

**ASPECTOS REPRODUCTIVOS DEL ERIZO COMÚN
(*PARACENTROTUS LIVIDUS*) EN AGUAS DEL ESTE DE GRAN
CANARIA**

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

2008

AKETZA HERRERO BARRENCUA

D. José Juan Castro Hernández, Profesor titular de Universidad del área de conocimiento de Zoología, adscrito al Departamento de Biología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,

HAGO CONSTAR:

Que el Lcdo. Aketza Herrero Barrencua ha realizado bajo mi supervisión el presente trabajo, titulado 'Aspectos reproductivos del erizo común (*Paracentrotus lividus*) en aguas del este de Gran Canaria', para optar al Diploma de Estudios Avanzados en Ciencias del Mar.

En Las Palmas de Gran Canaria, a 28 de mayo de 2008.

Fdo: Dr. José Juan Castro Hernández

ASPECTOS REPRODUCTIVOS DEL ERIZO COMÚN (*PARACENTROTUS LIVIDUS*) EN AGUAS DEL ESTE DE GRAN CANARIA

AKETZA HERRERO BARRENCUA

Camino Viejo de San José nº 30, Santa Brígida, 35307, Las Palmas de Gran Canaria; aketzah@gmail.com

RESUMEN

El ciclo reproductor de *Paracentrotus lividus* en la costa este de Gran Canarias se caracteriza por presentar dos periodos de desove al año, el primero entre abril y mayo y el segundo entre junio y septiembre, con pequeñas variaciones según la localidad. El sexo se puede determinar visualmente a partir del color de la gónada tan sólo en individuos premaduros, maduros o desovados, cuando aún hay presencia de células sexuales en la gónada.

Aunque se observa un patrón temporal similar en los dos años de muestreo, los valores medios del índice gonadosomático (IG) en 2007 fueron casi un 40% inferiores a los mostrados en 2006. Es destacable que los individuos de Gando, a pesar de ser significativamente más pequeños, presentaron valores medios de IG que duplicaban los registrados en Tufia. No obstante, la densidad media de individuos en Tufia fue de 9,63 erizos/ 0,25 m² mientras que en Gando solo llegó a 3,75 erizos/ 0,25 m². Estos últimos mostraron un incremento en su talla media de 2006 a 2007, lo que no se observó en Tufia.

Palabras clave: erizo, *Paracentrotus lividus*, reproducción, ciclo gametogénico

INTRODUCCIÓN

El erizo de mar *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) es una especie atlantomediterránea típica. Presenta una distribución geográfica que incluye el Mediterráneo y el Atlántico nororiental, desde Escocia e Irlanda hasta Marruecos, incluyendo las Islas macaronésicas de Azores, Madeira y Canarias, estas últimas como límite meridional (Azzolina *et al.*, 1985; Boudouresque & Verlaque, 2001).

Habita comúnmente en aguas someras (Harmelin, *et al.*, 1980, 1981; Verlaque, 1987), desde el nivel de la bajamar hasta los 20 m de profundidad (Harmelin *et al.*, 1980; Lozano *et al.* 1995; Turón *et al.*, 1995; Boudouresque & Verlaque, 2001). Coloniza preferentemente sustratos duros (Mortensen, 1977), ocupando superficies horizontales o de suaves pendientes (Bulleri *et al.*, 1999) y pequeñas oquedades de charcos, camuflados con algas y pequeños trozos de caparzones o conchas (Boudouresque & Verlaque, 2001), comportamiento que se ha observado en varios equinoideos. Existen varias teorías para explicar este comportamiento, denominado “covering”, y se cree que pueda ser como protección de un exceso de luz solar (Crook *et al.*, 1999; Barnes & Crook, 2001; Verling *et al.*, 2004). También es posible que sea utilizado para protegerse de la deposición de lodo y arena, ya que en la zona aboral se encuentran la placa madreporica, el ano y el gonoporo (Richner & Milinski, 2000), e incluso como camuflaje para protegerse de posibles depredadores (Milligan, 1915 *vide* Crook *et al.*, 1999). Estos animales forman parte de las comunidades bentónicas en todos los mares, siendo especies claves, capaces de influir en la estructura de las mismas debido a su importante papel como herbívoros (Lawrence, 1975, *vide* Palacín *et al.* 1998; Verlaque, 1984; Bulleri *et al.*, 1999; Ruitton *et al.*, 2000).

En Canarias, *Paracentrotus lividus* se encuentra tanto en la zona del intermareal inferior, en grietas y charcos, como en el submareal superior, donde suele ocupar una estrecha franja cuyo límite inferior está marcado no tanto por la profundidad como por la existencia o no de sustrato adecuado, y la

competencia con otras especies de erizos (e.g. *Diadema antillarum* y *Arbacia lixula*) (obs. pers.).

Se trata de una especie de importancia por su interés pesquero, comercializada por sus gónadas que son consideradas una exquisitez especialmente en Francia y Japón (Palacín *et al.*, 1997; Barnes *et al.*, 1999; Boudouresque & Verlaque, 2001). Su intensa recolección en las costas francesas durante la década de 1970 provocó una caída drástica de sus poblaciones tanto en la costa Mediterránea como Atlántica (Le Gall, 1987; Régis, 1987). A partir de ese momento, y durante 20 años, Irlanda suplió la demanda del mercado francés (Byrne, 1990), lo que repercutió negativamente en su stock. No obstante, esta demanda ha originado a su vez la puesta a punto de sistemas de cultivo para esta especie (Grosjean *et al.*, 1996; Grosjean, 2001; Spirlet *et al.*, 2001).

En varias localidades de España se extrae este recurso, lo que ha originado que su captura esté regulada y controlada la recogida para evitar que la población se vea irreversiblemente menguada. Así, han salido publicadas en los boletines oficiales respectivos de diversas comunidades autónomas las órdenes que fijan tallas o pesos mínimos al igual que períodos de veda (DOGC de Cataluña, nº 3634 13/05/02; BOJA de Andalucía, nº 86 8/05/03; BOC de Cantabria, nº 92 15/05/03). Todas estas decisiones han sido precedidas por estudios biológicos sobre la reproducción de la especie en cada localidad (Azzolina *et al.*, 1985; Byrne, 1990; Lozano *et al.*, 1995; Turon, 1995; Grosjean, 1996; Sánchez-España *et. al.* 2004).

El *Paracentrotus lividus* es una especie gonocórica sin dimorfismo sexual externo, aunque se conocen casos excepcionales de hermafroditismo (Byrne, 1990). La fecundación es externa y da lugar a una larva equinopluteus planctófaga que puede durar entre 23-29 días (Pedrotti 1993 *vide* Boudouresque & Verlaque, 2001). Cuando ésta ha adquirido la capacidad de entrar en contacto con el sustrato, lo reconoce mediante los podios primarios y si éste no resulta adecuado es capaz de volver a nadar y buscar otro sustrato

(Gosselin & Jangoux, 1998), retrasando su metamorfosis aunque en detrimento de la tasa de supervivencia (Strathmann 1978; Vaïtilingon, 2001).

La talla de primera madurez sexual, entendida como más de un 75% de los individuos maduros, varía según las condiciones ambientales. Así, en experimentos realizados en el Mediterráneo esta talla se alcanza a los 30 mm en un hábitat expuesto, y a los 40 mm en un hábitat abrigado (Lozano *et al.* 1995), que se corresponden con una edades de entre 4 y 7 años (Turon *et al.* 1995) para esta misma región. El crecimiento somático parece estar relacionado principalmente con la temperatura del agua, disponibilidad y calidad del alimento y desarrollo gonadal (Fernández, 1996 *fide* Boudouresque & Verlaque, 2001). En líneas generales, los individuos de 2 cm corresponden a una edad de 2 años y los de 4 cm entre 4 y 5 años (Boudouresque & Verlaque, 2001).

El ciclo reproductor de *Paracentrotus lividus* está regulado por diversos factores, principalmente la temperatura, la disponibilidad de alimento y el fotoperiodo (Byrne, 1990; Vaïtilingon *et al.*, 2001; Shpigel *et al.*, 2004). Presenta uno o dos picos anuales de desarrollo gonadal, que pueden diferir entre localidades próximas (Lozano *et al.*, 1995). Para valorar el tamaño de las gónadas respecto al tamaño del erizo se han utilizado generalmente índices gonadales (Lessios, 1981; Illife & Pearse, 1982; Byrne, 1990; Lozano *et al.*, 1995; Spirlet *et al.*, 1998; Sánchez-España *et al.* 2004); así sabemos que los mayores índices gonadales en el oeste de Irlanda se alcanzan de mayo a junio en una localidad y de marzo a julio en otra (Byrne, 1990). En cambio, en el norte de Francia el periodo de índices gonadales más altos va de diciembre a marzo (Allain, 1975 *fide* Boudouresque & Verlaque, 2001) y al oeste se concentra en el mes de marzo (Spirlet *et al.*, 1998). En España, en Cataluña, encontramos un periodo de junio a octubre en una localidad y en otra dos picos uno de febrero a marzo y el otro en agosto (Lozano *et al.*, 1995). En cualquier caso, en aquellas situaciones en que existen datos de dos periodos de altos índices gonadales en un mismo año, el análisis histológico sólo avala un único

periodo gametogénico (Byrne, 1990; Lozano *et al.*, 1995; Turon *et al.* 1995; Spirlet, 1998).

Por todo lo anterior, se considera de gran importancia conocer la biología reproductiva de esta especie, cara a su posible explotación comercial en aguas del Archipiélago. Así el objetivo del presente trabajo es aportar información sobre diferentes aspectos reproductivos del erizo común en aguas de Gran Canaria.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos mensuales en 2 localidades de la costa este de Gran Canaria (Gando: 27°56'13.09'' N - 15°21'40.16'' W; y Tufia: 27°57'17.54'' N - 15°22'39.18'' W), entre abril de 2006 y diciembre de 2007. En cada muestreo se recogieron de 10 a 30 erizos por localidad, que fueron llevados al laboratorio para su disección. A cada ejemplar se le midió el ancho (diámetro) y alto (eje oral-aboral) del caparazón (sin púas), con una precisión de 1 mm, así como se registró el peso total fresco y el de las gónadas, con una precisión de 0,01 g.

Para determinar la estrategia reproductiva de *Paracentrotus lividus* se calculó el índice gonadal y se realizaron cortes histológicos del tejido gonadal. El índice gonadal (IG) utilizado fue el basado en peso fresco tal y como lo describen Meidel & Scheibling (1998) y Sánchez-España *et al.* (2004) (Ecuación 1).

$$IG_1 = (\text{Peso fresco gonadal} / \text{Peso fresco total}) \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Por otra parte, se anotó el color de la gónada a fin de estimar el sexo, ya que los machos presentan gónadas amarilla, mientras que en las hembras éstas son de un color naranja intenso. Los individuos con gónadas de color

naranja u oscuro fueron clasificados como indeterminados. Así, los individuos fueron inicialmente sexados a partir del color de las gónadas, para más tarde verificar el resultado a partir del análisis histológico de las mismas. El método visual sólo resultó viable en los casos en que las gónadas estuvieran maduras, ya que en estadíos tempranos del desarrollo gonadal aún no adquirieren el color característico de uno u otro sexo.

Para el estudio histológico se fijó el tejido por inmersión 24 horas en fijador Bouin, para luego incluirlo en parafina. La tinción se realizó con hematoxilina-eosina y posteriormente se cortaron láminas 7µm de grosor (Yoshida, 1952; Byrne, 1990; Meidel & Scheibling, 1998). Estas fueron observadas al microscopio con objeto de determinar en qué estado de madurez se encuentran las células sexuales. La asignación del estado de madurez se realizó siguiendo la escala de 6 fases utilizada por Meidel y Scheibling, y para los machos se introdujo una pequeña variante usando la definición de fase 1 utilizada por Byrne en 1990. Ambas escalas están basadas en los trabajos de Fuji de 1960.

Se efectuó el análisis bioquímico de 22 grupos de muestras recogidas entre abril y diciembre de 2007. Cada grupo de muestras constó de 3 gónadas de 10 erizos. Con el fin de determinar la proporción de hidratos de carbono, proteínas y lípidos en la constitución de las gónadas, se ha procedido a emplear las técnicas analíticas estandarizadas por la AOAC International (2005): Kjeldahl (para proteínas), Soxhlett (para lípidos), Weende (para fibras), desecación a 105 °C (para la humedad) y desecación a 550 °C (para las cenizas).

RESULTADOS

1. Distribución de tallas

La talla de los erizos muestreados osciló entre 37 y 71 mm de diámetro y 18 y 41,6 mm de alto, mientras que el peso fluctuó entre 19,95 y 115,69 g. No obstante, se observaron diferencias significativas en la talla según la localidad de procedencia (ANOVA one-way, $F=21,196$; $P<0,00001$; Fig. 1), siendo los ejemplares capturados en Tufia de mayor talla. Igualmente, se observan diferencias significativas en las distribuciones de tallas obtenidas en los años 2006 y el 2007 (ANOVA one-way, $F=12,52$; $P<0,00045$), mostrando los individuos una talla media mayor en el último año.

La relación talla-peso de los individuos capturados presenta un crecimiento alométrico negativo, comportamiento que se refleja también cuando se analizan los individuos procedentes de cada localidad por separado (Tabla 1).

Tanto a nivel general como para cada localidad de muestreo, se observa que existe una importante variación en la talla media de los individuos, tanto a nivel estacional como interanual. Durante 2006 se observó que los erizos aumentaron la talla media hacia finales de año, con un máximo en noviembre. Sin embargo, en el 2007 la talla media de los ejemplares fue ligeramente mayor a lo largo de todo el año y, además, presentaron el máximo relativo en los meses de verano (junio-agosto) (Fig. 1). Este mismo patrón se observa a grandes rasgos en ambas localidades, aunque en Tufia, aparece un máximo a finales del año 2006, y a lo largo del 2007 parecen haber dos periodos de tallas medias máximas, uno entorno a mayo y otro en octubre. En Gando, el pico máximo en el 2006 aparece en noviembre y en el 2007 en verano, en los meses de julio y agosto. Es importante resaltar que, mientras que en Gando la talla media alcanzada por los individuos es significativamente mayor en 2007 en comparación con 2006 (ANOVA one-way $F=12,67$; $P=0,0005$), esto no

ocurre en la localidad de Tufia donde el incremento de talla observado no llega a ser estadísticamente significativo (ANOVA one-way $F=1,35$; $P=0,25$).

Tabla 1. Parámetros de la relación talla-peso de *Paracentrotus lividus* según la localidad de origen

Localidad	a	B	N	Probabilidad
Total	-74,59	2,59	400	<0,0001
Gando	-88,51	2,86	180	<0,0001
Tufia	-64,87	2,40	220	<0,0001

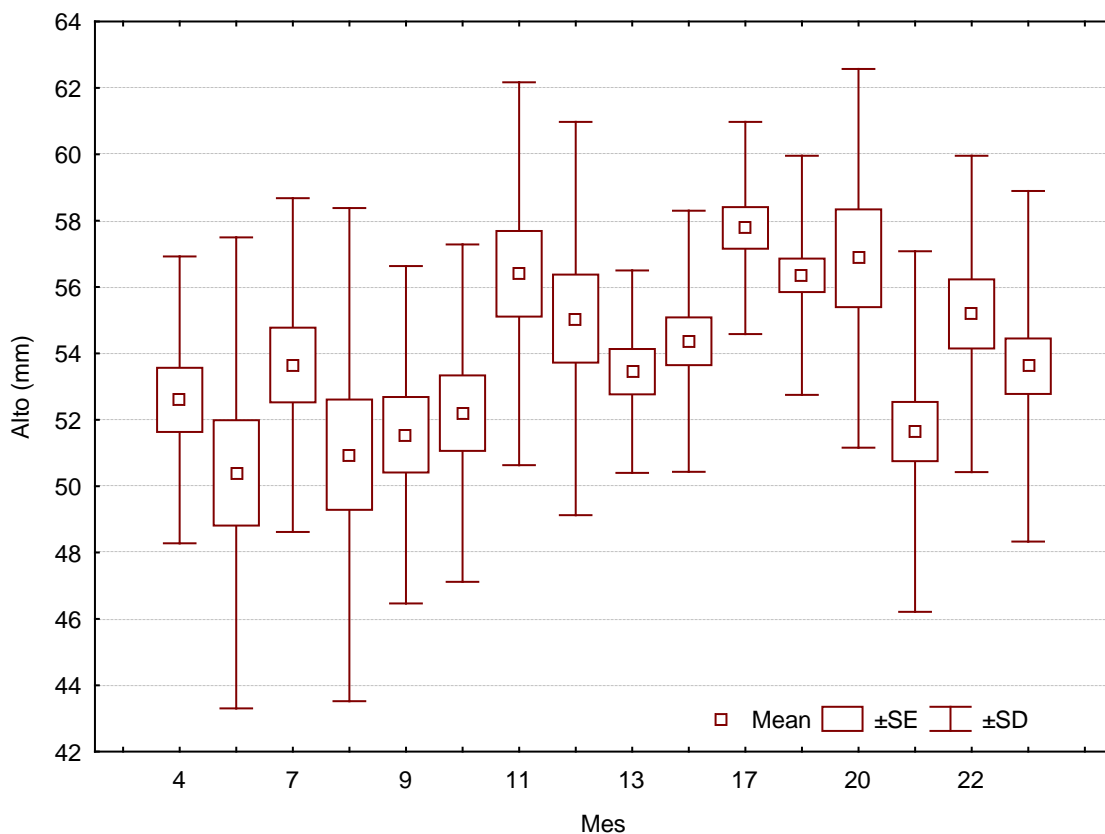


Figura 1. Distribución temporal de las tallas medias mensuales mostradas por los erizos en aguas del este de Gran Canaria entre abril de 2006 y octubre de 2007.

2. Gametogénesis

Las fases de maduración observadas a partir del análisis histológico de las gónadas muestran una evolución de la gametogénesis similar a la descrita en la literatura (Yoshida, 1952; Fuji, 1960; Byrne, 1990; Meidel & Scheibling, 1998). Así, se diferencia en los siguientes estados o fases de maduración.

Oogénesis:

Fase 1: Estado de recuperación y renovación de las células nutricias que llenan el lumen de los acinos. Aparecen pocas oogonias u oocitos pegados a la pared del acino (Fig. 2A).

Fase 2: Crecimiento de los oocitos. Estos aumentan de tamaño y van migrando hacia el lumen (Fig. 2B).

Fase 3: Estado de premaduración. Comienzan a acumularse óvulos en el lumen aunque siguen creciendo y migrando desde las paredes del acino. La capa de células nutricias comienza a reducirse. En este estado es capaz de desovar ante una situación de estrés (Fig. 2C).

Fase 4: Estado de madurez, ovarios llenos de óvulos maduros y capa nutricia muy reducida (Fig. 2D).

Fase 5: Ovarios parcialmente desovados. Se pueden ver espacios vacíos en el lumen quedando algunos óvulos sin desovar (Fig. 2E).

Fase 6: Desovado. Los acinos aparecen vacíos. La capa de células nutricias comienza a crecer. En algunos ejemplares puede quedar algún óvulo residual (Fig. 2F).

Espermatogénesis:

Fase 1: Estado de recuperación. Testículos con el lumen lleno de células nutricias. Existe una fina capa de espermatoцитos en la pared del acino. Puede existir algún espermatozoide residual (Fig. 3A).

Fase 2: Estado de crecimiento. La capa de espermatoцитos va creciendo hacia el interior del acino (Fig. 3B).

Fase 3: Estado de premaduración. Aparecen espermatozoides en el lumen. La capa de células nutricias aún es gruesa (Fig. 3C).

Fase 4 Estado de maduración. El lumen esta lleno de espermatozoides y la capa de células nutricias está muy reducida (Fig. 3D).

Fase 5: Estado parcialmente desovado. Espacios vacíos en el lumen. No se aprecia una concentración elevada de espermatoцитos en las paredes del acino (Fig. 3E).

Fase 6: Estado desovado. Espacios vacíos en el lumen. Las células nutricias van ocupando el espacio y fagocitan los espermatozoides residuales que quedaron sin desovar (Fig. 3F).

Figura 2. Fases de maduración observadas a partir del análisis histológico de las gónadas de hembras.

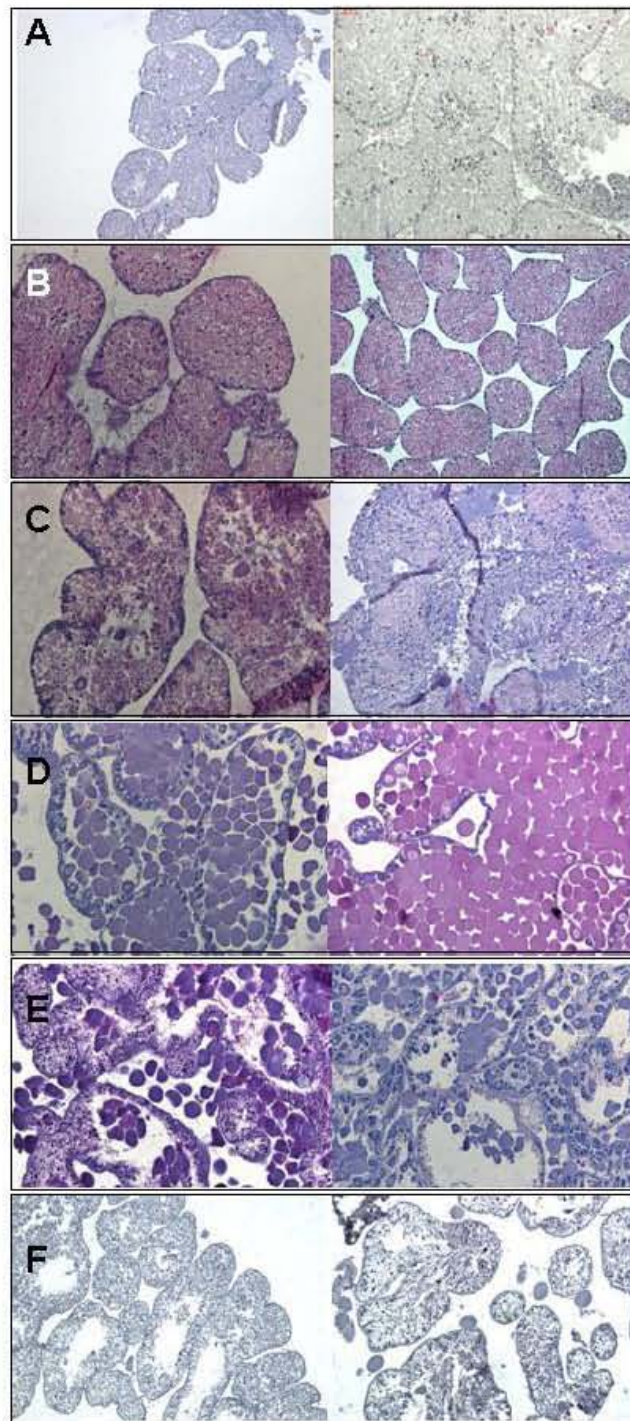
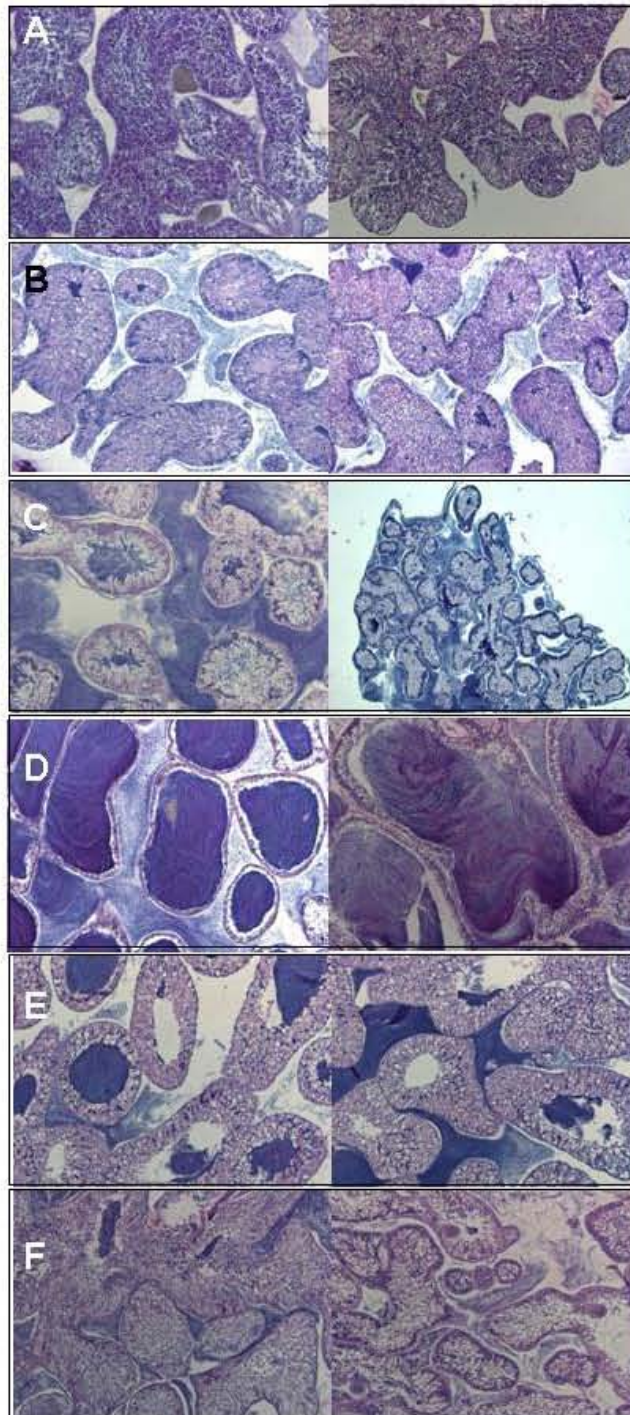


Figura 3. Fases de maduración observadas a partir del análisis histológico de las gónadas de machos.



3. Ciclo reproductivo

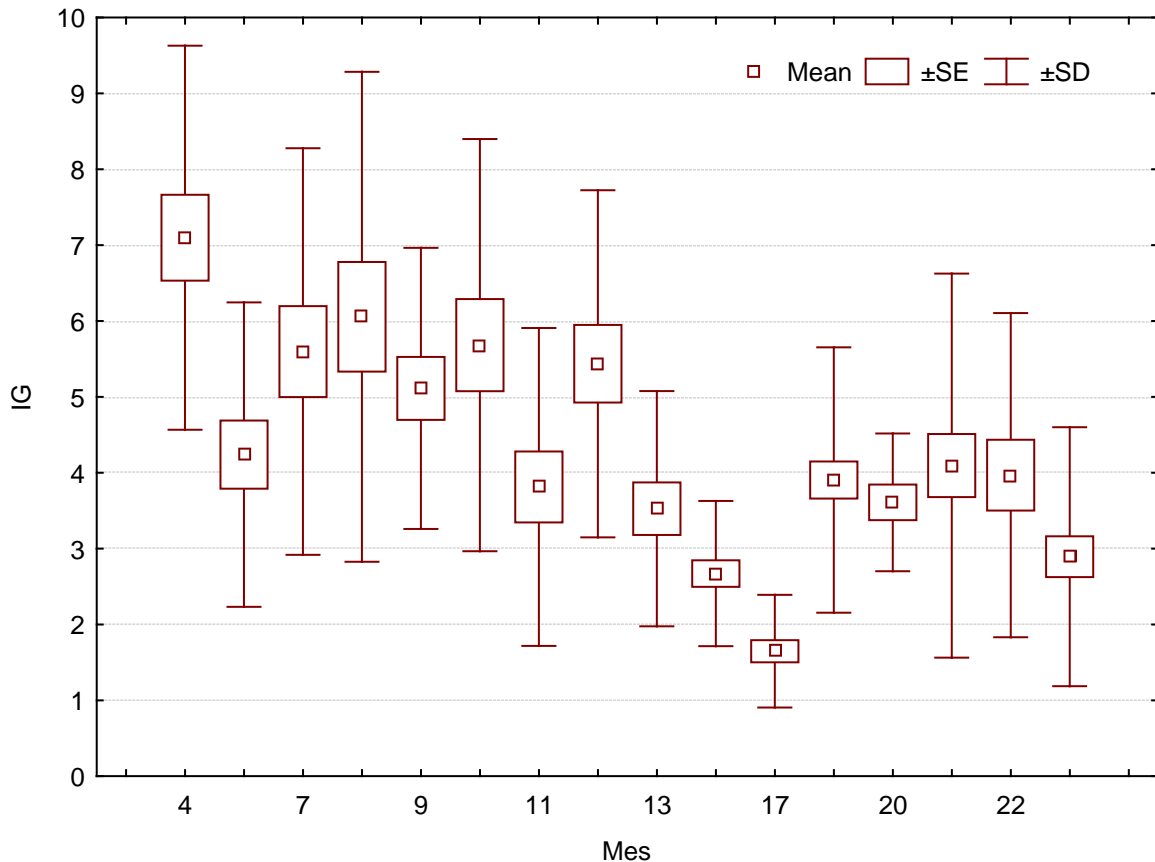


Figura 4. Variación mensual del Índice Gonadal entre abril de 2006 y diciembre de 2007.

El ciclo reproductivo del erizo muestra un incremento del IG hacia los meses de verano, para luego caer drásticamente en invierno y volverse a recuperar. No obstante, y aunque se observa un patrón temporal similar en los dos años de muestreo, los valores alcanzados por el IG en 2007 son significativamente más bajos que los obtenidos en 2006 (ANOVA, $F=85,18$; $P=0,00001$), casi un 40% inferiores de media. Este patrón se reproduce a escala local, ya que tanto en Gando como en Tufia los ejemplares obtenidos presentaron valores de IG significativamente más bajos en el 2007 con respecto a 2006 (ANOVA; $F=30,54$; $P=0,000001$ para Gando y $F=56,14$; $P=0,000001$ para Tufia). Es interesante resaltar que los individuos de Gando presentaron valores medios de IG mucho más altos que los de Tufia (casi el

doble), y que la disminución de entre 2006 y 2007 fue del 30%, frente al 42,6% en Tufia.

Por otro lado, el análisis de histología muestra que durante abril abundan en ambas localidades las gónadas en estados premaduros, maduros y parcialmente desovados (fases 3, 4 y 5), pero en junio el estado predominante es el 1 (recuperación) y el 6 (gónadas desovadas). En julio se produce un aumento de peso y volumen de las gónadas y que se corresponde con un mayor número de individuos con gónadas en fases de recuperación y crecimiento (fases 1, 2 y 3), como se observa en la localidad de Tufia, y un 70% en fase madura para los individuos recolectados en Gando. En agosto se observa una gran abundancia de erizos con gónadas en fases parcial o totalmente desovadas (fases 5 y 6), lo que explicaría los altos índices de IG y su posterior caída en el mes siguiente. En Gando parece que se produjo un nuevo desove entre agosto y octubre, dominando los individuos con gónadas en estado parcialmente desovado (5). No obstante, en Tufia, el desove se debió de producir en julio, cuando se observaron un mayor número de individuos con IG alto, seguido de una caída, mientras que en agosto los ejemplares desovados (6) y en recuperación (1) se incrementaron. En esta última localidad, en agosto comienzan a aparecer estados de crecimiento (2). En septiembre los erizos se encuentran en su mayoría en estado maduro (4) junto con otros en estado parcialmente desovado y desovado (5 y 6). Este nuevo desove se corresponde con los máximos IGs de los meses analizados. A este evento le sigue una drástica caída de los IGs, por lo que en noviembre dominó el estado de recuperación (1). En diciembre de 2006, se aprecia en ambas localidades una recuperación apreciable de los IGs. El patrón de variación de 2007 fue similar a grandes rasgos.

4. Proporción de sexos

De forma casi general, se observó una predominancia de las hembras a lo largo del periodo muestreado, aunque es necesario resaltar que estas diferencias no son significativas excepto en la localidad de Tufia en 2006,

cuando el número de hembras casi duplicó al de machos (Tabla 2). Curiosamente, el número de machos solo superó a las hembras en Gando en ese mismo año.

Tabla. 2. Relación de sexos por localidad y año

	2006				2007			
	machos	hembras	tasa	Chi ²	machos	hembras	tasa	Chi ²
Gando	40	36	1:0,9	0,21	37	53	1:1,4	2,84
Tufia	27	45	1:1,7	4,50*	39	44	1:1,1	0,30
Total	67	81	1:1,2	1,32	76	97	1:1,3	2,55

* P<0,05

5. Relación entre el sexo, el estado de madurez y el color de la gonada

En la tabla 3 se muestran las frecuencias de aciertos y errores que se cometieron en el sexado de los individuos a partir del color de la gónada. En este sentido, con gónadas en estado 4 el grado de acierto en la determinación del sexo fue del 100%, ya que las hembras presentaron siempre gónadas de color naranja brillante, mientras que en el caso de los machos éstas eran naranja claro o amarillo. No obstante, el grado de acierto disminuye en las fases iniciales del proceso de desarrollo gonadal. Así, entorno a un tercio de los individuos en fase 1 y 2 de madurez fueron sexados correctamente a partir del color de sus gónadas, ya que al no quedar células sexuales que verter no existe ningún color característico de dichas fases. Por otro lado, las gónadas en estado 3, 4 ó 5 presentan mayoritariamente un color que varía de un naranja neutro a rojo, e incluso aún más oscuro, lo que permitió que el grado de acierto fuera relativamente alto, mayor del 60%.

Tabla 3. Porcentaje de aciertos en la asignación del sexo a visu a partir del color de la gónada.

	N	Aciertos	Fracasos	% aciertos
Estado 1	13	5	8	38,46
Estado 2	12	4	8	33,33
Estado 3	15	13	2	86,67
Estado 4	13	13	0	100
Estado 5	10	6	4	60
Estado 6	14	10	4	71,43

6. Análisis bioquímico

Los resultados de los análisis bioquímicos, se muestran de manera resumida en la tabla 4.

Tabla 4. Porcentajes de los diferentes componentes de la gónada desprendido del análisis bioquímico.

	Humedad	Cenizas	Proteínas	Lípidos	HC	Fibra
Media (%)	75	3	10	4	5	4
Mín-max	7-65	1-4	10-20	3-6	2-8	1-6

DISCUSIÓN

A la vista de estos resultados obtenidos parece ser que el ciclo reproductor de *Paracentrotus lividus* en la costa este de Gran Canarias está centrado entorno a dos períodos de desove al año, de forma similar a los que se ha descrito en otros lugares de su área de distribución (Lozano *et al.*, 1995; Byrne, 1990), el primero entre abril y mayo y el segundo entre junio y septiembre, con pequeñas variaciones según la localidad (la intensidad relativa

de ambos picos varía según los años). En cualquier caso, anteriores estudios que describen la existencia de dos picos reproductivos según la variación temporal de índices gonadales, han presentado que el desarrollo gonadal, a nivel histológico, indican la existencia de una única estación productiva gametogénica anual prolongada (Byrne, 1990; Lozano *et al.*, 1995; Turón, 1995).

Los datos parecen indicar que la transición entre los estados de recuperación y crecimiento hasta maduros es relativamente rápido. Así, la no excesiva anuencia de individuos en fase de madurez puede ser debida a que desde el lapso de tiempo entre la madurez y el desove es muy corto, posiblemente siguiendo un ritmo acoplado a las fases lunares (Pearse, 1975). Esto explicaría la caída de los valores del IG en algunos meses, dominando los estados de desovado y recuperación, a pesar de que en el mes anterior no se observaron individuos maduros. Esto pone de relieve la necesidad de realizar muestreos biológicos con menor separación en el tiempo, no superiores a la quincena (medio mes lunar). No obstante, debemos destacar que los erizos en fases con posibilidad de desovar lo harán ante la presencia de un estímulo de estrés como pueden ser un choque osmótico, ser sustraídos del medio, llevados al laboratorio y, más aún, cuando son diseccionados en este último (Giese & Farmanfarmanian, 1963; Pennington, 1985; Caron & Parsons, 2000).

Es fácil cometer errores en el sexado de individuos maduros, ya que en cuanto se toca la gónada con el instrumental de disección ésta vierte su contenido, esperma u ovarios según el caso. Por ejemplo, entorno a un tercio de los individuos en fase 1 y 2 de madurez fueron sexados correctamente a partir del color de sus gónadas. En estos estados ya no quedan células sexuales que verter, y no presentan ningún color característico de estas fases, las gónadas que no se encuentran en estado 3, 4 ó 5 suelen tener un color que varía de un naranja neutro a rojo e incluso aún más oscuro. Tan sólo se puede determinar visualmente, con un margen de error aceptable, el sexo de los erizos premaduros, maduros o desovados, cuando aún hay presencia de células sexuales en la gónada. Así, el estado de madurez tan solo puede

dividirse visualmente en 2 fases: capaz de desovar (incluye las fases de parcialmente maduros, maduros o parcialmente desovados) e incapaz de desovar (fases desovado, de recuperación y crecimiento de células nutricias).

La bibliografía es algo confusa en cuanto a determinar los estados de madurez, cada autor hace sus pequeñas variantes en la caracterización visual, es decir, el aspecto que tiene cada fase y los límites entre cada una de ellas (Fuji, 1960; Byrne, 1990; Meidel & Scheibling, 1998). Por ello se hace difícil identificar especialmente las fases intermedias, donde las células sexuales pueden estar en formación o, por el contrario, siendo reabsorbidas por las células nutricias para comenzar nuevamente el ciclo. A esto se debe añadir la problemática que supone el hecho de que son capaces de desovar desde que existan células sexuales maduras bajo condiciones de estrés y, por tanto, observar gónadas parcialmente desovadas en estadíos que aún tienen la capa de células nutricias gruesa, es decir, cuando aún no ha concluido su desarrollo (Fuji, 1960; Byrne, 1990; Meidel & Scheibling, 1998).

Los erizos en fase 3 son capaces de desovar ya que poseen óvulos y espermatozoides aunque aún la capa de células nutricias es gruesa y siguen existiendo óvulos y espermatozoides en formación. También podría ocurrir que la evolución a estado maduro se produzca con gran rapidez (siempre que exista disponibilidad de alimento) y realmente se hubiese alcanzado la fase 4 o madura y hubiese desovado.

Las diferencias significativas que aparecen entre localidades, tanto en relación a la capacidad reproductiva como a las tallas predominantes en los individuos, pueden ser debidas principalmente a dos factores: por un lado, el hidrodinamismo. Gando se encuentra más expuesta a la acción del mar, por lo que como respuesta adaptativa, los individuos generalmente suelen alcanzar tamaños menores (Byrne, 1990; Boudouresque & Verlaque, 2001). Por otro lado, la presencia de predadores. Aunque la pesca del erizo no está muy extendida en la Isla, si puede existir una incidencia indirecta de la misma sobre esta especie. En Gando, al existir una zona militar de acceso restringido, la

pesca en general es casi inexistente, siendo en la práctica una especie de reserva marina, y puede que por ello exista una mayor predación natural por parte de peces y otros invertebrados que de cómo resultado un control más efectivo de la población. La escasa o nula presencia de predadores naturales en la zona de Tufia debido a la sobrepesca, arroja valores con una densidad media de 9,63 erizos/ 0,25 m², frente a los 3,75 erizos/ 0,25 m² de Gando (Guidetti et al., 2005; Sala, 1997). No obstante, y a pesar de ser mayores los individuos de Tufia, los valores medios de IGs son prácticamente la mitad de los encontrados en Gando. Además, en el periodo estudiado los ejemplares de Gando mostraron un incremento en su talla media de 2006 a 2007, acción que no se observó en Tufia. Esto puede estar indicando que la población de Tufia se encuentra estabilizada por la propia competencia intraespecífica (densodependencia), limitando las posibilidades de crecimiento y reduciendo la fertilidad relativa (Tomas et al., 2005; Hereu et al., 2005). Además, entre 2006 y 2007 se observó un descenso significativo y generalizado en los valores medios de IGs, posiblemente como consecuencia de los cambios en la temperatura (observamos que el año 2006 fue el más caluroso de los últimos años, con 12,23 °C, +1,34 °C por encima de la media) y esta tiene efectos claros en el metabolismo (Byrne, 1990; Vařtilingon et al., 2001; Sphigel et al, 2001)), pero la disminución del valor medio del IGs en Tufia fue mucho mayor que en Gando, posiblemente como respuesta adaptativa de una población que se encuentra al límite de la capacidad de carga del hábitat.

AGRADECIMIENTOS

Desearía agradecer a la Dra. Nieves Gonzalez su apoyo en la obtención de datos, que corresponden al Plan Nacional de Cultivos Marinos en el marco del proyecto denominado “Cultivo y gestión del erizo de mar *Paracentrotus lividus*”.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC International. 2005. The Scientific Association Dedicated to Analytical Excellence. <http://www.aoac.org>. (última visita 28/05/2008).

Azzolina, JF; Boudouresque, CF; Nedelec, H. (1985). Dynamique des populations de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Port-Cros (Var): Dones preliminaires. Sci. Rep. Port-cros natl. Park, Fr.,11: 61-81.

Barnes, D.K.A; Steele, S; Maguire, D. & Turner, J. (1999). Population dynamics of the urchin *Paracentrotus lividus* at Lough Hyne, Ireland. Proceedings of the 5th European Echinodermata Conference, Milan, Italy. Balkema, Rotterdam, pp. 427-431.

Barnes, D.K.A. & Crook, A.C., (2001). Quantifying behavioural determinants of the coastal European sea-urchin *Paracentrotus lividus*. Mar. Biol. 138: 1205-1212.

Boudouresque, CF & Verlaque, M. (2001). Ecology of *Paracentrotus lividus*. En: Edible Sea Urchins: Biology and Ecology, Ed. Elsevier Science.

Bulleri, F; Benedetti-Cecchi, L. & Cinelli, F. (1999). Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. In the Northwest Mediterranean. J. of Exp. Mar. Biol. and Ecol. 241: 81-95.

Byrne, M. (1990). Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. Mar. Biol. 104: 275-289.

Caron, N & G.J. Parsons 2000. Chemical and Physical Spawning Inducers of the Green Sea Urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquaculture Canada '99*. Victoria, British Columbia. http://www.aquacultureassociation.ca/abst_99/student%20posters.htm#nicole (última visita, 26/05/2008).

Crook, A.C; Verling, E. & Barnes D.K.A. (1999). Comparative study of the covering reaction of the purple sea urchin, *Paracentrotus lividus*, under laboratory and field conditions. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 79: 1117-1121.

Fuji, A. (1960) Studies on the biology of the sea urchin I. Superficial and histological changes in gametogenic process of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 11: 1-14

Giese, A.C. & A. Farmanfarmaian. 1963. Resistance of the Purple Sea Urchin to Osmotic Stress, *Biological Bulletin*, 124(2):182-192

Gosselin, P. & Jangoux, M. (1998). From competent larva to exotrophic juvenile: a morphofunctional study of the perimetamorphic period of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata, Echinoida). *Zoomorphology* 118: 31-43.

Grosjean, Ph; Spirlet, Ch & Jangoux, M. (1996). Experimental study of Growth in the echinoid *Paracentrotus lividus* (Lamarck,1816) (Echinodermata). *J. exp. Mar. Biol. and Ecol.*, 201: 173-184.

Grosjean, Ph. (2001). Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). Tesis doctoral. Université Libre de Bruxelles.

Guidetti, P., Bussotti, S., Boero, F. (2005). Evaluating the effects of protection on fish predators and sea urchins in shallow artificial rocky habitats: a case study in the northern Adriatic Sea. *Marine Environmental Research* 59: 333-348

Harmelin, J.G., Bouchon, C. Duval, C. & Hong, J.S. (1980). Les échinodermes des substrats durs de l'île de Port-Cros, Parc National (Méditerranée nord-occidentale). Eléments pour un inventaire quantitative. *Trav. Scie. Parc. Nation. Port-Cros* 6: 25-38.

Harmelin, J.G., Bouchon, C. Duval, C. & Hong, J.S. (1981). Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée nord-occidentale). *Téthys* 10: 13-36.

Hereu, B., Zabala, M., Linares, C. & Sala, E. (2005) The effects of predator abundance and habitat structural complexity on survival of juvenile sea urchins. *Marine Biology* 146 : 293-299

Le Gall, P. (1987). La peche des oursins en Bretagne. En: Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. GIS Posidonie publ, Marseille: 311-324.

Lessios, H.A. (1981). Reproductive periodicity of the echinoid *Diadema* and *Echinometra* on two coast of Panamá. J. of Exp. Mar. Biol. and Ecol. 80 : 47-61

Lozano, J; Galera, J; López, S; Turon, X; Palacín, C. & Morera, G. (1995). Biological Cycles and recruitment of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser. 122: 179-191.

Meidel, S.K. & Scheibling, R. E. (1998). Annual reproductive cycle of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, in differing habitats in Nova Scotia, Canada. Mar. Biol. 131: 461-478.

Mortensen, T. (1943). A monograph of the Echinoidea, III Camarodonta. II. Echinidae, Strongylocentrotidae, Parasaleniidae, Echinometridae. CA Reitzel, Copenhagen.

Mortensen, T. (1977). Handbook of the Echinoderms of the British Isles. Dr. W. Backhuys (ed.). Rotterdam, 471pp.

Palacín, C.; Giribert, G.; Carner, S.; Dantart, L. & Turon, X. (1998). Low densities of sea urchins influence the structure of algal assemblages in the western Mediterranean. Journal of Sea Research, 39: 281-290.

Pearse, J.S. (1975). Lunar reproductive rythms in sea urchins. A review. J. Interdiscipl. Cycle Res. 6: 47-52.

Pennington, J. G. 1985. The ecology of fertilization of echinoid eggs: The consequences of sperm dilution, adult aggregation, and synchronous spawning. *Biological Bulletin*, 169:417-430.

Régis, MB. (1987). L'oursin comestible *Paracentrotus lividus*, une resource en danger dans le quartier maritime de Marseille. En: Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. GIS Posidonie publ, Marseille: 391-397.

Richner, H. & Milinski, M. (2000). On the functional significance of masking behaviour in sea urchins- an experiment with *Paracentrotus lividus*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 205: 307-308.

Ruitton, S; Francour, P. & Bouduresque, C.F. (2000). Relationships between algae, benthic herbivorous invertebrates and fishes in rocky sublittoral communities of a temperate sea (Mediterranean). Estuarine, Coastal and Shelf Science. 50: 217-230.

Sala, E. (1997) Fish predators and scavengers of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in protected areas of the north-west Mediterranean Sea. Marine Biology 129: 531-539

Sánchez-España A.I., Martínez-Pita, I. & García, F.J. (2004) Gonadal growth and reproduction in the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) from southern Spain. Hydrobiología 519: 61-72.

Shpigel, M., McBride, S.C., Marciano, S. & Lupatsch, I. (2004). The effect of photoperiod and temperature on the reproduction of European sea urchin, *Paracentrotus lividus*. Aquaculture 232:343-355.

Spirlet, C; Grosjean, P. & Jangoux, M. (1998). Reproductive cycle of the echinoid *Paracentrotus lividus*: analysis by means of maturity index. Invert. Reprod. Develop. 34: 69-81.

Spirlet, C; Grosjean, P. & Jangoux, M. (2001). Cultivation of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) on extruded feeds: digestive efficiency, somatic and gonadal growth. Aquaculture Nutrition, 7: 91-99.

Strathmann, R. (1978). Larval settlement in echinoderms. In F.S. Chia & M.E. Rice, eds. Settlement and Metamorphosis of Marine Invertebrate Larvae. Elsevier. North Holland.235-245.

Tomas, F., Romero, J. & Turón, X. (2005) Experimental evidence that intra-specific competition in seagrass meadows reduces reproductive potential in the sea urchin *Paracentrotus lividus*. Scientia Marina 69 (4): 475-484

Turon, X.; Giribert, G., López, S. & Palacín, C. (1995). Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser. 122: 193-204.

Vaïtilingon, D; Morgan, R; Grosjean, Ph; Gosselin, P. & Jangoux M. (2001). Effects of delayed metamorphosis and food rations on the perimetamorphic events in the echinoid *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata). J. of Exp. Mar. Biol. and Ecol. 262 : 41-60.

Verlaque, M. (1984). Biologie des juveniles de l'oursin herbivore *Paracentrotus lividus* (Lamarck): sélectivité du broutage et impact de l'espèce sur les communautés algales de substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France). Botanica Marina, 27 : 401-424.

Verlaque, M. (1987). Relation entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale.- pp. 5-36 in: C.F. Boudouresque (ed.). Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. Marseille: GIS Posidonie.

Verling, E ; Crook, A. & Barnes, D.K.A. (2004). The dynamics of covering behaviour in dominant echinoid populations from American and European west coasts. Mar. Ecol. 25(3): 191-206.