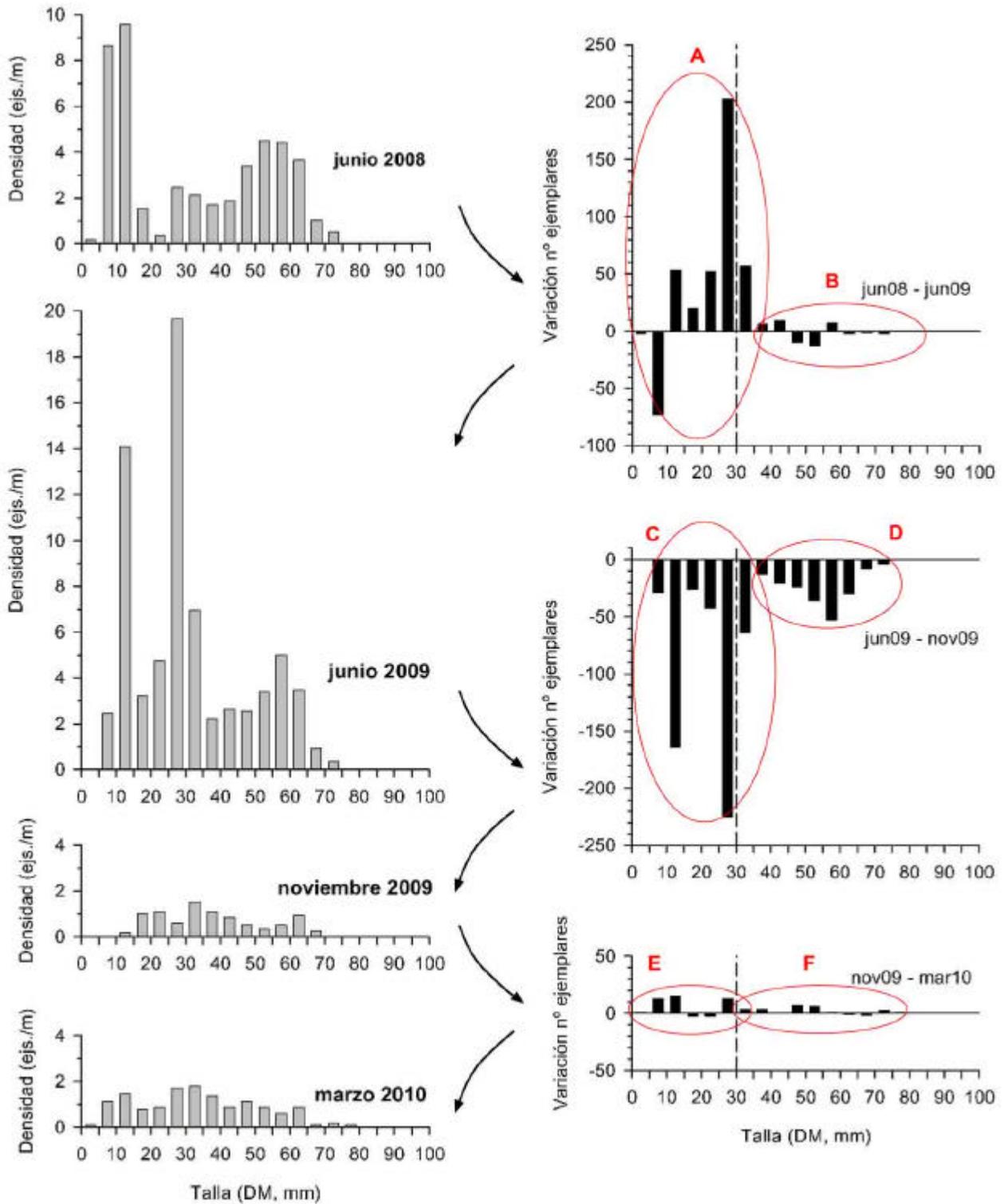


Figura 3.11. Evolución de la abundancia y de la distribución de grupos de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* en el transecto “Norte Dique Roto” (NDR) en Isabel II entre junio de 2008 y marzo de 2010. A la izquierda se presentan los resultados de los censos, expresados como densidad de ejemplares (ejs./m). A la derecha se representa la diferencia de número de ejemplares censados en el transecto por grupo de talla en periodos consecutivos.

ejemplares adultos (> 30 mm DM) (Figura 3.11 F), las pequeñas diferencias parecen relacionadas con el crecimiento de los ejemplares y el correspondiente cambio de grupo de talla que de ello resulta.

En conjunto en NDR habría tenido lugar entre junio de 2008 y junio de 2009 un incremento de la población adulta del 18.7%, debida principalmente al elevado reclutamiento de 2008. En cambio, entre junio de 2009 y marzo de 2010 se produjo un descenso de este contingente poblacional mucho mayor, del 71.9%.

Un patrón de evolución bastante semejante ocurre en la otra zona donde se observó una marcada disminución de ejemplares en noviembre de 2009, el transecto de “El Pirata. Isabel” (EPI) (Figura 3.12).

Entre junio de 2008 y junio de 2009,- de nuevo se producen en EPI marcadas variaciones en la abundancia de ejemplares, si bien estas pueden explicarse de una manera sencilla. El elevado incremento de ejemplares < 20 mm DM (Figura 3.12 A) supone simplemente el reflejo de un mayor reclutamiento en 2009 en comparación con 2008, mientras que el aumento de ejemplares 20-40 mm (Figura 3.12 B) corresponde sin duda a la evolución del contingente de reclutas de 2008. Por su parte, las variaciones en abundancia del conjunto de ejemplares del intervalo 50-80 mm DM (Figura 3.12 C) parece corresponder principalmente al crecimiento de un determinado contingente de ejemplares, en el que además podría haber ocurrido la desaparición de algunos ejemplares así como la incorporación de otros desde zonas aledañas. En este sentido, existen evidencias de que el ejemplar del grupo de tallas de 90 mm DM registrado en junio de 2009 (Figura 3.12 D) se habría desplazado al transecto desde del muro situado justo al norte de la plataforma que constituye el transecto.

En cambio entre junio y noviembre de 2009 en EPI tiene lugar una disminución generalizada del número de ejemplares. La disminución de abundancia es particularmente marcada en los ejemplares de menor talla, y suponen la desaparición de prácticamente todos los ejemplares procedentes del reclutamiento de 2009 (Figura 3.12 E) (en concreto, el 96.5% de los ejemplares < 20 mm DM) y de casi todos los restantes con origen en el abundante reclutamiento de 2008 (Figura 3.12 F). Esto podría indicar de nuevo una mortalidad de juveniles a lo largo del verano particularmente marcada. Sin embargo se produce asimismo un descenso de todos los grupos de talla de ejemplares adultos (Figura 3.12 G), que supone la desaparición del 90.8% de ejemplares > 30 mm DM y del 94.7% de ejemplares > 40 mm DM (Tabla 3.1). En conjunto, para este transecto, permanecerían en noviembre de 2009 solamente algo así como 1 de cada 20 ejemplares en comparación con lo hallado en el mes de junio anterior.

Posteriormente, las variaciones de abundancia de ejemplares en EPI entre noviembre de 2009 y marzo de 2010 son mucho menos destacadas. Las diferencias relativas a los ejemplares juveniles (< 30 mm DM) son muy bajas (Figura 3.12 H), poniendo de manifiesto sobre todo un reclutamiento marcadamente bajo en esta zona, al menos en comparación con los dos años anteriores. Respecto a los ejemplares adultos (> 30 mm DM), las diferencias son asimismo escasas y el ligero aumento de ejemplares (Figura 3.12 I) puede explicarse en parte como debido al crecimiento de reclutas del 2008 y tal vez por el desplazamiento a la zona de algunos adultos procedentes de zonas aledañas.

EL PIRATA. ISABEL (EPI)

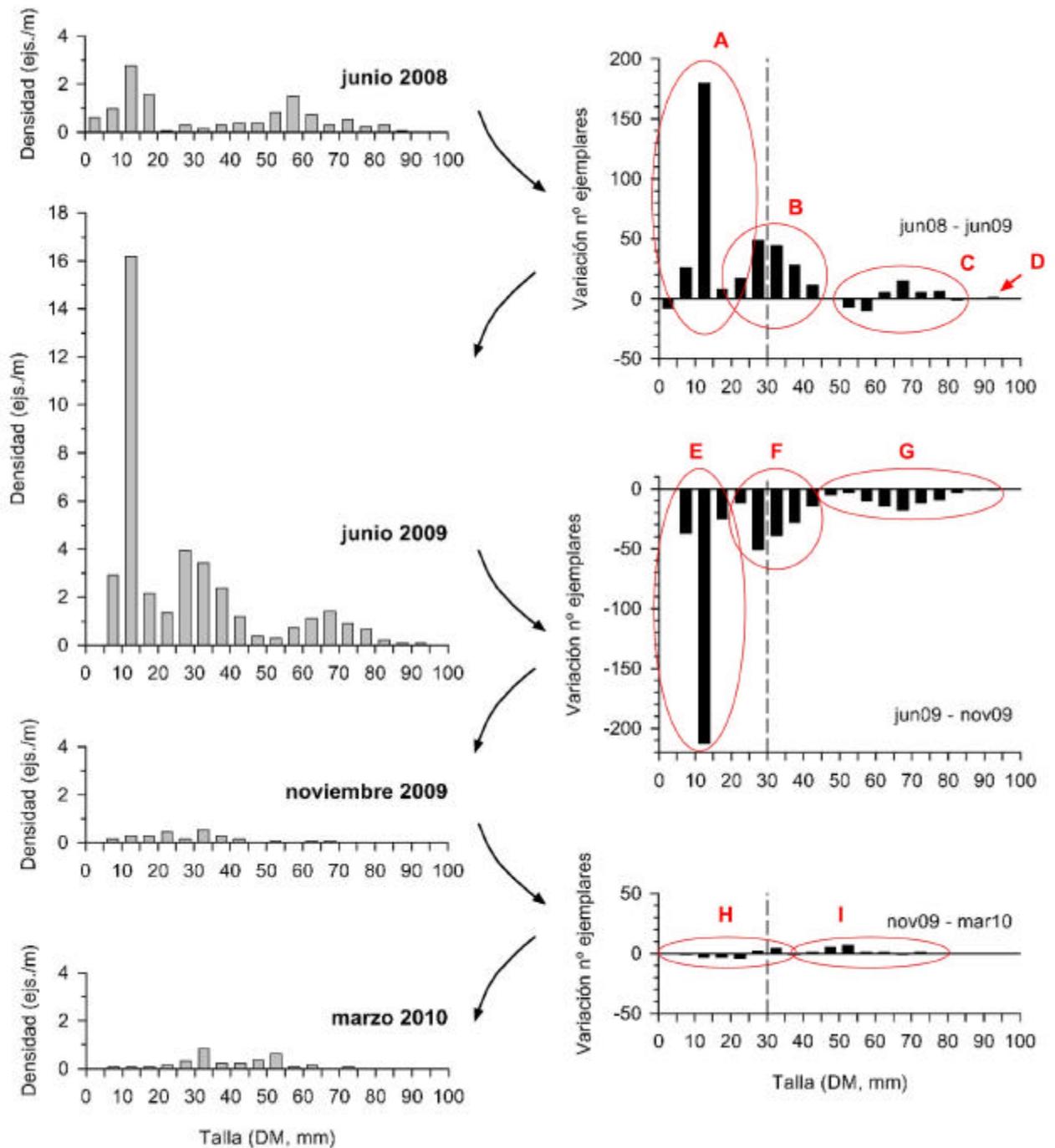


Figura 3.12. Evolución de la abundancia y de la distribución de grupos de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* en el transecto “El Pirata. Isabel” (EPI) en entre junio de 2008 y marzo de 2010. A la izquierda se presentan los resultados de los censos, expresados como densidad de ejemplares (ejs./m). A la derecha se representa la diferencia de número de ejemplares censados en el transecto por grupo de talla en periodos consecutivos.

A modo de balance, entre junio de 2009 y marzo de 2010 se habría producido en EPI un descenso del 80.3% de ejemplares adultos y un 78.9% de ejemplares >40 mm DM.

Estos 2 transectos (NDR y EPI) son en los que mayores disminuciones de densidad de ejemplares se observaron entre junio y noviembre de 2009. En el resto de censos, las variaciones son mucho más reducidas, aunque al menos en algunos casos, destacables.

En ELC (Figura 3.13) las variaciones registradas entre junio de 2008 y junio de 2009 no presentan aspectos muy destacables. Las diferencias en abundancia en el grupo de ejemplares <20 mm DM (Figura 3.13 A) responden a las diferencias en el reclutamiento entre ambos años mientras que las del rango 20-40 mm DM (Figura 3.13 B) están relacionadas sin duda con el crecimiento de la cohorte correspondiente al reclutamiento de 2008, muy abundante. Por su parte el grupo de tallas de mayor tamaño, > 40 mm DM (Figura 3.13 C) presenta escasas variaciones y, si acaso destaca un débil incremento de ejemplares, el cual podría ser debido al desplazamiento de ejemplares al transecto desde zonas próximas o, sencillamente, a diferencias en la precisión de lo recuentos realizados.

Por su parte, entre junio y noviembre de 2009 en ELC se observa una disminución generalizada de ejemplares, que en conjunto llega a suponer el 52.8% de decremento. Sin embargo esta disminución se centra principalmente en el contingente de ejemplares juveniles (Figura 3.13 D), donde los ejemplares < 20 mm DM sufren un descenso del 70.3%, mientras que para los ejemplares adultos (Figura 3.13 E) este descenso es muy moderado e implica la disminución de 32.0% de ejemplares > 30 mm DM y del 35.4% de aquellos > 40 mm DM. Hay que destacar, como se señala en el apartado de material y Métodos, que los censos realizados en la campaña de noviembre de 2009 de los transectos ELC y LSR se realizaron en condiciones meteorológicas no óptimas, lo cual puede influir en la precisión de los resultados.

Las diferencias posteriores entre censos en ELC, entre noviembre de 2009 y marzo de 2010, son asimismo muy moderadas. Las relativas a los ejemplares juveniles y adultos de pequeño tamaño (< 40 mm DM) (Figura 3.13 F) estarían relacionadas con las diferencias entre años en el reclutamiento y en el crecimiento de los reclutas de 2009 mientras que la de los ejemplares > 40 mm DM presentan unas oscilaciones muy reducidas.

Respecto al transecto LSR, el patrón de evolución en su conjunto es bastante semejante a la descrita para ELC. Entre marzo de 2008 y junio de 2009 hay diferencias en la abundancia de ejemplares atribuibles a las diferencias de reclutamiento entre años (Figura 3.14 A), mientras que las variaciones par los grupos de talla > 30 mm DM son muy reducidas (Figura 3.14 B). Entre junio y noviembre de 2009 tiene lugar un descenso significativo de ejemplares juveniles (Figura 3.14 C), del 45% en el grupo < 20 mm DM, pero en relación con los adultos (Figura 3.14 D) el descenso de ejemplares es muy moderado, del 18.6% en ejemplares > 30 mm DM y del 21.8% en ejemplares > 40 mm DM. De nuevo las diferencias entre noviembre de 2009 y marzo de 2010 son muy poco marcadas, con diferencias que pueden relacionarse con diferencias en el reclutamiento y en el crecimiento de ejemplares tanto para ejemplares juveniles (Figura 3.14 E) con para adultos (Figura 3.14 F).

En la Figuras 3.15 a 3.17 se presentan los resultados de detalle de la evolución de los 3 grupos de escollos objeto de seguimiento entre junio de 2009 y marzo de 2010.

EMBARCADERO LEVANTE. CONGRESO (ELC)

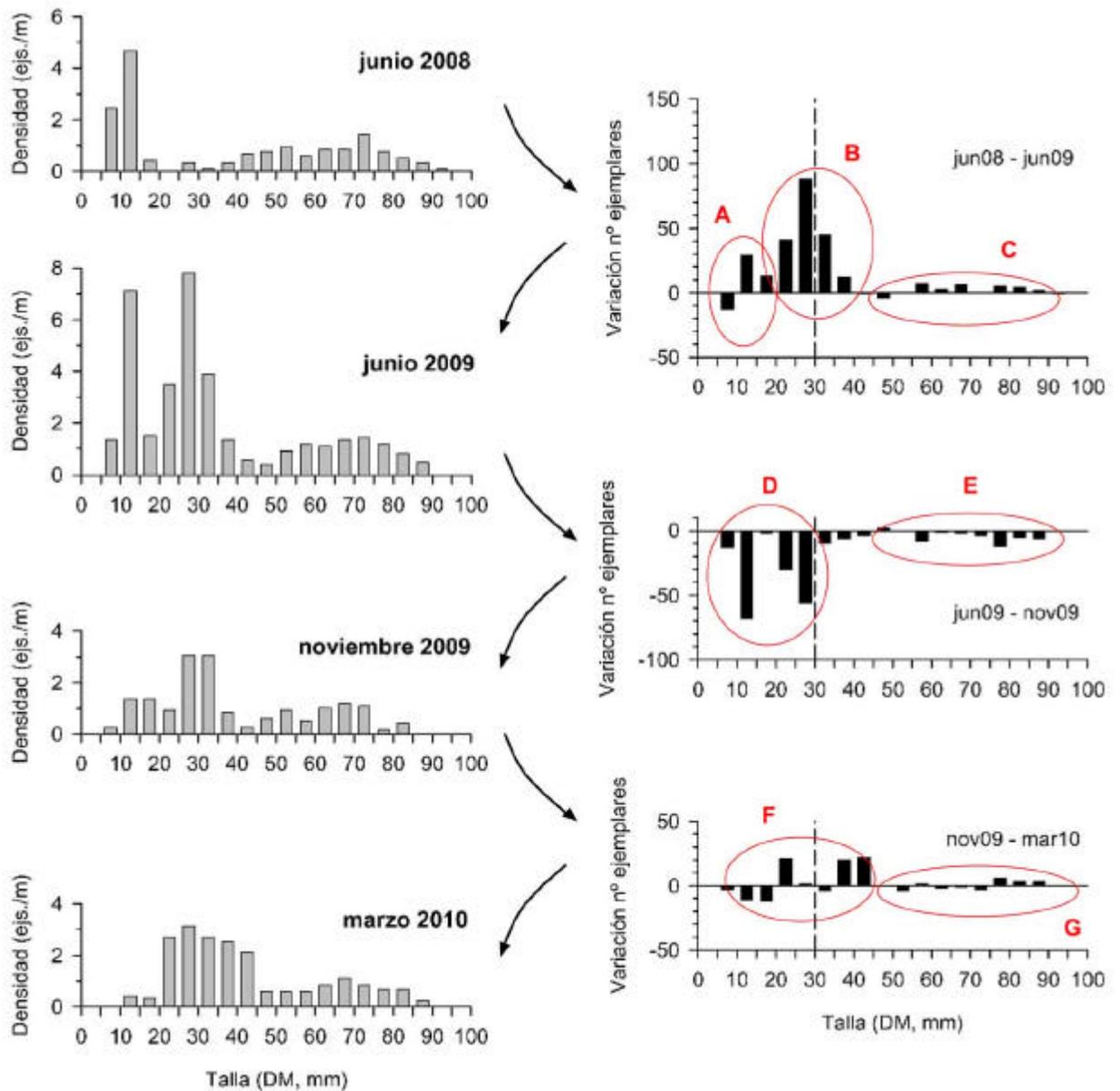


Figura 3.13. Evolución de la abundancia y de la distribución de grupos de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* en el transecto “Embarcadero de Levante. Congreso” (ELC) entre junio de 2008 y marzo de 2010. A la izquierda se presentan los resultados de los censos, expresados como densidad de ejemplares (ejs./m). A la derecha se representa la diferencia de número de ejemplares censados en el transecto por grupo de talla en periodos consecutivos.

Los resultados del primero de ellos, correspondiente a lo Escollos “El Pirata” (Figura 3.15) pone de relieve algunas de las ventajas, aunque asimismo algunas de las limitaciones, del seguimiento de este tipo de enclaves. Esta zona de seguimiento corresponde a dos rocas de tamaño reducido situadas junto al transecto EPI y que en junio de 2009 presentaba un número relativamente reducido de ejemplares, 40 en total de los cuales 20 correspondían a ejemplares adultos (> 30 mm DM). El reducido

LA SARTÉN. REY (LSR)

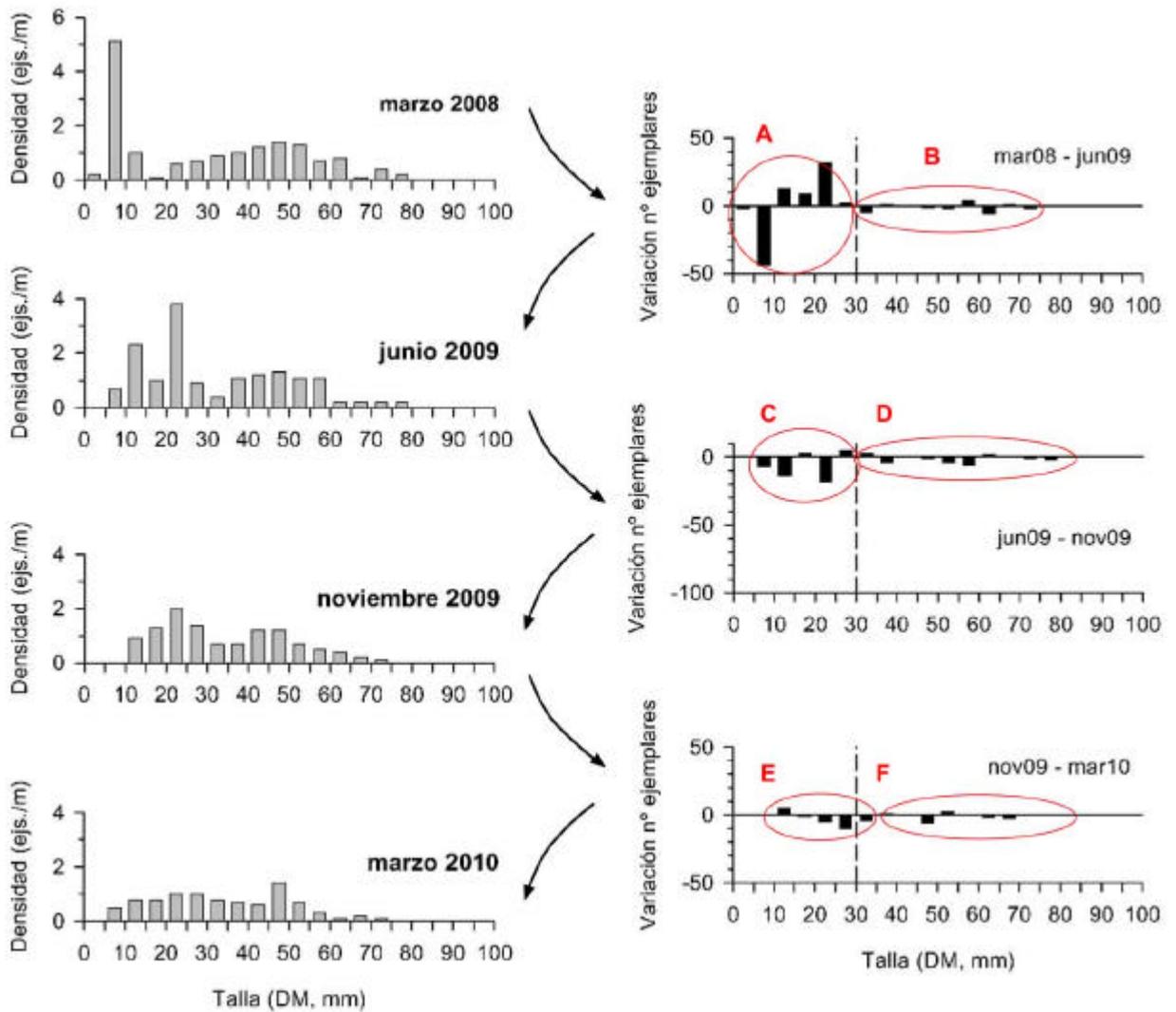


Figura 3.14. Evolución de la abundancia y de la distribución de grupos de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* en el transecto “La Sartén. Rey” (LSR) entre marzo de 2008 y marzo de 2010. A la izquierda se presentan los resultados de los censos, expresados como densidad de ejemplares (ejs./m). A la derecha se representa la diferencia de número de ejemplares censados en el transecto por grupo de talla en periodos consecutivos.

número de ejemplares permite un seguimiento detallado de éstos, aunque este mismo hecho hace que las variaciones observadas, expresadas como porcentaje del “contingente poblacional”, no puedan considerarse como excesivamente representativas de la evolución de la especie en la zona.

La evolución en este caso entre junio y noviembre de 2009 en los Escollos “El Pirata” (Figura 3.15) muestra con cierto detalle lo ocurrido para los distintos ejemplares. Las diferencias de abundancia del grupo <20 mm DM (Figura 3.15 A) ponen en evidencia que, de 8 juveniles procedentes del reclutamiento anual de 2009 que en junio presentaban un rango de tallas 5-15 mm DM, en noviembre de ese año solamente sobrevivían 2, que habían crecido hasta situarse en el grupo de tallas 15-20 mm DM. Por su parte, los ejemplares que en junio de 2009 estaban en el rango de tallas 20-40 mm DM correspondían sin duda al contingente de edad 1+, procedente del reclutamiento

ESCOLLOS “EL PIRATA”

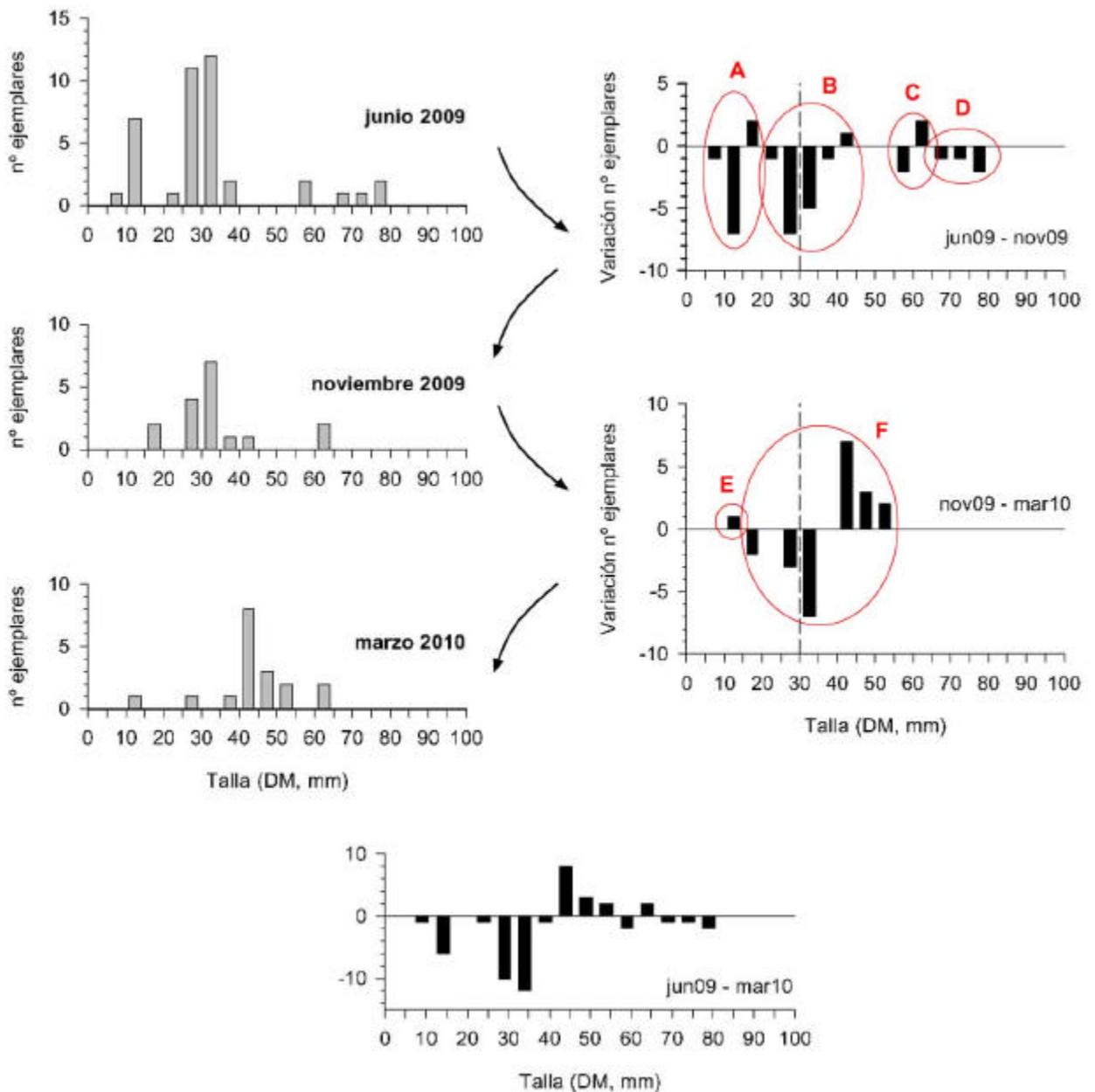


Figura 3.15. Evolución de la abundancia y de la distribución de grupos de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* censados en los Escollos de “El Pirata”, en la isla de Isabel II, entre junio de 2009 y marzo de 2010. A la izquierda se presentan los resultados de los censos, expresados como número de ejemplares. A la derecha se representa la diferencia de número de ejemplares censados en el transecto por grupo de talla en periodos consecutivos. En la parte inferior central se compara las variaciones observadas entre el primer (junio 2009) y el último (marzo 2010) de los censos realizados.

to de 2008; de un total de 26 ejemplares de se grupo, en noviembre permanecían únicamente 14, que habían crecido hasta quedar comprendidos en el rango 25-45 mm DM. Respecto a los ejemplares de mayor talla, si en junio de 2009 había 6 ejemplares mayores de 50 mm DM, en noviembre quedaban únicamente 2; estos 2 ejemplares en junio estaban en el grupo 55-60 mm DM pero en noviembre habían crecido hasta alcanzar el grupo 60-65 mm DM (Figura 3.15 C), mientras que todos los ejemplares de

talla superior a 65 mm DM ($n = 4$) habían desaparecido (Figura 3.15 D). Las diferencias observadas entre noviembre de 2009 y marzo de 2010 ponen de manifiesto la aparición de un único recluta del grupo de tallas 10-15 mm DM (Figura 3.15 E), el cambio de grupo de talla de los 14 ejemplares de tallas previamente comprendidas en el rango 25-45 mm DM (y que ahora corresponderían a l intervalo 25-55 mm DM) (Figura 3.15 F), así como la permanencia de los 2 ejemplares del grupo 60-65 mm DM.

En conjunto, este seguimiento permite describir con detalle la evolución del contingente de ejemplares de este pequeño enclave, los Escollos “El Pirata”, a lo largo de aproximadamente un año y permite evaluar la importancia sobre todo de la mortalidad estimada para el periodo junio – noviembre 2009. La limitación sin embargo de este seguimiento puede considerarse por el número relativamente bajo de ejemplares que representa el contingente de este enclave. En este periodo se produjo la desaparición de 6 de 8 (75%) reclutas del año, 13 de 26 (50%) juveniles procedentes del reclutamiento del año anterior y 4 de 6 (67%) de ejemplares adultos. Tanto la aparente mortalidad asociada a los juveniles como la referente a los adultos puede considerarse como bastante elevada. Por su parte, la desaparición de ejemplares observada durante este periodo contrasta con la pervivencia de todos los ejemplares durante los meses próximos, hasta marzo de 2010.

Los resultados obtenidos en los otros dos grupos de escollos objeto de estudio presentan una imagen de lo sucedido menos evidente.

En los Escollos “W Isabel” (Figura 3.16) las principales diferencias entre los censos de junio y noviembre de 2009 están relacionadas con la desaparición de ejemplares de talla pequeña e incluso mediana, hasta 45 mm DM (Figura 3.16 A), mientras que en los ejemplares de mayor talla las diferencias son mínimas (Figura 3.16 B). Es destacable que en esta zona se detectó un reclutamiento de ejemplares para 2009 muy elevado y que unos meses más tarde, en el mes de noviembre, habían desaparecido el 98.3% de los reclutas del año.

De nuevo entre noviembre de 2009 y marzo de 2010 en los Escollos “W Isabel” las diferencias de abundancia para los juveniles (Figura 3.16 C) pueden atribuirse a diferencias en el reclutamiento entre ambos años y al crecimiento de los ejemplares de este grupo. Las diferencias para el grupo de ejemplares > 45 mm DM son relativamente bajas, si bien destaca la reducción de un 25% de ejemplares de este rango.

Por su parte, en los Escollos de “Playa de los Cubanos” la evolución del contingente de ejemplares de *Patella ferruginea* presenta algunas diferencias remarcables. Entre junio y noviembre de 2009 se produce una disminución de reclutas del año bastante baja, al menos comparativamente, de solamente el 14.3% (Figura 3.17 A). Por su parte, se detecta una aparente descenso del número de ejemplares adultos (Figura 3.17 B), con un valor moderado-alto, del 36.2% para ejemplares > 30 mm DM y del 43.8% para ejemplares > 40 mm DM (Tabla 3.1). Sin embargo, la realización del censo en esta zona en marzo de 2010 pone de manifiesto, aparte de las pequeñas variaciones habituales del contingente de juveniles (Figura 3.17 C), un incremento considerable de nuevo de los ejemplares adultos (Figura 3.17 D). Este último incremento solamente puede interpretarse asumiendo que en noviembre de 2009 pasaron desapercibidos un cierto número de ejemplares adultos (posiblemente por las condiciones meteorológicas en que tuvo que realizar) y que no habría tenido lugar por

ESCOLLOS “W ISABEL”

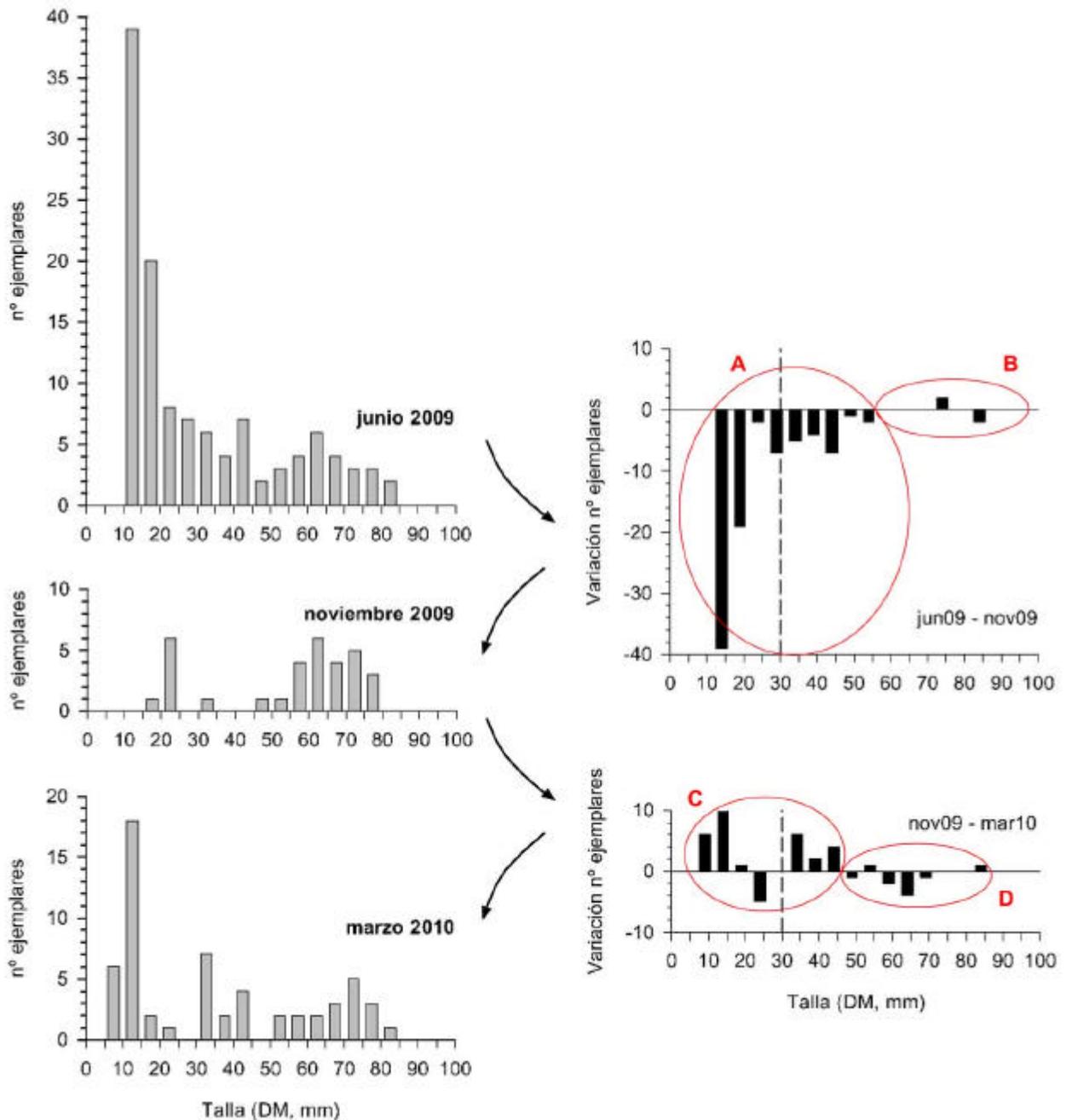


Figura 3.16. Evolución de la abundancia y de la distribución de grupos de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* censados en los Escollos de “W Isabel”, entre junio de 2009 y marzo de 2010. A la izquierda se presentan los resultados de los censos, expresados como número de ejemplares. A la derecha se representa la diferencia de número de ejemplares censados en el transecto por grupo de talla en periodos consecutivos.

tanto ese descenso de ejemplares adultos. Este hecho queda patente en la valoración de las diferencias de abundancia por grupos de tallas para el conjunto del periodo de estudio (Figura 3.17 E).

ESCOLLOS “PLAYA DE LOS CUBANOS”

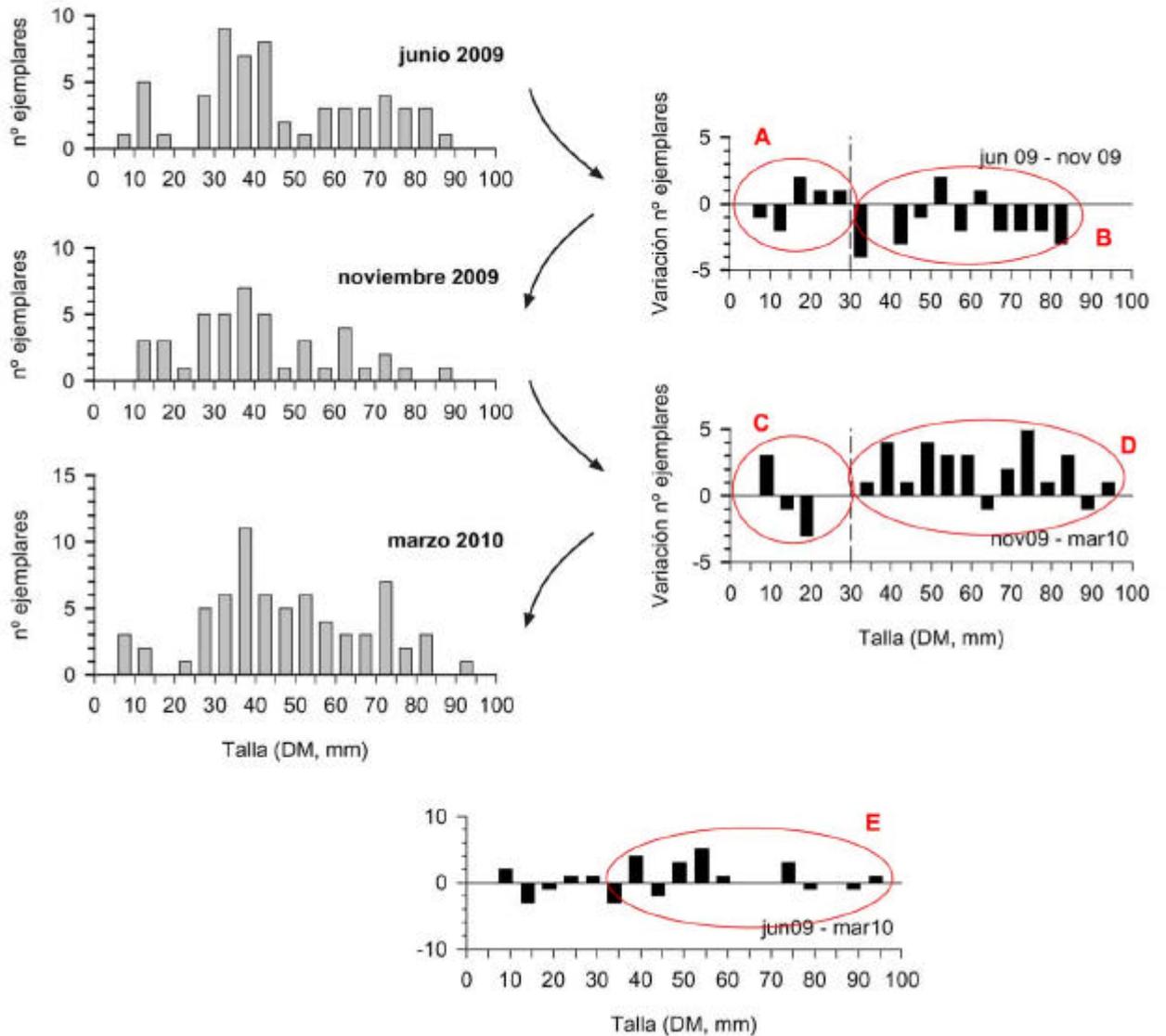


Figura 3.17. Evolución de la abundancia y de la distribución de grupos de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* censados en los Escollos de la “Playa de los Cubanos”, en la isla de Isabel II, entre junio de 2009 y marzo de 2010. A la izquierda se presentan los resultados de los censos, expresados como número de ejemplares. A la derecha se representa la diferencia de número de ejemplares censados en el transecto por grupo de talla en periodos consecutivos. En la parte inferior central se compara las variaciones observadas entre el primer (junio 2009) y el último (marzo 2010) de los censos realizados.

Otros censos en transecto

Como se ha comentando, adicionalmente se presentan los resultados para otros enclaves donde se han realizado censos en transecto, con fines comparativos y sobre todo con el objetivo de valorar la importancia de desaparición o mortalidad de ejemplares observada en noviembre de 2009.

El transecto “El Pirata. Muros Sur” representa una zona aledaña a la plataforma rocosa que constituye el transecto EPI, y que está formada por muros verticales contruidos con roca natural de la islas, procedente de la cantera situada a NE de ésta. Dado que en estos muros se han venido realizando el seguimiento de algunos ejemplares mediante técnicas de marcaje durante los últimos años, se dispone asimismo de información de la abundancia de ejemplares en una zona que puede considerarse como un transecto.

TRANSECTO “EL PIRATA. MUROS SUR”

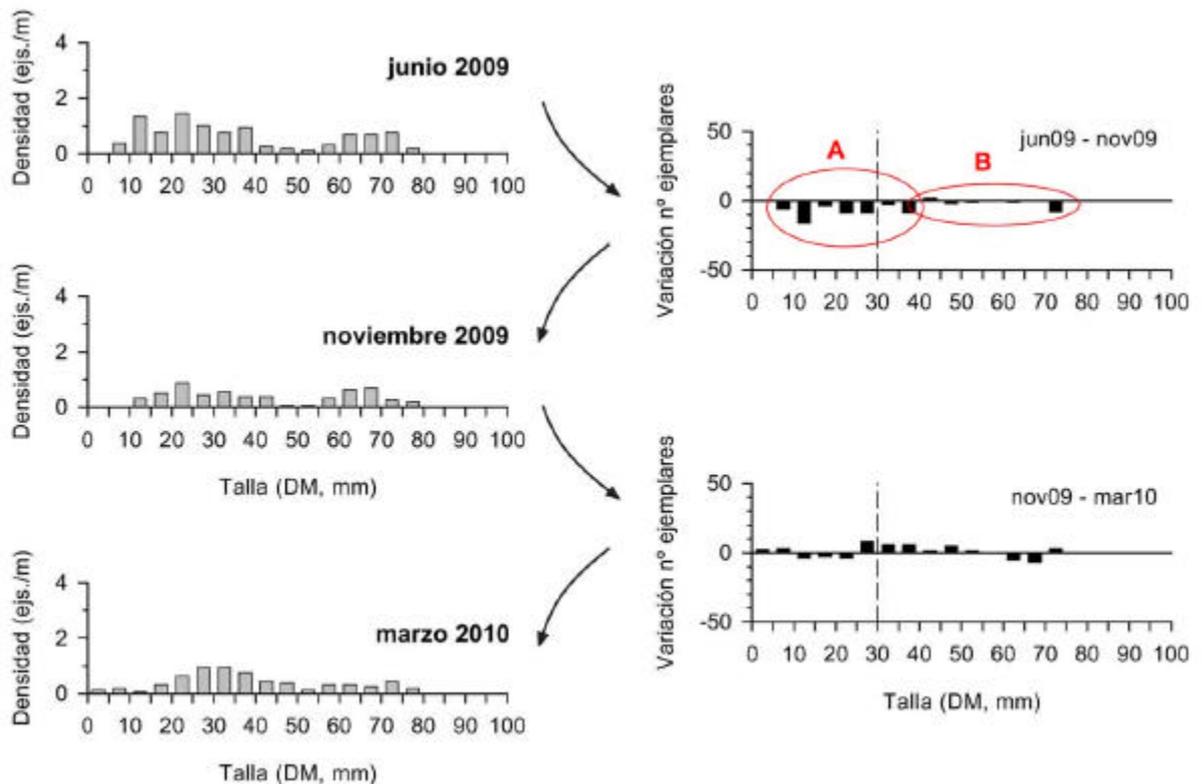


Figura 3.18. Evolución de la abundancia y de la distribución de grupos de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* censados en el transecto “El Pirata. Muros Sur”, en la isla de Isabel II, entre junio de 2009 y marzo de 2010. A la izquierda se presentan los resultados de los censos, expresados como número de ejemplares. A la derecha se representa la diferencia de número de ejemplares censados en el transecto por grupo de talla en periodos consecutivos.

Los resultados obtenidos para transecto “El Pirata. Muros Sur” muestran que entre junio y noviembre de 2009 se produjo un descenso moderado de ejemplares procedentes del reclutamiento anual (66.7% de ejemplares < 20 mm DM) y del grupo de edad 1+ procedentes del reclutamiento de 2008 (Figura 3.18 A) así como un descenso moderado de ejemplares adultos, del 19.6% de ejemplares > 40 mm DM (Figura 3.18 B). Frente a esto, entre noviembre de 2009 y marzo de 2010 las diferencias de abundancia de ejemplares por grupo de tallas son muy reducidas, y explicables en su mayor parte por el crecimiento de los ejemplares.

Los datos de este transecto “El Pirata. Muros Sur” destacan de manera adicional dos hechos relevantes: (1) la disminución de ejemplares es mucho menor que la observado en la zona litoral adyacente, el transecto EPI; y (2) se descarta que el descenso masivo de ejemplares en EPI sea debido a un desplazamiento de los ejemplares en el litoral, que hubieran necesariamente incrementado la densidad de ejemplares en estos muros.

Por último, en las Figuras 3.19 y 3.20 se presenta una comparación entre marzo de 2010 y años precedentes para dos transectos adicionales, “Playa Larga. Congreso” y “Punta España. Isabel”. Dado que se trata de datos procedentes de momentos puntuales y muy distanciados en el tiempo (unos dos años y medio en un caso y cinco años en el otro, respectivamente) la comparación de los resultados puede considerarse como algo muy general y las diferencias observadas no pueden ser asociadas a eventos localizados temporalmente.

Destaca sin embargo que en ambos casos, se han observado una disminución importante en la densidad de ejemplares adultos. En el caso del transecto de “Punta España. Isabel”, la comparación entre los resultados de marzo de 2005 y marzo de 2010 muestra una disminución de aproximadamente la mitad de la población adulta, esto es, del 49.6% de los ejemplares > 30 mm DM y del 50.7% de ejemplares > 40 mm DM (Figura 3.19). En el caso del transecto “Playa Larga. Congreso” las diferencias entre los datos de julio de 2007 y marzo de 2010 son aún mayores, habiéndose encontrado un descenso de alrededor de 2/3 de la población adulta, con una disminución del 65.7% de los ejemplares > 30 mm DM y del 69.2% de ejemplares > 40 mm DM.

Síntesis de resultados para el seguimiento de la población

Una valoración conjunta de los resultados expuestos permite extraer algunas ideas acerca de la evolución durante el último año de la población de *Patella ferruginea* en el archipiélago.

Entre finales de junio de 2009 y mediados noviembre de 2009 tuvo lugar un evento de desaparición masiva de ejemplares en al menos 2 enclaves del archipiélago, ambos situados en la isla de Isabel II: los transectos NDR y EPI. En este intervalo de tiempo, desapareció entre el 80% y más del 90% de los ejemplares adultos de cada zona

Existen evidencias de que esta desaparición fue debida principalmente a la mortalidad de estos ejemplares: al menos en uno de los transecto, en EPI, se dispone de datos que descartan que estos ejemplares pudieran haberse desplazado a lo largo de la línea de costa fuera del transecto. Por otra parte, en los fondos aledaños al transectos, se han hallado restos de conchas de *P. ferruginea* en una abundancia que puede valorarse como inusual.

Los datos obtenidos para otras zonas del archipiélago descartan que se trate de un evento de mortalidad masiva para el conjunto del litoral de las islas, al menos con la elevadísima magnitud detectada en estos dos enclaves. Sin embargo, en la mayoría del resto de zonas se detecta en este periodo una disminución asimismo de entre el 20 y el 40% de ejemplares adultos, valores que deben tomarse en consideración. En el periodo entre junio y noviembre de 2009, se ha observado además una disminución muy importante de ejemplares procedentes del reclutamiento anual. Este reclutamiento había

sido precisamente en 2009 (al igual que en 2008) particularmente abundante. En la mayor parte de zonas estudiadas en este intervalo se observó una disminución de reclutas (< 20 mm DM) superior al 50% mientras que en varias de ellas llegaba a alcanzar el 95% de disminución de ejemplares procedentes del reclutamiento anual (Tabla 3.1). Esta mortalidad habría afectado no solamente a los reclutas del año 2009, del grupo de edad 0+, sino de una manera más o menos semejante a los procedentes de importante reclutamiento de 2008, correspondientes al grupo de edad 1+.

TRANSECTO “PUNTA ESPAÑA. ISABEL”

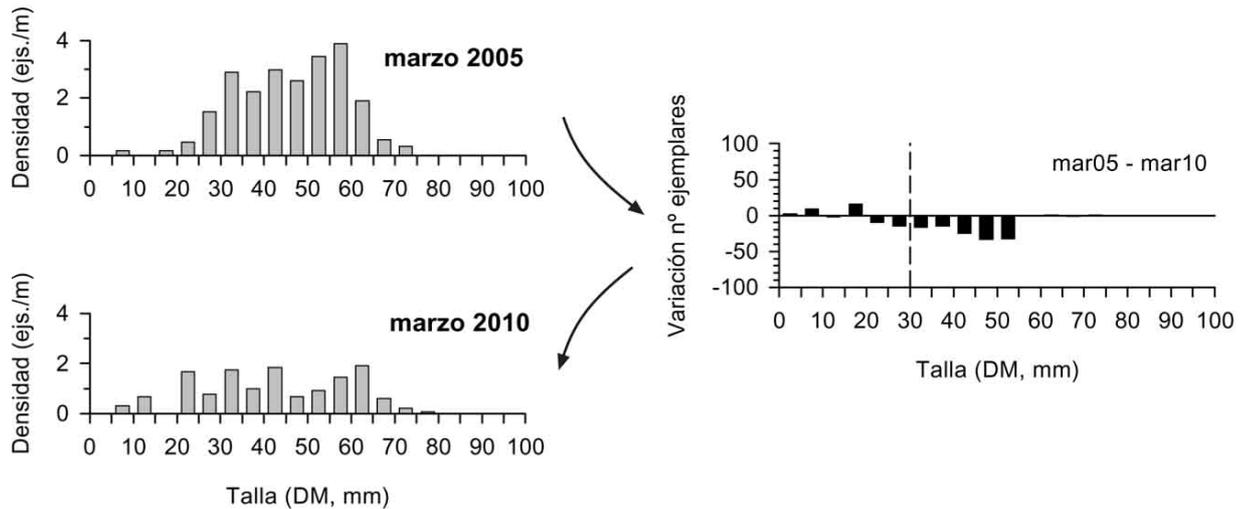


Figura 3.19. Comparación de la abundancia y de la distribución de grupos de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* censados en el transecto “Punta España. Isabel” en marzo de 2005 y en marzo de 2010. A la izquierda se presentan los resultados de los censos, expresados como densidad de ejemplares (ejs./m). A la derecha se representa la diferencia de número de ejemplares censados en el transecto por grupo de talla en ambos periodos.

TRANSECTO “PLAYA LARGA. CONGRESO”

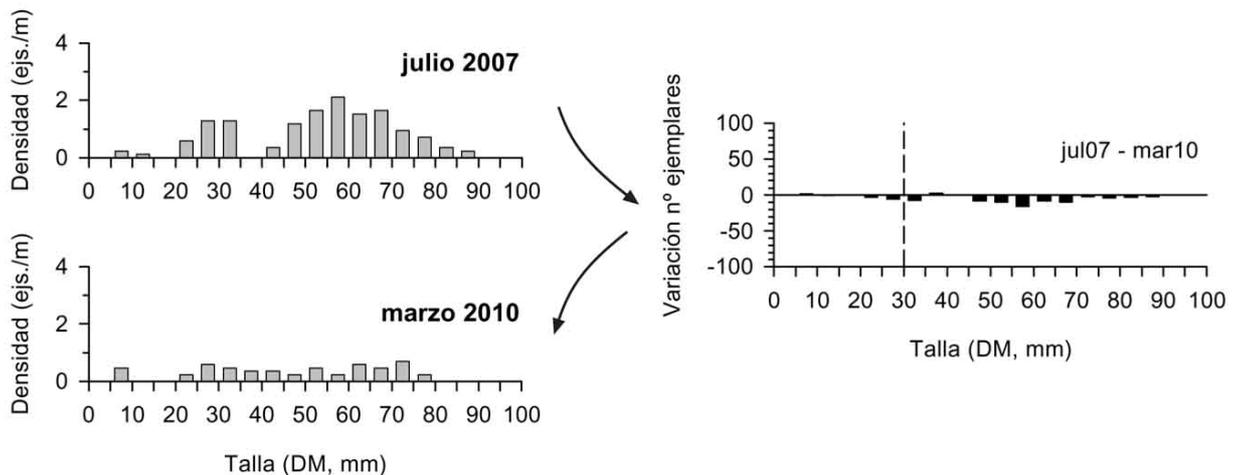


Figura 3.20. Comparación de la abundancia y de la distribución de grupos de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* censados en el transecto “Playa Larga. Congreso” en julio de 2007 y en marzo de 2010. A la izquierda se presentan los resultados de los censos, expresados como densidad de ejemplares (ejs./m). A la derecha se representa la diferencia de número de ejemplares censados en el transecto por grupo de talla en ambos periodos.

Frente a estos resultados, la evolución de la población de *P. ferruginea* entre noviembre de 2009 y marzo de 2010 en las zona estudiadas presenta unas características marcadamente diferentes, con una variación en la abundancia de los distintos contingentes de ejemplares mucho más reducida y que, en general, puede ser atribuible a efectos del reclutamiento anual, al crecimiento de los ejemplares y, en mucha menor medida, a la mortalidad de éstos.

3.1.3. Mortalidad natural

Uno de los objetivos que se había planteado dentro de los trabajos de la presente Asistencia Técnica se centraba en comenzar a obtener información acerca de la dinámica poblacional de la especie y, en concreto, de su tasa de mortalidad natural. El motivo principal de plantear estos trabajos se centraba en el interés por tener una idea, al menos preliminar, de la mortalidad “normal” o “habitual” de la especie en una zona como las Islas Chafarinas, considerada como una población en excelente estado de conservación. Este tipo de información resultaría de gran utilidad para algunos posibles trabajos en el futuro. Un ejemplo sería, en el caso de realizar traslados a otras áreas geográficas, determinar si la posterior evolución del contingente trasladado respondía a un patrón de mortalidad “normal” o era claramente superior, lo cual posibilitaría realizar una valoración de estos traslados y evaluar la probabilidad de pervivencia de la población de destino. Con este fin se diseñaron metodologías específicas, en particular la realización de censos en grupos de escollos, que debía aportar una información que se sumara a la obtenida periódicamente en las tareas de seguimiento de la población (e.g. censos en transectos).

Sin embargo los resultados descritos en el apartado anterior muestran que la mortalidad registrada durante al menos parte de los trabajos ha sido muy superior a la que se venía observando en años anteriores. Al margen de las posibles causas de esta mayor mortalidad, y si estas son de origen “natural” (i.e. ambiental) o de origen humano, los resultados así obtenidos difícilmente pueden considerarse como representativos de la “mortalidad habitual” a que se hacía referencia antes.

A pesar de estas limitaciones, los datos obtenidos hasta la fecha permiten aportar información en 2 aspectos.

El primero de ellos está referido a la mortalidad de reclutas durante el primer año de vida. En general, en los trabajos realizados en años anteriores en las Islas Chafarinas (GUALLART, 2006; 2008) se había observado un descenso del número de reclutas en los transectos estudiados entre los censos sucesivos llevados a cabo a lo largo del año, lo cual queda reflejado claramente en la Figuras 3.2, 3.4 y 3.6.

En realidad estos datos no son estrictamente comparables entre años, dado que no todos los censos se llevaron a cabo en meses semejantes, lo cual dependía del momento del desarrollo de las estancias en el archipiélago. Así, en 1999 los dos censos realizados fueron llevados a cabo en abril y en octubre, por lo que la variación en los resultados está referida a unos 6 meses, de los cuales la mayoría corresponden al periodo estival. En cambio en 2008 se realizaron sendos censos en la segunda quincena de marzo y de junio, lo cual supone un periodo de 3 meses y la correspondencia casi exacta al periodo primaveral. Los datos de evolución del número de reclutas son

particularmente escasos para otoño (únicamente ese disponen de datos comparativos entre septiembre y diciembre de 2005) y ausentes para el periodo invernal. Existen por tanto diferencias en los diferentes tanto en la amplitud del intervalo entre dos censos consecutivos como a la época a la que corresponde principalmente este intervalo.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, en la Figura 3.21 se han analizado los datos calculando lo que podría considerarse la “tasa media de mortalidad de reclutas por mes”, dividiendo la variación de número de ejemplares <20 mm DM entre censos, por el número de meses transcurridos entre uno y otro. De manera adicional, se han categorizado los datos en función la principal estación del año que comprende el periodo entre los dos censos. Hay que tener en cuenta las probables diferencias de la tasa de mortalidad de juveniles entras las distintas estaciones del año así como la dificultad para asignar a éstas algunos de los resultados, dada la heterogeneidad de los datos disponibles tal y como se ha indicado anteriormente. Aun estos datos permiten extraer algunas ideas interesantes.

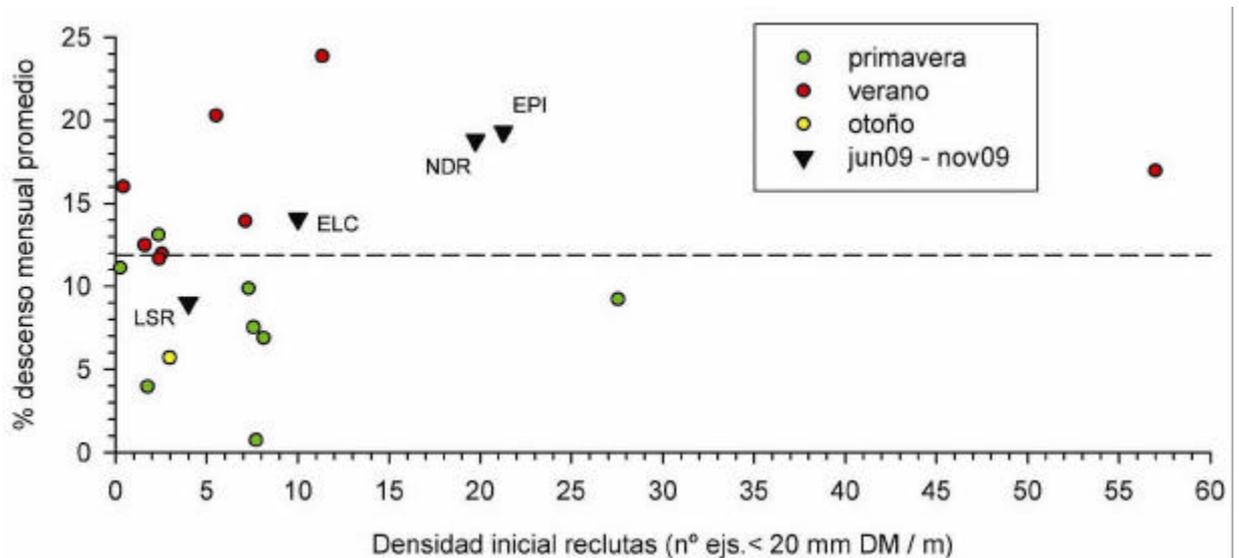


Figura 3.21. Tasa de mortalidad de reclutas de *Patella ferruginea*, considerada como el promedio en porcentaje de disminución de abundancia de juveniles < 20 mm DM entre dos censos consecutivos llevados a cabo el mismo año, en función de la densidad inicial registrada en el primer censo y de la época del año que incluye principalmente el intervalo entre los dos censos. Se destacan las variaciones detectadas entre junio y noviembre de 2009 en los cuatro transectos principales de seguimiento. Con línea discontinua se representa el promedio de los valores para el eje de ordenadas.

En primer lugar, cuando se analizan el conjunto de resultados no se detecta correlación entre la abundancia inicial de juveniles y la tasa promedio por mes de reducción de éstos ($r = 0.300$, $p = 0.186$, $n = 21$). En conjunto, el promedio obtenido es de $-11.86\% \pm 5.73$ recl. / m y mes.

Por otra parte, a partir de los datos disponibles se observa una variabilidad elevada (rango -0.73% a -23.85% recl. / m y mes), que parecen estar relacionadas en parte con diferencias en la estacionalidad de la tasa de mortalidad de juveniles. Así, ésta es mayor para los pares de censos que incluían principalmente la época estival (-15.90%

$\pm 5.73\%$ recl./m y mes) mientras que es menor para los relativos a la primavera (-7.54% $\pm 4.54\%$ recl./m y mes) y el único realizado hasta 2008 correspondiente al otoño (-5.71% recl./m y mes).

Estos datos deben tomarse con cautela, en parte por las limitaciones antes indicadas, en parte porque de ser consideradas representativas implicarían que de manera regular se produce la muerte de prácticamente todos los juveniles a lo largo del año. Así, si estos valores fueran representativos, se produciría desde la primavera al otoño la muerte en promedio de 88,3% de juveniles, aparte de la que pudiera tener lugar durante el invierno. En la práctica se han observado supervivencia de reclutas en el segundo año de vida bastante mayores (e.g. ver en la Figura 3.3 en NDR la relación entre el reclutamiento de 2001 y los juveniles de 20-30 mm DM en 2002; o de manera semejante entre 2008 y 2009)

Respecto a los datos obtenidos para el intervalo junio – noviembre 2009 resulta en primer lugar llamativa la diferencia observada en la Figura 3.21 en la desaparición de juveniles en los 4 transectos principales de seguimiento. Esta es mayor en los transectos NDR y EPI donde se observó además una elevada desaparición de ejemplares adultos (NDR: -18.79% recl./m y mes; EPI -19.30% recl./m y mes), que en los transectos de ELC (14.70% recl./m y mes) y sobre todo de LSR (9.00% recl./m y mes).

Por otra parte, resulta difícil asignar los datos de este intervalo a una estación concreta: el intervalo junio – noviembre comprende tanto verano como otoño, si bien algo más de la mitad de este intervalo correspondería al periodo estival. Así, si se comparan estos resultados con los datos de obtenidos otros años para el verano, los valores para NDR y EPI se incluirían en el rango observado para esta época, solamente algo por encima del promedio

Si se compara en cambio con el dato disponible para otoño, los resultados obtenidos para LSR y ELC serían algo superiores, mientras que los de NDR y EPI serían marcadamente más elevados.

A falta datos que permitan un análisis más profundo, los resultado parecen reflejar una tasa de mortalidad de juveniles en el periodo junio – noviembre de 2009 superior a lo “habitual” en 2 de los transectos estudiados, NDR y EPI, donde además se detectó una importante desaparición de adultos.

El segundo aspecto para el que se puede aporta algo de información, si bien puede considerarse que de manera bastante incompleta, es el relativo a la mortalidad de ejemplares adultos. En este caso, las diferencias son muy marcadas en dos periodos: entre junio y noviembre de 2009 y entre noviembre de 2009 y marzo de 2010.

Tal y como se observa en la Tabla 3.1 y como se ha comentado en el apartado anterior, se ha observado un descenso de abundancia de ejemplares adultos de *Patella ferruginea* muy importante en 2 zonas del archipiélago: el transecto NDR, con una disminución de 78.1% de ejemplares adultos (> 30 mm DM) y el transecto EPI, con una variación del -90.8% . Los descensos en los otros 2 transectos de seguimiento básicos han sido sensiblemente menores, de -32.0% y 18.6% en los transectos ELC y LSR respectivamente. El promedio entre estos 2 últimos es del 25.3% , mientras que si se considera conjuntamente para los cuatro transecto sería del 54.9% .

Por su parte y como se ha comentado, los datos obtenidos para estos escollos presentan algunas ventajas para valorar la mortalidad de ejemplares, a la vez que algunas limitaciones. En éstos, la disminución de abundancia de ejemplares adultos oscilaría entre un 28.2 y un 45.0% de ejemplares adultos, con un promedio del 31.3% para el periodo entre junio y noviembre de 2009; si se corrige para las consideraciones realizadas en el apartado anterior acerca de los censos realizados en noviembre de 2009 en la “Playa de los Cubanos”, el promedio sería de un descenso del 27.5% de ejemplares adultos.

Frente a esto, las variaciones de abundancia de adultos de *Patella ferruginea* registradas entre noviembre de 2009 y marzo de 2010 son mucho menores.

En este caso resulta diferenciar dos fenómenos que pueden influir en la abundancia de los adultos: (1) la disminución por mortalidad ejemplares, objeto de estudio; y (2) el aumento de la abundancia de este grupo de tallas (>30 mm DM) por el crecimiento de juveniles que alcanzan este rango de tallas de adultos.

En el caso de los transectos litorales, se observa entre noviembre de 2009 y marzo de 2010 un rango de variación que oscila entre el descenso del 14.0 de ejemplares adultos en LSR y el aumento, que supera a doblar la densidad de ejemplares, en EPI, con un +112.5%. El promedio de los cuatro transectos de seguimiento es del 40.3%, mientras que si se analiza teniendo en cuenta la abundancia relativa de ejemplares este es del 27.0%. Nótese que en este caso, además de la incorporación de ejemplares juveniles al grupo de tallas de los adultos, pudiera haber tenido lugar la incorporación de otros ejemplares de zonas aledañas del litoral.

Por su parte, si se analizan los resultados obtenidos en los grupos de escollos, que minimizan la influencia de este último aspecto, los datos de mortalidad de adultos son marcadamente menores. Estos pueden considerarse del 0% o muy próximos a este valor en los escollos en la Playa de los Cubanos y en los escollos de El Pirata. En los escollos al W de Isabel se habría producido una mortalidad en torno al 8%. A su vez, en la zona definida como el transecto “El Pirata. Muros Sur” habría sido de en torno al 5%.

3.2. Estudios de aspectos de la biología de *P. ferruginea*

3.2.1. Crecimiento y longevidad

En las Figuras 3.22 a 3.24 se presentan los resultados obtenidos relativos al crecimiento de *Patella ferruginea* mediante el seguimiento de ejemplares marcados, utilizando procedimientos de análisis de los datos relativamente distintos.

En principio, el análisis de los datos de crecimiento a partir de datos de marcaje y seguimiento de ejemplares se basan la metodología de GULLAND Y HOLT (1959) la cual, a partir de datos que relacionan la tasa de crecimiento y la talla de los ejemplares, asume que de acuerdo con los modelos de crecimiento usualmente empleados (e.g. ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, ECVB) existe una relación lineal negativa

entre ambos parámetros. La principal diferencia en cuanto a los procedimientos de análisis aquí utilizados se centra en el modo de sintetizar los resultados obtenidos para los diferentes ejemplares, debidos las diferencias existentes en el periodo de seguimiento alcanzado para cada uno de ellos (ver posteriormente).

Por otra parte, como ya se destacó en GUALLART (2006), el crecimiento de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas muestra una marcada estacionalidad. Este crecimiento es claramente 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 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 3.22 se presentan los resultados obtenidos considerando para cada ejemplar la tasa de crecimiento anual como el promedio anual del conjunto del periodo de seguimiento, frente a la talla media (promedio de la talla inicial y final) a lo largo de éste. Hay que destacar que del total de 87 datos disponibles, 54 corresponden al seguimiento de ejemplares durante 1 año, 20 datos al seguimiento durante 2 años, 8 datos al seguimiento durante 3 años, 2 datos al seguimiento durante 4 años y 3 datos al seguimiento durante 5 años.

El principal problema que plantea este procedimiento es que cuando los periodos de seguimiento son relativamente prolongados (e.g. 4 o 5 años) la tasa de crecimiento representa un promedio de los valores correspondientes a todo este intervalo, los cuales pueden haber sufrido variaciones (en principio una tendencia a la reducción) muy considerables.

El ajuste a una regresión lineal de los datos así considerados resulta en la ecuación:

$$TAC = 17.972 - 0,203 * TM \quad (r = -0,606; p < 0,001; n = 87)$$

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

A partir de estos los resultados de esta regresión lineal se puede estimar los parámetros principales de la curva de crecimiento de von Bertalanffy (L8 y k) considerando que:

$$L8 = T_{\max}$$

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

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:

$$L(t) = 88.53 * (1 - e^{-0,225 * t})$$

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

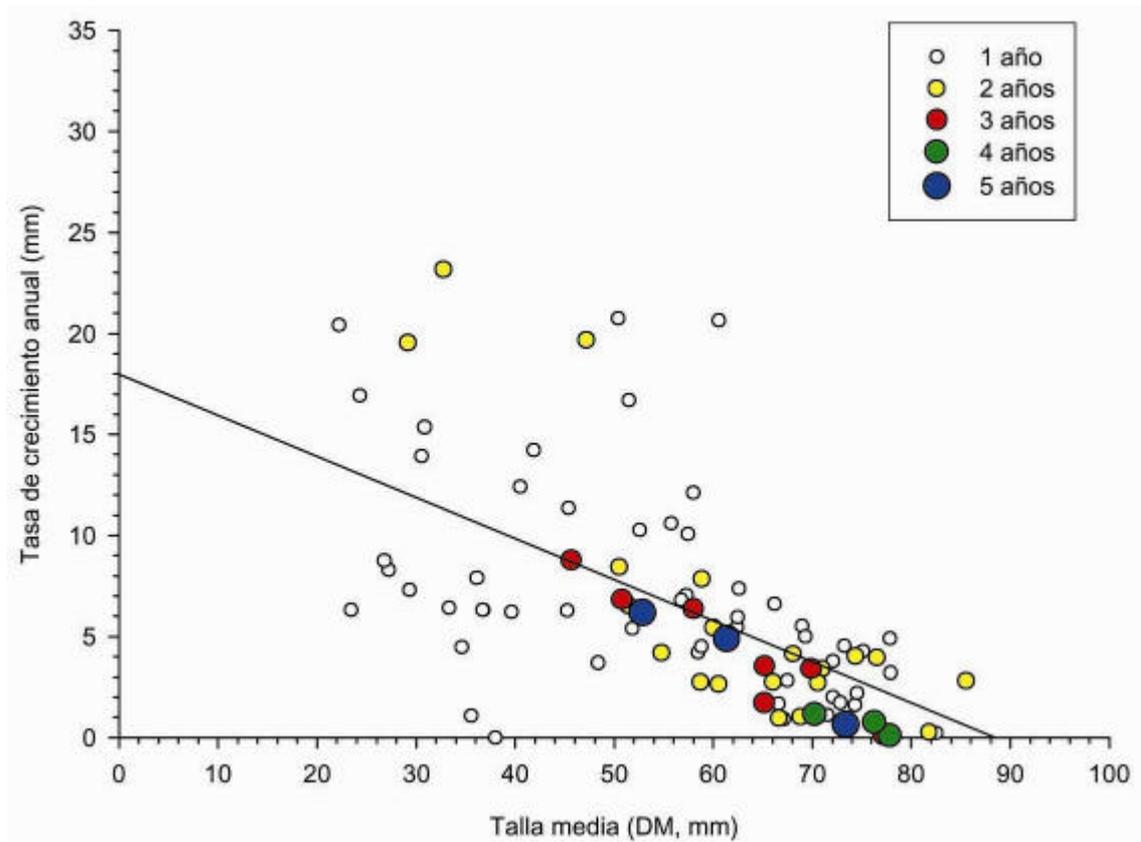


Figura 3.22. Gráfico tipo GULLAND Y HOLT (1959) de relación entre la talla y la tasa anual de crecimiento. Talla considerada como promedio de la talla inicial y final del intervalo de seguimiento de cada ejemplar. Tasa anual de crecimiento calculada como promedio anual del periodo de seguimiento. Todos los datos corresponden a periodos de seguimiento de un año o múltiplos de éste, distinguiendo mediante símbolos la duración del periodo de seguimiento.

Por su parte, en la Figura 3.23 se presentan los resultados obtenidos si se analizan los mismos datos anteriores considerando separadamente el incremento de talla de cada ejemplar durante periodos de tiempo de un año de duración. Hay que destacar que, en este caso, varios datos diferentes de los analizados corresponden a un mismo ejemplar, durante periodos sucesivos de crecimiento.

El principal problema que presenta este procedimiento es de orden estadístico, al no presentar todos los datos características uniformes (i.e. no todos los datos son independientes sino que algunos de ellos, los procedentes de un mismo ejemplar, están relacionados entre sí). Sin embargo presenta la clara ventaja de que cada dato representa un elemento de información más homogéneo, al proceder del seguimiento de un ejemplar de un periodo de duración uniforme y determinada de en torno a un año.

El ajuste a una regresión lineal de los datos obtenidos mediante este procedimiento resulta en la ecuación:

$$\text{TAC} = 20.153 - 0,242 * \text{TM} \quad (r = -0,645; p < 0,001; n = 142)$$

que lleva por lo tanto a una ECVB de:

$$L(t) = 83.28 * (1 - e^{-0,274 * t})$$

En los dos casos anterior, el valor de de L8 obtenido se sitúa entre aproximadamente 83 y 88 mm DM. Estos valores, tal y como se discute posteriormente, pueden considerarse como relativamente bajos, sobre todo si se considera que el valor de L8 suele considerarse que debe ser representativo del valor máximo que alcanza la especie.

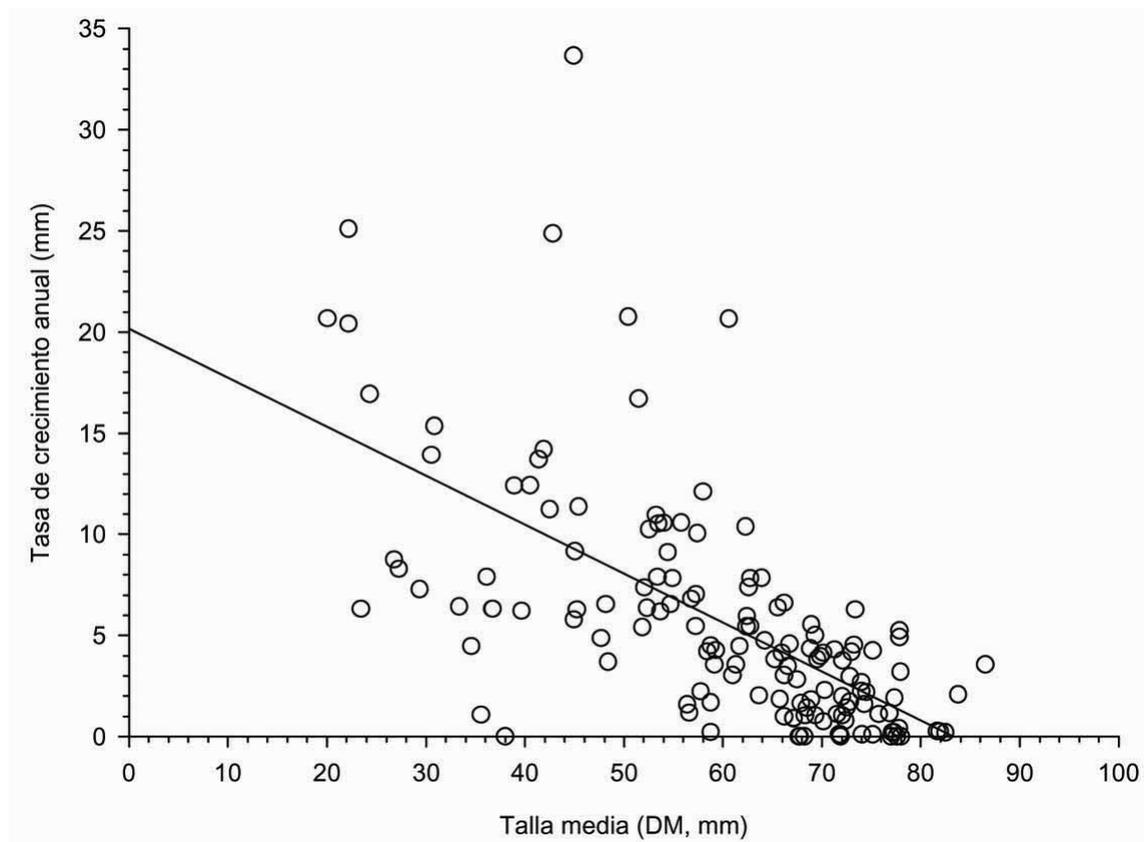


Figura 3.23. Gráfico tipo GULLAND Y HOLT (1959) de relación entre la talla y la tasa anual de crecimiento. Todos los datos corresponden al seguimiento de ejemplares durante aproximadamente un año. Talla considerada como promedio de la talla inicial y final del periodo anual de seguimiento de cada ejemplar. Tasa anual de crecimiento calculada como variación de la talla interpolada a un año.

En la Figura 3.24A se presenta una distribución de la frecuencia de las tallas medias de los datos utilizados en el segundo análisis. En esta figura se observa claramente que la distribución no es uniforme sino que hay muchos más datos disponibles en determinados rangos de tallas, como el de 65 - 75 mm DM, mientras que es sensiblemente menor para rangos de talla mayores (e.g. > 80 mm DM) o menores (e.g. < 50 mm DM). No se dispone de datos del grupo de tallas de menor tamaño (< 20 mm DM). Algunos argumentos acerca de la causa de esta distribución heterogénea se presentan en el apartado de Discusión.

Si se considera que esta distribución no homogénea de los datos disponibles puede influir en los resultados de la regresión, una tercera opción que surge para

analizar los datos de crecimiento consiste en calcular la tasa de crecimiento media por intervalos de talla, con lo cual la regresión se realizaría a partir de una distribución de datos más homogénea. Con este fin, se han agrupando a los ejemplares por grupos de talla media en intervalos de talla media de 5 mm DM de amplitud. Los resultados así obtenidos se presentan en la Figura 3.24B, en la que se muestra para cada grupo los valores medios (así como máximos y mínimos) de la tasa de crecimiento anual por cada grupo de talla.

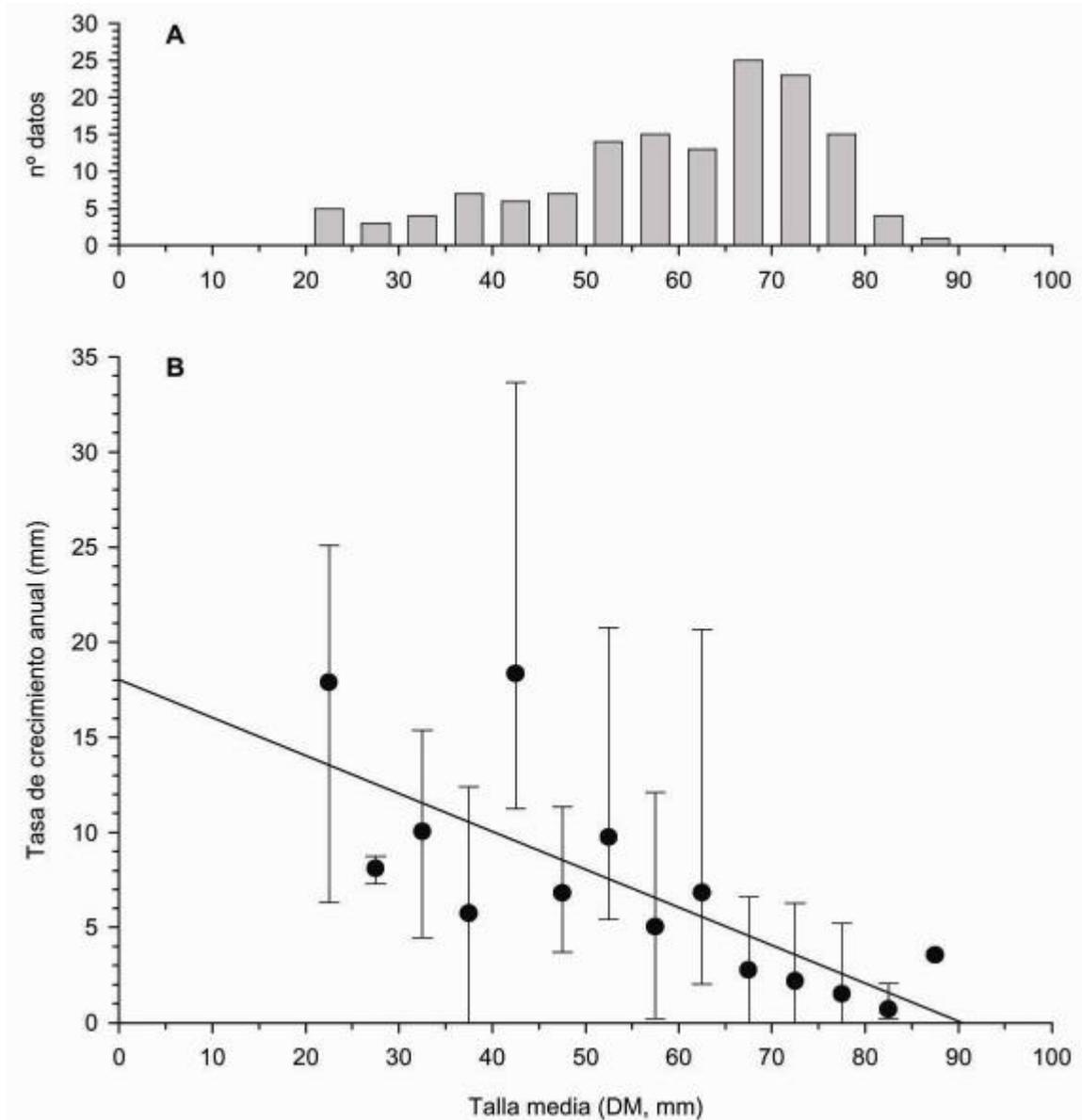


Figura 3.24. (A) Distribución de abundancia de datos de crecimiento (correspondientes a un periodo anual) en función de la talla media de los ejemplares. (B) Gráfico tipo GULLAND Y HOLT (1959) de relación entre la talla y la tasa anual media de crecimiento. Los datos de talla representan el punto central de intervalos de 5 mm DM de amplitud. Para la tasa anual de crecimiento se representa con puntos los promedios para cada intervalo, así como mediante las líneas verticales el rango de máximo y mínimo de los datos. Se representa la recta de regresión lineal de los valores promedio por intervalo.

A partir de estos datos, el ajuste mediante regresión lineal da como resultado la ecuación:

$$\text{TAC} = 18.011 - 0,199 * \text{TM} \quad (r = -0,755; p < 0,001; n = 14)$$

lo cual lleva a una ECVB de:

$$L(t) = 90.51 * (1 - e^{-0,220 * t})$$

En la Tabla 3.2 se sintetizan los resultados obtenidos mediante estos 3 procedimientos.

	a	b	r	Lg	k
Datos totales por ejemplar	17.97	0.203	-0.606	88.5	0.225
Datos por periodo de seguimiento anual	20.15	0.242	-0.645	83.3	0.274
Promedio por grupos de talla	18.01	0.199	-0.755	90.5	0.220
GUALLART (2008)	15.35	0.165	-0.529	93.0	0.152

Tabla 3.2. Síntesis de los resultados del ajuste a la curva de crecimiento de von Bertalanffy obtenidos mediante diferente tratamiento de los datos obtenidos y comparación con los últimos datos disponibles para las Islas Chafarinas (GUALLART, 2008). Ver explicación en el texto.

Por su parte, en la Figura 3.25 se representan los resultados para cada uno de éstos procedimientos de análisis de los datos y se comparan con los resultantes del último trabajo realizado en las Islas Chafarinas, a partir de un número inferior de datos (GUALLART, 2006). Entre las distintas curvas resultantes se observan algunas diferencias destacables, que se comentan en capítulo de Discusión.

Por último hay que destacar que, al finalizar el presente trabajo se habían obtenido datos de crecimiento mediante seguimiento individual de ejemplares por un periodo de tiempo bastante elevado. Como se ha comentado en párrafos anteriores, se ha llegado a conseguir datos de crecimiento de una manera periódica durante un periodo total de 4 años para 2 ejemplares, y de más de 5 años para otros 3. La evolución de la talla de estos 5 ejemplares se representa en la Figura 3.26.

3.2.2. Modo de reproducción

En los trabajos realizados en GUALLART (2008) se presentaban los resultados en relación con el posible cambio de sexo de 3 ejemplares inicialmente sexados en octubre de 2006 y que lo fueron de nuevo en noviembre de 2007. De estos 3 ejemplares, inicialmente 1 hembra y 2 machos, la hembra y uno de los machos mantenían el mismo sexo, mientras que el segundo macho había cambiado de sexo a hembra. Estos datos

constituían la primera evidencia directa de la existencia hermafroditismo en *Patella ferruginea*, en principio, hermafroditismo proterándrico.

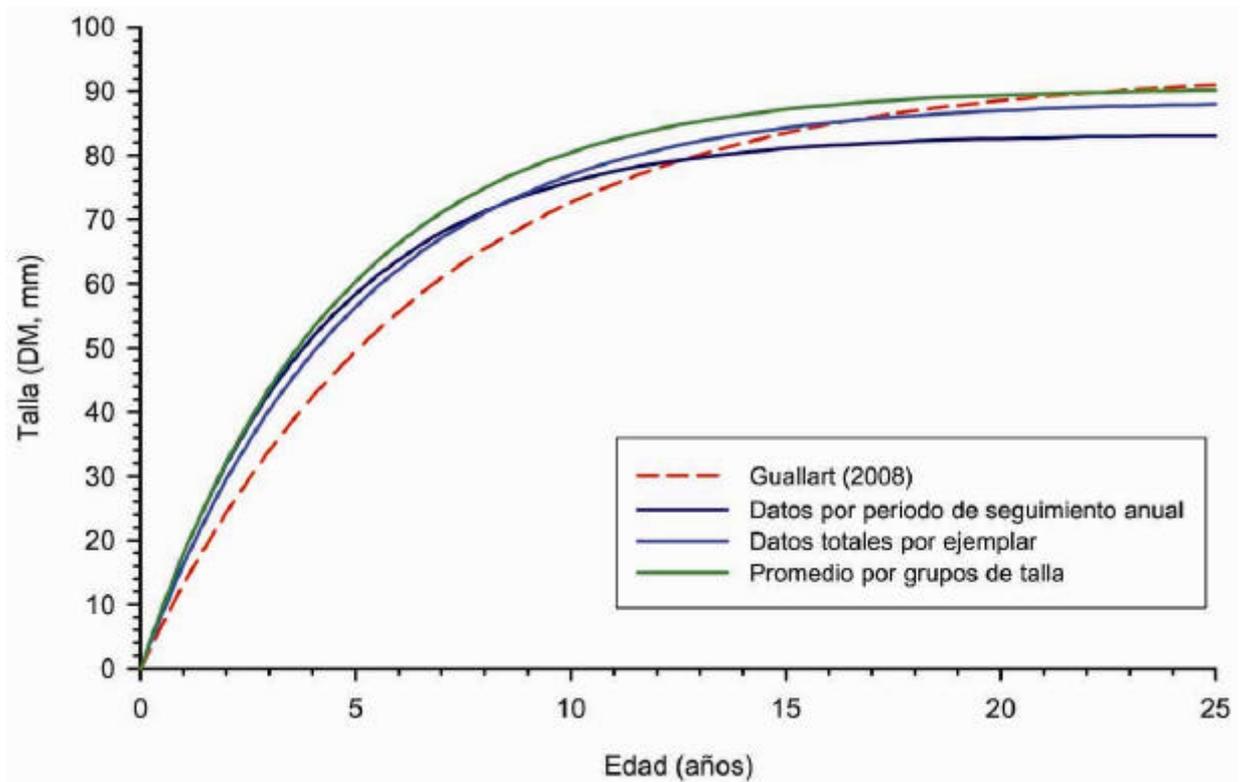


Figura 3.25. Modelos de relación edad vs. talla (curva de crecimiento de von Bertalanffy) para *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas a partir de los diferentes procedimientos de análisis de los datos utilizados (ver explicación en el texto); se comparan estos resultados con los últimos disponibles para el archipiélago (GUALLART, 2008).

En noviembre de 2007 se determinó el sexo de un número adicional de ejemplares para su posterior revisión en años siguientes, quedando por tanto sexados y marcados un total de 26 ejemplares (15 hembras y 11 machos) distribuidos en 4 zonas del archipiélago.

Los resultados siguientes en relación con este tema se obtuvieron en noviembre de 2008, en la campaña llevada a cabo antes del inicio de la presente Asistencia Técnica y que tenía como objetivo fundamental verificar la evolución en cuanto al cambio de sexo de los ejemplares previamente sexados y objeto de seguimiento. En esta estancia en el archipiélago se pudieron sexar 13 de los ejemplares para los que se conocía su sexo en años anteriores, comprobando 5 de ellos habían cambiado de sexo.

Los trabajos realizados en noviembre de 2008 permitieron además sexar y marcar a un número adicional de ejemplares, quedando al final de la campaña un total de 36 ejemplares para los que se disponía de esta información.

En noviembre de 2009 se sexó de nuevo a 4 de estos ejemplares. En este caso, ninguno de los ejemplares había cambiado de sexo. De nuevo en este caso se pudo sexar a un cierto número de nuevos ejemplares, de manera que al final de la campaña

quedaban 21 ejemplares sexados y marcados, que deben permitir la continuación del estudio de este importante aspecto de la biología de la especie en años próximos.

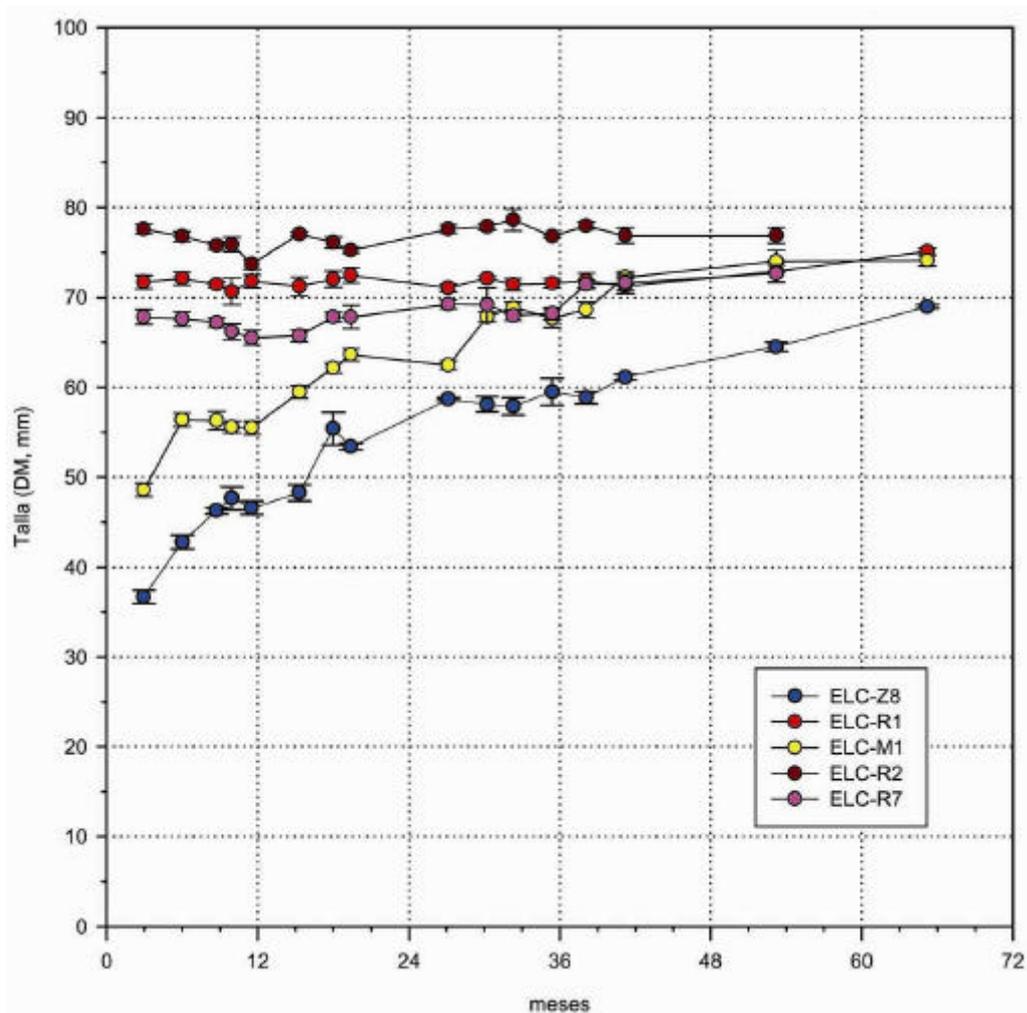


Figura 3.26. Evolución de la talla de 5 ejemplares de *Patella ferruginea* para los que se ha podido realizar su seguimiento mediante marcaje para un periodo igual o superior a 4 años. Cada valor procede de 3 mediciones realizadas de la concha, de manera que cada punto representa el promedio y la línea vertical la desviación estándar.

En la Tabla 3.3 se resumen los resultados del sexado sucesivo de ejemplares a partir de toda la información obtenida en este sentido en las Islas Chafarinas entre 2006 y 2009. En conjunto ha sido posible sexar en años consecutivos un total de 20 ejemplares. De éstos, 10 ejemplares eran inicialmente machos y 10 inicialmente hembras.

Entre los 10 ejemplares identificados inicialmente como machos, 6 ejemplares (60 %) cambiaron de sexo a hembras. En relación con los ejemplares 10 sexados inicialmente como hembras, 1 ejemplar (10 %) fue posteriormente identificado como macho.

En la Figura 3.27 se detallan además la distribución de tallas de los ejemplares para los que se realizó el seguimiento en este aspecto. Los ejemplares estudiados que

inicialmente eran machos presentaban un rango de tallas de 49.2 – 72.0 mm DM con un promedio (\pm desviación estándar) de 65.4 ± 7.4 mm DM ($n = 10$) mientras que las hembras presentaban un rango de 50.6 – 82.4 mm DM con una media de 70.3 ± 11.1 mm DM. Aunque en conjunto los ejemplares que inicialmente eran hembras presentan aparentemente un talla promedio mayor (algo que sería lógico dada la diferente distribución de abundancia de sexos en función de la talla), para la muestra estudiada estas diferencias no son estadísticamente significativas ($F = 1.36$, g.l. = 2, $p = 0.259$).

Los resultados presentados en la Figura 3.27 muestran además un aparente patrón de cambio de sexo diferente en función de la talla, tomando como referencia la talla de 70 mm DM para definir dos grupos, mayor y menor respectivamente a este valor.

En el caso de los machos, para aquellos inicialmente con una talla inferior a 70 mm DM se produjo el cambio de sexo en el 33% de ejemplares (2 de 6) mientras que para aquellos de mayor tamaño, superior a 70 mm DM, se produjo cambio de sexo a hembra en todos los ejemplares estudiados. Destaca pues un mayor porcentaje de cambio de sexo de macho a hembra en los ejemplares de mayor talla.

2006 – 2007		2007		
		Macho	Hembra	
2006	Macho	1	1	2
	Hembra	-	1	1
		1	2	3
2007-2008		2008		
		Macho	Hembra	
2007	Macho	3	4	7
	Hembra	1	5	6
		4	9	13
2008-2009		2009		
		Macho	Hembra	
2008	Macho	-	1	1
	Hembra	-	3	3
		0	4	4
TOTAL 2006-2009		Final		
		Macho	Hembra	
Inicial	Macho	4	6	10
	Hembra	1	9	10
		5	15	20

Tabla 3.3. Síntesis de los resultados de evolución individual de cambio de sexo en ejemplares de *Patella ferruginea* entre 2006 y 2009 en las Islas Chafarinas. Los valores indican el número de ejemplares para cada combinación. En gris se destacan los ejemplares en los que se produjo cambio de sexo.

En el caso de las hembras, en cambio, el único caso en que se observó el cambio de sexo a macho tuvo lugar en un ejemplar del grupo de talla de menor tamaño (25 % de ejemplares de ese grupo), que inicialmente presentaba una talla de 56.6 mm DM. En cambio todas las hembras de talla superior a 70 mm DM no presentaron cambio de sexo.

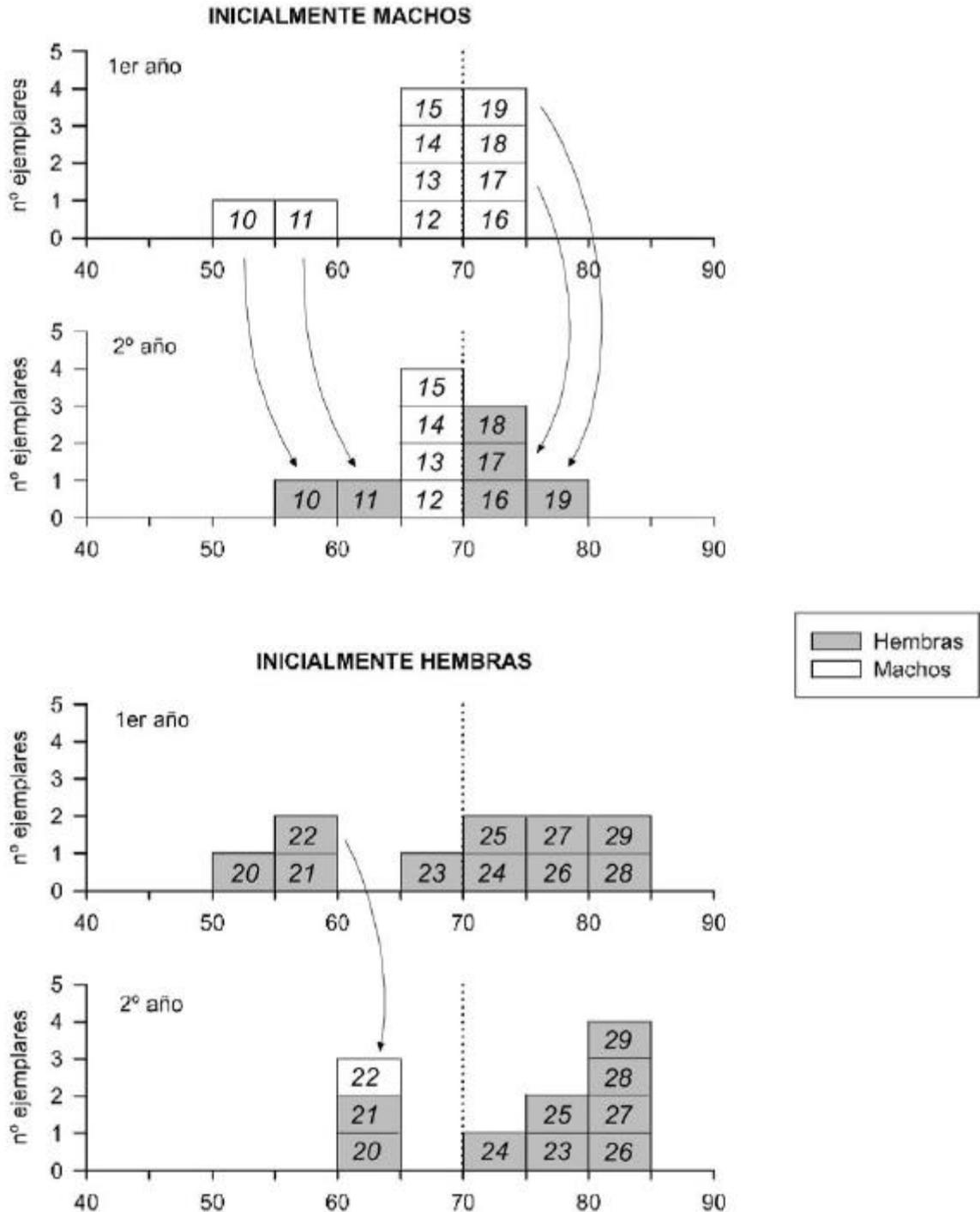


Figura 3.27. Síntesis de los resultados de cambio de sexo en *Patella ferruginea* observados en los trabajos de seguimiento llevados a cabo en las Islas Chafarinas entre octubre de 2006 y noviembre de 2009. Los números de cada casilla corresponden a códigos asignados a los ejemplares con el objetivo de identificar en la Figura los cambios de grupo de talla de cada ejemplar debido al crecimiento individual.

3.3. Ensayos de técnicas de reproducción controlada de *Patella ferruginea*

3.3.1. Técnicas de estabulación y mantenimiento de ejemplares en cautividad

Durante la presente Asistencia Técnica los trabajos de estabulación y mantenimiento de ejemplares de *Patella ferruginea* en cautividad se han limitado a los llevados a cabo en adultos durante periodos de tiempo limitados, correspondientes a las estancias del equipo de trabajo en que han realizado los estudios de esta Asistencia Técnica. Estos trabajos coinciden con los relativos al apartado 3.4.1. (*Acondicionamiento de ejemplares a sustratos desmontables*) y se describen en el texto correspondiente a éste.

Otra opción posible hubiera sido realizar ensayos durante periodos más prolongados. Sin embargo las dificultades observadas para el mantenimiento de la calidad del agua en el sistema de recirculación de agua del Laboratorio El Pirata en algunos periodos de tiempo desaconsejaron realizar estas experiencias en una especie con un estatus de protección como *Patella ferruginea*.

3.3.2. Técnicas de Inducción a la puesta

En la Tabla 3.4 se sintetizan los datos de los ensayos de inducción a puesta llevados a cabo sobre *Patella ferruginea*, tanto en noviembre de 2008 como en noviembre de 2009.

En ninguno de las experiencias se detectó emisión de gametos por parte de ninguno de los ejemplares.

3.3.3. Maduración artificial de ovocitos

En la Figura 3.28 se muestra la evolución del porcentaje de ovocitos maduros en relación con la aplicación o no de la técnica de alcalinización de agua de mar. Como se ha indicado anteriormente, se ha considerado como ovocitos maduros aquellos que han alcanzado una forma esférica y han perdido al menos el 90% del corion en su contorno. Los datos representan el promedio de los resultados obtenidos en las 3 experiencias de fecundación llevadas a cabo en noviembre de 2009.

Las muestras parten de un promedio en porcentaje de ovocitos maduros del 5.2%, tras aproximadamente media hora después de extraer los ovocitos de la gónada y ser mantenidos en AMFE con agitación suave.

En el caso de la muestra control (en que los ovocitos se mantuvieron en AMFE) tras aproximadamente 1 hora el porcentaje de ovocitos maduros se había incrementado hasta el 11.6% y tras 2 horas este porcentaje había descendido ligeramente, hasta el 9.8%.

Código	Técnica de inducción	Fecha	Fase lunar	Nº ejemplares	Duración
F08-01	VT (temperatura ambiente y +5°C)	21/11/08	2° LM	4 ? y 2 ?	6 h
F08-02	VT (temperatura ambiente y -5°C)	22/11/08	3° LM	4 ? y 2 ?	5 h
F08-03	VT (temperatura ambiente y +10°C)	24/11/08	5 LM	2 ? y 1 ?	5 h
F08-04	VT (temperatura ambiente y -10°C)	26/11/08	6° LM	2 ? y 1 ?	3 h
F08-05	VT (temperatura ambiente y -10°C) + BI	26/11/08	6° LM	3 ? y 3 ?	3 h
F08-06	H2O2 0.024% + BI	27/11/08	1° LN	3 ?	2 h
F09-01	VT (temperatura ambiente y -10°C) + BI	11/11/09	3° LM	3 ? y 3 ?	4 h
F09-02	H2O2 0.024% + BI	12/11/09	4° LM	3 ? y 2 ?	2 h
F09-03	H2O2 0.048% + BI	14/11/09	5° LM	2 ? y 2 ?	2 h
F09-04	VT (temperatura ambiente y -10°C) + H2O2 0.024% + BI	16/11/09	1° LN	2 ? y 2 ?	2 h

Tabla 3.4. Experiencias de inducción a la puesta llevadas a cabo en ejemplares de *Patella ferruginea* en noviembre de 2008 y noviembre de 2009. Se indica para cada experiencia, la técnica de inducción utilizada (VT: Variaciones térmicas; BI: Agitación del agua mediante burbujeo intenso; H2O2 x%: inmersión en solución una solución de agua de mar con peróxido de hidrógeno a un valor de “x” % en volumen), la fecha, la fase lunar correspondiente (se indica el número de día de la fase lunar. LM: luna menguante; LN: luna nueva), el número de ejemplares por sexo utilizado y la duración de la experiencia. Los códigos F08 corresponden a experiencias llevadas a cabo en 2008 y los de F09 a las realizadas en 2009.

En la muestra en la que se mantuvo a pH a 9.0 durante 15 minutos, el porcentaje de ovocitos maduros continuó subiendo ligeramente en promedio desde el 11.6% hasta el 13.5%.

Frente a esto, la muestra a la que se le aplicó un cambio de pH hasta 9.0 durante 2 horas, al cabo de la primera hora el porcentaje de ovocitos maduros había incrementado hasta el 17.8% mientras que transcurrida la segunda había alcanzado un promedio del 32.3%.

Estos datos ya ponen de manifiesto el importante incremento de ovocitos con apariencia de estar maduros que se ha conseguido manteniendo los ovocitos durante un cierto periodo de tiempo a un pH de 9.0.

Por su parte en la Figura 3.29A se muestra el porcentaje de ovocitos que, 2 horas y media tras la fecundación, mostraban al menos la primera división celular, en función del tratamiento a que fueron sometidos.

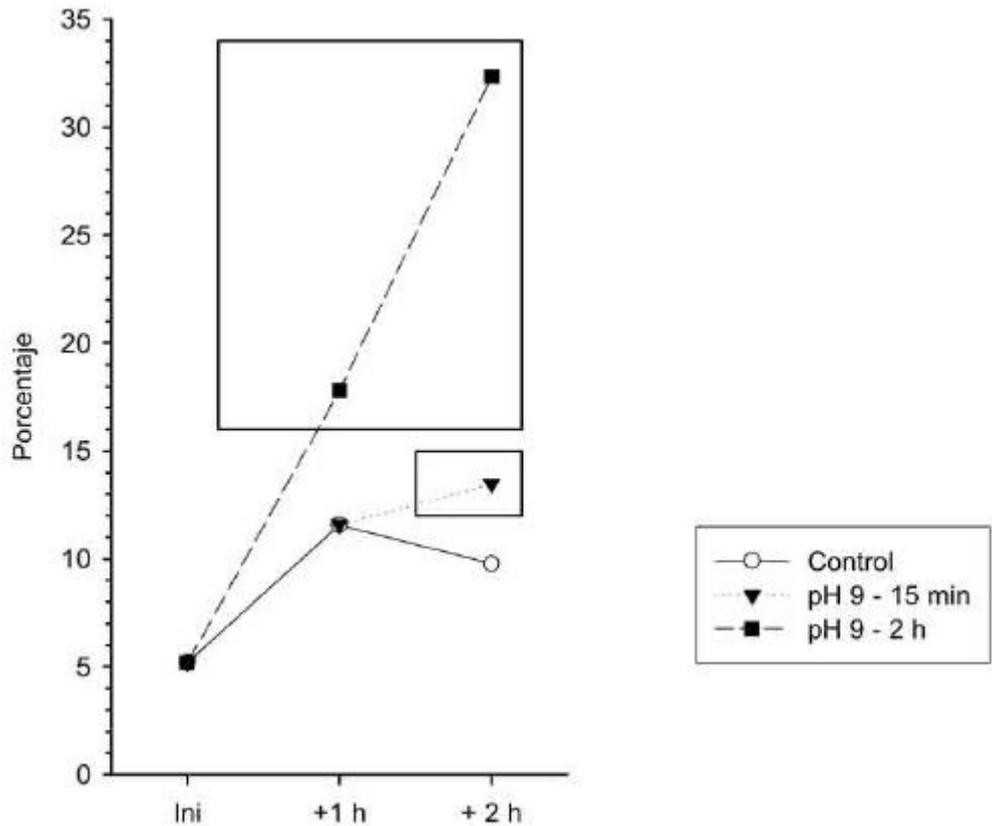


Figura 3.28. Evolución del porcentaje de ovocitos maduros (redondos y sin corion) en función de la aplicación de la técnica de la alcalinización del agua. Los cuadrados representan periodos en que los ovocitos permanecieron a pH 9.0. Ver explicación en el texto.

En este caso se observa asimismo que la alcalinización del agua de mar como técnica de maduración de los ovocitos supone un incremento muy desatacadado en el éxito de la fecundación. Así, si en las muestras control presentaba en promedio una tasa de fecundación del 0.9% (rango 0.0 – 1.7%), en las muestras con los ovocitos mantenidos a un pH 9.0 durante 15 minutos se obtenía valores medios del 7.0% (rango 1.7 – 14.4%). En las muestras en que el pH 9.0 se mantuvo durante dos horas, la tasa de fecundación mostró en promedio valores muy elevados del 39.2%, alcanzando en una de las experiencias casi el 80% de los ovocitos (rango 13.1 – 79.3%)

3.3.4. Desarrollo larvario

Los resultados anteriores, a partir de los cuales se pudo disponer de contingentes importantes de larvas permitieron realizar observaciones a lo largo del desarrollo larvario hasta alcanzar la fase pedivelíger reptante previa a la metamorfosis.

Se describe a continuación la cronología del desarrollo embrionario y larvario a partir de los cultivos obtenidos. Hay que destacar que las observaciones corresponden a

cultivos mantenidos a temperatura ambiente de las instalaciones del Laboratorio El Pirata y que ésta fue sensiblemente superior a la del agua en el entorno natural en aquel momento.

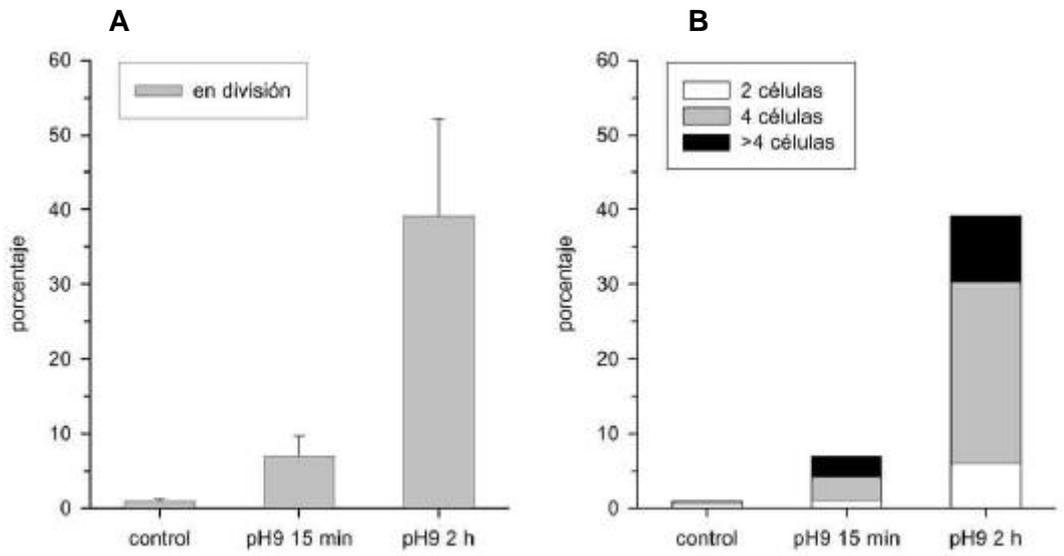


Figura 3.29. Porcentaje de embriones en las primeras fases de desarrollo respecto al total de embriones + ovocitos no divididos observados 2 - 3 horas tras la fecundación en función del tratamiento de alcalinización del medio empleado. La gráfica de la izquierda presenta el promedio (columnas) y la desviación estándar (barras) de los valores obtenidos en las tres fecundaciones realizadas en noviembre de 2009. En la gráfica de la derecha se representan los estadios de desarrollo observados durante los recuentos en la tercera de estas fecundaciones.

En la Figura 3.30 se presenta una serie de imágenes que constituye una serie casi completa de estados de desarrollo desde el momento del huevo que está siendo fecundado por los espermatozoides, hasta larvas pedivelígeres reptantes a priori lista para iniciar el proceso de metamorfosis. Por su parte en la Figura 3.31 se representan gráficamente la cronología del desarrollo, detallando el momento respecto a la fecundación en que se tomó cada imagen de la Figura anterior.

Las primeras divisiones celulares se observaron apenas hora y media tras la fecundación (Figura 3.30b). Las siguientes divisiones tienen lugar de una manera rápida y no de forma sincrónica para todos los embriones: unas dos horas y media tras la fecundación pueden observarse distintos fases del desarrollo (Figura 3.29B), desde embriones de 2 blastómeros a embriones con más de 4 blastómeros (Figura 3.30b-d).

A las 16 horas tras la fecundación se observan larvas trocóforas móviles y bien desarrolladas, que presentan la prototroca y el penacho apical de cilios (Figura 3.30e).

Poco antes de transcurridas las 24 horas desde la fecundación se observan por su parte las primeras larvas velígeres, pretorsionales y ya con una protoconcha inicial (Figura 3.29.f-h). Durante las horas siguientes, las larvas velígeres muestran un desarrollo progresivo de la protoconcha (Figura 3.30i-j).

Pasadas las 36 horas, las larvas velígeres han sufrido ya la torsión y presentan el primordio del pie bien desarrollado, así como el opérculo (Figura 3.30k-l). En esta fase

de velígeres postorsionales alcanzan ya la capacidad para retraerse en la protoconcha (Figura 3.30m)., la cual alcanza ya casi su máximo desarrollo (Figura 3.30n-o). Durante las horas siguientes el pie continúa su desarrollo, alcanzando un tamaño y una morfología que lo aproxima a su función de reptar (Figura 3.30p - s).

A partir de las 72 horas tras la fecundación se observaron las primeras larvas pedivelígeres reptantes. Observadas al microscopio, estas larvas nadan activamente utilizando el velo en la gota de agua en que están sumergidas; sine embargo cada cierto paran y en ocasiones reptan sobre la superficie de cristal del porta utilizando el pie (Figura 3.30t-x). Durante esta fase se observa además el paulatino desarrollo de estructuras en la región del velo como los tentáculos cefálicos o las manchas oculares.

Una vez alcanzada esta fase se consideró que las larvas ya debían estar en un estado suficientemente avanzado para poder realizar la metamorfosis. Por este motivo, las larvas se traspasaron a un tanque que se describe como “tanque de metamorfosis”. Ante la carencia de datos acerca del hábitat en el que tiene lugar la fijación larvaria y posterior metamorfosis en *Patella ferruginea*, se planteó procurar disponer las condiciones más probables en la que ésta tiene lugar. El sustrato rocoso sobre el que las larvas se fijan para llevar a cabo la metamorfosis cabe suponer que se localiza probablemente cerca de la superficie o incluso prácticamente en la interfase agua-aire. Se supone además que, al igual que para otras especies de moluscos, la existencia sobre este sustrato de una cobertura algal a ser considerada como “adecuada” para la especie, debe contribuir a una mayor probabilidad de fijación. Cabe plantearse que otras condiciones como composición, rugosidad, inclinación,... del sustrato puedan asimismo influir en este sentido.

Se planteó que el tanque de metamorfosis debe ser una masa de agua cerrada, con el fin de no perder las larvas en el flujo de agua del circuito cuando todavía son parcialmente nadadoras. Así, se llenó de agua de mar uno de los tanques del circuito del Laboratorio El Pirata (Figura 3.32) hasta alcanzar una profundidad de unos 10 cm y se cerró el circuito en éste.

Como sustratos de fijación se colocaron 4 placas de los sustratos desmontables (SD) que habían permanecido varios meses instaladas en el medio natural y que por lo tanto tenían una cobertura algal semejante a la del medio en que se supone que tiene lugar esta fijación. Con el fin de reducir la cantidad de fauna asociada a estos elementos a ser introducida en el sistema cerrado, las placas de los SD fueron raspadas hasta dejar únicamente una tenue película de cobertura algal. Además, se colocaron 3 difusores porosos conectados a compresores de aire con el fin de proporcionar oxigenación al agua. Asimismo se programó la iluminación del tanque mediante un temporizador para que ésta se asemejara al fotoperiodo natural para esa época del año.

Por otra parte se redactó y presentó un protocolo de instrucciones para el equipo de la empresa a cargo de la Estación Biológica. En éste destacaba sobre todo la solicitud de conectar el “tanque de metamorfosis” al sistema de recirculación de agua del Laboratorio unos 20 días después de la introducción de las larvas pedivelígeres reptantes (se asume que en ese tiempo ya podrían haberse fijado al sustrato y no serían susceptibles a ser arrastradas por el agua del circuito) y el intentar llevar particular cuidado durante los siguientes meses para mantener en condiciones óptimas los parámetros del agua del sistema.

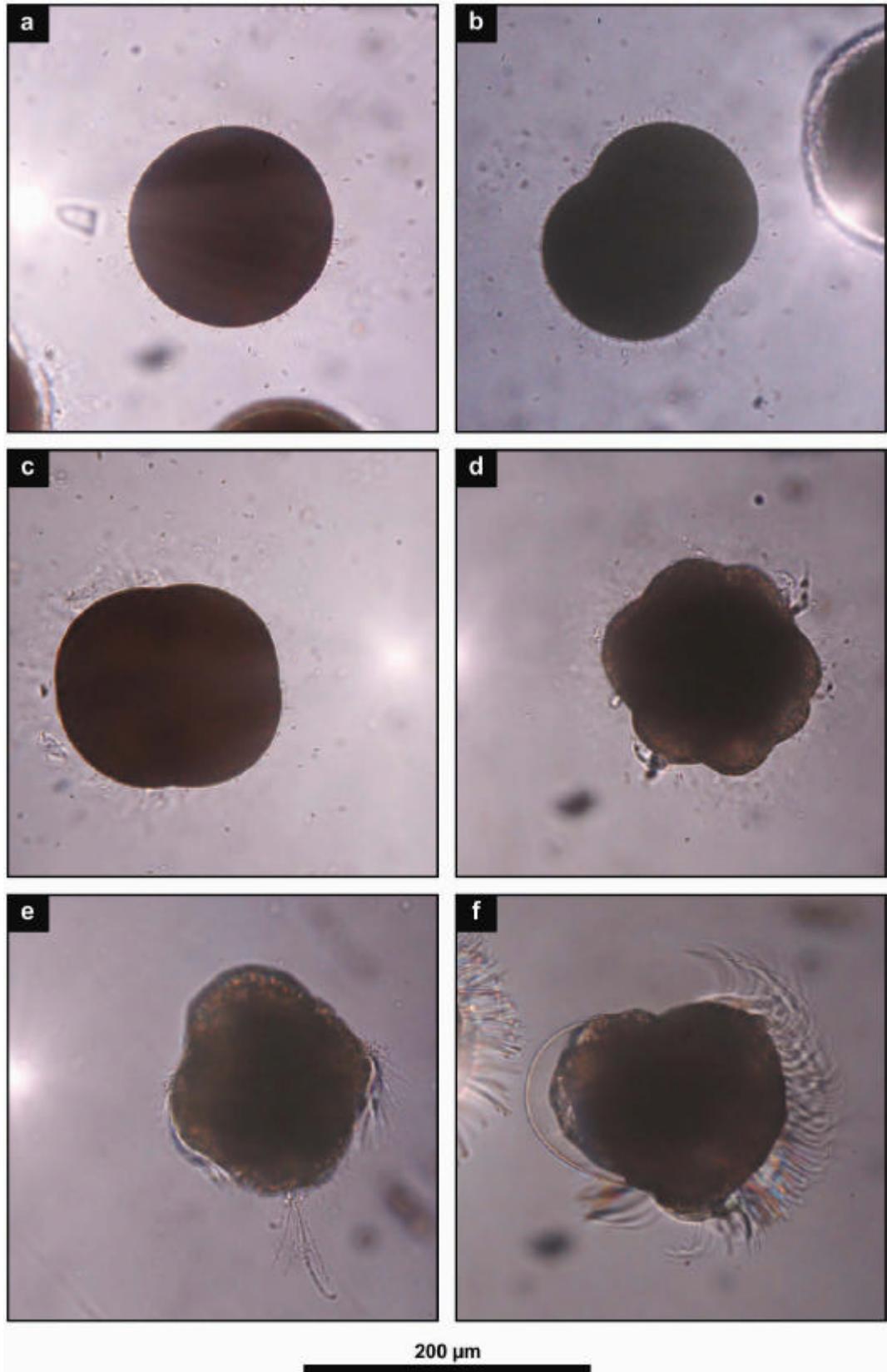


Figura 3.30. Desarrollo larvario de *Patella ferruginea*, a partir de las fecundaciones llevadas a cabo en noviembre de 2009. Se indica el tiempo transcurrido tras la fecundación en que se realizó la fotografía, en días “d”, horas “h” y minutos “m” (a) Ovocito maduro sin corion, con numerosos espermatozoides sobre en su superficie (+0h 30m). (b) Embrión de 2 blastómeros. (+01h 45m). (c) Embrión de 4 blastómeros (+03h). (d) Mórula (+04h). (e) Larva trocófora (+16h). (f) Larva velíger pretorsional (+23h 30m).

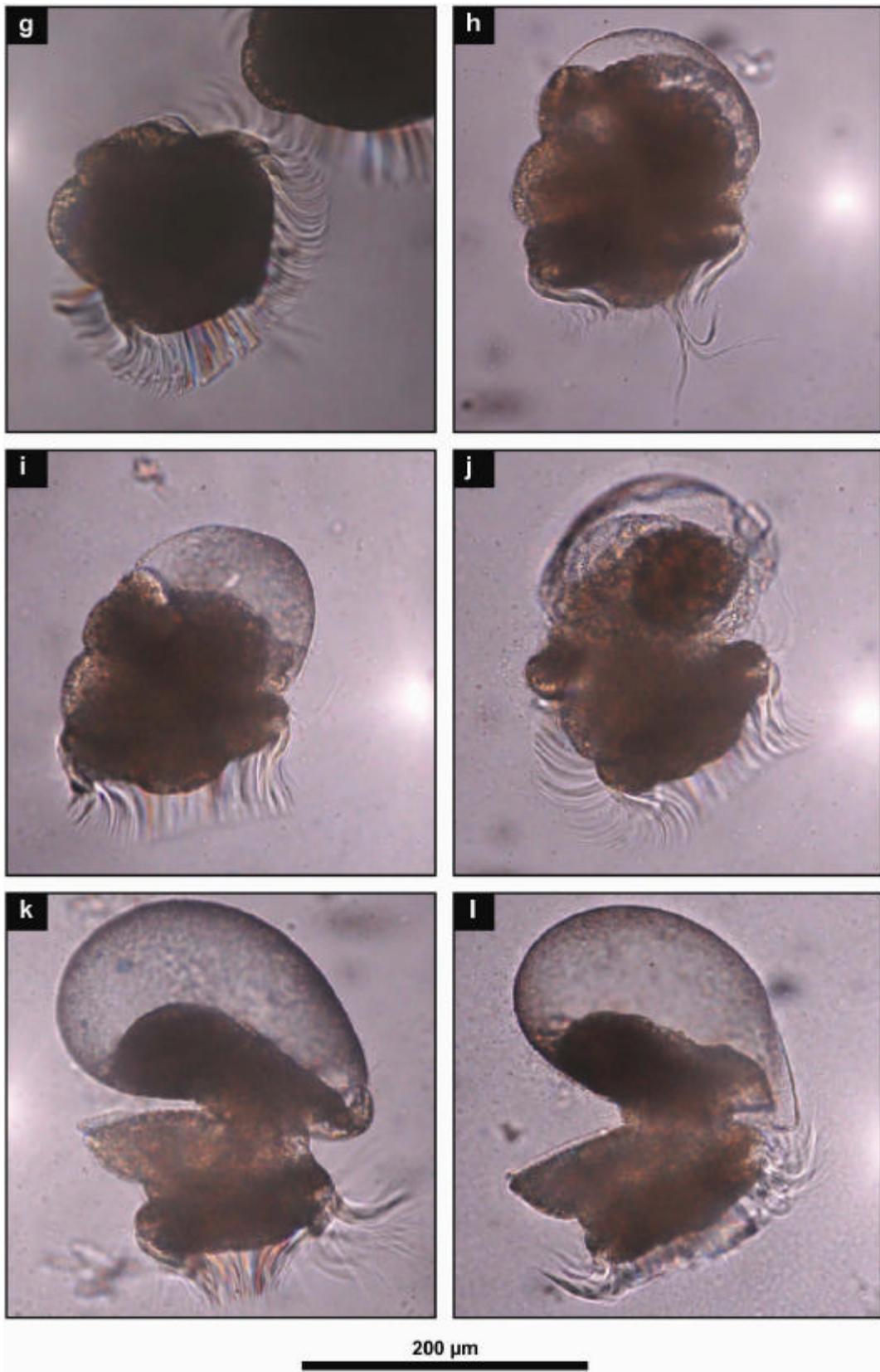


Figura 3.30. (continuación). Desarrollo larvario de *Patella ferruginea*, a partir de las fecundaciones llevadas a cabo en noviembre de 2009. (g) Larva velíger pretorsional (+23h 30m). (h) Larva velíger pretorsional (+1d 00h 15m). (i) y (j) Larva velíger pretorsional (+1d 01h 45m). (k) Larva velíger postorsional mostrando el primordio del pie y del opérculo (+1d 15h 00m). (l) Larva velíger postorsional (+1d 16h 15m).

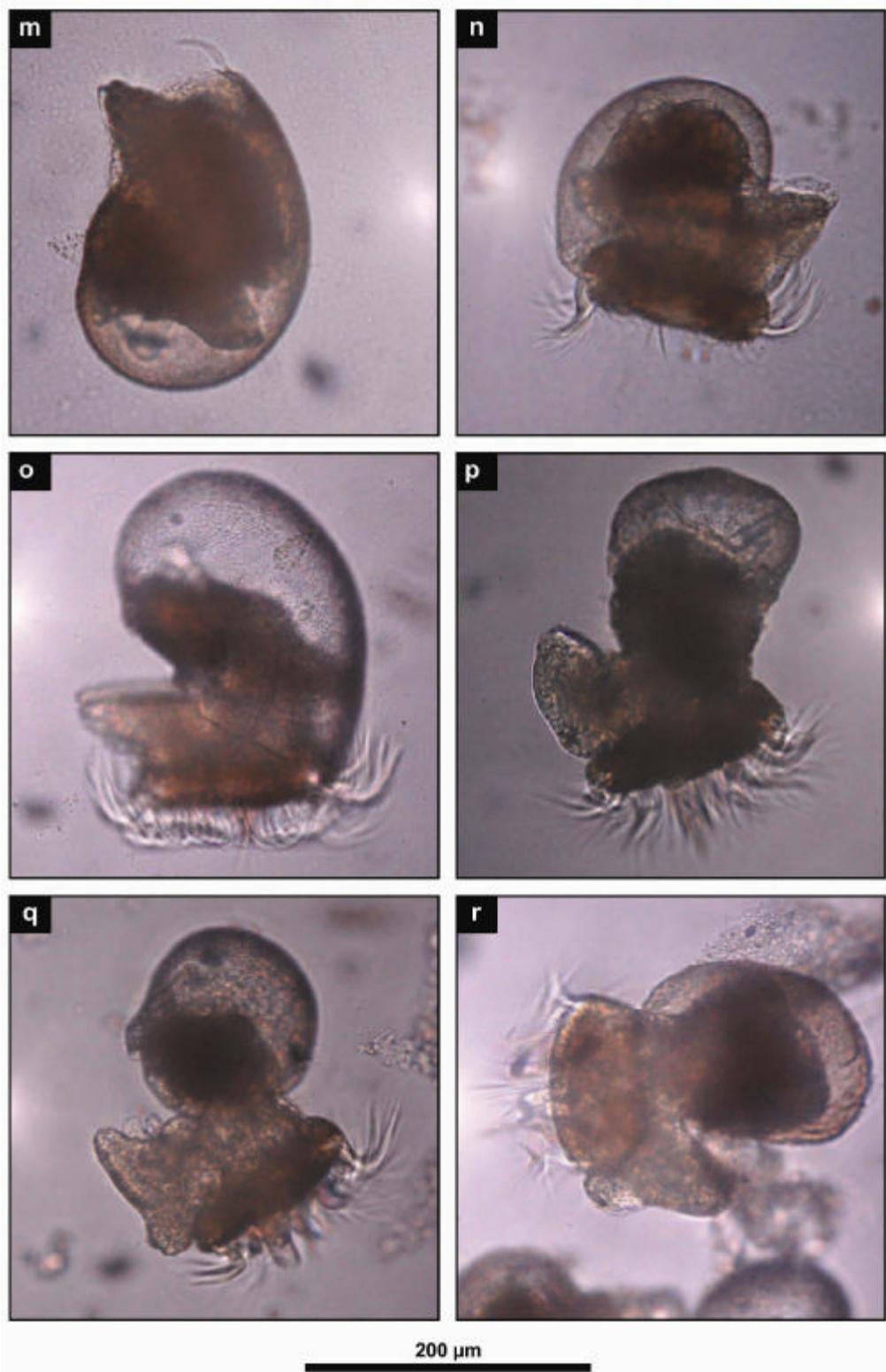


Figura 3.30. (continuación). Desarrollo larvario de *Patella ferruginea*, a partir de las fecundaciones llevadas a cabo en noviembre de 2009. (m) Larva velíger postorsional retraída en el interior de la protoconcha (+1d 17h 30m). (n) Larva velíger postorsional parcialmente retraída (+1d 18h 15m). (o) Larva velíger postorsional (+d 20h 15m). (p) Larva velíger postorsional mostrando un pie en avanzado esta de desarrollo (+2d 01h 00m). (q) y (r) Larva velíger postorsional mostrando el inicio del desarrollo de los tentáculos cefálicos (+2d 19h 00m).

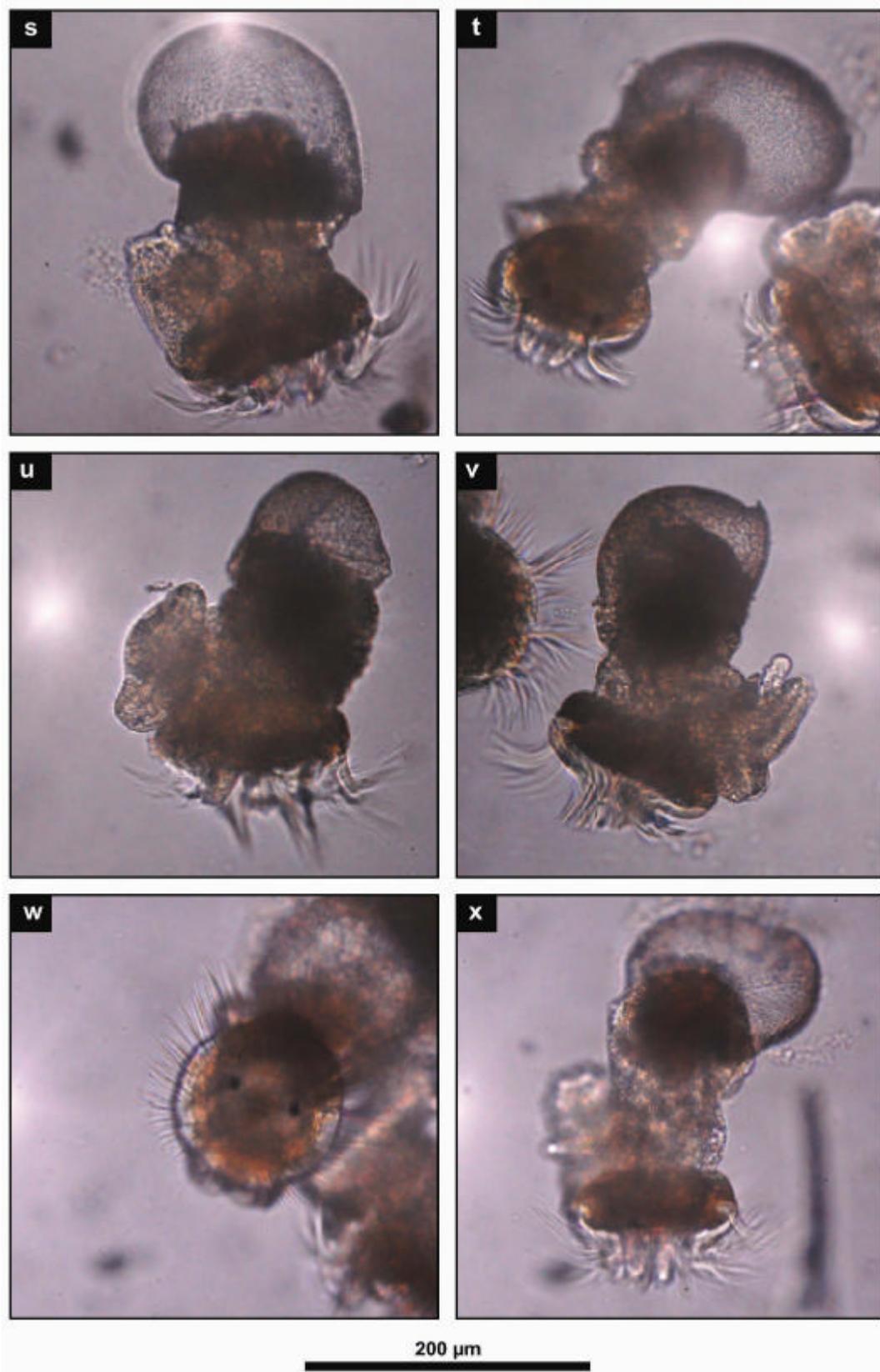


Figura 3.30. (continuación). Desarrollo larvario de *Patella ferruginea*, a partir de las fecundaciones llevadas a cabo en noviembre de 2009. (s) Larva velíger postorsional (+2d 19h 45m). (t) Larva pedivelíger reptante, mostrando el desarrollo de los tentáculos cefálicos y las manchas oculares (+3d 00h 00m). (u) y (v) Larva pedivelíger reptante (+3d 00h 15 m). (w) Detalle de la región del velo en una larva pedivelíger reptante, mostrando las manchas oculares (+3d 00h 15 m). (x) Larva pedivelíger reptante (+3d 00h 15 m).

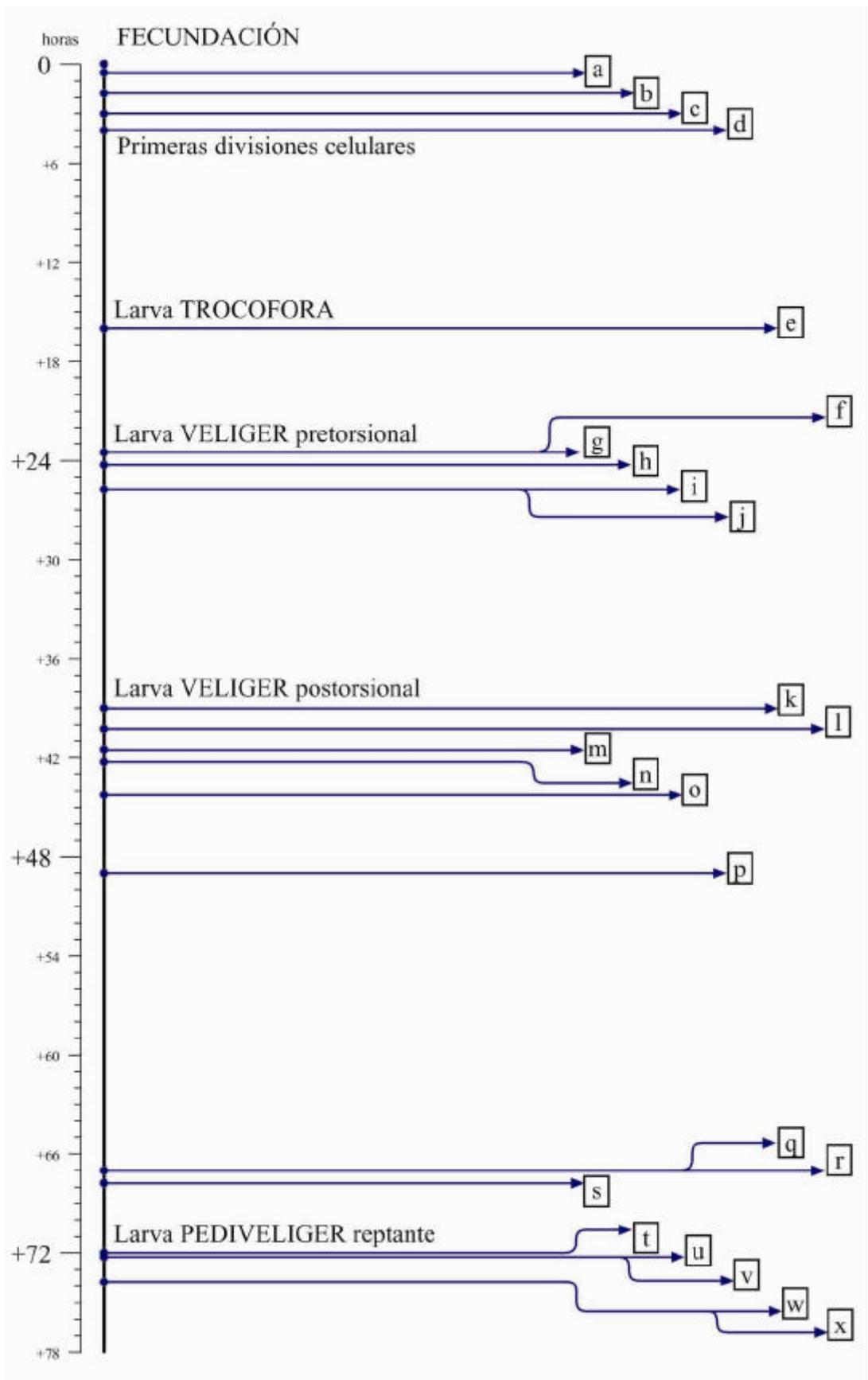


Figura 3.31. Cronología del desarrollo larvario de *Patella ferruginea*, a partir de las fecundaciones llevadas a cabo en noviembre de 2009. Se representa el tiempo transcurrido desde la fecundación para cada una de las imágenes presentadas en la Figura anterior.



Figura 3.32. “Tanque de metamorfosis” preparado en el Laboratorio El Pirata a finales de noviembre de 2009 donde se colocaron las larvas pedivelígeres reptantes para intentar conseguir la fijación al sustrato y la metamorfosis de éstas.

En la segunda quincena de marzo de 2010 se revisaron los sustratos colocados en este tanque, así como las paredes de éste. No se pudo hallar ningún juveniles de *Patella ferruginea*.

3.4. Experiencias de manejo de ejemplares

3.4.1. Acondicionamiento de ejemplares a sustratos desmontables

Como se ha comentado en el capítulo de Material y Métodos, todos los ejemplares para los que se ensayó su acondicionamiento a sustratos desmontables (SD), se hicieron en los tanques del sistema de acuarios de laboratorio El Pirata y a partir de ejemplares que habían sido capturados y manejados para realizar trabajos de reproducción controlada.

En noviembre de 2008 se utilizó este procedimiento para el mantenimiento en el sistema de acuarios y posterior devolución al medio natural en 3 ejemplares de *Patella ferruginea*. En la Figura 3.33 se presentan algunos ejemplos de este proceso.

Dos de estos ejemplares se mantuvieron sobre SD simples, uno constituido por un viejo ladrillo macizo erosionado (Figura 3.33A) y otro por una pieza de roca natural

(Figura 3.33D). En ambos casos los ejemplares se colocaron sobre los SD en los acuarios el día 21/11/09 tras ser sexados; posteriormente fueron utilizados en las experiencias de inducción a la freza. Ocho días más tarde (29/11/09) los ejemplares habían adaptado casi completamente su concha al nuevo sustrato, mediante el crecimiento de su borde exterior (Figuras 3.33B y E). Aproximadamente una semana más tarde (07/12/09) los SD fueron reinstalados en el medio natural con sus respectivos ejemplares por el técnico de la Estación Biológica Javier Díaz (Figuras 3.33C y F).

Estos 2 ejemplares fueron hallados vivos en la siguiente campaña de trabajo de *Patella ferruginea*, en junio de 2009. Uno de los ejemplares (R32) había conseguido abandonar el SD y desplazarse al litoral a pesar de necesitar para ello atravesar una pequeña franja con recubrimiento propio del mesolitoral inferior; en junio de 2009 había formado su huella a una distancia de 90 cm respecto al SD. El otro ejemplar (R31) permanecía sobre el SD y fue de hecho utilizado en los días posteriores para el ensayo de traslado de ejemplares mediante el uso de SD a una zona situada al W de Playa Larga (ver el apartado siguiente) (Figura 3.33F).

El tercer ejemplar, marcado como R33, fue colocado sobre un elemento superior de un SDD (24/11/08), en este caso una baldosa de barro cocido, que había adquirido cobertura algal tras permanecer instalado desde 5 meses antes (junio) en el medio natural en la zona del transecto EPI. En este caso, el ejemplar curiosamente se situó en el borde de la baldosa, presentado parte del pie expuesto al aire (Figura 3.34A). Al cabo de 5 días (29/11/08) la parte de la concha que se hallaba sobre el SD había adaptado casi completamente la concha a la nueva superficie (Figura 3.34B). Hay que destacar que en esta rápida adaptación pudiera haber influido el hecho de haber escogido para este elemento, de superficie muy plana, un ejemplar con el borde de la concha en prácticamente un plano uniforme. Esta baldosa se pudo devolver al medio natural el 29/11/08 colocándola sobre un elemento basal de un SDD en la zona del transecto de El Pirata (EPI)

Sin embargo en junio de 2009 no pudo hallarse el ejemplar, dado que esta baldosa, el elemento superior del SDD, se había perdido, posiblemente habiendo partido por la fuerza del oleaje.

En noviembre de 2009 de nuevo se trasladaron al sistema de acuarios algunos ejemplares adultos de *Patella ferruginea* con el fin de ser utilizados en los ensayos de reproducción controlada. Hay que destacar que en este caso se trató de una campaña muy corta, de 8 días, debido al retraso de casi una semana a la entrada al archipiélago por causas meteorológicas. Por este motivo los periodos de acondicionamiento a de los ejemplares a los SD fue en general el sistema de acuarios fueron más cortos que el año anterior. En estas circunstancias se emplearon 3 estrategias para el manejo de ejemplares.

En una primera, se trasladaron directamente ejemplares que ya se localizaban sobre SD en el medio natural, los cuales de hecho habían sido sexados el año anterior. En este caso se trasladaron 3 SD de la zona del transecto NDR, de los cuales cada uno portaba un ejemplar de *Patella ferruginea* sobre su superficie. Varios días después y tras realizar diversos ensayos de inducción a la puesta, los 3 SD junto con sus ejemplares fueron devueltos al medio natural.

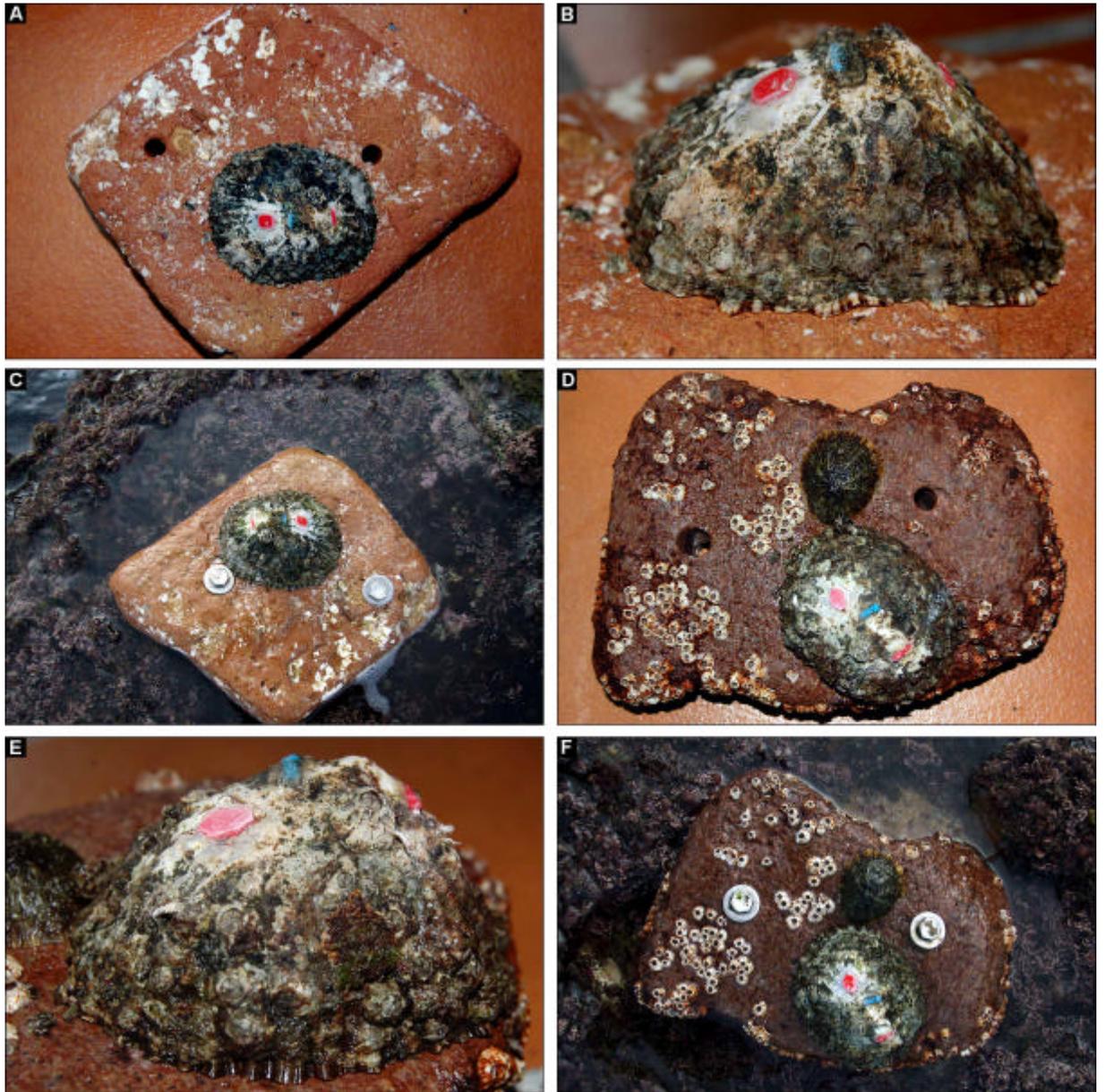


Figura 3.33. Ejemplos de acondicionamiento de ejemplares de *Patella ferruginea* a sustratos desmontables en noviembre de 2008. (A) SD con el ejemplar R31, mostrando tras 8 días en los acuarios el crecimiento de la concha para adaptación a la nueva superficie (B) y tras ser recolocado en el medio natural (C). (D) SD con el ejemplar R32, mostrando también el crecimiento de la concha tras 8 días (E) y una vez reinstalado unos días más tarde.

En la siguiente campaña, en marzo de 2010, todos estos ejemplares permanecían sobre sus correspondientes SD.

La segunda estrategia consistió en realizar el procedimiento utilizado el año anterior, colocando los ejemplares en los tanques de los sistemas de acuarios sobre SD. En este caso, todos los empleados fueron los elementos superiores de SDD. Se emplearon 4 de estos elementos para adaptar a un total de 5 ejemplares, los cuales fueron devueltos al medio natural tras un periodo de entre 3 y 6 días. Tres de estos elementos superiores eran de nylon macizo (Figura 3.34C y D) mientras que el cuarto

era una loseta de barro cocido, todos de una superficie estándar de 392 cm². Sobre la concha de uno de estos ejemplares adultos se halló en el momento de su captura un pequeño juvenil de talla inferior a 15 mm; éste juvenil se devolvió a esta localización en el momento de la reinstalación de los SDD. La distribución de ejemplares en los SDD fue: uno en la loseta de barro; 2 en sendos SDD de nylon; y 2 adultos junto con el juvenil en el otro SDD de nylon.

En marzo de 2010 se comprobó que la loseta de barro que era el elemento superior de un SDD había desaparecido, posiblemente por rotura debido a la fuerza de las olas, y el ejemplar que había inicialmente sobre ella se había perdido. Por su parte, los otros 3 elementos de nylon estaban en su sitio y se pudieron hallar todos los ejemplar que inicialmente había sobre ellos, si bien en distintas ubicaciones. Dos de estos ejemplares se habían trasladado a zonas del litoral rocoso adyacente, un adulto se trasladó de un SDD a otro, mientras que el último adulto y el juvenil permanecieron en el SDD original (estos 3 últimos ejemplares, que se muestran en el SDD en la Figura 3.36A, fueron utilizados para uno de los ensayos de traslado de ejemplares al W de Playa Larga).

Por último, la tercera estrategia consistió en intentar devolver algunos ejemplares, un total de 5, directamente al litoral, simplemente colocándolos sobre la roca y esperando a que se quedaran adheridos sobre ella.

Uno de estos ejemplares había desaparecido unas dos horas después de su devolución al sustrato. Los otros 4 ejemplares permanecían vivos en el litoral en marzo de 2010, varios meses más tarde.

Sintetizando las experiencias de ambos años, y a pesar de que el número de ejemplares utilizados en conjunto es relativamente bajo, cabe destacar algunas cuestiones.

Todos los ejemplares que fueron devueltos al medio natural adheridos a SD tras una permanencia de al menos 3 días en un sistema de acuarios sobrevivieron al medio natural durante los siguientes, a excepción de aquellos se perdieron por la rotura de la loseta en que se hallaban. Se puede hablar de un 77.8% de supervivencia (n = 9) si se consideran todos los ejemplares devueltos, o del 100% (n = 7) si se excluyen estos últimos casos, dado que la mortalidad habría ido debida a factores indirecto (la pérdida del sustrato). De cualquier modo, resulta evidente que los mejores resultados se han obtenidos con SD rocosos y con SDD en los que ambos elementos eran de nylon macizo.

En el caso de los ejemplares devueltos al litoral rocoso directamente sobrevivieron 4 de los 5 ejemplares, lo cual representa un 80%.

La adaptación de la concha a las nuevas superficies es un proceso relativamente rápido, del orden de días. Así, se han observado ejemplares que tras 8 días en condiciones de acuario mostraban una zona de más de 1 mm de concha recién formada para adaptarse completamente al nuevo sustrato.

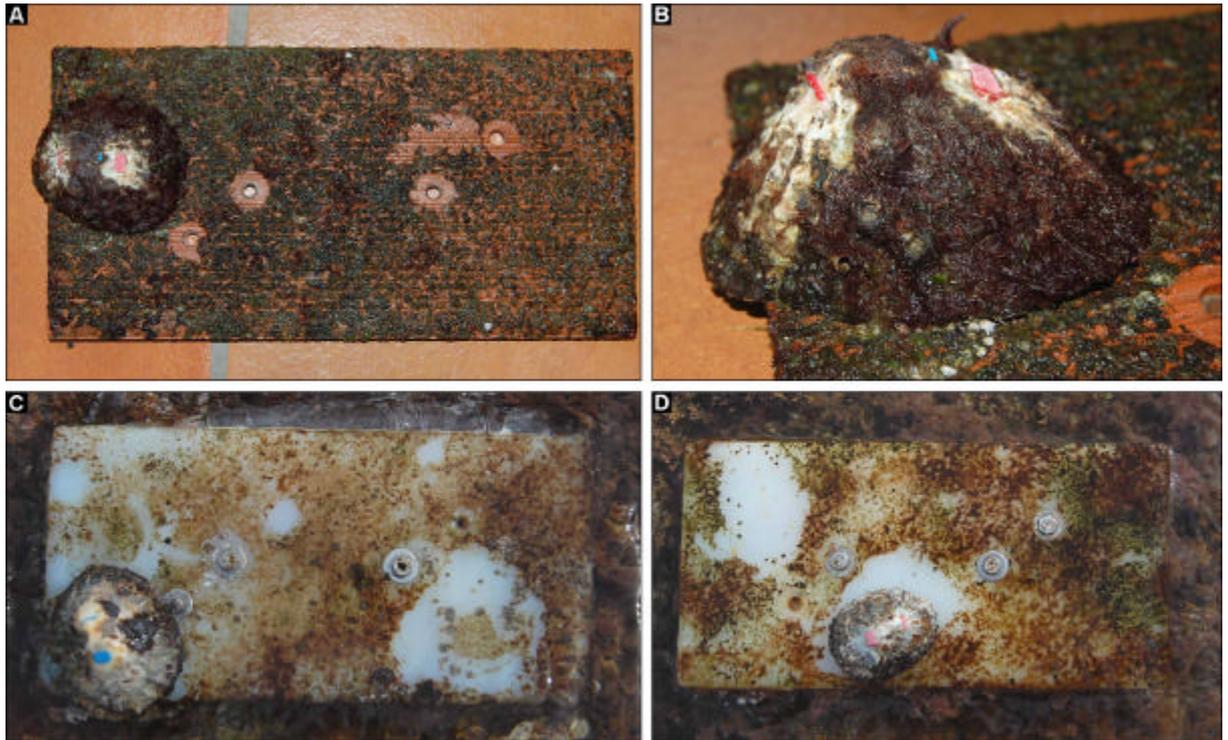


Figura 3.34. Otros ejemplos de acondicionamiento de ejemplares de *Patella ferruginea*, en este caso a sustratos desmontables dobles (SDD). (A) Elemento superior de un SDD, con el ejemplar R33 situado en uno de sus extremos, tras 5 días en los acuarios y con la concha prácticamente adaptada a su superficie (B), en noviembre de 2008. (C) y (D) Dos ejemplos de ejemplares adaptados a SDD con ambos elementos de nylon, reinstalados en el medio natural, en noviembre de 2009.

3.4.2. Traslado experimental de ejemplares entre diferentes enclaves del archipiélago mediante el uso sustratos desmontables

Se han realizado dos experiencias de traslado de ejemplares de *Patella ferruginea* mediante sustratos desmontables (SD) a lo largo del periodo de la presente Asistencia Técnica. Algunas imágenes obtenidas a lo largo de éstas se presentan en las Figura 3.35 y 3.36.

Experiencia 1

En junio de 2009 (24/06/09) se trasladaron 3 SD con un total de 7 ejemplares (respectivamente con 1, 2 y 4 ejemplares) al enclave situado al W de Playa Larga indicado en el apartado de Material y Métodos. En la Figura 3.37B se presenta la distribución de frecuencia de tallas de estos ejemplares.

Todos los SD utilizados en esta primera experiencia habían estado instalados hasta el momento del traslado en la zona del transecto Norte del Dique Roto (NDR) en Isabel II.

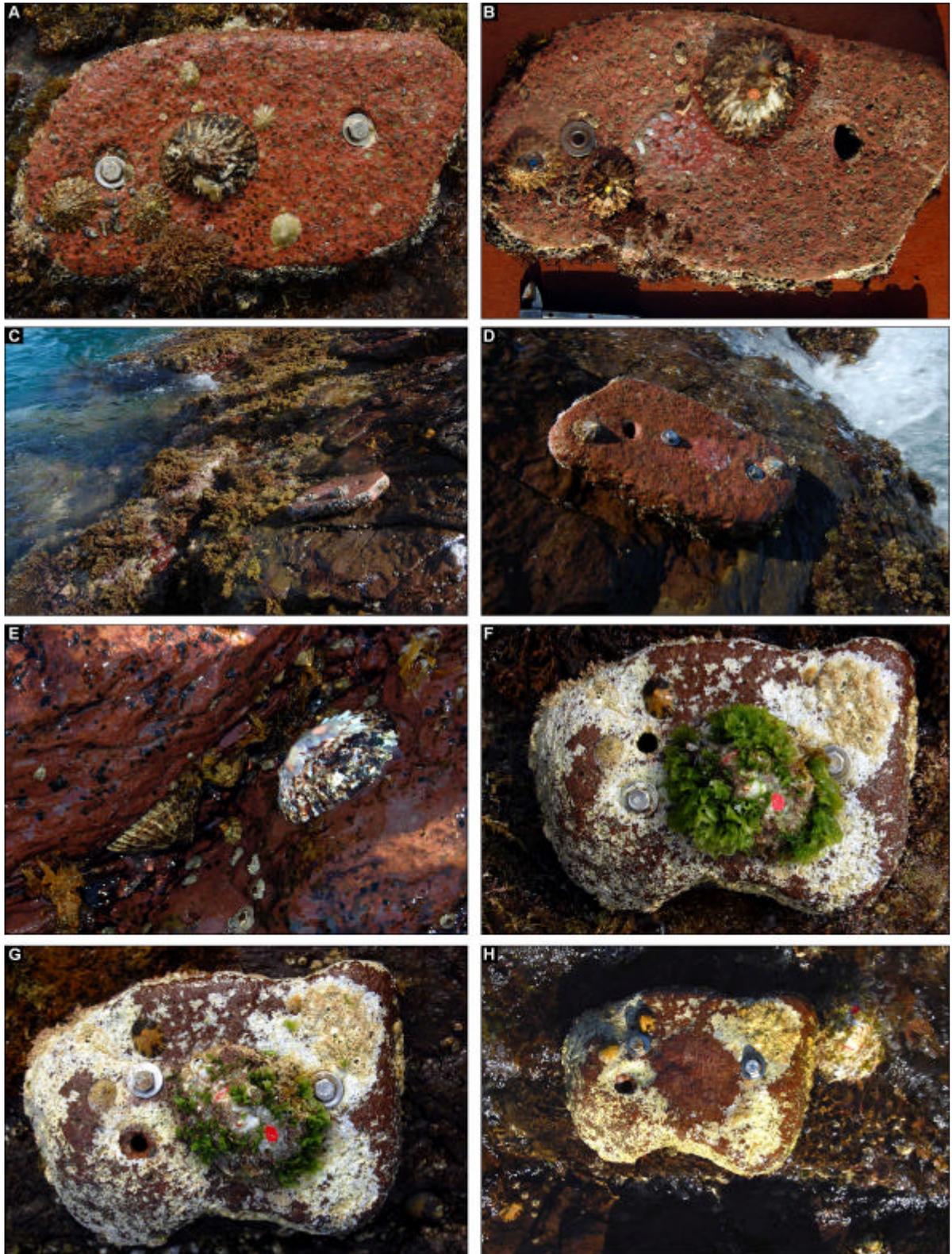


Figura 3.35. Imágenes de la primera experiencia de traslado de ejemplares mediante sustratos desmontables llevada a cabo en junio de 2009. (A) SDN02 instalado en la zona del transecto NDR (20/06/09) y desmontado para el marcaje de ejemplares (B) (23/06/09). (C) SDN02 inmediatamente tras su traslado a la zona del W de Playa Larga (24/06/09) y cinco días más tarde (29/06/09), en la que se observa que un ejemplar se ha desplazado al sustrato natural (E). (F) SDN23 con el ejemplar R32 en su zona de origen en NDR (20/06/09) y tras su traslado al W de playa Larga (24/06/09) (G). (H) Cinco días más tarde (29/06/09) el ejemplar R32 se había desplazado al sustrato natural.



Figura 3.36. Imágenes de la segunda experiencia de traslado de ejemplares mediante sustratos desmontables llevada a cabo en marzo de 2010. (A) SD de nylon con 3 ejemplares, tras su instalación (15/03/10). (B) Al día siguiente tras la instalación (16/03/10) un ejemplar se ha desplazado fuera del SD, a unos 20 cm de éste. (C) SD en junio de 2010 (16/06/10), mostrando el otro ejemplar adulto junto él, con la concha bien adaptada al sustrato, la cual muestra (D) un borde sin cobertura algal que corresponde al crecimiento reciente de ésta.

El primero de estos SD, el SDN23, presentaba un ejemplar adulto de 73.2 mm DM, ya marcado como R32 dado que era uno de los ejemplares hembra devueltos al medio natural mediante el uso de un SD en noviembre de 2008.

El segundo SD, el SDN17, portaba 2 ejemplares. Uno de ellos era un ejemplar adulto trasladado experimentalmente en septiembre de 2007 y que en junio de 2009 presentaba una talla de 69.5 mm DM. Además presentaba otro ejemplar, de 34.6 mm DM, que procedía de la fijación natural a partir del reclutamiento natural en 2008. Ambos fueron marcados previamente a su traslado con los códigos V0 y V-.

El tercer SD, el SDN02, presentaba 4 ejemplares (Figura 3.35A-B). Uno de ellos, con una talla de 54.3 mm DM procedía de la fijación natural del reclutamiento de 2006. Otros 2 ejemplares, de 35,2 y 31,4 respectivamente, procedían asimismo de la fijación natural, si bien en este caso de 2008. El cuarto era un ejemplar juvenil, de 11.0

mm DM, procedente del reclutamiento anual de ese año (2009). Ninguno de estos ejemplares habían sido previamente marcados, de manera se procedió a marcar a todos ellos a excepción del juvenil del año de manera previa a su traslado (Figura 3.35B). Los códigos utilizados fueron N0, Z- y M-

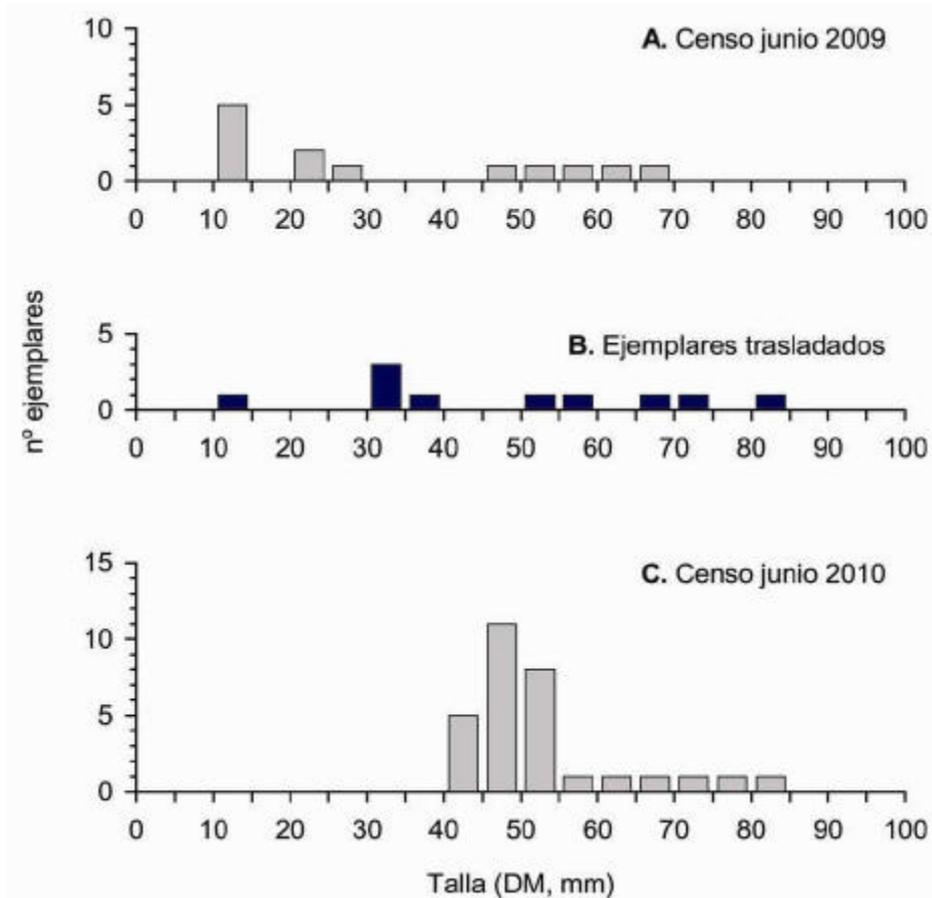


Figura 3.37. Distribución de tallas de los ejemplares de *Patella ferruginea* censados en la zona de traslado mediante sustratos desmontables al W de Playa Larga. (A) Ejemplares registrados en junio de 2009 en el medio natural. (B) Ejemplares trasladados en las dos experiencias realizadas en junio de 2009 y marzo de 2010. (C) Ejemplares censados en junio de 2010 sobre sustrato natural (incluye un ejemplar censado y marcado, Z36).

Durante el traslado en la embarcación neumática entre las dos ubicaciones, original y destino, uno de los ejemplares (N0) se desprendió del SD. Los 3 SD se habían trasladado en un capazo de goma rodeados con un trato mojado con agua de mar. Se decidió instalar primero todos los SD y posteriormente probar a adherir al ejemplar sobre el suyo original, manteniéndolo sujeto con la mano. Este ejemplar quedó adherido al SD en un periodo inferior a 2 minutos.

Cinco días después del traslado de los SD (29/06/09) 3 de los ejemplares, sobre todo aquellos de mayor talla., se habían desplazado al sustrato natural circundante a los SD.

De estos 3 ejemplares, uno se hallaba junto al SD en que se había trasladado (Figura 3.35H), uno se situaba a unos 20 cm de éste y el tercero se había desplazado

unos 85 cm respecto al SD y se situaba en una grieta junto a otro ejemplar de *P. ferruginea* (Figura 3.35E).

En la siguiente campaña de trabajo, en noviembre de 2009 se realizó una prospección de la zona de traslado de ejemplares al W de Playa Larga. Si bien se detectaron distintos ejemplares de *P. ferruginea* en la zona, no se pudo detectar ningún ejemplar marcado procedente del traslado.

Experiencia 2

En marzo de 2010 (15/03/10) se realizó un nuevo traslado de ejemplares sobre un SD. En este caso el SD se trataba de una pieza de nylon, que conformaba la parte superior de un sustrato desmontable doble (SDD), en el cual se situaban 3 ejemplares de *Patella ferruginea* (Figura 3.36A). Dos ejemplares habían sido colocados sobre el SD en noviembre de 2009, en relación con las tareas de manejo de ejemplares dirigidas a la verificación del modo de reproducción de la especie y a la reproducción controlada de ésta; el tercero se trataba de un juvenil que se había hallado en noviembre de 2009 sobre la concha de uno de éstos.

Los dos ejemplares adultos habían sido identificados en noviembre de 2009 como machos, y habían sido marcados con los códigos Z32 y Z36 y presentaban una tallas de 56.7 y 81.1 respectivamente. Previo al traslado, el juvenil, de 32.1 mm DM, fue marcado como R1.

Un día después del traslado (16/03/10) uno de los ejemplares adultos, el Z32, se había desplazado al sustrato natural junto al SD mientras que los otros dos permanecían sobre el SD (Figura 3.36B).

En junio de 2010 (14/06/10) se revisó la zona de traslado de ejemplares W de Playa Larga. Se halló el ejemplar Z36 fuera del SD, a una distancia de unos 8 cm de éste (Figura 3.36C-D). Sin embargo no se pudo hallar ninguno de los otros ejemplares marcados objeto de traslado. Por otra parte, se decidió no desmontar este SD de nylon con el fin de evaluar la perdurabilidad de este elemento en esta zona del archipiélago.

Censos en la zona de traslado

En la Figura 3.37 se presentan los resultados de los censos realizados en la zona de traslado de ejemplares al W de Playa Larga, previa y posteriormente al traslado de ejemplares.

Un primer aspecto que destaca es la baja densidad de ejemplares adultos observada inicialmente en junio de 2009, uno de los requisitos considerados para la elección de la zona de traslado. Si se tiene en cuenta que la zona censada era de aproximadamente 25 m de litoral, la densidad promedio existente de ejemplares adultos (>30 mm DM) era de 0.2 ejs.ad/m.

Un segundo aspecto que destaca es la diferencia de ejemplares juveniles (<30 mm DM) observados en 2009 y en 2010. Estos datos son coherentes con el marcado

mayor reclutamiento de juveniles de *Patella ferruginea* observado en 2008 y en 2009 en las islas Chafarinas respecto al registrado en 2010 (ver apartado 3.1.1.).

En general en esta Figura se observa cómo tiene lugar un incremento importante de ejemplares entre junio de 2009 y junio de 2010. Así, el total de ejemplares pasa de 13 a 30, habiéndose trasladado en las experiencias descritas un total de 10 ejemplares. La densidad de ejemplares adultos (>30 mm DM) aumenta asimismo de 5 a 30 ejemplares, habiéndose trasladado únicamente 9 ejemplares de este rango de tallas.

Estas variaciones pueden tener varios orígenes. Uno de ellos, el relativo al de ejemplares adultos, puede ser debido al crecimiento de juveniles, que podría ser particularmente elevado en esta zona con baja densidad de ejemplares. Otra opción para el aumento de ejemplares, particularmente aquellos de mayor talla, podría ser el desplazamiento desde zonas litorales aledañas, aunque parece poco probable (al menos de manera generalizada) por las moderadas densidades existentes en zonas próximas. Una tercera posibilidad podría ser que algunos de los ejemplares trasladados hubieran contribuido a este aumento. Esto implicaría que su desaparición aparente sería debida a la pérdida de las marcas identificativas.

Resulta difícil utilizar estos datos para inferir acerca de si parte de los ejemplares trasladados y que no fueron hallados en la última campaña en que se hicieron observaciones (junio 2010) pudieran no haber muerto sino que simplemente hubieran perdido la marca. Sin embargo la evolución de la abundancia de los ejemplares de mayor talla podría al menos para algunos casos apoyar esta idea: si en junio de 2009 se registraron 3 ejemplares de talla >55 mm DM, y a lo largo de las experiencias se trasladaron otros 4 ejemplares de este rango, en junio de 2010 se observaron 7 ejemplares de talla superior a 55 mm DM (Figura 3.37).

4. DISCUSIÓN

4.1. Seguimiento de la población en las Islas Chafarinas

Reclutamiento

Los resultados obtenidos acerca del reclutamiento de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas ponen de manifiesto, de manera semejante a años anteriores, al menos 2 aspectos muy relevantes: (1) la abundancia y regularidad de éste y (2) la variabilidad interanual existente.

En 2009 se volvió a dar de nuevo un evento de reclutamiento excepcionalmente elevado, algo había sido descrito previamente en el archipiélago los años 2001 (GUALLART, 2001) y 2008 (GUALLART, 2008). Frente a esto, en 2010 los valores fueron mucho más moderados y en el rango habitual durante el resto de años de esta década.

La importancia de los valores del reclutamiento de *Patella ferruginea* en el archipiélago durante la última década destaca sobre todo cuando se compara con otras áreas geográficas. Así, algunos 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 para la isla de Zembra; LABOREL-DEGUEN Y LABOREL, 1990b; LABOREL-DEGUEN Y LABOREL, 1991b, para enclaves de Córcega; PARACUELLOS et al., 2003, para la isla de Alborán; BAZAÏRI et al., 2004, para Cala Iris, Marruecos).

En algunos enclaves norteafricanos sí se ha descrito la presencia frecuente de juveniles de esta especie. Este es el caso de Ceuta (ESPINOSA, 2005) y de Melilla (TEMPLADO et al. (2006), donde se han detectado de manera habitual la presencia de juveniles en su litoral. En esta última Ciudad Autónoma, unos censos recientes realizados en marzo de 2010 en varios puntos del exterior de la escollera del puerto de Melilla dieron como resultado densidades de reclutas de entre 2.2 y 4.1 recl./m. (GUALLART ET AL., no publ.).

Existe información escasa pero relevante para las Islas Habidas, un pequeño archipiélago localizado frente a las costas argelinas, que ha sido comparado con las Islas Chafarinas por la importancia de la población de *Patella ferruginea* que presenta. Para estas islas BOUMAZA Y SEMROUD (2001) aportan datos de censos realizados en agosto de 1997, que suponen una abundancia aproximada de 0.6 recl./m (considerando como reclutas los ejemplares < 20 mm DM). Por su parte, en un trabajo reciente de ESPINOSA (2009) obtiene en las Islas Habidas una densidad media de aproximadamente 1.6 recl./m. Este último autor aporta también datos para otra isla argelina, la Isla Plana, para la que a partir de sus datos habría observado una densidad media de 9.75 recl./m.

Frente a esto, el promedio de todos los censos de reclutas llevados en los diferentes años para las zonas básicas de seguimiento presenta un valor de 7,52 recl./m, mientras que en varios transectos de determinados años (2001, 2008 y 2009) pueden

considerarse realmente extraordinariamente elevados, con valores que superaban los 20 recl./m.

Estos datos destacan una vez más el carácter excepcional de las Islas Chafarinas en la relación con la población de *Patella ferruginea* que alberga.

El otro aspecto destacable es la variabilidad del reclutamiento observado entre los diferentes años. Como se ha discutido ya en trabajos anteriores (GUALLART, 2006, 2008) se desconocen las causas que determinan la existencia de esta variabilidad, que, probablemente estén relacionada con diversos factores, algunos de ellos difíciles de verificar.

Uno de los factores que podría influir al éxito del reclutamiento sería las condiciones meteorológicas que tienen lugar durante la época principal de freza. La existencia de un estímulo o un grupo de estímulos que induzca a que una parte importante de la población comience la emisión de gametos es una cuestión muy relevante, sobre todo en especies de fecundación externa como *Patella ferruginea*. Se ha sugerido que el factor principal desencadenante de la freza en esta especie sería la ocurrencia de un temporal importante, coincidiendo con el descenso de la temperatura del agua de mar que tiene lugar a lo largo de los meses de octubre y noviembre que hace, que a finales de este último mes, ésta llegue a estar en torno a los 18 °C (FRENKIEL, 1975; GUALLART, 2008). Algunas observaciones realizadas durante los trabajos de la presente Asistencia Técnica apoyan estas ideas. Así, tanto en 2008 como en 2009 en que se realizó el sexado de ejemplares en estas fechas tras temporales de intensidad moderada, se comprobó que solamente una parte de la población había realizado la freza: prácticamente todos los ejemplares localizados en zonas del archipiélago expuestas a la orientación de procedencia del temporal presentaban evidencias de haber frezado mientras que los se situaban en zonas protegidas respecto a éste no lo habían hecho.

Asumiendo la validez de estas ideas, la tipología de los temporales que tienen lugar en esta época del año y que inducirían a la freza podría tener una influencia importante en el éxito del reclutamiento anual del año siguiente. Así, el hecho de que tenga lugar un temporal fuerte después de un periodo de relativas calmas podría ocasionar que prácticamente toda la población frezase al mismo tiempo, lo cual podría contribuir a una mayor tasa de fecundación. Frente a esto, la existencia de una serie de temporales de orientación variable y magnitud moderada podría hacer que disminuyera la producción de larvas en la zona, por el motivo opuesto.

Por otra parte las corrientes que tienen lugar tras este temporal, en buena parte debidas a la orientación de éste, pueden tener asimismo influencia muy importante en el éxito del reclutamiento. Así, estas corrientes, en función de su orientación y magnitud, podrían alejar a las larvas producidas por la población de la zona o acercar al litoral del archipiélago las resultantes de otras áreas próximas. Con el estado de conocimientos actual, es virtualmente imposible desarrollar modelos que permitan extraer ideas predictivas en este sentido.

Cabe destacar que si bien los temporales observados en ese periodo del año en las Islas Chafarinas y que se asociaron con la freza de *Patella ferruginea* en trabajos precedentes (2005 a 2007) fueron debidos a vientos del primer cuadrante (GUALLART,

2008), los que tuvieron lugar durante los 2 últimos años (2008 y 2009) lo fueron de una dirección casi opuesta, predominantemente de poniente. A pesar de ello, el resultado del reclutamiento en los años siguientes fue marcadamente heterogéneo si se comparan ambos, muy elevado en 2009 y moderado o bajo en 2010.

La disponibilidad de datos meteorológicos en el archipiélago, tanto de parámetros atmosféricos como de parámetros físico-químicos del agua de mar, en una serie larga y continua, contrastable con los resultados del éxito del reclutamiento en cada periodo anual, sería en este sentido de gran interés.

Seguimiento de la población y mortalidad natural

Los datos obtenidos durante la presente Asistencia Técnica han mostrado por primera vez, desde que se vienen registrando datos en una serie casi continua desde hace más de diez años, la existencia de un evento de desaparición, muy probablemente mortalidad, de un importante contingente de ejemplares de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas. Cabe plantearse que si bien hasta ahora los trabajos de seguimiento consistentes en la realización periódica de censos en transecto ponían de manifiesto el buen estado de las poblaciones y podían considerarse en cierto modo casi rutinarios y/o de utilidad moderada, en el presente caso han permitido poner en evidencia la existencia de este evento y evaluar al menos parcialmente su relevancia y extensión.

Este evento tuvo lugar en algún momento entre junio y noviembre de 2009. Aunque puede considerarse un periodo relativamente amplio (en torno a 5 meses, incluyendo tanto el periodo estival como parte del otoño) y poco concreto, hay que señalar que es así en parte por el hecho de que su detección tuvo lugar gracias a los trabajos relativos al estudio de *Patella ferruginea* relacionados con la presente Asistencia Técnica. A pesar de que existen indicios de que esta probable mortalidad de ejemplares tuvo lugar un cierto tiempo antes de noviembre de 2009 (e.g. el grado de erosión y cobertura de *biofouling* de las numerosas conchas de la especie halladas en los fondos próximos al litoral), ninguna actividad de vigilancia o seguimiento del medio natural del archipiélago, a cargo de diferente personal de trabajo en las islas, parece que tuvo constancia de este suceso.

Los resultados obtenidos entre junio y noviembre de 2009 indican en principio que al menos en 2 lugares concretos del litoral oriental de las islas de Isabel II tuvo lugar la desaparición y probable mortalidad de entre el 80 y el 90% de ejemplares adultos, así como de alrededor del 95% de juveniles procedentes del reclutamiento anual. En ese mismo intervalo parece haber tenido una disminución del número de ejemplares adultos en el archipiélago que en promedio podría ser de en torno al 25-30%. Este dato, si bien descarta que la elevadísima tasa de desaparición de ejemplares observada en los dos enclaves citados anteriormente sea un hecho generalizado en el archipiélago, sí supone en cambio plantear que la población adulta de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas pudiera haber sufrido un decremento importante.

Por otra parte cabe destacar que en un periodo posterior, entre noviembre de 2009 y marzo de 2010, los datos obtenidos no ponían de manifiesto que se mantuviera esta tendencia, sino que parecían mostrar una estabilidad en la abundancia de

ejemplares adultos, o incluso una tendencia al aumento debido al crecimiento de ejemplares reclutados durante los últimos años.

Otra cuestión relevante es que durante la última década los resultados registrados (para una síntesis de resultados reciente ver GUALLART, 2008) habían puesto de manifiesto no solamente un mantenimiento de la abundancia de la población sino, de hecho, una tendencia a su incremento.

La causa de esta probable mortalidad de ejemplares entre junio y noviembre de 2009 no es evidente. Una reflexión detallada de la información disponible al respecto sugiere plantear 2 líneas para el desarrollo de hipótesis de trabajo: (1) el origen de esta mortalidad estaría relacionada con causas naturales, o ambientales; y (2) ésta podría ser debida a acciones relacionadas con actividades humanas. No hay que descartar, además, que estos hechos fueran debidos a una acción sinérgica entre diferentes causas, que podrían corresponder tanto a una tipología como a la otra.

Existen diversos ejemplos en la bibliografía que señalan eventos de mortalidad importante en especies de lapas litorales en diferentes áreas geográficas, que pueden considerarse como de origen “natural”. Hay que destacar sin embargo que éste grupo comprende una cierta diversidad especies en cuanto a estrategias de vida y que éstas pueden ser precisamente los condicionantes que las hacen particularmente vulnerables a determinados factores ambientales.

Para distintas especies en que se ha descrito mortalidades masivas de manera más o menos periódica después de varios días de calma y condiciones de temperatura excepcionalmente elevadas, momento en el cual los ejemplares habrían estado sujetos a condiciones de riesgo de desecación particularmente estresantes (e.g. ORTON, 1933; BORLAND, 1950; HODGKIN, 1959; FRANK, 1965; SUTHERLAND, 1970; WOLCOTT, 1973; CREESE, 1980; BRANCH, 1981). Estos casos se han descrito sin embargo sobre todo para especies de lapas que habitan cotas del litoral relativamente elevadas, sobre todo especies supralitorales. Este no parece ser el caso de *Patella ferruginea*, especie propia del mesolitoral superior y para la que una parte importante de ejemplares se llega a situar en la proximidades del nivel medio del mar. Por otra parte, no se tiene ninguna constancia de que el verano de 2009 haya presentado características meteorológicas particularmente inhabituales, sobre todo en el sentido apuntado anteriormente. Desafortunadamente no se disponen de datos meteorológicos en una serie representativa de los últimos años para las Islas Chafarinas que permitan analizar numéricamente si se podrían haber dado este tipo de condiciones de manera excepcional, aunque no hubieran sido percibidas subjetivamente por el personal de servicio en el archipiélago.

Para otras especies se han descrito asimismo otros aspectos de su dinámica poblacional que condicionan la existencia periódica de mortalidades importantes de la especie. Algunos ejemplos.

BLACK (1977) discutió para la especie intermareal *Patelloida alticostata* los mecanismo de regulación de la abundancia de la especie, con tasas de crecimiento y reclutamiento que venían a amortiguar los bruscos descenso debido a la mortalidad en ejemplares adultos, la cual (a diferencia de lo observado en *Patella ferruginea*) ocasionalmente era muy elevada frente a una mortalidad prácticamente nula de los nuevos reclutas.

FLETCHER (1988) describió para *Patelloida mufria*, una especie de lapa subtidal y que alcanza densidades muy elevadas en el litoral (> 1000 ejemplares/m²), cómo en las temporadas en que aumentaba de manera importante el reclutamiento de juveniles tenían lugar una elevada mortalidad de adultos. Este autor realizó algunos experimentos que confirmaban estos datos, sugiriendo que la abundancia de juveniles jugaría un papel importante en la regulación de la población de adultos. El mecanismo propuesto por el cual éste tendría lugar estaría relacionado con la competencia por los recursos frente a los adultos y a la menor capacidad adaptativa de estos últimos., sobre todo en término de requerimientos energéticos.

BOSMAN Y HOCKEY (1988) describieron para *Patella granularis* la influencia del recubrimiento algal y de los depredadores naturales sobre diversos parámetros de la especie, concluyendo que, si bien la tasa de crecimiento, la biomasa máxima sostenible y la producción de gametos estaban relacionados con la variabilidad en la producción de biomasa algal, mientras que la mortalidad de ejemplares adultos (que venía a condicionar secundariamente estos parámetros) estaba relacionada principalmente con la intensidad de la actividad de los depredadores.

Por su parte FLETCHER (1984) estudió la dinámica poblacional de *Cellana tramoserica*, una especie con un amplio rango vertical de distribución y con una tasa de crecimiento relativamente elevada, hallando que la mortalidad anual de adultos era de en torno al 50-60% anual, si bien los juveniles presentaban una variabilidad mucho mayor, en función del hábitat que ocupaban.

Estas referencias, a modo de ejemplo, destacan la variabilidad existente en la dinámica poblacional entre diferentes especies de lapas, un grupo zoológico muy diverso que, bajo una morfología adaptativa común, presenta múltiples formas de vida y estrategias poblacionales.

Resulta difícil evaluar la posibilidad de que algunos de los aspectos descritos en los ejemplos precedentes puedan servir de base para explicar la mortalidad de ejemplares detectada en el archipiélago entre junio y noviembre de 2009, sobre todo la referida al conjunto del archipiélago. No cabe descartar la posibilidad de que algunos de estos tipos de eventos tengan lugar de manera natural en *Patella ferruginea* y que jueguen un papel básico en su dinámica poblacional. Como se ha comentado anteriormente, durante los últimos años, al menos desde 2005, se había registrado un aumento continuo de la densidad de ejemplares en los diferentes transectos de seguimiento, lo cual podría reflejar una tendencia o una estrategia que tendiera a, en un momento determinado, ser regulada mediante distintos mecanismos entre los que se incluiría la mortalidad de un cierto contingente de ejemplares adultos.

La dificultad de verificar esta posibilidad es debida en parte a la escasez de conocimientos actual acerca de la biología de *Patella ferruginea* y, en concreto, su dinámica poblacional. Los trabajos realizados durante los cinco años en las Islas Chafarinas han supuesto un incremento muy relevante en el conocimiento de muchos aspectos básicos de su biología que, hasta entonces, eran prácticamente desconocidos. Un ejemplo claro son los resultados presentados relativos a la presente Asistencia Técnica. Sin embargo es evidente que aspectos más complejos como su dinámica poblacional requieren un esfuerzo de trabajo adicional considerable.

En este sentido el planteamiento de dirigir los estudios a realizar en años próximos a esta línea de investigación, la dinámica poblacional de la especie, puede ser muy recomendable. Hay que destacar sin embargo algunas limitaciones para llegar al nivel de conocimiento disponible en este campo para otras especies de este grupo. Esto es debido a que muchos de los conocimientos obtenidos en este campo proceden de experiencias que suponen la manipulación de importantes contingentes poblacionales de la especie con fines puramente experimentales (e.g. eliminación de numerosos ejemplares en una determinada zona para evaluar si la disminución de la densidad aumenta el reclutamiento, la tasa de crecimiento o la supervivencia de ejemplares) y que a menudo implican la mortalidad de éstos. Hay que plantear que muchas de éstas experiencias deben considerarse como inviables o marcadamente no recomendables para ser llevadas a cabo en una especie como *Patella ferruginea*, teniendo en cuenta no solamente su estatus de protección sino la fragilidad de sus poblaciones. A pesar de ello, los trabajos que puedan desarrollarse para analizar la dinámica poblacional y la mortalidad de la especie son sin duda de gran importancia, si bien deberían de condicionarse a las características singulares de esta especie.

Respecto al otro grupo de posibles causas de la mortalidad de ejemplares de *Patella ferruginea* detectada en las Islas Chafarinas, es decir, las acciones de origen humano, las dos principales que en principio puede plantearse serían la captura o recolección directa de ejemplares por parte del personal de servicio (o visitantes) a las islas y la emisión o arribada de sustancias tóxicas en el agua de mar de su entorno.

La posible recolección de ejemplares puede representar evidentemente una causa de mortalidad directa, si bien al menos a corto plazo no puede considerarse que pudiera ser la causa de una reducción más o menos generalizada de la población en el archipiélago. En un momento inicial, en noviembre de 2009, se pensó como la causa más probable de la desaparición de numerosos adultos marcados observada en 2 zonas de la isla de Isabel II, en la zona de los transectos de EPI y NDR. Así, en el momento de la primera observación de este hecho se encontraban junto a la zona varios soldados pescando con caña. Llamó la atención, al conversar con ellos el hecho de que desconocían totalmente que hubiera una especie de lapa protegida en la zona y que hubiera algún tipo de normativa que restringiera la recolección de especímenes de fauna; de hecho, uno de los soldados pidió con una cierta insistencia que la persona que estaba haciendo estas inspecciones le consiguiera “un erizo de mar para utilizarlo como cebo”.

Algunos trabajos posteriores han descartado que ésta sea la causa principal de la desaparición de ejemplares en las zonas NDR y EPI. Así, en los censos realizados en estas zonas días más tarde, se pudo comprobar que habían desaparecidos ejemplares correspondientes a todo el rango de tallas, tanto juveniles como adultos (ver Figuras 3.11 y 3.12). En este sentido parece poco razonable suponer que se hubiera producido la recolección por parte del personal militar de servicio en las islas de un número tan elevado de ejemplares y sin ningún tipo de preferencia por determinados tamaños de ejemplares. Por otra parte, como se ha señalado, esta posible recolección de ejemplares difícilmente habría podido ser la causa de la disminución de ejemplares adultos, en grado moderado, aparentemente detectada para lo totalidad del archipiélago.

El otro aspecto de origen humano que podría estar relacionado con la desaparición o mortalidad de ejemplares detectada sería la presencia en el litoral, en particular en el agua de mar, de alguna sustancia tóxica que hubiera podido provocar ésta.

No se dispone de información acerca de la calidad del agua del archipiélago, dado que hasta la fecha no se ha realizado ningún trabajo en este sentido ni parece que se haya desarrollado ningún protocolo de trabajo, dentro de las tareas de seguimiento del personal encargado de la Estación Biológica, para la obtención de una serie continua de datos en este sentido.

Cabe destacar sin embargo que desde hace un tiempo se ha venido observando que el principal vertido de las aguas residuales de la población existente en el archipiélago, en la isla de Isabel II, presenta una calidad muy baja. Éste se sitúa en la cara Sur de la isla, a unos 50 m al Este del muelle chico y, desde hace alrededor algo más de un año, cuenta con un nuevo sistema para la depuración de las aguas residuales. Es aparentemente desde ese momento que las características del agua de vertido parecen haber disminuido de calidad. Al menos durante las estancias en el archipiélago correspondientes a la presente Asistencia Técnica, en las proximidades del punto de vertido se podía percibir un fuerte olor a materia orgánica en descomposición. Un ejemplo de la coloración del agua del vertido se muestra en la Figura 7.10 en el Anexo 1.

No se conocen las causas de este hecho, si es por el malfuncionamiento de las instalaciones de depuración o porque parte del agua sale por los rebosaderos sin tratamiento.

De cualquier modo el resultado es que durante las campañas de la presente Asistencia Técnica, además de las observaciones de olor y color del vertido, se han podido observar a menudo manchas de espuma en los charcos de las proximidades de desagüe. Esta espuma es aparentemente muy diferente de la que se forma en el mar tras fuertes temporales, pues está presente únicamente en las cercanías de esta zona incluso tras varios días de calma (Figura 4.1A-B).

Además, en algunas ocasiones de mar en calma se ha observado cómo este tipo de manchas de espuma alcanzaban la zona del transecto EPI (donde en noviembre de 2009 se detectó la desaparición de más del 90% de ejemplares de *Patella ferruginea*) e incluso quedaban cubriendo parte del sustrato emergido, a un nivel generalmente ocupado por *Patella ferruginea* (Figura 4.1D).

Los datos acerca de la sensibilidad de *Patella ferruginea* frente a la contaminación del agua son en parte contradictorios. Mientras PORCHEDDU Y MILELLA (1991) indicaron que la presencia de *P. ferruginea* está asociada a aguas no polucionadas y bien oxigenadas, DONEDDU Y MANNUZA (1992) consideraron que esta especie era poco selectiva en cuanto a pureza de las aguas, dado que había sido citada en ocasiones en ambientes portuarios. ESPINOSA ET AL. (2007) analizaron la distribución de ejemplares de ésta y otras especies de lapas en el entorno de un emisario de aguas residuales en el interior del puerto de Ceuta y concluyeron que era la más sensible de todas a estos vertidos, dado que no aparecía hasta una cierta distancia (32 m) respecto del punto de desagüe. Observaciones realizadas en las Islas Chafarinas muestran en

cambio que su sensibilidad podría no ser tan elevada, dado que se han observado ejemplares aislados en los muros casi bajo el mismo punto de vertido. Una percepción subjetiva sugiere que podría haber habido una disminución del número de ejemplares en el entorno del desagüe (entre el muelle chico y el avance del muro situado a unos 100 m al oeste) en los últimos años, si bien no hay datos claros disponibles a este respecto.



Figura 4.1. Algunos ejemplos de la problemática de la calidad de agua en torno a la isla de Isabel II. (A) y (B) Entorno del punto de vertido de la depuradora en las proximidades del muelle chico, mostrando cúmulos de espuma en los charcos litorales (15/03/10). (C) Zona del transecto EPI, en la proximidades del laboratorio El Pirata, en la que muestra la acumulación de restos de basura y de espuma en el piso mesolitoral superior (14/03/10). (D) Detalla de la zona anterior, en la que se muestra cómo la espuma recubre de manera continua, durante la marea baja, la cota del litoral habitualmente ocupada por ejemplares de *Patella ferruginea* (15/03/10).

Un hecho que podría explicar que hubiera tenido lugar una mortalidad de ejemplares de *Patella ferruginea* no de manera continua sino de forma puntual sería que las sustancias tóxicas vertidas por el sistema de desagüe y que hubieran afectado a la especie no fueran tanto la materia orgánica, que llegaría de forma más o menos

continua, sino que se tratara de otros vertidos que hubieran podido realizarse de manera excepcional, e.g. disolventes utilizados en determinados trabajos y que hubieran podido ser descartados vertiéndolos al desagüe.

El hecho de que la mortalidad de ejemplares hubiera tenido muy probablemente un cierto tiempo antes de la campaña de noviembre de 2009 (por el recubrimiento algal hallado en las conchas muertas en el fondo, tal y como se ha descrito anteriormente) no posibilitaba la toma de muestras para intentar contrastar esta hipótesis.

Un aspecto llamativo si ésta fuera la explicación de la mortalidad de ejemplares en EPI y NDR sería el hecho de que no hubiera desaparecido toda la población de *Patella ferruginea* en el entorno de punto de vertido y sí a varias decenas de metros de éste donde se localizan estos enclaves. Sin embargo este hecho podría tener una explicación razonable. Una característica común que tienen los dos tramos de litoral de los transectos EPI y NDR es que corresponden a plataformas subhorizontales, mientras que los otros tramos próximos, incluidos lo que han sido objeto de seguimiento y que han presentan un descenso mucho menor de ejemplares (i.e. “El Pirata. Muros Sur”, “Escollos El Pirata”, “Escollos Playa de los Cubano”) son sobre todos superficies inclinadas o verticales. Así, siguiendo las observaciones anteriores que muestran cómo la espuma procedente de un vertido puede tender a acumularse en los charcos y superficies poco inclinadas, cabe plantearse que este posible vertido, ante una situación de calmas relativas, hubiera tendido a acumularse y a afectar sobre todo a los ejemplares de *Patella ferruginea* localizados en las zonas de EPI y NDR, ocasionando el grado de mortalidad detectado, mientras que en el resto de zonas se habría producido un lavado de estos posibles productos tóxicos más rápido y una menor afección de los ejemplares.

Resulta difícil concluir en estos momentos la causa de la desaparición de ejemplares observada. Puede considerarse que se trata de dos fenómenos diferentes o tal vez complementarios: una mortalidad muy elevada de ejemplares en dos zonas concretas del archipiélago (EPI y NDR) y una mortalidad al parecer moderada en diferentes puntos del archipiélago, tal vez incluso de manera más o menos generalizada.

El conjunto de estas observaciones supone una situación singular para la población de *Patella ferruginea* en el archipiélago, si bien posiblemente de momento no deba considerarse como preocupante, dado que observaciones posteriores en marzo de 2010 han puesto de manifiesto el mantenimiento de la abundancia de la población adulta (incluso una cierta recuperación por el crecimiento de reclutas de años anteriores) así como una tasa de reclutamiento moderada pero abundante, semejante al promedio de años anteriores.

Respecto a la desaparición masiva de ejemplares en NDR y EPI, al margen de que hubiera podido ser debida a causas naturales, llama la atención de que estos dos enclaves coincidan en ser a la vez zonas muy accesibles al personal de servicio en las islas y relativamente próximas a un punto de vertido contaminante, factores ambos que potencialmente pueden suponer mortalidad de ejemplares de *Patella ferruginea*.

Al margen de que una de estas características, o las dos, hayan podido ser o no las causas de las mortalidad de ejemplares descrita en estos dos enclaves, resulta sin duda recomendable realizar actuaciones que conduzcan a minimizar el riesgo de que éstas puedan afectar a las poblaciones locales en el futuro.

En este sentido, se plantea la necesidad de mejorar la calidad de agua del vertido al mar de la población de la isla de Isabel II, mediante un sistema de tratamiento de aguas adecuado, así como implementar protocolos de trabajo para asegurar el buen funcionamiento de éste.

Por otra parte, hasta hace poco tiempo se consideraba mínima la incidencia de captura de ejemplares por parte del personal militar (o trabajadores civiles) de servicio en las islas, sobre todo debido al conocimiento que tenían los mandos y la tropa del estatus de protección de la especie. La constatación de que al menos de manera puntual algunos soldados desconocían la prohibición de recolectar ejemplares en la fauna local en general, y en particular de esta especie protegida, está posiblemente relacionada con los cambios producidos recientemente en los Cuerpos del Ejército que cubren el servicio en el archipiélago. Por este motivo, sería recomendable renovar los esfuerzos para difundir esta información y resaltar la importancia del cumplimiento de las normativas vigentes, todo ello acompañado por una vigilancia eficaz por parte de los miembros de la Estación Biológica.

4.2. Estudios de aspectos de la biología de *P. ferruginea*

Crecimiento y longevidad

Hasta hace unos pocos años los únicos conocimientos disponibles acerca del crecimiento y longevidad de *Patella ferruginea* eran los aportados 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. Partiendo de esta simple información, LABOREL-DEGUEN Y LABOREL (1990b, 1991b) sugirieron que *Patella ferruginea* sería una especie de crecimiento lento y posiblemente de una prolongada longevidad, algo que ha sido asumido tomando como referencia a estos autores (e.g. TEMPLADO Y MORENO, 1997; TEMPLADO, 2001).

Los datos aportados por GUALLART (2006, 2008) durante los últimos años acerca del crecimiento de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas supusieron una primera contribución importante al conocimiento en este sentido. En estos trabajos se presentaron una serie de datos iniciales acerca de la tasa de crecimiento y se realizaron estimas de los parámetros relativos al modelo de Curva de Crecimiento de von Bertalanffy (CCVB) para la especie. Se destacaba la estacionalidad del crecimiento de la concha de los ejemplares, siendo mayor en invierno y en primavera y menor en verano y otoño, así como una elevada variabilidad de la tasa de crecimiento, particularmente en ejemplares de talla pequeña o moderada. Además se puso evidencia que en determinados casos se podía producir un crecimiento negativo de la concha (posiblemente debido a fenómenos erosivos de origen ambiental) lo cual, entre otras cosas, destacaba como un aspecto metodológico muy relevante a tener en cuenta para el análisis de los datos. En general, se remarcaba la necesidad de un seguimiento de ejemplares a medio o largo plazo como un requerimiento básico para comprender de manera adecuada el complejo modelo de crecimiento y la longevidad de esta especie

De manera paralela, ESPINOSA (2005) obtuvo datos de crecimiento de *Patella ferruginea* en Ceuta, en el marco de un proyecto de traslado de ejemplares relacionado con obras de ampliación del puerto de esta Ciudad Autónoma. Estos resultados fueron revisados y publicados recientemente por ESPINOSA ET AL. (2008).

En los trabajos de Ceuta, estos autores describen la realización de un seguimiento durante 2 años en dos contingentes de ejemplares: un primer grupo de ejemplares trasladados a una nueva ubicación y un segundo grupo de ejemplares “control”. Dejando al margen los resultados relativos a los ejemplares trasladados (que cabe asumir que presentarían una alteración de su patrón natural de crecimiento debido al traslado) el grupo de ejemplares control en principio aportaría información acerca de la tasa de crecimiento en el medio natural de la especie en la zona.

En GUALLART (2008) se presentaron ya algunas consideraciones y valoraciones de la información y conclusiones presentadas por ESPINOSA (2005). En la presente discusión se resume algunos de estos aspectos y se comentan algunas cuestiones adicionales, haciendo particular referencia a la publicación posterior de ESPINOSA ET AL. (2008)

Un primer hecho destacable es que estos autores, partiendo de datos de crecimiento procedentes del marcaje de ejemplares, no deciden analizarlos con el fin de describir el patrón o los patrones de crecimiento de la especie mediante modelos habituales (e.g. la curva de crecimiento de von Bertalanffy), lo que sería un análisis inmediato y de elevado interés. Frente esto, centran su trabajo fundamentalmente en analizar la longevidad de la especie y su variabilidad entre zonas, algo sin duda mucho más impreciso y que llevan a cabo de hecho a partir de cálculos de la CCVB (si bien estos últimos resultados los comentan prácticamente de pasada).

Estos autores indican marcadas diferencias en el crecimiento entre los ejemplares en el interior y en el exterior del puerto de Ceuta, lo cual asocian a la mayor disponibilidad de recursos tróficos en la parte interior. Curiosamente, los valores que analizan con más detalle son los resultantes del seguimiento de ejemplares durante un año, mientras que los procedentes del seguimiento de 2 años los consideran menos relevantes por disponer de una menor cuantía de datos, a pesar de que podrían considerarse más representativos por proceder de un seguimiento más prolongado.

En realidad las diferencias detectadas entre ambos ambientes resultan en modelos marcadamente diferentes, tal y como se observa en la Figura 4.1. Pero esto es así no solo entre las zonas interior y exterior del puerto sino entre los resultados procedentes de uno o de 2 años de seguimiento. En la Figura 4.1B se observa asimismo como la diversidad de los cuatro modelos resultantes (interior / exterior y 1 año / 2 años) es muy marcada, y considerablemente mayor a la diferencia entre los diferentes modelos resultantes del presente trabajo utilizando diferentes procedimientos de análisis de los resultados.

Aun así, uno de los hechos más llamativos del trabajo de ESPINOSA (2005) y de ESPINOSA ET AL. (2008) es la metodología para estimar la longevidad de la especie. Estos autores llegan a emplear 3 procedimientos de cálculo para sus datos, a partir de los cuales sugieren que la longevidad para *Patella ferruginea* en el interior del puerto podría ser entre 8.89 y 20.04 años y la del exterior del puerto entre 23.75 y 47.17 años.

Al margen de la marcada amplitud del rango de las estimas obtenidas, hay que destacar que algunas de las premisas en que se basan los cálculos realizados son como mínimo discutibles.

Una de estas premisas es que el crecimiento corporal no puede ser negativo. Como ya se ha discutido previamente (GUALLART, 2008), ésta puede ser válida cuanto se trata del crecimiento corporal de otros grupos zoológicos (e.g. peces), pero en el caso de los Patellidae, al utilizar como parámetro corporal la longitud de la concha, esto es perfectamente posible (e.g. DAY ET AL., 2000), como ha sido puesto de manifiesto para *Patella ferruginea* (GUALLART, 2008).

Otra cuestión muy discutible es el hecho de que todos los cálculos de estos autores se basan en considerar la longevidad como el periodo de tiempo necesario para alcanzar una determinada talla. En este caso utilizan como referencia la talla de “90 mm”, si bien lo hacen de una manera bastante arbitraria (“*Taking into account that the a/b value was 94.83 outside the harbor, we have selected 90 as hl.*”, p 379) y, sobre todo, uniforme para todos los ambientes. Resulta llamativo que si bien en los distintos ambientes estudiados (i.e. interior y exterior del puerto) la tasa de crecimiento es marcadamente diferente (L8 y k), no citan que la talla máxima alcanzada en estos también lo es de una manera semejante. Este aspecto no es tratado en el texto de la publicación, pero puede hallarse en otra de autores semejantes (ESPINOSA ET AL., 2006), en las que se observa (Figs. 1 y 2, op.cit.) una marcada diferencia entre ambos ambientes en cuanto a la talla máxima, que parece coincidir con las diferencias en cuanto a L8.

Resulta por ejemplo extraño, que se utilice como referencia para calcular la longevidad una talla a alcanzar de 90 mm, en un ambiente en que raramente se encuentran ejemplares por encima de 80 mm DM (exterior del puerto; Figura 1 en ESPINOSA ET AL., 2008). Y teniendo en cuenta esta cuestión, no resulta extraño que alcanzar esta talla en ese ambiente se estime en un periodo muy elevado, que puede superar los 47 años (p. 380, op. cit.).

Sumando todas estas cuestiones y si se tiene en cuenta además que se han utilizado datos de seguimiento de un solo año para extrapolar los datos hasta pretender obtener estimas de hasta más de 30 o 40 años (en una especie para la que los propios autores describen una variabilidad en el crecimiento considerable), resulta inevitable poner en duda la exactitud de los resultados presentados por estos autores

En este sentido, resulta llamativo que los autores no parezcan tener ningún reparo en afirmar en el resumen de la publicación más reciente que sencillamente “[...] la longevidad de *P. ferruginea* ha sido estimada en un rango entre 8.89 y 35.72 años dependiendo del ambiente” (el subrayado procede del autor de este informe) (“[...] *the longevity of P. ferruginea was estimated to range between 8.89 and 35.72 years depending on the environment*”)

Los elementos de la discusión aquí presentados acerca de los trabajos de ESPINOSA (2005) y ESPINOSA ET AL. (2008) no pretenden poner en duda la validez de los datos presentados por estos autores sino, si acaso, la utilidad e interés de las conclusiones alcanzadas a partir de éstos.

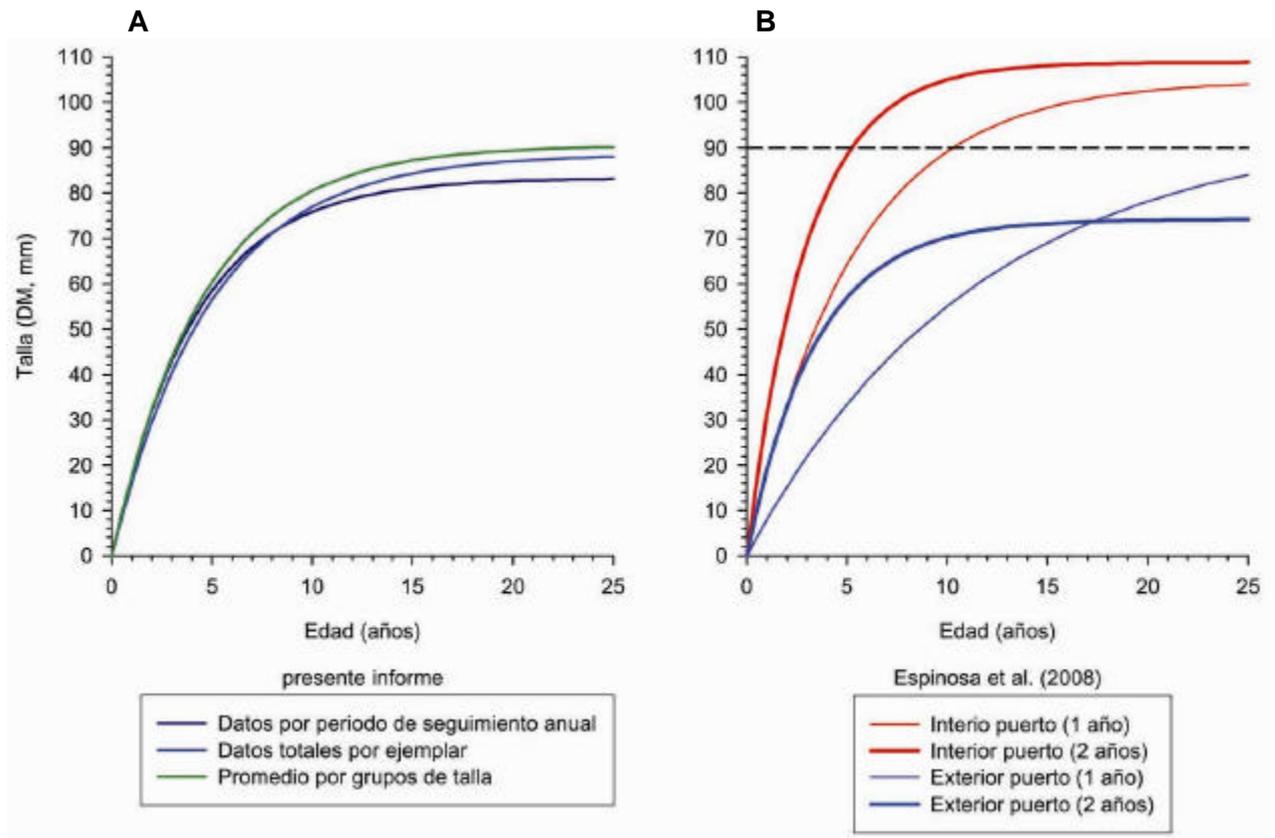


Figura 4.1. Comparación entre los modelos de curva de crecimiento de von Bertalanffy para *Patella ferruginea* (A) resultantes del presente informe (reproduce parcialmente la Figura 3.25) y (B) los obtenidos para el puerto de Ceuta por ESPINOSA ET AL. (2008).

Los resultados obtenidos en el presenta trabajo, en continuidad con los llevados a cabo anteriormente en la Islas Chafarinas (GUALLART, 2006; 2008), permiten destacar una serie de aspectos.

El primero se centra en la elaboración de un modelo de crecimiento mediante ajuste a una ecuación de crecimiento. Los datos obtenidos, en principio, deben mejorar la representatividad del modelo resultante respecto a los resultados presentados previamente para las Islas Chafarinas, por proceder tanto del seguimiento de mayor número de ejemplares como de periodos de tiempo más prolongados para algunos de éstos. Tal y como se observa en la Tabla 3.1, los cálculos realizados para los diferentes procedimientos de análisis de los datos aumentan el coeficiente correlación de ajuste al modelo, en comparación con los datos precedentes (GUALLART, 2008).

En general, resultados presentados en esta Asistencia Técnica indica un valor de L8 algo menor (entre 83.3 y 90.5; frente al valor previo de 93.0) y un coeficiente de la ecuación k algo mayor (entre 0,220 y 0.274, frente a 0.152).

De los tres procedimientos de análisis de los datos a la curva de crecimiento de von Bertalanffy (CCVB) se plantea que es posiblemente el segundo, el que utiliza los datos por periodo de seguimiento anual, porque es el que, comparativamente, presenta menos menor sesgo en la ponderación de los diferentes datos.

De los nuevos parámetros obtenidos destaca el valor de L8. Como ya se ha discutido en trabajos anteriores (GUALLART, 2006; 2008) este valor es considerado habitualmente como un parámetro que estaría relacionado o podría ser comparable con la talla máxima que alcanza la especie en la zona de estudio. En este caso, el valor de $L8 = 83.3$ mm DM sería sensiblemente menor a la máxima talla registrada en las Islas Chafarinas, en torno a 98 mm DM. Hay que señalar sin embargo dos aspectos que restarían importancia a estas diferencias. El primero sería que en realidad L8 sería comparable no tanto la “talla máxima observada” sino al “promedio de la talla máxima que alcanzan los ejemplares de la población”. El segundo, relacionado con éste, sería que habitualmente en *Patella ferruginea* se ha observado que la talla máxima de los ejemplares observados en un determinado sector del litoral está correlacionada con la densidad de ejemplares (GUALLART, 2008); así en zonas con una densidad de ejemplares muy elevada la talla máxima observada normalmente no supera los 75 mm DM, mientras que la presencia de ejemplares de talla superior a 95 mm DM solamente se ha observado en zonas con densidad de ejemplares moderada o baja. En este caso, por cuestiones logísticas, la mayor parte de ejemplares marcados lo fueron en zonas con densidad de ejemplares moderada o alta, en la que los ejemplares no suelen sobrepasar la talla de 75 u 80 mm DM. Tomando en consideración esta cuestión, resulta razonable el valor de L8 antes descrito como representativo de la población estudiada.

Otro hecho destacado es la elevada variabilidad de la tasa de crecimiento entre ejemplares. Ésta es particularmente destacable para los ejemplares de talla pequeña y moderada (e.g. < 65 mm DM) en comparación con la de los adultos de mayor talla (ver e.g. Figura 3.21). Algo semejante ha sido descrito para otras especies de lapas (e.g. KIDO Y MURRIA, 2003, para *Lottia gigantea*

En realidad la validez y sobre todo la utilidad de este tipo modelos de crecimiento deben valorarse en su justa medida. Existen numerosos ejemplos en que se ha descrito diferencias en la tasa de crecimiento para diferentes especies de lapas en función de factores locales (e.g. grado de exposición al hidrodinamismo), temporales (e.g. variabilidad de la productividad algal, variabilidad de la tasa de crecimiento entre años) y/o poblacionales (e.g. densidad de ejemplares, densidad de reclutas) (e.g. BRANCH, 1974a, LEWIS Y BOWMAN, 1975; FLETCHER, 1984; JENKINS Y HARTNOLL, 2001; BRANCH Y ODENDAAL, 2003; KIDO Y MURRAY, 2003). De hecho alguno de los datos de ESPINOSA ET AL. (2008) apuntan en este sentido para *Patella ferruginea*. Cabe plantearse pues la posibilidad de que las distintas combinaciones de factores antes descritas den lugar, bajo cada grupo de condiciones, a modelos de crecimiento diferentes que pueden ser estudiados y descritos. El interés de este tipo de información para *Patella ferruginea* es indudable, pues indicaría los factores que influyen en su crecimiento y, por tanto, en la dinámica poblacional de la especie a nivel local. Sin embargo, puede considerarse que presentan una utilidad más limitada a la hora de caracterizar, en su conjunto, a la especie.

Por otra parte, cabe destacar que algunos hechos apuntan a que el modelo de crecimiento de los ejemplares de *Patella ferruginea* (y posiblemente para otras lapas) podría ser más complejo que un el empleado generalmente con este fin, la ecuación de crecimiento de von BERTALANFFY (1938). Así, si bien este es un modelo muy utilizado, sobre todo por su simplicidad y por el supuesto sentido biológico de los parámetros que lo definen, éste podría ser no particularmente adecuado para el caso de los Patellidae. Así, existen evidencias (e.g. SHANKS Y WRIGHT, 1986, GUALLART, 2008) de que el

crecimiento en este grupo (al menos el de la concha, cuyo tamaño se utiliza generalmente como parámetro representativo de la talla) sufriría cambios tanto por un crecimiento somático positivo, como un crecimiento negativo por la erosión debida a factores ambientales; de este modo, el crecimiento final de cada ejemplar sería la suma (en este caso, la diferencia) de ambos fenómenos, los cuales además podrían presentar variaciones en su intensidad de carácter estacional. Cabe llamar la atención en este sentido sobre la importancia de sintetizar los datos de crecimiento conocidos mediante modelos manejables, si bien remarcar las limitaciones que estos presentan.

De acuerdo con los argumentos anteriormente expuestos, los resultados aquí presentados en relación con el modelo de ecuación de crecimiento de von Bertalanffy deben considerarse, al menos en principio, como representativos de un “promedio” de la población de *Patella ferruginea* de las Islas Chafarinas.

Por otra parte y de acuerdo con la discusión previamente expuesta, cabe plantear que el uso de los parámetros obtenidos de la CCVB para la estimación de la “longevidad” de la especie debe ser tomada con cautela, por ser una estima en principio muy burda de éste. Así, pequeñas variaciones en el ajuste al modelo (el cual no sea tal vez totalmente adecuado para el tipo de datos, los cuales presentan a su vez una elevada variabilidad y por tanto un moderado coeficiente de correlación en el ajuste a éste) pueden resultar en un rango de variación entre dos valores de “longevidad estimada” que representan uno el doble del otro. Un ejemplo serían los resultados publicados por ESPINOSA ET AL (2008).

La información relativa a la longevidad de *Patella ferruginea* presenta importancia sin duda, sobre todo para la comprensión de la dinámica poblacional de la especie en general y, en concreto, en diversos aspectos como la edad que tardan los adultos en alcanzar tallas grandes (con mayor productividad de gametos) así como el tiempo que pueden permanecer reproductivamente activos, hasta el relevo de las siguientes generaciones.

Se plantea aquí que los mejores datos acerca de la longevidad de la especie (en general, o en un enclave determinado como las Islas Chafarinas) deben de proceder de observaciones directa de ejemplares concretos objeto de seguimiento. A partir de los resultados de obtenidos se pueden presentar algunos ejemplos.

En la Figura 3.26 se presenta la evolución de varios ejemplares, para los que se consiguió realizar un seguimiento continuado durante más de 4 años. Es destacable que si bien al finalizar el periodo de seguimiento presentaban un rango de tallas entre 65 y 80 mm DM, el rango inicial de partida varios años antes para este grupo de ejemplares era mucho más amplio, entre 35 y 77 mm DM. Así, mientras algún ejemplar como el ELC-Z8 habrían pasado de medir 36.7 a 69.0 mm DM en aproximadamente 5 años, otro ejemplar como es el caso de ELC-R1 habría variado muy poco su talla, entre 71.7 a 75.1 mm DM, en el mismo periodo.

De acuerdo con la CCVB obtenida en la presente Asistencia Técnica, un ejemplar alcanzaría en promedio la talla de 71 mm DM en torno a los 8 años de edad. Si se asumiera como representativa esta información, el ejemplar marcado como ELC-R1 presentaría una edad de al menos 13 años: 8 años hasta alcanzar la talla inicial de 71.7 mm DM más los 5 años de seguimiento registrados. Sin embargo, GUALLART (2008)

demostró que bajo determinadas condiciones, posiblemente excepcionales, los ejemplares de *Patella ferruginea* pueden alcanzar una talla de 70 mm DM en solamente 3 años (existen asimismo algunas evidencias procedentes de observaciones realizadas por el autor en espigones artificiales de reciente construcción en Ceuta); cabe por tanto plantear que el ejemplar ELC-R1 tendría una edad de “al menos” 8 años (3 años al menos para alcanzar la talla de 71.7 mm DM más los 5 años de seguimiento). Por otra parte, si se considera que la curva de crecimiento descrita es representativa de un “promedio”, cabe plantearse que si la edad media para una talla de 70 mm DM es de 8 años y el extremo inferior del rango de variabilidad para éste es, como se ha descritos de 3 años, el correspondiente rango superior sería de 13 años. En este último caso, el ejemplar ELC-R1 podría plantearse que tuviera como mínimo 16 años de edad.

De la argumentación anterior debe destacarse sobre todo que existen evidencias directas de que un ejemplar objeto de seguimiento habría alcanzado una edad de al menos 8 años, dato que debe considerarse de momento como un valor “mínimo” de longevidad de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas. Al margen de esto, cabe plantearse que la longevidad de la especie pueda ser bastante más prolongada, casi con seguridad igual o superior a los 13 años de vida. Del mismo modo, es destacable que no existe ningún dato que contradiga (ni, ciertamente, que apoye) que ésta pueda superar los 30 años.

En este sentido el seguimiento individualizado de ejemplares mediante marcaje durante periodos de tiempo lo más prolongado posibles resulta fundamental para obtener datos realmente fiables acerca de un parámetro como la longevidad en *Patella ferruginea*. Cabe reiterar a este respecto la importancia de la continuidad de trabajos llevados a cabo en el archipiélago, que permitan el mantenimiento periódico de los elementos de marcaje en los ejemplares objeto de seguimiento así como el registro de los datos biométricos de los ejemplares para el análisis de su evolución.

Modo de reproducción

Los estudios que se han venido realizando en las islas Chafarinas acerca de la biología de *Patella ferruginea* están cambiando la imagen que se tenía de la especie en múltiples aspectos de su biología y muy en particular el relativo a la estrategia reproductiva de la especie. Estos conocimientos son de importancia extraordinaria para la comprensión de su biología y dinámica poblacional y, consecuentemente, para todo el conjunto de tareas a realizar para la gestión de las poblaciones y la recuperación de la especie.

Hasta hace apenas 5 años se consideraba que *Patella ferruginea* era una especie con hermafroditismo proterándrico, de manera que los ejemplares alcanzaban la madurez sexual como machos a una talla de aproximadamente 24 mm DM y que posteriormente, al alcanzar una talla de alrededor de 40 mm DM, cambiaban de sexo a hembras. Esta idea procedía de un trabajo de LABOREL-DEGUEN Y LABOREL (1990b, 1991b), que aparentemente se basaba sobre todo en un trabajo previo de FRENKIEL (1975). Esta información se recogía en obras generales posteriores y aparentemente se consideraba como totalmente precisa (TEMPLADO et al., 2004). De hecho, esta información llevó a suponer que la población de la isla de Alborán, al estar compuesta únicamente de ejemplares de tallas intermedias o grandes, estaría representada

solamente por ejemplares hembras, por lo que desde un punto de vista reproductivo sería inviable (TEMPLADO Y MORENO, 1997).

Los datos obtenidos hasta 2006 pusieron de manifiesto la inexactitud de al menos parte de estas ideas (GUALLART, 2006; GUALLART et al., 2006). Así, se comprobó que en la población de *Patella ferruginea* en el archipiélago no se producía una segregación por sexos tan marcada en función de la talla, sino que era algo gradual, aumentando progresivamente con la talla la proporción de hembras pero, aun así, estando presentes algunos machos entre los grupos de talla de mayor tamaño. De manera paralela, ESPINOSA et al. (2006) obtuvieron unos resultados relativamente semejantes a partir de la población de esta especie en Ceuta. Una revisión detallada de la bibliografía (GUALLART, 2006; GUALLART et al., 2006; ESPINOSA et al., 2006) mostró que las discrepancias con la información asumida hasta esa fecha era debida a una malinterpretación por parte de LABOREL-DEGUEN Y LABOREL (1990b, 1991b) del trabajo de FRENKIEL (1975), error que se habría mantenido en las citas de posteriores autores.

Este tipo de resultados en sí mismos ya presentaba una gran relevancia. Por ejemplo, permitía descartar que la población de la isla de Alborán estuviera compuesta únicamente por hembras y abría la posibilidad a considerar que fuera una población reproductivamente viable. Pero por otra parte, hizo dudar incluso del modo de reproducción asumido para la especie, el hermafroditismo proterándrico.

Ya BRANCH (1981), en una revisión sobre el estado de conocimiento de la biología de las lapas, había llamado la atención de que buena parte de la información en la que se habían basado distintos autores para considerar que diferentes especies de lapas tenían este modo de reproducción se basaban en datos indirectos y que estos, en muchos casos, podían ser explicados mediante argumentos alternativos. Así, la distinta distribución de tallas de los dos sexos hallada, entre otras, para *P. ferruginea*, podría explicarse no solamente como un proceso gradual de cambio de sexo sino como un diferente patrón en la tasa de crecimiento y en la mortalidad de cada sexo en una especie gonocórica (con sexos separados). Este autor llamaba la atención por tanto acerca de la necesidad de verificar el modo de reproducción de cada especie. Este hecho fue destacado para *P. ferruginea* por GUALLART et al. (2006), planteando el marcado interés de contrastar como hipótesis los dos posibles modos de reproducción básicos de la especie, hermafroditismo o gonocorismo

En principio existen 2 metodologías que pueden permitir determinar la existencia de hermafroditismo en especies de lapas

La primera consistiría en 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. Este tipo de observaciones han sido relajadas para algunas especies del género *Patella* (e.g. DODD, 1956, para *Patella aspera*, *P. depressa* y *P. vulgata*; BRANCH, 1974 para *Patella oculus*; CREESE et al., 1990, para *Patella kermadecensis*). Para *Patella ferruginea* parece en cambio poco probable que este método 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 asumir por lo tanto que la probabilidad de poder identificar porciones de gónada de diferente sexo en maduración en un mismo ejemplar sea muy baja.

La segunda metodología se basaría en la observación de que, mediante el empleo de técnicas de sexado no letales (como la de WRIGHT Y LINDBERG, 1979), ejemplares identificados que en periodos reproductivos sucesivos presenten diferente sexo. Este tipo de técnica ha permitido detectar el hermafroditismo en varias especies de lapas (e.g. WRIGHT Y LINDBERG, 1982, y LINDBERG Y WRIGHT, 1985, para *Lottia gigantea*; LE QUESNE Y HAWKINS, 2006, para *Patella vulgata*)

Los trabajos realizados en el archipiélago por GUALLART (2008) permitieron obtener hace dos años la primera evidencia directa de la existencia de hermafroditismo proterándrico en *Patella ferruginea*, mediante el empleo de este 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. De manera paralela de nuevo, ESPINOSA ET AL. (2008) obtuvieron unos resultados semejantes en la zona de Ceuta al observar que 2 ejemplares identificados como machos en noviembre de 2006 utilizando la técnica de WRIGHT Y LINDBERG (1979) habían cambiado a hembras en noviembre de 2007.

Estos resultados demostraban la existencia de hermafroditismo en *Patella ferruginea*, el cual, en principio, correspondería a hermafroditismo proterándrico, es decir, los ejemplares alcanzan la madurez sexual como machos y posteriormente a lo largo de su vida cambian a hembras. El proterándrico es el tipo de hermafroditismo descrito para la mayoría de especies de Patellidae en que se ha descrito este modo de reproducción. Únicamente en un caso, LE QUESNE Y HAWKINS (2006), para *Patella vulgata* describieron que, si bien en la mayoría de los casos en que se detectó el cambio de sexo este tuvo lugar en el sentido de macho a hembra, en un caso se registró el cambio de sexo de hembra a macho.

Los resultados obtenidos para *Patella ferruginea* en la presenta Asistencia Técnica coinciden en este sentido con los descritos por LE QUESNE Y HAWKINS (2006) para *Patella vulgata*. Estos resultados, de nuevo suponen un cambio de perspectiva fundamental acerca de la biología de la especie. En este caso se pone en cuestión incluso el modo de reproducción de la especie (¿hermafroditismo alternante? ¿hermafroditismo ligado a características poblacionales? ¿hermafroditismo dependiente de condiciones ambientales?) y las implicaciones que ello conlleva, como la capacidad de adaptarse a las alteraciones de su entorno mediante la posibilidad del cambio de sexo.

Estos resultados particularmente resaltan la importancia del desarrollo de este tipo de trabajos relativos al estudio de aspectos básicos acerca de la biología de *Patella ferruginea* como especie protegida, no solamente por el interés científico que supone de por sí la carencia de información al respecto, sino sobre todo por la necesidad de éstos para el desarrollo de planes y estrategias para la gestión y recuperación de la especie.

4.3. Ensayos de técnicas de reproducción controlada de *Patella ferruginea*

Los primeros autores que tenemos referencias de que ensayaron la fecundación controlada de *Patella ferruginea* fueron LABOREL-DEGUEN Y LABOREL (1990b; 1991b) quienes apenas consiguieron la fecundación de los huevos y la observación de las primeras divisiones celulares debido en principio a que hanrían sido llevadas en condiciones de campo muy precarias.

Los trabajos realizados en las Islas Chafarinas hace varios años pusieron de manifiesto asimismo la relativa facilidad para obtener la fecundación en *Patella ferruginea* a partir de gametos obtenidos mediante disección de los ejemplares (GUALLART, 2006; GUALLART ET AL., 2006). Estos trabajos fueron desarrollados en los años siguientes, tanto en las instalaciones del archipiélago como en el Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (IATS), gracias a la colaboración del Dr. Juan Peña (GUALLART, 2008). En estos casos es consiguió alcanzar en el desarrollo larvario hasta la fase de pedivelíger reptante, si bien en un número extremadamente bajo de casos; en general, la fase que se consiguió alcanzar de manera regular, si bien tampoco abundante, fue la de larva velíger postorsional.

Recientemente ESPINOSA ET AL. (2010) han publicado un trabajo en el describen sucintamente las primeras fases del desarrollo larvario de *Patella ferruginea*. Este trabajo destaca sobre todo por lo limitado de la información que aporta, dado que como mucho llegan a describir larvas hasta en una fase bastante inicial, velíger pretorsional, solamente 27 horas tras la fecundación y por presentar posiblemente una imagen de una larva anómala en el estadio más avanzado. Resulta llamativo además que la publicación describa más fracasos que éxitos en los ensayos realizados. Pero sobre todo resulta como mínimo singular un comentario que plantea que la incapacidad hasta ese momento de los autores para obtener larvas más allá de las primeras etapas del desarrollo podría ser atribuible no solo a las dificultades para llevar a cabo estas experiencia sino a limitaciones biológicas de la especie (“*It is important to note that the fertilization rates obtained were very low and that the larval survival did not exceed 48 h, despite the use of similar methods that have reported good results in other related species [...]. Further studies are required in order to establish if these results can be imputed to the necessity of improving the methodology or to biological constraints of the species.*”, p. 53)

Los resultados obtenidos en la presente Asistencia Técnica suponen un avance importante en la línea de trabajo dirigida a estudiar el desarrollo larvario de *Patella ferruginea* y, sobre todo, a desarrollar técnicas para la reproducción controlada y la obtención de juveniles. Destaca el hecho no solamente que se haya conseguido llegar de nuevo a obtener larvas pedivelígres reptantes, en principio listas para la metamorfosis, sino que esto haya sido llevado a cabo de manera repetida en tres fecundaciones sucesivas, y con un número importante de larvas en cada caso.

Lo obtenido sin embargo no debe hacer pensar que está cerca el momento en que puedan ser producidos lotes de cuantiosos juveniles mediante técnicas de reproducción controlada que puedan ser destinados a la reintroducción en otras áreas geográficas. Así, hay que asumir tanto las dificultades que comporta el desarrollo de técnicas de acuicultura a ciclo completo para una nueva especie, como las diferencias o

singularidades que presenta *Patella ferruginea* respecto a otras especies de gasterópodos marinos cultivados comercialmente. Entre estas últimas, una de las más importantes posiblemente sea el hábitat de la especie, el mesolitoral superior, que condiciona tanto los estímulos necesarios para la inducción a la puesta como el diseño de los sistemas para estabulación de adultos y preengorde de juveniles en sistemas de acuarios.

Los resultados obtenidos confirman la posibilidad de manejo de larvas a lo largo de todo su desarrollo en la fase pelágica con una supervivencia larvaria que, aunque no ha sido calculada numéricamente, puede considerarse como elevada. El principal problema del método empleado es la necesidad de sacrificio de ejemplares, en este caso únicamente hembras, para disponer de los gametos. Este hecho supone un problema por una doble cuestión. Por una parte, debe intentarse minimizarse el sacrificio de ejemplares de esta especie, dado su estatus de protección así como la fragilidad de sus poblaciones. Por otra parte si este hecho limita el número de progenitores, en este caso hembras, a ser utilizados con estos fines, la progenie resultante empleando estas técnicas tendrá asimismo una diversidad genética limitada. Esta cuestión es muy relevante sobre todo si los trabajos se dirigen no tanto al estudio del desarrollo larvario de la especie como a la producción de juveniles en vistas a la reintroducción en otras áreas geográficas. En este último caso, incluso si a partir de una hembra adulta que podría producir “varios millones” de huevos se consiguiera producir “varios miles” de juveniles con una supervivencia a priori baja (0.1%), este importante contingente de juveniles sería muy probablemente inadecuado para una reintroducción por la baja diversidad genética que representaría.

Como se ha comentado, “cerrar el ciclo” (expresión utilizada en acuicultura para describir el conjunto de procesos que permiten a partir de adultos, completar el ciclo reproductor mediante la puesta, fecundación y desarrollo larvario, hasta que los juveniles obtenidos de manera controlada alcancen por su parte la madurez sexual) de una nueva especie supone poner a punto toda una serie de técnicas, a veces adaptando las existentes para especies más o menos afines, a menudo desarrollando otras totalmente novedosas.

En este sentido, al margen de refinar las técnicas utilizadas en los procesos que hasta ahora han sido llevados a cabo con éxito (maduración artificial de ovocitos, fecundación, desarrollo larvario en su fase pelágica), los principales temas de trabajo para los que se precisa información en vista a conseguir la reproducción controlada de *Patella ferruginea* pueden considerarse el desarrollo de una serie de técnicas, a destacar:

- (1) inducción a la freza
- (2) inducción a la metamorfosis
- (3) mantenimiento de postlarvas en condiciones controladas de acuario
- (4) mantenimiento de juveniles para su preengorde en sistemas de acuarios
- (5) mantenimiento de adultos reproductor en condiciones controladas de acuario

4.4. Experiencias de manejo de ejemplares

La idea de la utilización de “Sustratos desmontables” (SD) para el manejo de ejemplares de *Patella ferruginea* fue propuesta por primera vez por el autor de la

presente Asistencia Técnica, en relación con los trabajos llevados a cabo para esta especie en las Islas Chafarinas (GUALLART, 2006).

A partir de este planteamiento, comentado en su momento con el Dr. Diego MORENO (EGMASA) en un proceso de colaboración e intercambio de información entre distintos grupos de trabajo sobre la especie, la Junta de Andalucía incorporó el empleo de este tipo de elementos a las recomendaciones y el protocolo para el traslado de ejemplares de *Patella ferruginea* en Andalucía (CMA-JA, 2006).

Se tiene constancia del empleo al menos en una ocasión de estos elementos para el manejo de *Patella ferruginea* al margen de los trabajos llevados a cabo en las Islas Chafarinas. En 2008, el equipo del Laboratorio de Biología Marina de la Universidad de Sevilla llevó a cabo una Asistencia Técnica para el promotor de unas actuaciones en unos espigones de la playa del T.M. de La Mamola (Granada) y siguió en principio las citadas recomendaciones propuestas por la Junta de Andalucía (CMA-JA, 2006) para el traslado de, en principio, un cierto número de ejemplares de *Patella ferruginea* (Dr. Free ESPINOSA, com. pers., julio 2010). No se dispone de detalles del procedimiento utilizado, aunque sí al menos de su uso, de que finalmente se tratara del traslado de un único ejemplar y de que la adaptación de éste al nuevo sustrato fuera llevado a cabo en un acuario. El resultado no fue positivo, no tanto en lo que se refiere al proceso de acondicionamiento (del cual se desconocen los detalles) sino sobre todo al traslado, al perderse el ejemplar debido a que el SD “[la baldosa]” fue “arrancada de su ubicación por el oleaje y el ejemplar desapareció al cabo de un mes”. No se conoce asimismo el procedimiento de utilizado para la instalación y/o anclaje de de estos sustratos.

Los resultados obtenidos durante la presente Asistencia Técnica, junto con los proporcionados por trabajos anteriores en el archipiélago (GUALLART, 2006, 2008) parecen confirmar a pesar de ello la potencialidad del uso de sustratos desmontables para trabajos relacionados con *Patella ferruginea*, tanto en lo relativo al manejo de ejemplares como en el empleo para su traslado entre diferentes áreas geográficas.

Si bien los resultados aportados anteriormente (GUALLART, 2006, 2008) indicaban la capacidad de los ejemplares de *Patella ferruginea* para acomodarse a estos sustratos en el medio natural, los presentes datos indican asimismo que los ejemplares pueden adaptarse en un plazo de pocos días, en torno a una semana, en condiciones controladas de acuario,

La adaptación de ejemplares de *Patella ferruginea* a SD en sistemas de acuarios, en comparación con los realizados directamente en SD instalados en el litoral, presenta algunas ventajas y asimismo algunas dificultades. Su principal ventaja es que se elimina el riesgo de mortalidad de ejemplares que puede tener lugar en el medio natural al ser arrancados por el oleaje, en un momento inicial de débil adherencia al sustrato.

Por su parte las principales dificultades son la necesidad de disponer de instalaciones de acuarios complejas, con la capacidad de proporcionar unas condiciones de calidad de agua lo suficientemente buena. Cabe destacar que la capacidad de adaptación de los ejemplares muy posiblemente dependa de las condiciones físicas (temperatura, sistema de simulación de mareas,...) y de la calidad de agua en los acuarios utilizados. En principio cabe esperar que las mejores condiciones se puedan obtener mediante sistemas de flujo de agua en circuito abierto, con toma de agua en un entorno en que existan importantes poblaciones de la especie.

Los trabajos realizados aportan además información acerca de los diferentes diseños y materiales de SD empleados hasta la fecha. El primer diseño de SD, constituido por bloques de roca (natural o artificial), ha presentado de nuevo buenos resultados de adaptación y supervivencia de ejemplares de *Patella ferruginea*. Sin embargo sigue presentando el inconveniente de su elevado volumen y peso.

Frente a esto, los resultados obtenidos muestran las elevadas posibilidades de los “Sustratos desmontables dobles” (SDD), que permiten trabajar para manipular los ejemplares únicamente con los elementos superiores, menos voluminosos, mucho más ligeros y con unas dimensiones estándar. El resultado obtenido con los elementos superiores constituidos por losetas de barro cocido ha sido muy deficiente, dado que se han roto por la acción de oleaje varias de estas losetas, en concreto todas las que portaban ejemplares de *Patella ferruginea*. Frente a esto, los elementos superiores de nylon macizo han presentado una mayor perdurabilidad, a la vez que una suficiente capacidad para el mantenimiento de ejemplares de la especie.

Respecto a las experiencias de traslado de ejemplares entre diferentes enclaves del archipiélago mediante el uso de sustratos desmontables, y a la información que aporta para el desarrollo de metodologías idóneas para el traslado de ejemplares entre distintas áreas geográficas en vistas a la recuperación de la especie, cabe destacar varias cuestiones.

Los ensayos realizados han sido limitados en número. Esto ha sido así en parte por la propia carga de trabajo que supone llevar a cabo los diferentes aspectos de estudio de la Asistencia Técnica, que requiere una distribución proporcionada del esfuerzo durante las campañas de muestreo. Además, estos ensayos se habían planteado de una manera completamente experimental, con el fin de valorar las dificultades que pudieran surgir en traslados entre diferentes áreas geográficas, pero no presentaban ninguna utilidad directa para la gestión de la especie en las islas Chafarinas.

Por otra parte, un hecho destacable es que hay pocos enclaves en el archipiélago donde se cumpla uno de los requisitos planteados inicialmente para hacer estos traslados, es decir, que la zona de destino tuviera una densidad muy baja (o nula) de ejemplares de *Patella ferruginea*, cuando *a priori* el sustrato litoral no podía considerarse inadecuado (e.g. playas de bolos). Este hecho, que destaca el excepcional estado de conservación en las islas de la población *Patella ferruginea*, limita sin embargo las opciones para llevar a cabo estas experiencias.

El principal motivo que planteó establecer este requisito para los traslados era simular en lo posible la situación del traslado de ejemplares de *Patella ferruginea* en el marco de un proyecto de reintroducción o reforzamiento de poblaciones de la especie en otras áreas geográficas, a zonas donde esta hubiera desaparecido o presentara muy bajas densidades.

Hay que señalar que si bien en ambos casos la densidad original de ejemplares es por lo tanto baja, existe una diferencia destacable. En el caso de las zonas a reintroducir ejemplares, la baja o nula densidad habría sido debida a la desaparición de la especie pero, si se ha escogido la zona de reintroducción bajo criterios adecuados, presentaría una potencialidad clara para su mantenimiento y el desarrollo de una

población estable. En cambio, en el caso de la zona escogida en las islas Chafarinas con baja densidad de ejemplares, una zona rocosa al W de Playa Larga en este caso, se desconoce los motivos por los cuales la población es tan escasa. En este sentido cabe suponer que por alguna razón no evidente no es un lugar idóneo para el desarrollo de la especie, lo cual puede haber influido en los resultados obtenidos.

Las experiencias realizadas han dado resultados que pueden considerarse en parte positivos, aunque de una manera limitada.

El principal aspecto positivo en este sentido está referido al comportamiento de los ejemplares trasladados. En varios casos se pudo comprobar cómo en poco tiempo desde el traslado se desplazaban al sustrato natural próximo, en el litoral, y adaptaban la concha para crear una nueva huella. Al margen de otras consideraciones, parece razonable suponer que la probabilidad de supervivencia en la adaptación a este nuevo enclave rocoso es mucho mayor cuando son los propios ejemplares quienes escogen el momento y la manera de realizar este cambio, que cuando se intenta colocar directamente sobre la roca a los ejemplares después de su traslado, en cuyo caso su supervivencia inmediata depende principalmente de su capacidad de adherencia al sustrato en una situación de estrés (e.g. ESPINOSA ET AL., 2008, en traslados realizados durante las obras de ampliación del puerto de Ceuta).

Un aspecto limita sin embargo la valoración de los resultados obtenidos. Si bien inmediatamente después del traslado de los ejemplares en los SD se pudo observar el desplazamiento al sustrato natural de diferentes ejemplares, la mayor parte de los ejemplares trasladados no fue posible hallarlos en la zona varios meses después de este proceso.

La causa de esta desaparición pudo ser la mortalidad de ejemplares. Esto podría ser debido a la propia ineficacia de la metodología de traslado empleada aunque también, como se ha comentado en párrafos anteriores, a que la zona de destino elegida, que de manera natural presenta una baja densidad de ejemplares de *Patella ferruginea*, podría no haber permitido la supervivencia de éstos debido a los propios factores que determinan esta baja presencia de la especie. Otra posibilidad sería que los ejemplares trasladados hubieran sobrevivido pero no hubieran sido hallados, bien porque hubieran perdido la marca, bien porque su concha presentara un cierto recubrimiento algal y, habiéndose desplazado por el litoral para desarrollar una nueva huella, no hubiera sido posible identificarlos. Algunos datos apuntan a esta posibilidad, tal y como se comenta en el apartado 3.4.2, si bien no existen pruebas concluyentes en este sentido.

Otro hecho a ser destacado fue la observación en una de las experiencias de un ejemplar que, a pesar de estar en principio fuertemente adherido al SD y sobre su propia huella, se despegó durante el transporte entre las dos islas en la embarcación neumática. Resulta llamativo este hecho en una especie, o en un grupo como las lapas, en la que los ejemplares poseen una enorme capacidad de adherencia al sustrato; en algunos casos, se ha descrito que la fuerza necesaria para despegar ejemplares de algunas especies puede estar en torno a los 100 kg (ver discusión en BRANCH, 1981). Cabe plantearse que en este caso los ejemplares posean una gran capacidad adaptativa para evitar el arrancamiento mediante presión lateral, lo cual les resulta fundamental para evitar ser desplazadas por el oleaje o resistir en lo posible el ataque de sus depredadores. Sin

embargo en este caso el motivo de despegarse podría ser debido a vibraciones en el SD, o a movimientos bruscos de éste, algo para lo que pudieran no estar adaptadas, dado que difícilmente tiene lugar en el medio natural.

Este último aspecto supone una información muy interesante en vistas a futuros trabajos de traslado de ejemplares para la especie. En este sentido, apunta a la necesidad de observar una particular cautela en el manejo de ejemplares adheridos SD durante su transporte, a pesar de la *a priori* elevada capacidad de adherencia de los ejemplares al sustrato.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Seguimiento de la población

1. Los datos obtenidos muestran que durante 2009 y 2010 se produjo en el archipiélago un reclutamiento de *Patella ferruginea* importante. En el caso de 2009 la tasa de reclutamiento puede considerarse como muy elevada, de manera semejante a lo detectado en 2001 y 2008. En el caso de 2010, el reclutamiento fue sensiblemente menor y semejante al promedio de otros años de la década pasada.
2. En ambos años la tasa de reclutamiento debe considerarse elevada en comparación con otros enclaves en que la especie está bien representada y, al menos desde este punto de vista, refleja las buenas perspectivas de conservación de la población de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas.
3. Se ha detectado sin embargo un evento de mortalidad importante de ejemplares en algún momento entre junio y noviembre de 2009. Este evento ha supuesto la desaparición de más del 80% de ejemplares adultos de al menos dos enclaves de la isla de Isabel II, los cuales presentaban una elevada densidad de ejemplares y habían sido objeto de seguimiento durante los últimos años. Por otra parte la realización de censos en otras zonas del archipiélago sugieren una disminución de la abundancia de adultos en este periodo que podría estar en torno al 25-30%.
4. En el periodo de estudio inmediatamente posterior, entre noviembre de 2009 y marzo de 2010, no se detectó ningún indicio de que hubiera sucedido un fenómeno semejante. De hecho, los valores de densidad observados implicaban un aumento de la población de adultos respecto a noviembre de 2009, lo cual era atribuible sobre todo al crecimiento e incorporación al grupo de tallas de adultos de los juveniles procedentes del reclutamiento de años anteriores.
5. No han podido establecerse las causas del evento de mortalidad detectado entre junio y noviembre de 2009. Se discute la posibilidad de que pudiera ser debido a una o más causas diferentes, que pudieran ser tanto de origen tanto natural como humano.
6. Entre las posibles causas de origen natural, a partir de lo descrito para otras especies de lapas, se podrían incluir tanto algunas de tipo meteorológico, como otras de tipo temporal o poblacional. En el estado de conocimientos actual, no es posible evaluar las probabilidades de que sean algunas de éstas las causas de la mortalidad detectada.
7. Las causas de origen humano que se plantea que podrían haber afectado a la población, particularmente a los dos enclaves de Isabel II con elevada mortalidad, incluirían tanto la posibilidad de recolección de ejemplares por parte del personal de servicio en las islas como la afección por sustancias tóxicas que pudieran haber sido vertidas en el entorno de las islas. En ambos casos se plantean éstas por haberse detectado carencias serias en los mecanismos que podrían suponer su control.

8. Los resultados obtenidos han detectado por primera vez un evento negativo en la evolución de la población de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas. Aunque indudablemente este hecho supone una llamada de atención acerca del riesgo de que, de manera semejante a otras zonas, la población de esta especie puede sufrir una evolución negativa por diversas causas, puede considerarse que no existe actualmente ninguna evidencia clara en este sentido. La evolución de la población registrada con posterioridad a este hecho ha mostrado signos de normalidad, tanto en cuanto a reclutamiento de juveniles, como en cuanto a una tendencia a la recuperación de la población de adultos, por el crecimiento de juveniles de años anteriores. A pesar de ello, las labores de seguimiento de la población de la especie en el archipiélago tanto a corto como a medio y largo plazo deberá permitir corroborar o no esta tendencia.

5.2. Biología de la lapa ferruginosa

Crecimiento y longevidad

9. Se han calculado los parámetros de la curva de crecimiento de von Bertalanffy para *Patella ferruginea* en las islas Chafarinas a partir de un número más elevado de datos que en años anteriores. Asimismo, por primera vez se presentan datos de seguimiento biométrico de ejemplares durante un periodo superior a los 5 años.
10. Los datos obtenidos ponen de manifiesto una elevada variabilidad en la tasa de crecimiento entre ejemplares. Esta variabilidad es particularmente destacable en ejemplares de tallas pequeñas y moderadas (e.g. < 65 mm DM).
11. Se han obtenido evidencias directas por primera vez de que algunos ejemplares tienen una longevidad superior a 8 años, si bien cabe suponer que ésta sea bastante superior.
12. Se plantea que la longevidad de la especie sea probablemente superior a los 12 años y no se puede descartar (ni existen tampoco evidencias fiables al respecto) que lleguen a ser mayor de 30 años, tal y como han sugerido algunos autores.
13. La complejidad del modelo de crecimiento de la especie, con una elevada variabilidad en la tasa de crecimiento, una marcada estacionalidad y con la existencia de periodos tanto de crecimiento como de erosión de la concha impide realizar extrapolaciones fiables a partir de una sencilla ecuación para estimar la longevidad de la especie. La adquisición de información más completa en este aspecto requerirá disponer de series aún más largas de datos del seguimiento de ejemplares, tal y como se han venido realizando en las Islas Chafarinas. En este enclave se localizan en este momento ejemplares marcados para los que se dispone de este tipo de información desde hace más de 5 años.

Modo de reproducción

14. Los resultados obtenidos en relación con el modo de reproducción ponen de manifiesto 3 aspectos muy destacables.

15. En primer lugar, se confirma la existencia de hermafroditismo en *Patella ferruginea* a partir de evidencias directas y procedentes de un número representativo de ejemplares, un total de 7, para los cuales se ha observado el cambio de sexo entre periodos reproductores consecutivos.
16. Por otra parte, se contradice la idea preexistente de que *Patella ferruginea* presenta hermafroditismo proterándrico, es decir, un tipo de hermafroditismo sucesivo en el que al alcanzar la madurez sexual los ejemplares son machos y en algún momento posterior de su vida cambian a hembra. Así, se ha observado tanto el cambio de sexo de macho a hembra como de hembra a macho, lo cual podría sugerir un tipo de hermafroditismo alternante, u otro tipo de patrón más complejo.
17. Destaca además la elevada frecuencia de cambio de sexo observada, en particular en el sentido macho a hembra: de 20 ejemplares (10 machos y 10 hembras) para los que se pudo realizar el sexado en años sucesivos, en el 60% de los machos y en el 10% de las hembras se produjo el cambio de sexo.
18. Los resultados obtenidos suponen un cambio de perspectiva en el conocimiento del modo de vida y en la dinámica poblacional de *Patella ferruginea*. Además de destacar la relevancia de los trabajos emprendidos en las Islas Chafarinas durante los últimos años dirigidos a la adquisición de conocimientos sobre la especie, estos resultados abren todo un abanico de incógnitas acerca de los mecanismos, los factores que determinan y la influencia que presentan en la dinámica poblacional de esta especie el conjunto de procesos de cambio de sexo.

5.3. Reproducción controlada de la lapa ferruginosa

19. Los ensayos de inducción a la puesta de ejemplares de *Patella ferruginea* mediante estímulos artificiales no han tenido éxito hasta el momento. Este hecho se debe sin duda a la dificultad para determinar los estímulos adecuados para una especie con un modo de vida mesolitoral (muy diferente al de otros moluscos comerciales cultivados habitualmente mediante acuicultura) y a las limitaciones para realizar ensayos de su aplicación ante un número muy importante de ejemplares (dado su estatus de protección) y durante un periodo de tiempo prolongado (debido a la brevedad de su ciclo reproductor).
20. El empleo de técnicas de maduración artificial de los ovocitos extraídos de hembras diseccionadas basados en la alcalinización del agua de mar han dado en cambio resultados muy positivos. Se ha comprobado por primera vez cómo el empleo de estas técnicas (en particular, el mantenimiento de los ovocitos durante 2 horas en agua de mar filtrada y esterilizada a pH 9.0) supone un incremento considerable en la maduración de los ovocitos y, sobre todo, en el éxito de la fecundación.
21. Gracias al éxito obtenido en la maduración artificial de ovocitos y, por consiguiente, en la producción un número considerable de larvas viables, se ha podido describir por primera vez las principales características del desarrollo larvario de *Patella ferruginea* desde la fecundación hasta la fase de pedivelíger reptante, previa a la metamorfosis.

22. La duración del periodo larvario observada es relativamente corta, habiéndose alcanzado la fase de pedivelíger reptante, es decir, aquella en la que las larvas tienen capacidad para fijarse al sustrato y comenzar la metamorfosis, en un periodo en torno a 72 horas.
23. Estos resultados parecen confirmar la relativa brevedad de la fase larvaria de *Patella ferruginea*, idea sugerida a partir de datos indirectos por algunos autores y que serviría en parte para explicar el grado de regresión de la especie, apuntando asimismo la dificultad para la recolonización natural de zonas donde hubiera desaparecido.
24. Hay que destacar sin embargo que los ensayos se llevaron a cabo a una temperatura diferente a la del agua en el medio natural en aquel momento (unos 2 °C por encima), lo cual puede haber aumentado la velocidad del desarrollo. Este hecho, junto con la probable capacidad de las larvas de *Patella ferruginea* para mantenerse en la columna de agua hasta hallar un sustrato adecuado, hace pensar que la vida larvaria en el medio natural de las especie pueda prolongarse sustancialmente respecto a las 72 horas señaladas. Por este motivo la anterior conclusión de ser tomada con cautela
25. Se ha ensayado a dejar las larvas en fase previa a la metamorfosis en condiciones *a priori* adecuadas para llevar a cabo ésta, si bien no se ha conseguido obtener ningún juvenil de *Patella ferruginea* a partir de la numerosas larvas disponibles. Al margen de que la metamorfosis sea una de las etapas críticas en el cultivo de moluscos y que sin duda requerirá llevar a cabo cuidadosos ensayos sobre la especie, este hecho cabe atribuirlo en parte a la carencia de condiciones para que actualmente puedan llevarse a cabo con éxito este tipo de experiencias en las instalaciones en el archipiélago.

5.4. Manejo de ejemplares

26. Las experiencias de adaptación de ejemplares de *Patella ferruginea* a sustratos desmontables (SD) realizadas en instalaciones de acuarios han dado resultados positivos. En general se ha observado que los ejemplares tienen capacidad para adaptar la concha al nuevo sustrato, creando una nueva huella sobre éste, en un periodo de tiempo relativamente corto, del orden de varios días.
27. Estos resultados pueden considerarse como complementarios a los obtenidos en años anteriores, en los que la adaptación de ejemplares a SD se realizó principalmente en el medio natural. Ambos procedimientos parecen ser adecuados con este fin, si bien cada uno con algunas ventajas e inconvenientes, tal y como se discute en el apartado correspondiente.
28. Además, tras la reinstalación de los SD en el medio natural se han observado unos índices de supervivencia de ejemplares muy elevados, en torno al 100%, si se excluyen los casos en que se produjo la pérdida material del SD y ésta fue la causa de la mortalidad de los ejemplares.

29. Destaca la utilidad del diseño de los Sustratos desmontables dobles (SDD) para su uso con estos fines. Respecto a los materiales empleados para su utilización, como elemento superior de éstos se desaconseja el empleo de losetas de barro cocido por su fragilidad y se destaca las posibilidades de uso de baldosas de nylon macizo
30. El traslado de ejemplares de *Patella ferruginea* entre distintas zonas del archipiélago utilizando SD con este fin ha dado resultados solo parcialmente positivos. Se destaca la capacidad de los ejemplares para desplazarse de manera relativamente rápida fuera del SD y crear una nueva huella. Sin embargo la aparente desaparición posterior de la mayoría de ejemplares trasladados, que tal y como se discute podría no significar necesariamente la mortalidad de éstos, limita las posibilidades de demostrar la idoneidad de este procedimiento. Se discute en el apartado correspondiente los factores que pueden haber condicionado los resultados obtenidos.

5.5. Recomendaciones

31. El evento de mortalidad detectado llama la atención sobre el doble carácter de la población de *Patella ferruginea* en el archipiélago de las Islas Chafarinas. El primero, es ser un enclave privilegiado en cuanto al estado de conservación de la especie desde distintos puntos de vista (elevada abundancia global del contingente de ejemplares, grado de distribución en el conjunto del litoral, regularidad y abundancia del reclutamiento). El segundo, el grado de fragilidad de las poblaciones de la especie en los escasos enclaves en que se encuentra lo cual hace que, en conjunto, la población en aguas españolas dependa de las acciones llevadas a cabo en cada uno de éstos. Las causas concretas de este evento de mortalidad no han podido ser determinadas. Si bien no se descarta que al menos parte de éste pueda ser debido a causas naturales, es posible que pueda haber tenido influencia algunas actividades humanas llevadas a cabo en el archipiélago.
32. Se plantea que los principales grupos de actuaciones humanas que pueden haber supuesto la mortalidad detectada de ejemplares de *Patella ferruginea* serían la recolección por parte del personal de servicio en las islas y los vertidos de aguas residuales en la isla de Isabel II. Aún en el caso de que éstas no sean las causas directas de la mortalidad de ejemplares observada, resulta fundamental realizar las actuaciones necesarias para impedir el impacto que este tipo de actividades pueda haber tenido lugar durante los últimos tiempos sobre la especie.
33. En este sentido, se debería por una parte garantizar el que la información acerca del estatus de protección de la especie fuera conocido por todo el personal que accediera a las islas, a la vez que se maximizara el esfuerzo dirigido al cumplimiento de la normativa vigente por parte de los mandos militares así como la vigilancia por parte de los miembros responsables de la Estación Biológica. Por otra parte, se destaca la necesidad de mejorar sustancialmente los sistemas para la depuración de los vertidos de aguas residuales procedentes de la población que habita la isla de Isabel II, así como tomar todas las medidas posibles para que no se realicen vertidos al sistema de desagües de sustancias particularmente tóxicas.

34. La Estrategia de conservación de la lapa ferruginea en España plantea una serie de líneas de investigación sobre la especie, con el fin de obtener la serie de conocimientos necesarios para la gestión y recuperación ésta. El archipiélago de las Islas Chafarinas representa en ese sentido un enclave fundamental para el desarrollo de la mayoría de estas líneas, tanto por la abundancia de ejemplares, el buen estado de las poblaciones, la baja o casi nula presión por actividades humanas, la diversidad de hábitats naturales en que se localiza la especie, así como por las instalaciones disponibles en la Estación Biológica.
35. Dentro del conjunto de estas líneas de investigación, se plantea a continuación los estudios y trabajos que podrían ser considerados como prioritarios para ser llevados a cabo en los años próximos en el archipiélago:
- seguimiento de la población y del reclutamiento anual
 - estudio de la mortalidad natural y de los factores que influyen en ésta.
 - seguimiento de ejemplares marcados y estudio los factores que influyen en la tasa de crecimiento y la longevidad
 - estudio del modo de reproducción de la especie, de la dinámica de cambio de sexo de los ejemplares y de los factores que influyen en éste.
 - diseño e instalación experimental de colectores para intentar la obtención de juveniles procedentes del reclutamiento natural
 - ensayo de técnicas de inducción a la freza
 - estudio del desarrollo larvario
 - ensayo de identificación de larvas de *Patella ferruginea* en el zooplancton
36. Un aspecto a destacar relativo a la mayor parte de trabajos de investigación y de seguimiento de *Patella ferruginea* de las Chafarinas es la necesidad de una continuidad temporal en éstos, con una periodicidad adecuada. Mientras que tal vez algunos tipos de estudio puedan realizarse de manera aislada en determinados momentos (e.g. identificación de larvas en el zooplancton) la continuidad de los trabajos puede considerarse como muy recomendable en algunos otros casos (e.g. censos para el seguimiento de la población y del éxito del reclutamiento anual) mientras que en otros resulta totalmente necesaria (e.g. estudios de crecimiento mediante marcaje de ejemplares, del cambio de sexo en los ejemplares,...). Respecto a la periodicidad, algunos trabajos requerirían llevara a cabo las tareas con una periodicidad anual (e.g. estudio del desarrollo larvario) si bien otras muchas requerirían un periodicidad al menos trimestral (e.g. seguimiento de ejemplares marcados. De manera ideal y al margen las labores de vigilancia y/o apoyo que pueda ser llevado de manera más o menos cotidiana por parte de los miembros en servicio en la Estación Biológica, se considera que la mayor parte de estos trabajos se podría realizar con una serie de campañas de 2 semanas realizadas cada 3 meses.
37. Hay que destacar que si bien las condiciones que presenta el archipiélago para el estudio de *Patella ferruginea* son muy buenas, éstas podrían mejorar sensiblemente con una inversión económica moderada, posibilitando el llevar a cabo distintos aspectos de investigación que en la actualidad difícilmente pueden ser realizados. Entre esta mejoras se destaca:
- completar el diseño original del sistema de acuarios de Laboratorio El Pirata mediante la instalación de una captación de agua de mar permanente y un sistema de regulación del flujo de agua que permita que éste funcione habitualmente en modo de circuito abierto.

- adquisición de material de laboratorio inventariable adicional dirigido específicamente a trabajos de reproducción controlada de *Patella ferruginea* (e.g. cámara fotográfica digital acoplada al microscopio, agitadores, nevera,...)
- adquisición e instalación si procede de equipos para el registro continuado de parámetros fisicoquímicos del agua de mar.

38. En línea del punto anterior, resultaría del máximo interés para el desarrollo de diferentes experiencias relevantes sobre la reproducción controlada de *Patella ferruginea* la posibilidad de incorporar personal a la Estación Biológica, de manera temporal (e.g., varios meses al año) o permanente, con capacitación específica para el mantenimiento de sistemas de acuarios y, en concreto, cultivos de moluscos.

6. REFERENCIAS CITADAS

- 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.
- AQUINO DE SOUZA, R., P. TYLER Y S.J. HAWKINS, 2009. Artificial oocyte maturation in *Patella depressa* and *Patella vulgata* using NaOH-alkalinized seawater. *Marine Biology Research*, 5: 503-510.
- 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.
- BLACK, R., 1977. Population regulation in the intertidal limpet *Patelloida alticostata* (Angas, 1865). *Oecologia* (Berlin), 30: 9-22.
- BOSMAN, A.L. Y P.A.R. HOCKEY, 1988. Life-history patterns of populations of the limpet *Patella granularis*: the dominant roles of food supply and mortality rate *Oecologia* (Berlin), 75: 412-419.
- 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.
- 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., 1980. An analysis of distribution and abundance of populations of the high-shore limpet, *Notoacmea petterdi* (Tenison-Woods). *Oecologia* (Berlin) 45 : 252-260.
- 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.
- 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.
- DONEDDU, M. Y B. MANUNZA, 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.
- 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., 2009. Populational status of the endangered mollusc *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Gastropoda, Patellidae) on Algerian islands (SW Mediterranean). *Animal Biodiversity and Conservation*, 32.1: 19–28.
- ESPINOSA, F., J.M. GUERRA-GARCÍA Y J.C. GARCÍA-GÓMEZ, 2007. Sewage pollution and extinction risk: an endangered limpet as a bioindicator? *Biodiversity and Conservation* 16: 377-397.
- ESPINOSA, F., J.M. GUERRA-GARCÍA, D. FA Y J.C. GARCÍA-GÓMEZ, 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., A. R. GONZALEZ, M. J. MAESTRE, D. FA, J.M. GUERRA-GARCÍA Y J.C. GARCÍA-GÓMEZ, 2008. Responses of the endangered limpet *Patella ferruginea* to reintroduction under different environmental conditions: survival, growth rates and life-history. *Italian Journal of Zoology*, 75(4): 371–384.

- ESPINOSA, F., G.A. RIVERA-INGRAHAM y J.C. GARCÍA-GÓMEZ, 2010. Early stages of development in the endangered limpet *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Gastropoda: Patellidae). *The Nautilus*, 124(1): 51–53.
- FLETCHER, W.J., 1984. Intraspecific variation in the population dynamics and growth of the limpet, *Cellana tramoserica*. *Oecologia* (Berlin), 63: 110-121.
- FLETCHER, W.J., 1988. Intraspecific interactions between adults and juveniles of the subtidal limpet, *Pntelloida mufria*. *Oecologia* (Berlin), 75: 272-277.
- FRENKIEL, L., 1975. Contribution à l'étude des cycles de reproduction des Patellidae en Algérie. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, 39(suppl.): 153-189.
- FRANK, P. W., 1965. The Biodemography of an Intertidal Snail Population. *Ecology*, 46: 831-844.
- 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, J., 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., 2008. *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*. Asistencia Técnica para el Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente), 109 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 S. J. HOLT, 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *Journal du Conseil International pour l'Explorations de la Mer* 25: 47-49.

- HODGSON, A.E., W.J.F. LE QUESNE, S.J. HAWKINS Y J.D.D. BISHOP, 2007. Factors affecting fertilization success in two species of patellid limpet (Mollusca: Gastropoda) and development of fertilization kinetics models. *Marine Biology*, 150: 415–426.
- HODGKIN, E.P., 1959. Catastrophic destruction of littoral fauna and flora near Fremantle, January 1959. *The Western Australian Naturalist*, 7: 6-11.
- 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. 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 LABOREL, J., 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 LABOREL, J., 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.
- 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.
- 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.
- 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 I. MILELLA, 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. eds.). GIS Posidonie publ., p. 119-128.
- SMALDON, P.R. Y J.H. DUFFUS, 1985. The effects of temperature, pH and salinity on the maturation of gametes and fertilization in *Patella vulgata* L. *Journal of Molluscan Studies*, 50: 232-235.
- 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.
- SUTHERLAND, J.P., 1970. Dynamics of high and low populations of the limpet, *Acmaea scabra* (Gould). *Ecol. Monogr.*, 40: 161-188.
- 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.
- WOLCOTT, T. G. 1973. Physiological ecology and intertidal zonation in limpets (*Acmaea*): A critical look at "limiting factors". *Biol. Bull.* 145:389-422.
- 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.

ACERCA DEL HALLAZGO DE EJEMPLARES MUERTOS DE *Patella ferruginea* EN EL R.N.C. DE LAS ISLAS CHAFARINAS EN JUNIO DE 2010

Informe presentado a principios de julio de 2010 en relación con algunas observaciones realizadas durante una estancia en el archipiélago en junio de 2010.

El presente informe se realiza con el fin de recopilar las observaciones realizadas en el R.N.C. de las Islas Chafarinas en relación con el hallazgo de un cierto número de ejemplares muertos de *Patella ferruginea*, así como de otros invertebrados litorales, entre el 5 y el 6 de junio de 2010.

En este informe se hace referencia a otro anterior, presentado por el mismo autor en noviembre de 2009.

Existen algunas similitudes y algunas diferencias destacables entre ambos informes.

En ambos casos se realizaron a petición de la Dirección Técnica del Refugio Nacional de Caza ante hechos que en cada fecha implicaban directamente o hacían suponer una mortalidad destacable de origen desconocido de ejemplares de *Patella ferruginea*, especie incluida en el Catálogo Español de Especies Amenazadas en la categoría “en peligro de extinción” y que presenta un población muy destacable en el archipiélago.

Las principales diferencias entre ambas situaciones proceden de varias cuestiones.

Las primeras son que, mientras que en noviembre de 2009 se estimó la existencia de una mortalidad importante a partir de la constancia de la desaparición de numerosos ejemplares de *Patella ferruginea*, en junio de 2010 las evidencias de la mortalidad, si bien fueron más claras, habiéndose hallado numerosos ejemplares recientemente muertos de *Patella ferruginea*, en principio hacían referencia a un número mucho más moderado.

Por otra parte, si bien las observaciones realizadas en noviembre de 2009 se encuadraban dentro de los trabajos relativos al estudio y seguimiento de las poblaciones de *Patella ferruginea* en el archipiélago, las observaciones relativas al presente informe tuvieron lugar bajo otras circunstancias. En este caso y a pesar de la coincidencia de parte del personal que las ha llevado a cabo y que ha contribuido a realizar este informe, la detección de la mortalidad de ejemplares de *Patella ferruginea* y las observaciones subsiguientes se realizaron en el marco de los trabajos relativos a *Dendropoma petraeum* en el archipiélago.

El hecho de que haya coincidido en ambas ocasiones la presencia en el archipiélago de parte de este equipo de trabajo con la detección de la mortalidad de ejemplares de *Patella ferruginea*, hace plantearse que pueden haber tenido lugar otros eventos de mortalidad como los descritos durante los últimos meses pero que simplemente no hayan sido detectados.

Desarrollo de las observaciones

El sábado 5 de junio de 2010, sobre las 10:30 h de la mañana, el equipo de trabajo de estudio de *Dendropoma petraeum* detectó junto a una de las zonas de seguimiento para esta especie, localizada en el extremo oriental de la Cantera en la isla de Isabel II, un charco supralitoral que contenía varios ejemplares muertos de *Patella ferruginea*. Junto a éstos se observaron además ejemplares muertos de otros invertebrados, en particular de otra especie de lapa común en el archipiélago como es *Patella rustica*, así como restos de un ejemplar de cangrejo espinoso (*Eriphia spinifrons*). A continuación se observaron asimismo en otros 2 charcos adyacentes más ejemplares muertos de *P. ferruginea* (Figuras 1 y 2).

En ese momento se decidió subir a avisar al personal técnico a cargo del seguimiento de la Estación Biológica, en este caso, Gonzalo Martínez.

Mientras este técnico bajaba, se realizó un recorrido por el litoral adyacente a la Cantera, con el fin de comprobar si había más ejemplares muertos en la zona. En un cuarto charco, mesolitoral, situado más al oeste, se localizaron asimismo varios ejemplares muertos de, sobre todo, *P. ferruginea*.

Junto con el técnico Gonzalo Martínez se comenzó a comentar el origen de la muerte de estos ejemplares y las acciones que debían realizarse inmediatamente relativas a este hallazgo.

Una primera idea sobre el origen de estas muertes consistía en que hubiera sido personal de las islas (personal militar; o albañiles que durante esos días permanecían en el archipiélago realizando diferentes obras) que los hubiera arrancado, para su uso como cebo, curiosidad,... Esta idea surgía sobre todo del hecho de que tanto ese día como el anterior se hubiera observado a varios soldados en la zona de la Cantera, portando pequeños cubos de plástico y alambres o hierros alargados, con el aspecto de estar recolectando algún tipo de fauna litoral.

Sin embargo esta idea, la de que los ejemplares encontrados muertos hubieran sido arrancados directamente por personal de las islas, casi se descartó cuando se observaron junto a los charcos varios ejemplares muertos pero que permanecían pegados a la roca sobre su huella. En concreto, estos ejemplares presentaban un aspecto de estar vivos y ligeramente separados de la roca (como cuando se encuentran respirando, batidos por las olas) pero al tocarlos, se despegaban fácilmente y mostraban que estaban muertos y, en algunos casos, en avanzado estado de descomposición (Figuras 3 a 9). A partir de esa observación, se probó a mover otros ejemplares que están alrededor de los charcos. Varios de ellos se despegaron con facilidad, mostrando que estaban muertos: pie algo retraído y rígido; manto completamente retraído.

La idea que en ese momento pareció más razonable para explicar lo ocurrido procedía del hecho de que todos los ejemplares se hallaron en charcos; y que los que permanecían pegados pero muertos o moribundos estaban en el límite de éstos, prácticamente al nivel del agua. Se planteó que hubiera alguna sustancia tóxica que pudiera haber alcanzado el agua y que fuera la causante de esta mortalidad. Dado que el mar estaba en calma y así había estado en durante los días anteriores, podría haberse mantenido o incluso concentrado en los charcos hasta alcanzar niveles nocivos. Esta posible toxina, podría proceder de algún vertido de origen humano (e.g. de la depuradora) o tener una causa natural (e.g. resultado de la descomposición de *Enteromorpha*, que parecía ser particularmente importante este año). En cambio en las zonas de costa junto a la orilla, batidas por las olas, no habría tenido lugar esta acumulación y por ello los ejemplares no estaban aparentemente afectados.

Se decidió por tanto en ese momento tomar muestras: (1) de los ejemplares muertos, (2) de las algas de las paredes de los charcos y (3) del agua de los charcos y del entorno.

Con el fin de organizar las muestras, se asignó un código a cada uno de los charcos en que se encontraron ejemplares muertos: LCI-01 a LCI-04 (LCI: La Cantera. Isabel). En la Figura 15 se indica la localización de cada uno de éstos.

Se recogieron todos los ejemplares muertos hallados en los charcos de la zona, así como las conchas vacías del interior de éstos. Para los ejemplares que se hallaban casi enteros, se separaron las partes blandas de las conchas. Las partes blandas de los ejemplares fueron introducidas en bolsas etiquetadas (distinguiendo las procedentes de cada uno de los cuatro charcos) y fueron posteriormente congeladas en el arcón congelador del almacén de la Estación Biológica. Las conchas se secaron al aire libre y fueron posteriormente medidas (DM, mm).

Se tomaron muestras de algas de las paredes de los charcos en LCI-01, LCI-02 y LCI-04. Se tomaron 2 muestras para cada charco, una de la cuales se conservó en alcohol 70° y la otra congelada en el arcón congelador del almacén de la Estación Biológica. Las muestras en alcohol se plantearon para, si era considerado oportuno posteriormente, la identificación detallada de las especies de algas; las muestras congeladas, por su parte, para posibles análisis toxicológicos de la cobertura algal. Las muestras se conservaron en botes de plástico de tapa amarilla, debidamente etiquetadas. Las muestras en alcohol se dejaron en un estante del laboratorio El Pirata.

Por otra parte se planteó el interés de tomar muestras de agua. El primer problema que surgió fue disponer de recipientes adecuados, tanto respecto a tamaño como a condiciones de esterilidad, que permitieran la obtención de las muestras de agua con condiciones adecuadas para posteriores análisis que pudieran plantearse realizar. Como, de acuerdo con el técnico Gonzalo Martínez, no se disponía de envases adecuados en la Estación Biológica, se planteó intentar conseguir botes para muestras de orina en la enfermería de las dependencias militares, si es que había disponibles. Fue por la tarde cuando finalmente el técnico Gonzalo Martínez pudo conseguir 2 botes estériles de los utilizados para tomar muestras de orina.

Dado que se disponía de recipientes para tomar únicamente 2 muestras, se optó en primer lugar por tomar una muestra del agua de uno de los charcos, el LCI-04. La otra muestra se tomó del efluente de la depuradora que trata los residuos de las instalaciones de la isla en las proximidades del muelle chico, por si las características de este vertido hubieran sido un factor relacionado con esta mortalidad. La muestra de agua, tomada directamente en el punto de vertido al mar de la depuradora, presentaba un marcado color gris oscuro (Figura 10) así como un fuerte olor a materia orgánica en descomposición, lo cual ponía de manifiesto la bajísima calidad del agua del vertido.

Esa misma mañana, unas pocas horas después del hallazgo de los ejemplares, sobre las 13 h, se planteó al técnico Gonzalo Martínez el interés de observar si se había dado una mortalidad semejante en el litoral SW de la isla de Rey Francisco, zona bastante próxima a la que se habían hallado los ejemplares muertos y que presenta asimismo algunos charcos litorales. Tras el desplazamiento con la embarcación neumática a esta zona no se observó ningún aspecto anómalo en el litoral comprendido entre el embarcadero de la isla de Rey Francisco y el cabo situado a unos 200 m al SSE.

Por la tarde del sábado 5, se revisaron de nuevo los charcos situados junto a la cantera en la que se habían hallado los ejemplares muertos, comprobando sobre todo si los ejemplares situados en sus proximidades estaban vivos y firmemente sujetos al sustrato. A esa hora, sobre las 20:20 h, se hallaron otros 6 ejemplares de *Patella ferruginea* muertos sobre su huella en los alrededores de los distintos charcos.

Por otra parte, en ese momento, en un punto casi en el extremo oriental de la cantera se observó en el piso supralitoral, junto a un grupo de ejemplares *Patella rustica*, el cuerpo de 3 lapas pegados al sustrato, sin la concha. Se probó entonces a intentar mover a ejemplares de *P. rustica* situados a su lado y sorprendentemente más de la mitad de un grupo compacto, de unos 40 ejemplares, se despegó mostrando que los ejemplares están en realidad muertos (Figura 11). Se recogió entonces parte de estos ejemplares de *P. rustica* y se guardan en una bolsa etiquetada en el arcón congelador del almacén de la Estación Biológica.

Se planteó para los días siguientes por parte del equipo de *Dendropoma* realizar algunas observaciones con el fin de intentar obtener más información acerca de este suceso, actividad que dependía de las condiciones atmosféricas existentes así como del resto de tareas a realizar dentro de su propia línea de trabajo. Estas observaciones incluían (1) revisar periódicamente los charcos en la zona de la cantera donde se habían hallado los ejemplares muertos, por si continuaban apareciendo nuevos ejemplares muertos; (2) realizar observaciones en otras zonas del archipiélago, fundamentalmente en la isla de Isabel II, intentando detectar otros enclaves donde pudiera tener lugar una mortalidad semejante; y (3) realizar censos de *Patella ferruginea* en los transectos y grupos de escollos donde se han venido realizando recientemente, con el fin de detectar descensos o variaciones en la población en estos puntos de seguimiento, distribuidos en distintas zonas del archipiélago.

Las revisiones en la zona de los charcos en la cantera, tanto buscando posibles restos de ejemplares en los charcos como comprobando con un suave presión lateral que los ejemplares estuvieran firmemente adheridos al sustrato, permitieron descubrir al día siguiente, el domingo día 6, otros 3 ejemplares muertos de *P. ferruginea* así como 4 de *P. rustica*. La mayor parte de estos ejemplares estaban todavía en su posición natural,

semiadheridos al sustrato, de manera que se hallaron al comprobar manualmente su adherencia al sustrato.

Durante el resto de días de la estancia, hasta el 16 de junio, no volvieron a hallarse más ejemplares muertos en los charcos de esta zona de la cantera, a pesar de las prospecciones periódicas realizadas. De este modo, se consideró que los ejemplares hallados entre los días 5 y 6 probablemente estaban relacionados con un mismo evento de mortalidad, si bien habría existido una cierta variabilidad en los efectos que hubieran causado ésta o en la capacidad de su detección.

Por otra parte, en los recorridos por el litoral realizados, en parte coincidentes con las tareas en curso relativas a *Dendropoma petraeum*, no se observó ningún caso de mortalidad semejante al observado en la zona de la cantera.

Únicamente el martes día 8 se halló en una zona al W de la isla de Isabel II un cierto número de conchas muertas de *Patella ferruginea*. Se trata de la zona donde se localiza una amplia área de charcos supralitorales, junto a los restos del desagüe de las antiguas cocinas militares, actualmente en desuso. En este caso se trataba de conchas y no de ejemplares con partes blandas; Y, si bien la mayor parte de ellas podían considerarse recientes (con la parte interior de la concha relativamente brillante, sin cobertura de epibiontes), no había ningún indicio que indicara que se trataba de un hecho anómalo, ni por el tipo de ejemplares ni por su abundancia, respecto a otras ocasiones en las que se han hallado grupos de conchas de *P. ferruginea* en el litoral de las islas y se ha considerado resultado de mortalidad natural. De hecho, los charcos litorales son un lugar donde suelen hallarse conchas sueltas, sin duda porque tienden a acumularse ahí tras la muerte de los ejemplares. En la Figura 16 se presenta la distribución de tallas de las conchas halladas (n = 16)

Por otra parte, hasta el lunes 14 no se dieron las condiciones meteorológicas adecuadas (mar en calma y marea baja) que permitieran realizar los censos de *P. ferruginea* en los puntos de seguimiento existentes. Entre los días 14 y 15 se pudieron llevar a cabo casi todos los censos previstos. Así, se realizaron en todos los grupos de escollos y en 4 de las 5 transectos de seguimiento: para uno de ellos, el situado en la isla de Rey Francisco en la parte central de La Sartén, el técnico Gonzalo Martínez consideró que no debía llevarse a cabo por estar nidificando en la zona ejemplares de gaviota de audouin.

En la Figura 17 se muestran los resultados de los censos realizados y se comparan con los resultados obtenidos apenas 3 meses antes, durante la segunda quincena de marzo de 2010. En la Tabla 2 se presenta asimismo una síntesis de estos resultados.

En general se observa que en ninguna de las zonas donde se han realizado censos se pone de manifiesto una disminución del número de ejemplares. De hecho, y en claro contraste con los resultados obtenidos para el informe de noviembre de 2009, la densidad de ejemplares o el valor absoluto de abundancia de éstos en los transectos y en los grupos de escollos, se mantiene y en varios casos tiende a aumentar. Estos resultados, que suponen un aumento en varias zonas, serían debidos sobre todo al efecto del reclutamiento anual asociado al crecimiento durante el presente año y, en algunos

casos, posiblemente a la incorporación de ejemplares adultos desplazados desde zonas adyacentes.

Discusión acerca de las observaciones realizadas

Las observaciones realizadas indican la existencia de una mortalidad de un cierto número de ejemplares de *Patella ferruginea*, al menos localizada en un sector concreto del archipiélago y en una situación temporal determinada.

A diferencia de lo detectado en noviembre de 2009, la existencia de esta mortalidad no se infiere a partir de la desaparición de una serie de ejemplares o de la disminución de la abundancia en determinados transectos de costa. En este caso, la mortalidad ha sido registrada directamente, observando y pudiendo recoger muestras de numerosos ejemplares muertos en una determinada situación.

Sin embargo no existen evidencias ni indicios que tiendan a apoyar la idea de que pueda haberse tratado de un evento que haya causado un cierto grado de mortalidad más o menos generalizada en el archipiélago. Por una parte, no se han observado grupos de ejemplares muertos en otras zonas del litoral de las islas; las conchas halladas en la parte occidental de Isabel II, en los charcos situados junto al antiguo desagüe, no pueden considerarse claramente como diferentes al hallazgo habitual de grupos de conchas en el archipiélago, considerada como el resultado de una mortalidad natural. Por otra parte, la principal evidencia que contribuye a descartar que se haya tratado de un hecho de mortalidad generalizada procede de los censos realizados en las diferentes zonas de seguimiento establecidas. En éstos no solamente no se ha detectado un descenso de la abundancia de ejemplares sino que, de hecho, se observa un cierto incremento que parece responder a la dinámica natural de la especie en el archipiélago.

Una vez establecido esto, cabe plantearse diferentes hipótesis que puedan explicar las evidencias de la mortalidad de ejemplares de *Patella ferruginea* descrita.

La posibilidad de que los ejemplares muertos fueran arrancados del sustrato por personal de servicio en las islas (militares o personal civil realizando obras en la isla) parece en principio que debe descartarse, tal y como se ha comentado.

No se conoce que determinados aspectos físicos ambientales (e.g. temperatura del aire, irradiación solar,...) puedan ocasionar una mortalidad directa de ejemplares de ésta u otras especies de lapas.

Frente a todo esto, la principal hipótesis se centraría en que hubiera habido algún tipo de sustancia que, localizándose en el agua y/o en el entorno de los charcos de la cantera, hubiera ocasionado la mortalidad de estos ejemplares. La presencia de esta sustancia podría haber tenido particular repercusión sobre los ejemplares durante esos días en concreto, debido a las particulares condiciones atmosféricas que tuvieron lugar. Al menos desde una semana antes, el nivel medio del mar presentaba una elevación muy por debajo de la media, debido al residual atmosférico de las mareas en la zona. Estas condiciones se sumaron a una serie de calmas que tuvieron lugar en la zona, lo cual en conjunto podría haber supuesto la no renovación en absoluto del agua de estos charcos entre el mesolitoral superior y el supralitoral. Ante estas condiciones, cualquier tipo de sustancia tóxica que pudiera haber alcanzado el agua de los charcos podría haber

tendido a concentrarse y aumentar su efecto nocivo sobre los ejemplares de la fauna del entorno.

Esta idea abre la cuestión de plantear un nuevo grupo de hipótesis, centrada acerca del tipo de sustancia de la que podría tratarse y del origen que podría tener.

La primera hipótesis implicaría causas naturales en esta mortalidad. Es destacable que en todos los charcos donde se encontraron ejemplares muertos de *Patella ferruginea* presentaban un cobertura importante del alga verde *Enteromorpha* sp., en parte en un estado de regresión y de descomposición. Durante el inicio de la primavera de 2010 se observó un desarrollo importante de la cobertura de estas algas por el litoral del archipiélago. La abundancia de estas algas tiene una componente marcadamente estacional en las Islas Chafarinas (aumenta particularmente durante el invierno y principios de primavera respecto a otras épocas del año) y presenta asimismo una variabilidad interanual destacable. Aparte del hecho de que sea una especie que tiende a proliferar en aguas sensiblemente eutrofizadas, también su grado de desarrollo cada año puede estar influido por las condiciones meteorológicas existentes durante el invierno (precipitaciones, temperatura,...). Las observaciones realizadas por este equipo de trabajo durante la segunda quincena de marzo de 2010 indicaron un grado de desarrollo bastante considerable. Por otra parte durante la primavera la cobertura de *Enteromorpha* tiende a reducirse considerablemente, de manera que durante el verano alcanza a ser muy escasa. La observación de ejemplares muertos de *Patella ferruginea* en charcos coincide con la existencia en éstos de una masa de algas en descomposición, de color blanquecino (Figuras 7 y 8). La descomposición de estas algas sin duda debe afectar a la calidad del agua de los charcos, sobre todo cuando no existe renovación del agua, al menos en parámetros como oxígeno disuelto, contenido en material orgánica, compuestos de nitrógeno,... Sin embargo no está claro que estas condiciones puedan suponer la muerte directa de ejemplares *P. ferruginea* que, potencialmente, podrían tal vez desplazarse a otras zonas. En este caso, apenas se dispone de información de la capacidad de los ejemplares de *P. ferruginea* para cambiar de ubicación (i.e. huella) de manera más o menos inmediata ante condiciones ambientales muy adversas. Por otra parte, cabe plantearse si la descomposición de estas algas podría producir alguna toxina que supusiera de la muerte de estos ejemplares de lapa. No se ha hallado de momento referencias en la bibliografía que pudieran sustentar esta hipótesis.

Otra posibilidad se centraría en que la mortalidad fuera debida a la presencia de sustancias tóxicas de origen humano.

En primer lugar, estas podrían proceder del principal vertido de aguas del archipiélago, aquel que tiene lugar a unos 50 m al este del muelle chico y que recoge en principio la totalidad de aguas del alcantarillado de la población. Supuestamente estas aguas sufren un tratamiento por parte de depuradora instalada en los últimos años. Sin embargo y a falta de análisis detallados, parece evidente que el funcionamiento de esta depuradora es insuficiente dado el color (Figura 10) y el olor de agua del vertido, tal y como se ha comentado. Esta insuficiencia pudiera ser debida bien a un malfuncionamiento de la depuradora, bien a un exceso de volumen de agua a tratar, que excediera su capacidad: hay que señalar que durante esos días había una población en las islas más numerosa de lo habitual (al personal militar y al de la Estación Biológica se sumaba un contingente numeroso de albañiles) y que, de hecho, los responsables militares destacaban durante las últimas semanas un consumo de agua dulce en torno al

doble del habitual, algo que no sabían si era debido a un consumo excesivo o a la existencia de fugas en las conducciones. De acuerdo con un comentario realizado por personal militar, la depuradora instalada en caso de recibir un flujo mayor que aquel para el que está diseñada simplemente envía sin depurar al desagüe los excedentes de agua, sin ningún tipo de tratamiento. Cabe plantear por tanto que durante esos días una parte relevante de los vertidos de las aguas residuales del archipiélago alcanzaran el medio natural con una mínima o nula depuración.

Bajo esta hipótesis, cabe plantearse la composición de las aguas vertidas y el tipo de sustancias que hubieran podido afectar a los ejemplares de *Patella ferruginea*. Las sustancias más evidentes son en principio las derivadas de la descomposición de materia orgánica, originadas sobre todo a partir de las aguas fecales. Las observaciones realizadas indican que, al menos durante los últimos meses, el contenido en materia orgánica en el vertido puede haber sido muy elevado. Cabe destacar sin embargo que no se puede descartar que durante las obras que se están realizando en las islas puedan haberse utilizado y haberse abocado a los desagües sustancias particularmente tóxicas (e.g. disolventes,...) que podrían ser la causa principal de la mortalidad de ejemplares detectada.

Resulta difícil disponer de información detallada para valorar esta hipótesis. El hecho de que en las proximidades de la zona del desagüe no parece haber habido una disminución de ejemplares de *Patella ferruginea* parece quitar peso a esta idea. Por otra parte, la distancia desde el punto de vertido hasta los charcos de la cantera (más de 200 de metros) sería otro aspecto que reduciría la importancia de esta hipótesis.

Sin embargo no hay que descartar que, ante un vertido puntual de una determinada sustancia tóxica, ésta apenas afectara a ejemplares situados en rocas o muros verticales, sometidos a un cierto lavado por el oleaje. Y que en cambio tendiera a afectar casi exclusivamente a aquellos ejemplares situados en las inmediaciones de charcos litorales, donde estas sustancias, ante condiciones de escasa renovación de agua (mar en calma y marea baja, tal y como se dio durante esos días), tenderían a concentrarse y a afectar de una manera más prolongada a los ejemplares.

Otra posibilidad acerca del origen de estas hipotéticas sustancias tóxicas consistiría en el aporte directo a la zona afectada.

Algunos pescadores deportivos suelen emplear algunas sustancias para obtener cebo en la zona litoral. Al menos en la costa de Melilla, es relativamente común utilizar un líquido conocido como “piedra-lipe”, que consiste en una solución acuosa de sulfato de cobre. Al verter este líquido sobre una zona con algas, o sobre un charco litoral, parte de la fauna, como los poliquetos, tienden a salir y hacerse accesibles a su captura. En algunos casos también se puede utilizar lejía diluida con el mismo fin. No existe ninguna evidencia de que estas sustancias hayan sido empleadas en el archipiélago en los días a los que se hace referencia. Pero hay que considerar que si hubieran sido utilizadas en charcos litorales, muy probablemente podrían haber causado la mortalidad de la fauna de invertebrados asociada a éstos, más aún si durante días, debido a las condiciones meteorológicas, no hubiera habido renovación del agua.

Un hecho que sin duda es destacable es la coincidencia entre la zona en que se detectó la mortalidad de ejemplares de *Patella ferruginea* y un sector de la isla de Isabel

II donde se desarrolló esos días una elevada actividad de personal realizando pesca deportiva con caña. En la primera quincena del mes de junio, en la zona de la cantera donde se hallaron los ejemplares muertos, se llegó a contabilizar más diez personas pescando y alrededor de una docena de cañas de pescar instaladas.

Se tiene constancia de que el personal implicado (tanto militares como albañiles) estaba informado de la existencia de una especie de lapa protegida, así como de la prohibición de su captura. Pero aparte de este aspecto, no parece que percibieran ninguna restricción respecto a la extracción de otros ejemplares del medio natural. La captura de la fauna litoral, como los gasterópodos *Stramonites haemastoma* y *Monodonta* sp., parece haber sido muy frecuente para su uso como cebo, tal y como se observaba a diario a partir de los restos que quedaban en el litoral (Figuras 13 y 14).

En este contexto, resulta difícil determinar y evaluar los comportamientos concretos de las personas que realizaban esta actividad. Cabe plantearse que, al margen de la captura de ejemplares de *Patella ferruginea*, se produjeran otros sucesos que pudieran afectar a la calidad del agua de los charcos litorales. Entre éstos se podrían incluir el uso de sustancias para la obtención de cebos. Sin embargo un comportamiento tan sencillo como orinar en los charcos litorales podría haber supuesto un perjuicio para la fauna asociada a éstos, sobre todos en condiciones meteorológicas (mar en calma y nivel medio del mar relativamente bajo) en que se minimizaban la renovación de su agua.

Aunque algunas de las hipótesis presentadas ponen énfasis en el hecho de que la totalidad de ejemplares de *Patella ferruginea* hallados muertos lo fueron en el interior o en las proximidades de charcos mesolitorales, conviene recordar también la mortalidad detectada de ejemplares de *Patella rustica* en una zona rocosa del supralitoral, alejada de estos charcos. En este caso, el proceso de concentración de posibles sustancias tóxicas que se plantea no podría haber tenido lugar. Este hecho debe tenerse en cuenta en vistas a la valoración de las diferentes hipótesis planteadas así como de otras que puedan plantearse en el futuro.

Síntesis de resultados y conclusiones

Se ha detectado la mortalidad de un cierto número de ejemplares de *Patella ferruginea* en la isla de Isabel II a principios de junio de 2010. La detección de este hecho ha sido posible gracias a la coincidencia con los trabajos realizados por el equipo de estudio de *Dendropoma petraeum* en el archipiélago.

Hace algo más de 6 meses se detectó otro evento de mortalidad de ejemplares de *Patella ferruginea* en las Islas Chafarinas. Sin embargo, a diferencia de aquella situación en que se detectó la mortalidad de manera indirecta por la desaparición de un número importante de ejemplares, en este caso la mortalidad ha sido evidenciada de manera directa, mediante el hallazgo de ejemplares muertos muy recientemente, si bien en número mucho más moderado.

Las observaciones realizadas así como la discusión aquí presentada permiten suponer que en esta ocasión se ha tratado de un suceso de carácter muy local, no habiéndose hallado ningún indicio o evidencia que indique que pueda haber sido un

hecho generalizado. Este evento ha supuesto la muerte de al menos 31 ejemplares adultos de *Patella ferruginea*, así como de otros invertebrados litorales entre los que destaca ejemplares otra especie de lapa como es *Patella rustica*.

No han podido determinarse con certeza las causas de la muerte de estos ejemplares. Se han presentado algunas hipótesis acerca del origen de esta mortalidad aunque para ninguna de ellas de momento existen evidencias que las puedan corroborar.

Se han recogido algunas muestras (partes blandas de los ejemplares de *Patella ferruginea* muertos; algas en el interior de los charcos; muestras de agua en el punto de vertido y en uno de los charcos afectados) por si pudieran contribuir en una etapa posterior a clarificar las causas de este evento.

Alguna de las hipótesis aquí planteadas supondría que el origen de esta mortalidad se debería a causas naturales. Sin embargo otras de estas hipótesis se basarían en la existencia de un impacto de origen humano sobre las poblaciones litorales y, en concreto, sobre *Patella ferruginea*.

Aunque no hay evidencias sobre el origen humano de esta mortalidad, no deja de ser llamativo que ésta se haya detectado en la isla de Isabel II, la única habitada del archipiélago. Aún sin poder asegurar que las causas señaladas en este sentido puedan ser causantes de esta mortalidad, resulta sin duda razonable plantear la necesidad de reducir la incidencia de estos impactos en el litoral del archipiélago, es decir, mejorar y controlar la calidad de los vertidos de la población al mar y reducir en lo posible las actividades de recolección de ejemplares por parte de personal de servicio en el archipiélago.

Valencia, 5 de julio de 2010

Dr. Javier Guallart Furió



Figura 7.1. Charco mostrando las conchas de 3 ejemplares de *Patella ferruginea*, 2 ejemplares de *P. rustica* y una quela de un cangrejo espinoso (*Eriphia spinifrons*). Este charco, llocalizado en el extremo oriental de la cantera, en la isla de Isabel II, fue identificado con el código LCI-02. 05/06/2010.



Figura 7.2. Detalle de un ejemplar muerto de *Patella ferruginea* en el charco LCI-02, en el que se muestra la concha en el fondo y la parte carnosa flotando en la superficie. 05/06/2010.



Figura 7.3. Ejemplar situado junto al charco LCI-04, con la concha ligeramente separada del sustrato. Nótese que en su posición de reposos, sobre su huella,, el ejemplar está parcialmente sumergido en el agua. 05/06/2010.



Figura 7.4. Ejemplar de la Figura 7.anterior, tras ser separado con facilidad del sustrato, mostrando su estado en avanzada descomposición. 05/06/2010.



Figura 7.5. Ejemplar junto al charco LCI-04, con la concha ligeramente separad del sustrato. 05/06/2010.



Figura 7.6. Ejemplar de la Figura 7.anterior, tras ser separado del sustrato sin dificultad, mostrando que está muerto por la rigidez y retracción de su cuerpo. 05/06/2010.



Figura 7.7. Aspecto general del charco mesolitoral LCI-04. 05/06/2010.



Figura 7.8. Detalle una parte del charco LCI-04 mostrando un ejemplar muerto de *Patella ferruginea*. Nótese la abundancia de *Enteromorpha* sp., parcialmente en descomposición. 05/06/2010.



Figura 7.9. Ejemplares muertos de *Patella ferruginea* recogidos en la zona de la cantera. Nótese que si bien los ejemplares presentan un grado de descomposición relativamente diverso.



Figura 7.10. Muestras de agua tomadas el día 05/06/2010 por la tarde. A la izquierda, agua procedente del vertido de la depuradora junto al muelle chico. A la derecha, muestra obtenida en el charco mesolitoral LCI-04.



Figura 7.11. Grupo de ejemplares de *Patella rustica* muertos o moribundos, tras ser arrancados con facilidad del sustrato al ejercer una ligera presión sobre ellos. 05/06/2010.

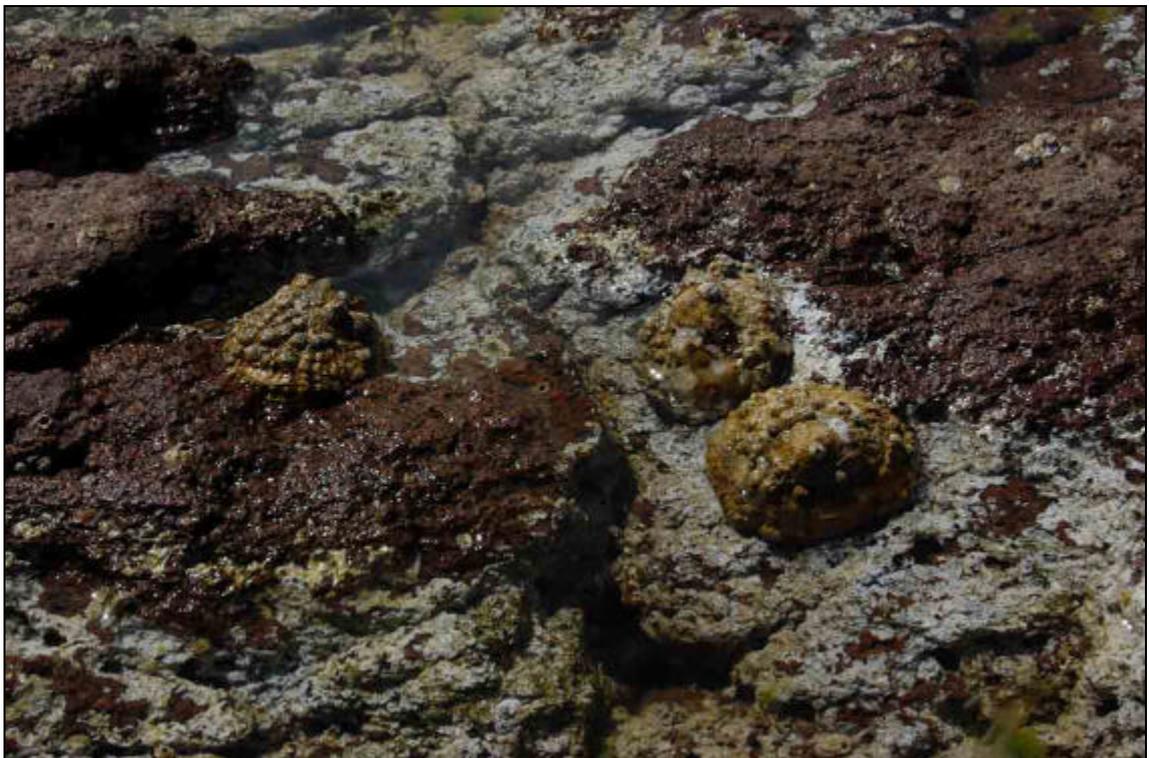


Figura 7.12. Ejemplares vivos de *Patella ferruginea* en el charco mesolitoral LCI-02 días después del hallazgo inicial de ejemplares muertos. 12/06/2010.



Figura 7.13. Restos de ejemplares de invertebrados (principalmente moluscos gasterópodos) utilizados como cebo por parte del personal de servicio en las islas en la zona de la cantera en Isabel II, así como otros residuos abandonados en la zona. 12/06/2010.



Figura 7.14. Detalle de imagen anterior, en que se muestran restos de las conchas de los gasterópodos litorales *Stramonites haemastoma* y *Monodonta* spp. usados aparentemente como cebo. 12/06/2010.

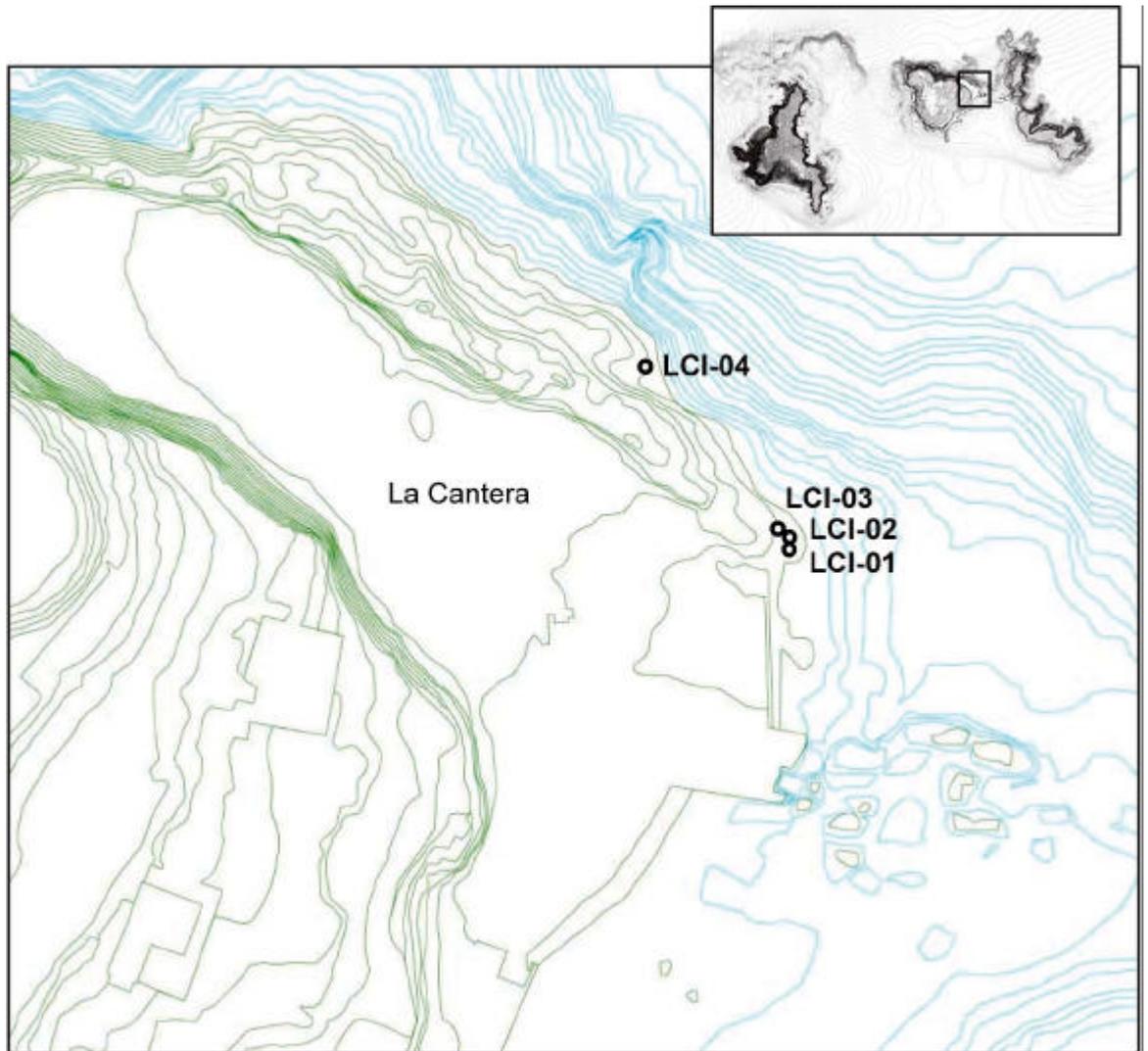


Figura 7.15. Localización de los charcos donde se hallaron ejemplares muertos de *Patella ferruginea* en el entorno de la Cantera, en la isla de Isabel II.

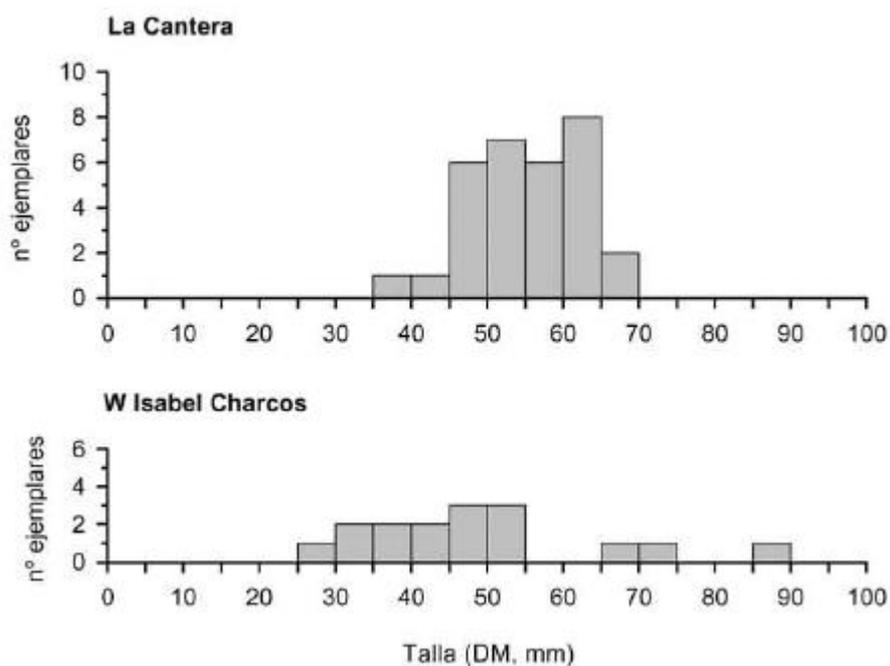


Figura 7.16. Distribución de tallas de los ejemplares y conchas hallados muertos en los charcos de la cantera (LCI-01 a LCI-04) entre el 5 y el 6 de junio (n = 31). Y distribución de tallas de las conchas halladas al W de Isabel II el 8 de junio (n = 16).

Código	Coordenadas		Ejemplares muertos hallados
	x	y	
LCI-01	552207	3893448	3 <i>Patella ferruginea</i>
LCI-01	552207	3893450	9 <i>Patella ferruginea</i> 4 <i>Patella rustica</i> 1 <i>Monodonta</i> sp. 1 quelípido de <i>Eriphia spinifrons</i>
LCI-03	552208	3893452	1 <i>Patella ferruginea</i>
LCI-04	552181	3893482	18 <i>Patella ferruginea</i> 1 <i>Siphonaria pectinata</i> 1 <i>Monodonta</i> sp. 1 <i>Pachygrapsus</i> sp.

Tabla 7.1. Síntesis de la localización (coordenadas en UTM, huso 30, datum WGS84) y restos de ejemplares muertos hallados en los charcos de la zona de la Cantera en Isabel II entre el 5 y el 6 de junio.

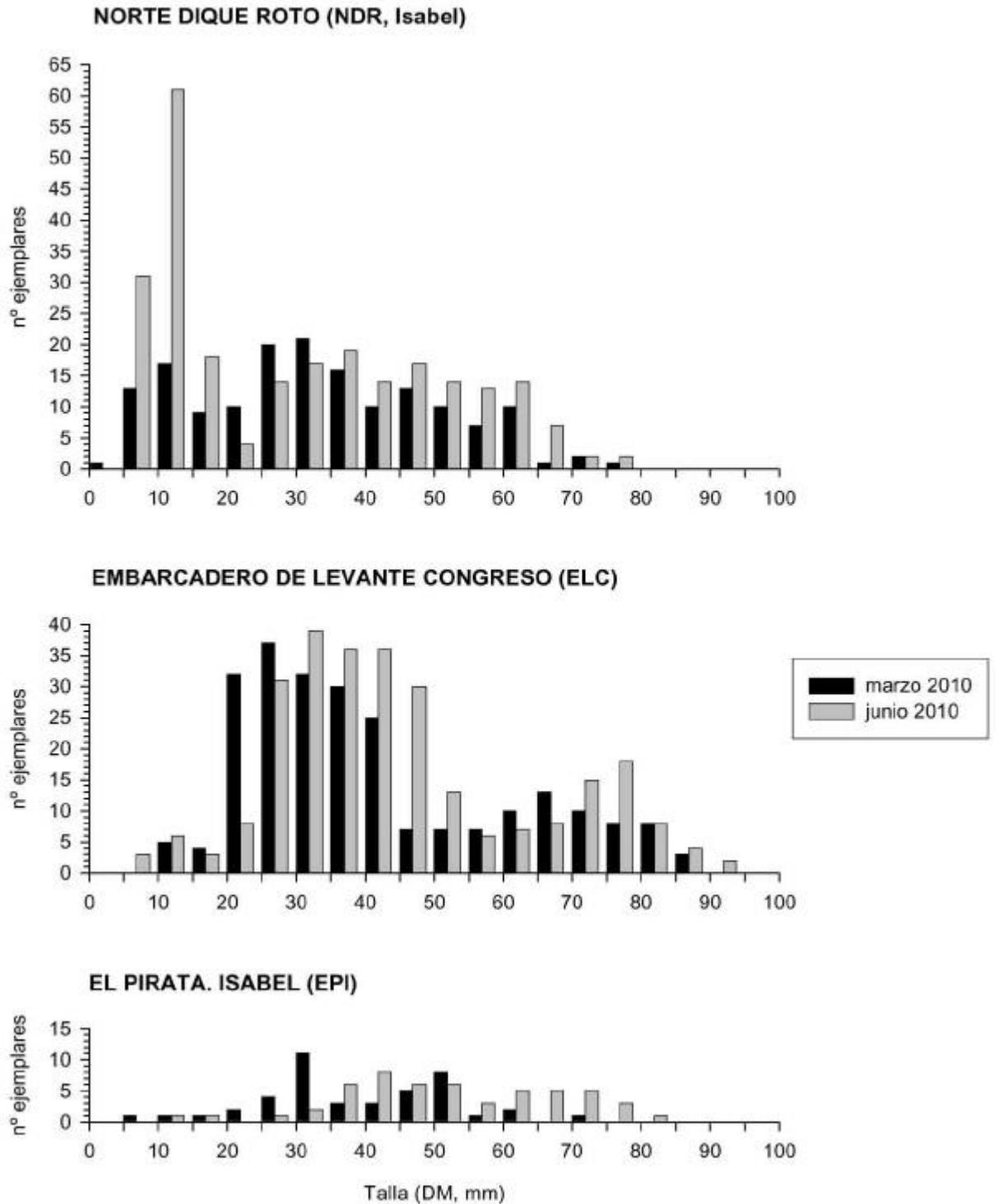


Figura 7.17. Comparación en los resultados de los censos de *Patella ferruginea* llevados a cabo en marzo y en junio de 2010 en las diferentes zonas de seguimiento. Éstas incluyen tanto transectos litorales como grupos de escollos. (Continúa).

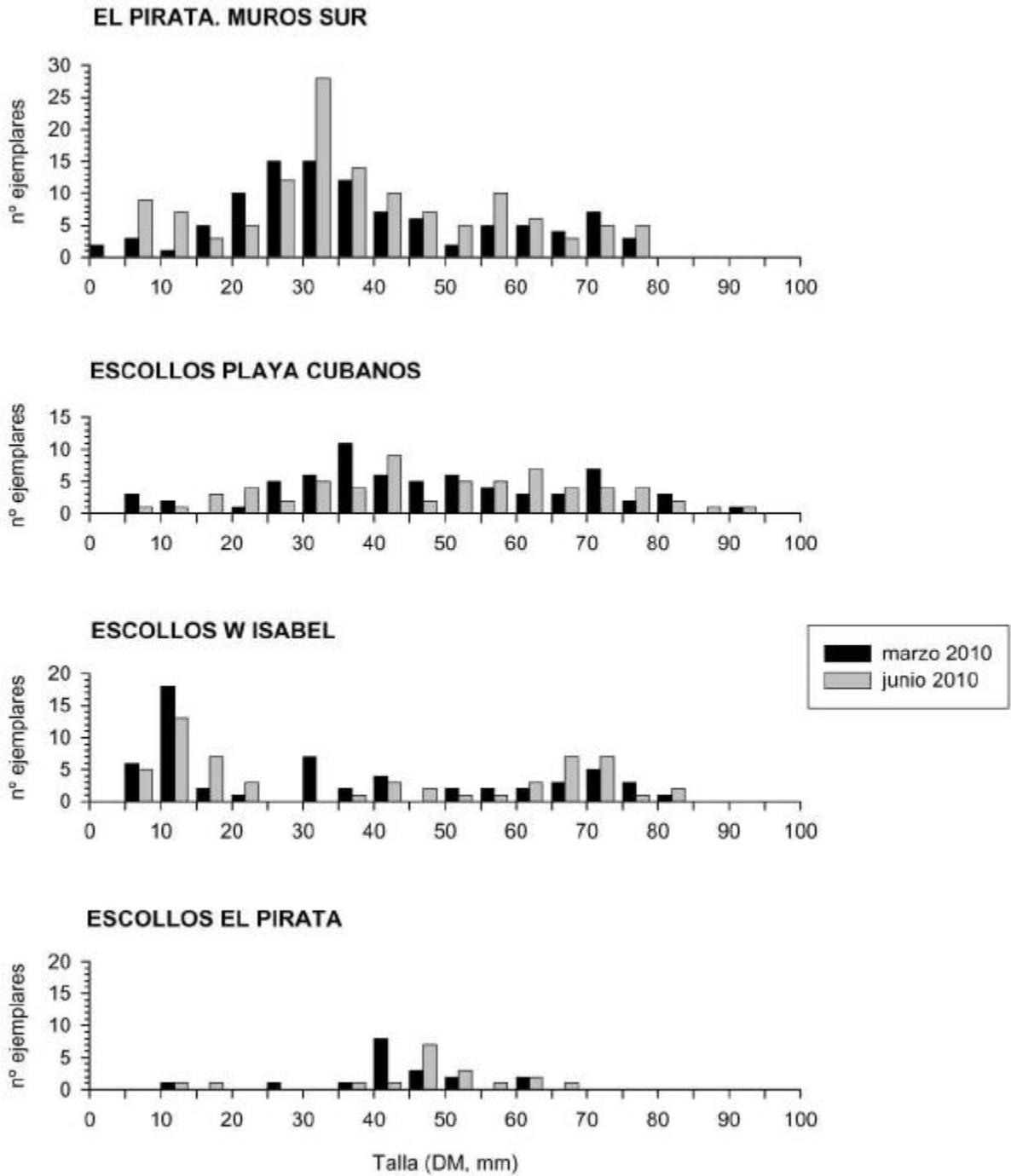


Figura 7.17 (continuación). Comparación en los resultados de los censos de *Patella ferruginea* llevados a cabo en marzo y en junio de 2010 en las diferentes zonas de seguimiento. Éstas incluyen tanto transectos litorales como grupos de escollos.

	TOTAL			< 20 mm			>30mm			> 40 mm		
	mar-10	jun-10	% var.	mar-10	jun-10	% var.	mar-10	jun-10	% var.	mar-10	jun-10	% var.
El Pirata Isabel	43	53	+23,3	3	2	-33,3	34	50	+47,1	20	42	+110,0
Norte Dique Roto Isabel	161	247	+53,4	40	110	+175,0	91	119	+30,8	54	83	+53,7
Embarcadero Levante Congreso	238	273	+14,7	9	12	+33,3	160	222	+38,8	98	147	+50,0
El Pirata Muros Sur	102	129	+26,5	11	19	+72,7	66	93	+40,9	39	51	+30,8
Escollos El Pirata	18	18	0,0	1	2	+100,0	16	16	+0,0	15	15	0,0
Escollos Playa Cubanos	68	64	-5,9	5	5	0,0	57	53	-7,0	40	44	+10,0
Escollos W Isabel	58	56	-3,4	26	25	-3,8	31	28	-9,7	22	27	+22,7

Tabla 7.2. Evolución del número de ejemplares hallados de *Patella ferruginea* entre marzo y junio de 2010 en las distintas zonas de seguimiento. Se indica en cada caso el número de ejemplares y el porcentaje de variación.