

**Evolución temporal del índice gonadal de los erizos marinos
Paracentrotus lividus (Echinoida: Echinidae) y *Diadema africanum*
(Diadematoidea: Diadematidae) en las islas Canarias (España)**

Nieves González-Henríquez¹, Manuel Rey-Méndez², José Luis Catoira Gómez³,
Manuel Ruiz de la Rosa⁴, Gregorio Louzara Fernández⁴ & Dominique Girard Berard⁵

1. Departamento de Biología, Facultad Ciencias del Mar, Edificio Ciencias Básicas, Campus de Tafira, 35017, Las Palmas Gran Canaria; nieves.gonzalez@ulpgc.es
2. Laboratorio de Sistemática Molecular (Unidad asociada al CSIC). CIBUS, Campus Vida. Universidad de Santiago de Compostela, 15782 Santiago de Compostela, A Coruña; manuel.rey.mendez@usc.es
3. Consellería do Mar. Xunta de Galicia. Departamento Territorial de A Coruña. Casa do Mar 5ºP, 15006-A Coruña; jose.catoira.gomez@xunta.es
4. Estudios Ambientales y Oceanografía S.L. (ECOS). C/ Alfred Nobel, 3-1B. Los Tarahales, C.P. 35013 Las Palmas de Gran Canaria (Gran Canaria, Islas Canarias) España; mruiz@ecoscanarias.com, glouzara@ecoscanarias.com
5. Departamento de Biología Animal (Ciencias Marinas). BIOECOMAC. Facultad de Biología. Universidad de La Laguna, 38206 La Laguna, Tenerife (España); dgirard@ull.es

Recibido 18-VI-2014. Corregido 15-X-2014. Aceptado 12-IX-2014.

Abstract: Temporal evolution of the gonad index of the sea urchins *Paracentrotus lividus* (Echinoida: Echinidae) and *Diadema africanum* (Diadematoidea: Diadematidae) in the Canary Islands (Spain). There are three main species of regular sea urchins in the Canary Islands. To establish the optimal fishing seasons for two of them, we studied the evolution of the gonadal index in several years and locations, of *Paracentrotus lividus* (April 2006 to March 2008 on Tenerife island in two locations: Las Galletas and La Jaca and from April 2006 to January 2009 in Gran Canaria island in two locations: Ojos de Garza and Gando), and *Diadema africanum* (January 2010 to May 2011 on Gran Canaria island in three locations: Risco Verde, Arguineguin and Agaete). In the case of *P. lividus*, located on the southern edge of their distribution, the presence of several annual maximum gonadal index peak was observed, probably related to the temperature. These times of gonadal index increases corresponded to the stages of maturation. The main period of maturity coincided with the fall and early winter (August, October and December). There was sporadic emissions of gametes depending on location, in April, during the summer (June, July or August), autumn (September or October) and winter (December, January or February). This fragmented situation is possibly due to exposure to the hydrodynamic area's and food abundance. The maximum presence of *D. africanum* occurred in the months of May to June, with virtually no variations throughout the year, in the southernmost locality (Arguineguin). In conclusion, the two species of sea urchins would be complementary shellfish resources, as their periods of maximum GI (Gonadal Index, capture time) do not overlap during the year. Rev. Biol. Trop. 63 (Suppl. 2): 251-260. Epub 2015 June 01.

Key words: sea urchin, *Paracentrotus lividus*, *Diadema africanum*, Gonadal Index, shellfish resource.

En el archipiélago canario coexisten en la zona costera principalmente tres especies de erizos regulares: *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), que suele habitar en el intermareal y primeros metros del submareal (Girard et al., 2006; Vega et al., 2011), *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) en el límite superior, y *Diadema*

africanum (Rodríguez, Hernández, Clemente & Coppard, 2013), que suele caracterizar los fondos rocosos llamados blanquiales (zonas desprovistas de cobertura algal debido a la acción de estos herbívoros) (Tuya et al., 2007).

El sector pesquero canario se encuentra en un momento delicado, por un lado la pesca

industrial se enfrenta a su dependencia de los caladeros externos y por otro la flota artesanal es cada vez más reducida, debido a que las zonas de pesca tienen cada vez menos productividad. Esta situación ha dado lugar a que la pesca artesanal haya reducido su importancia social y económica en Canarias. Por lo que, es necesario relacionar y compatibilizar la pesca extractiva tradicional con actividades enfocadas hacia otros recursos potenciales, en el caso que nos ocupa, los erizos como recursos marisqueros, que deberían dar complemento al sector de la pesca artesanal, nutriéndose preferentemente con los excedentes de mano de obra del sector pesquero.

En cuanto a la especie *P. lividus*, en la última década, se han realizado estudios para evaluar este erizo en las costas de Canarias, conocer la situación de los bancos naturales, su ciclo biológico así como la talla de primera madurez. Los resultados obtenidos indican dos periodos de desove al año y una talla de primera madurez de 26 mm (Hernandez et al., 2005; Girard et al., 2006, 2012; Herrero, 2008;).

Para *D. africanum*, se determinó un máximo del índice gonadal en la Islas Canarias entre abril-mayo (Bacallado, 1987; Garrido et al., 2000; Brito et al., 2002; Garrido, 2003; Tuya et al., 2004; Hernández et al., 2006; Portillo, 2010). Además, algunos estudios

muestran variaciones en los ciclos reproductivos interanuales e interinsulares (Hernández et al., 2006).

Con el fin de establecer las épocas óptimas para la posible explotación como recurso marisquero de dos especies de erizos de mar en Canarias, se ha estudiado la evolución temporal del índice gonadal en *P. lividus* y *D. africanum* en varias localidades de las islas Canarias en diferentes años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugares de muestreo: Se realizaron muestreos en veintiséis localidades de dos islas para el estudio de *P. lividus* (14 en Tenerife y 12 en Gran Canaria). En ambas islas, en general todos los lugares de estudio están localizados en las costas norte y este con exposición al oleaje dominante (Fig. 1).

Localidades en la isla de Tenerife: 1) Punta del Hidalgo, 2) Boca Cangrejo, 3) Caletillas, 4) Güimar, 5) Tablado, 6) Jaca, 7) Abades, 8) Montaña Pelada, 9) Médano, 10) Mareta, 11) Las Galletas, 12) Palmar, 13) Los Cristianos, 14) Alcalá. Localidades en la isla de Gran Canaria: 15) Sardina, 16) Caleta, 17) Vagabundo, 18) El Altillio, 19) Bañaderos, 20) La Gari-ta, 21) Playa Hombre, 22) Tufia, 23) Ojos de Garza, 24) Gando, 25) Risco verde, 26) Pozo

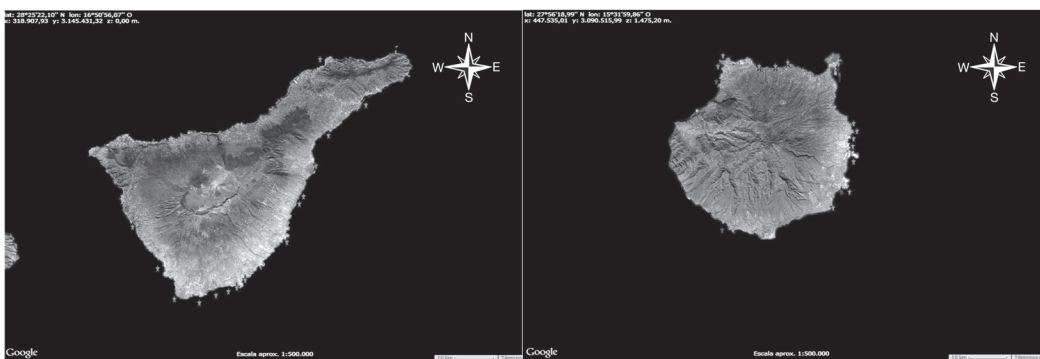


Fig. 1. Estaciones de muestreo de *Paracentrotus lividus* (puntos azules) y *Diadema africanum* (estrellas rojas) en A) Tenerife y en B) Gran Canaria, Islas Canarias, España.

Fig. 1. Sampling stations of *Paracentrotus lividus* (blue dots) and *Diadema africanum* (red stars) in A) Tenerife and B) Gran Canaria, Canary Islands, Spain.

Izquierdo. Para el estudio de *D. africanum*, solo se muestreo en la isla de Gran Canaria, eligiéndose tres localidades con orientación y características oceanográficas diferentes: 25) Risco verde, 27) Arguineguín y 28) Agaete.

Metodología de muestreo: Para *P. lividus* el tiempo de estudio comprendió cuatro años (2006-2009). De las veintiséis estaciones de muestreo, 16 son intermareales y 10 submareales. Los muestreos fueron mensuales, se extrajeron del medio natural 15 erizos por localidad de tallas entre 35 y 60 mm, que fueron llevados al laboratorio donde se diseccionaron (Fig. 1.) y se les tomaron las siguientes medidas: ancho (diámetro) y alto (eje oral-aboral) del caparazón (sin púas) afinado al mm con un calibrador, peso fresco de la gónada y del cuerpo (a 0.01 g). Además se establecieron dos estaciones de muestreo en cada isla a fin de recoger ejemplares para el estudio del desarrollo y la madurez gonadal. En Tenerife, Las Galletas (28° 00' 30.76'' N - 16° 39' 51.31'' W) y La Jaca (28° 07' 14.04'' N - 16° 27' 47.22'' W) y en Gran Canaria, Gando (27° 58' 13.09'' N - 15° 21' 40.18'' W) y Ojos de Garza (27° 57' 17.54'' N - 15° 22' 39.18'' W). Se realizaron las siguientes medidas biométricas, alto y ancho de caparazón, peso gonadal y peso húmedo total a partir de los cuales se calculó el índice gonadal (IG). El IG se realizó siguiendo las metodologías (Meidel & Scheibling, 1998;

Sánchez-España et al., 2004), basado en el peso fresco, donde:

$$IG = (\text{Peso fresco gonadal} / \text{Peso fresco total}) \times 100$$

Para *D. africanum* los trabajos se realizaron de enero 2010 a junio 2011 en una sola isla (Gran Canaria). Se seleccionaron tres zonas con características oceanográficas diferentes (Agaete, Arguineguín y Risco Verde), dos de ellas propuestas para la extracción de erizos y una de control (Fig. 2). El muestreo fue mensual, y en cada fecha 30 erizos fueron extraídos en cada una de las tres localidades, siendo todos de tallas > 40 mm. Se tomaron medidas del ancho y del alto del caparazón, peso gonadal y peso húmedo total. El IG se realizó siguiendo la misma metodología que para la especie anterior.

Análisis de datos: El tratamiento de datos se hizo utilizando el paquete estadístico PRIMER6 + PERMANOVA. Los datos de *P. lividus* fueron tratados mediante estadística paramétrica, un ANOVA de dos vías con un diseño ortogonal con mes como factor fijo y localidad aleatorio, para ver si hay diferencias entre las localidades. La homogeneidad de varianza se verificó con el test de Cochran. Para ver si existen diferencias entre islas se utilizaron los datos de los meses comunes muestreados, mediante un análisis con estadística semiparamétrica,

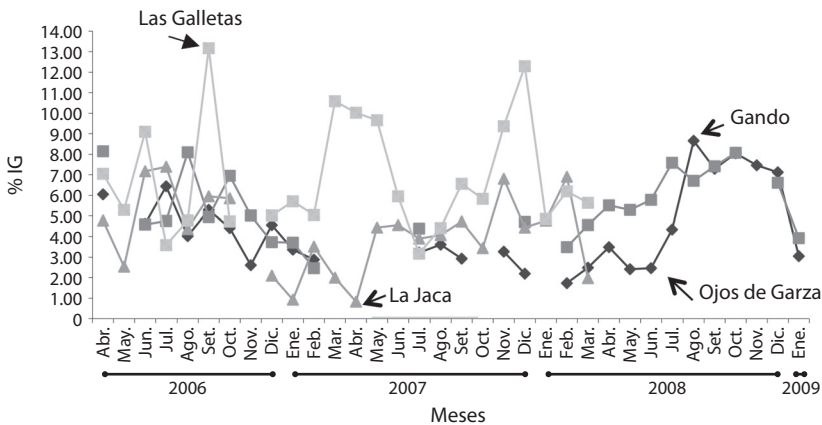


Fig. 2. Evolución del IG de *P. lividus* en las cuatro estaciones de muestreo.

Fig. 2. GI Evolution of *P. lividus* in the four sampling stations.

ya que no hay el mismo número de réplicas, un permanova, basado en permutaciones. Se diseñó un análisis con tres factores: Isla factor fijo, mes factor fijo y localidad aleatorio y anidado en isla; y otro de dos factores: Isla y mes, ambos fijos.

Con el fin de tener un diseño equilibrado, para el análisis de *D. africanum* se utilizaron solamente los datos del año 2010. Se comprobó la homogeneidad de los datos con el test de Levene. Se realizó un análisis de la varianza por permutaciones de tres factores, con un diseño ortogonal, con estación como factor fijo y mes y localidad como aleatorios. Además, los factores “estación” y “localidad” fueron ortogonales entre sí. Los datos de *D. africanum* fueron procesados con el paquete estadístico Epi Info 3.5.3 (Centers For Disease, Control and Prevention. Atlanta. USA.). Se usó el Test de Barlett (Epi Info) y el Test de Kolmogorov-Smirnov (<http://www.physics.csbsju.edu/stats/KS-test.html>) al objeto de comprobar la homogeneidad y características de las distribuciones muestrales. Por último, se compararon los valores medios mensuales entre las distintas localidades mediante los tests no paramétricos de Mann-Withney-Wilcoxon y Kruskal-Wallis (Epi Info). Se compararon los promedios de IG por localidad y mes, con el fin de poder determinar en cada una de las zonas estudiadas, los mejores meses para la extracción del erizo, basados en el IG.

RESULTADOS

Ciclo reproductivo e índice gonadal en *Paracentrotus lividus*: El ciclo reproductivo de *P. lividus*, en las cuatro localidades estudiadas de las Islas Canarias, posee varios períodos de desove al año (Fig. 2), el primero en abril-mayo, seguidos por un período de recuperación para posteriormente comenzar a aparecer estadios maduros en julio. Aunque los análisis de diferencias de medias detectan diferencias para las localidades, podemos ver tendencias en los desoves para las cuatro localidades y las dos islas estudiadas.

Se constata la presencia de dos picos máximos anuales, probablemente relacionados con la temperatura. Estas épocas de mayor índice gonadal corresponden con los estados de maduración de las gónadas. Se alcanza un óptimo desarrollo gonadal para la especie *P. lividus* en Canarias entre las tallas 35 y 45 mm.

La presencia de estados maduros se refleja en IG altos, aunque no siempre un IG alto indica estados maduros. Esto se observa en mayo y junio que es época de reposo y recuperación de las gónadas en las cuatro localidades estudiadas a pesar de tener IG altos. La principal época de madurez parece coincidir con el otoño y comienzo del invierno, en cuyos meses existen pequeños desoves, se presentan proporciones altas de erizos de mar con gametos maduros y en disposición de desovar en todas las localidades estudiadas. Existen desoves esporádicos en el año según la localidad, en abril, en verano (junio, julio o agosto), otoño (septiembre u octubre) e invierno (diciembre, enero o febrero). Los mayores IG se dan en la localidad de Las Galletas (6.851 ± 0.249), siendo su tamaño más pequeño poseen gónadas bien desarrolladas con un peso medio más alto que la media de las otras localidades.

El análisis de ANOVA bifactorial para datos de IG tanto para Tenerife, (Cuadro 1) como para Gran Canaria, para el primer año, da diferencias altamente significativas en la interacción de mes con localidad (Tenerife: $F_{\text{mes} \times \text{loc}} = 10.422$ $p < 0.001$; Gran Canaria: $F_{\text{mes} \times \text{loc}} = 3.52$ $p < 0.001$) lo que indica que el índice gonadal mensual varía a lo largo del año, pero lo hace de diferente manera en cada localidad. Los resultados para el segundo año de muestreo en Tenerife dieron iguales resultados que para el primer año, sin embargo para Gran Canaria se encontraron diferencias significativas ($F = 5.89$ $p < 0.001$) para el factor mes.

El análisis PERMANOVA de tres vías (Cuadro 2) nos revela como en los niveles en que interviene el factor localidad se dan diferencias significativas ($F_{\text{loc(is)} \times \text{me}} = 6.7387$ $p < 0.001$). Sin embargo, si unimos los datos de las dos localidades de cada isla (Cuadro 3) obtenemos unos resultados diferentes. La interacción

CUADRO 1
 Resultado de la ANOVA de dos vías para la variable IG para las localidades de Tenerife
 y Gran Canaria, Primer y Segundo año

TABLE 1
 Two-way ANOVA results for the variable GI for the Tenerife and Gran Canaria, first and second year

Isla	Año	Factor	DF	SS	MS	F	p
Tenerife	Primer año	Mes	10	741.266	74.127	1.29	ns
		Localidad	1	334.118	334.1184	59.47	***
		Mes*Loc	10	574.359	57.436	10.22	***
		Residual	198	1 112.387	5.618		
	Segundo año	Mes	11	837.6624	76.1511	0.97	ns
		Localidad	1	686.3543	686.3543	88.47	***
		Mes*Loc	11	859.4047	78.1277	10.07	***
		Residual	336	2 606.6732	7.758		
Gran Canaria	Primer año	Mes	9	314.758	34.973	2.27	ns
		Localidad	1	59.583	59.583	13.62	***
		Mes*Loc	9	138.449	15.384	3.52	***
		Residual	180	787.449	4.375		
	Segundo año	Mes	10	1 412.421	141.2421	5.89	**
		Localidad	1	179.727	179.727	41.59	***
		Mes*Loc	10	239.9584	23.99	585.55	***
		Residual	396	1 711.4396	4.3218		

Ns = no significativo, *** = $p < 0.001$. SS Suma de cuadrados total, DF Grados de libertad, MS Media de cuadrados o Varianza, P Nivel de significancia.

Ns: non significate, *** = $p < 0.001$. SS total square sum, DF freedom degrees, MS square mean or variance, P significance level.

CUADRO 2
 Resultado del análisis PERMANOVA de tres vías para la variable IG para las dos Islas

TABLE 2
 Three-way PERMANOVA analysis results for the variable GI for both islands

Factor	DF	SS	MS	F	P(perm)	Unique perms
IS	1	25.564	25.564	0.2679	Ns	3
ME	8	623.14	77.892	2.2981	Ns	9 949
LO(IS)	2	190.85	95.423	18.971	***	9 959
ISxME	8	428.57	53.571	1.5805	Ns	9 950
LO(IS)xME	16	542.32	33.895	6.7387	***	9 914
Res.	344	1 730.3	5.0298			

Ns = no significativo, *** = $p < 0.001$.

Ns = non significative, *** = $p < 0.001$.

isla y mes es significativa ($F = 7.8881$ $p < 0.001$), los meses varían de distinta manera según la Isla, pero también obtenemos diferencias significativas ($F = 11.4700$ $p < 0.001$) para el factor mes, aunque no se obtuvieron diferencias entre islas.

Índice gonadal (IG) en *Diadema africanum*: El IG presenta un claro máximo en el

mes de Junio y un mínimo en el mes de Agosto de 2010 (Fig. 3). El análisis de las medias mostró que la localidad Agaete presentaba los mayores valores promedio de IG mensuales pero con escasa diferencia porcentual entre los valores promedio del resto de las localidades para el mismo mes. En Agaete se observa un ascenso del IG a partir de marzo, alcanzando el máximo valor en junio (9.63 %), a partir

CUADRO 3

Resultado del análisis PERMANOVA de dos vías para la variable IG para las dos Islas. Se ha eliminado el factor localidad

TABLE 3

Two-way PERMANOVA analysis results for the variable GI for both islands, without locality factor

Factor	DF	SS	MS	F	P(perm)	Unique perms
IS	1	25564	25.564	3.7646	Ns	998
ME	8	623.14	77.892	11.4700	***	999
ISxME	8	428.57	53.571	7.8888	***	997
Res.	362	2 458.2	6.7907			

Ns = no significativo *** = p < 0.001.

Ns = non significate, *** = p < 0.001.

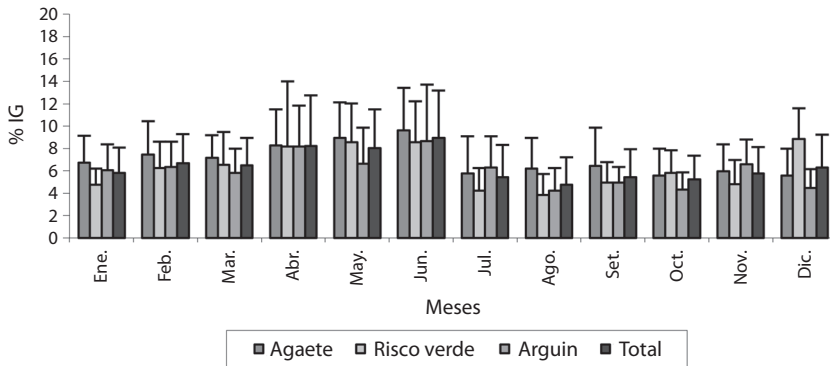


Fig. 3. Evolución mensual del IG medio a lo largo del periodo estudiado por localidad y mes. Las barras representan el error estándar de la media.

Fig. 3. IG monthly average evolution along the studied locality and month period. The bars represent the standard error of the mean.

del cual se observa un descenso brusco. En la localidad Arguineguín, se observan dos picos similares en abril y junio (alrededor del 8 %) y un segundo pico en noviembre, porcentualmente menor que el de primavera (6.57 %). Los resultados muestran que, el 65 % de las muestras analizadas en el mes de junio, tienen un IG mayor que la media, así como que más del 50 % de los individuos muestreados entre abril y junio superan en el IG medio. Los mejores resultados se obtuvieron en el mes de junio, en el que el 42 % de los individuos muestreados, presentaron un IG superior al 10 %. El 48 % de los erizos muestreados en Agaete presentaban un IG por encima de la media, superior al valor medio 6.77 %. El 18.3 % de los individuos de Agaete mostró un IG superior al 10 %. En la evolución del IG por localidades se detectan diferencias significativas entre localidades

(Cuadro 4) (F = 4.4705; p = 0.034;), estas diferencias se dan principalmente entre las localidades de Agaete y Arguineguín.

Análisis del Índice Gonadal mensual por localidades: Respecto al análisis de las medias de IG total por mes (Cuadro 5), los resultados indican que la media de IG anual es mayor en Agaete que en el resto de localidades pero con una diferencia porcentual de tan solo un punto por encima respecto a las otras dos localidades. Por último, se procedió a realizar un análisis comparativo entre las tres localidades en el mes de junio, con el fin de comprobar la existencia de diferencias significativas entre las tres localidades en el mes de máximo IG, sin diferencias estadísticamente significativas en el valor promedio de IG de las tres localidades en el mes de junio (H = 3.6757, g.l. 2, p = 0.1592).



CUADRO 4
Resultados de la ANOVA de tres factores sobre el IG para las localidades de *D. africanum*

TABLE 4
Three factors ANOVA results over GI per *D. africanum* locality

Factor	DF	SS	MS	F	p
Estación	3	17.595	5.865	1.9995	0.1096
Localidad	2	14.531	7.2653	4.4705	0.034
Mes(Est.)	8	5.5266	0.69082	0.42508	0.8936
Est. x Loc.	6	18.331	3.0552	1.8799	0.1518
Mes(Est.) x Loc.	16	26.003	1.6252	6.0586	0.0002
Residual	1 044	280.05	0.26824		

SS Suma de cuadrados total, DF Grados de libertad, MS Media de cuadrados o Varianza, P Nivel de significancia. SS total square sum, DF freedom degrees, MS square mean or variance, P significance level.

CUADRO 5
Datos totales, media mensual y anual del IG total por mes en *D. africanum* en las tres localidades

TABLE 5
Total data, GI monthly and annual mean per month of *D. africanum* on the three localities

Localidades	Obs	Total	Media	Varianza	Desviación Estándar
Agaete Mensual	60	577.8228	9.6304	14.4045	3.7953
Arguineguin Mensual	60	520.1163	8.6686	25.2179	5.0217
RiscoVerde Mensual	60	514.9626	8.5827	13.1211	3.6223
Agaete Anual	480	3 507.1171	7.3065	10.3981	3.2246
Arguineguin Anual	510	3 242.9084	6.3586	10.4248	3.2287
RiscoVerde Anual	510	3 402.6593	6.6719	13.0759	3.6161

Análisis del Índice Gonadal Anual por localidades: El análisis del IG anual por localidades, se realizó para poder indicar la mayor idoneidad de una localidad frente a otra de las estudiadas, en base a los mayores valores de IG anuales y por ende el lugar más idóneo para la extracción de erizos con fines comerciales. Comparando las medias de IG de Agaete con las otras localidades, los resultados muestran diferencias estadísticas significativas (Cuadro 5).

Se observaron diferencias estadísticas significativas entre las medias de IG anual ($H = 31.7011$, g.l. 2, $p = 0.0001$), lo que se interpreta como que las diferencias en las medias anuales obtenidas no se producen por azar. Tal y como muestra el test, si existen diferencias estadísticas significativas entre Agaete y Risco Verde, siendo mayor la media anual de IG de Agaete, ($H = 14.957$, g.l. 1, $p = 0.0001$). En la comparación entre Agaete y Arguineguín los resultados

muestran, de nuevo, que la media de IG anual de Agaete es superior a la de Arguineguín, con diferencias estadísticamente significativas, ($H = 30.0072$, g.l. 1, $p = 0.0001$). Sin embargo, no se obtienen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de IG anuales de las otras dos localidades (Arguineguín-Risco Verde). ($H = 29.640$, g.l. 1, $p = 0.0851$). Los resultados indican que, con significancia estadística, el valor medio anual de IG en Agaete es mayor que en el resto de las localidades, pero con una muy pequeña diferencia, menor del 1 %.

DISCUSIÓN

Analizados estadísticamente los datos de los muestreos realizados en las islas de Tenerife y Gran Canaria, de las dos especies de erizos (*P. lividus* y *D. africanum*) y teniendo en cuenta la ausencia de datos ambientales y

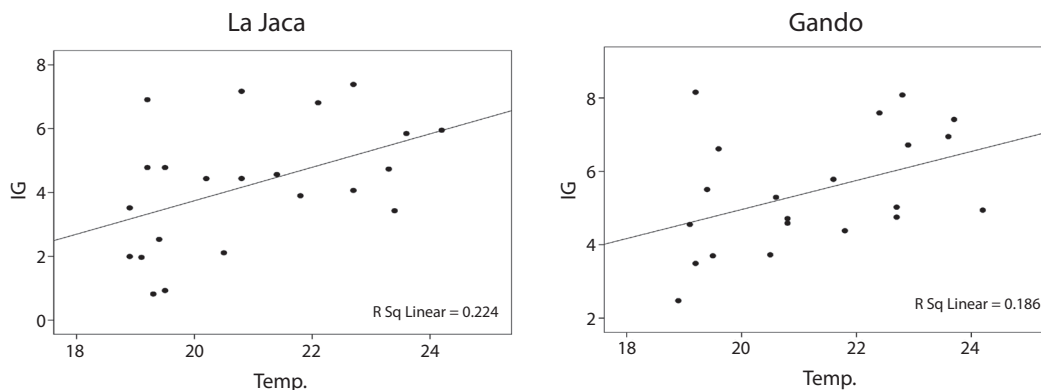


Fig. 4. Correlación IG y temperatura en dos localidades.
Fig. 4. GI and temperature correlations at both localities.

ecológicos (temperatura, turbidez, disponibilidad de alimentos, enfermedades), con los que poder relacionar y justificar los datos resultantes, las conclusiones obtenidas en relación a la determinación de épocas y lugares de captura de estos recursos marisqueros en las localidades estudiadas con fines comerciales son las siguientes:

El ciclo reproductivo de *P. lividus* en Canarias tiene varios periodos de desove al año, con periodos de recuperación y maduración muy cortos, que están relacionados con el rango de temperatura (17 - 24 °C), con poca variación a lo largo del año. Se presentan máximos en agosto, octubre y en diciembre, y mínimos en abril y noviembre, dependiendo de la localidad. La correlación significativa de temperatura e IG solo se aprecia en una localidad (La Jaca, en Tenerife) (Fig. 4).

Es posible que los mayores IG obtenidos en Las Galletas sean debidos a que la talla media de los ejemplares recogidos allí se acerca más a la talla óptima de desarrollo para esa localidad, o simplemente que en Las Galletas se dan las mejores condiciones y disponibilidad de alimento de las cuatro localidades estudiadas, factores determinantes en el desarrollo gonadal (Byrne, 1990; Vařtilingon et al., 2001; Shpigel et al., 2004). Aunque los resultados del índice gonadal se deben interpretar con cautela, ya que aun habiendo un mayor desarrollo de la gónada en volumen y/o peso, es posible que

esto no se refleje en el estado de madurez de la misma (Byrne, 1990; Lozano et al., 1995; Turon et al., 1995; Spirlet, 1998). Sin embargo, en todas las localidades existe la tendencia a una relación directamente proporcional en cuanto a mayores temperaturas = mayores IG. El índice gonadal mensual varía a lo largo del año, pero lo hace de diferente manera en cada localidad, por tanto no parece haber un patrón común. Posiblemente esta situación tan dispar sea debido a la exposición al hidrodinamismo y a la presencia o no de alimento.

Las mejores épocas para la captura del erizo *D. africanum*, en términos de mayor IG, coincide para las tres localidades estudiadas en los meses de abril, mayo y junio, meses en los que se obtienen los valores máximos de IG en las tres localidades. Estos datos concuerdan con los citados en la bibliografía de la especie en diferentes localidades de Canarias (Garrido, 2003; Tuya et al, 2004; Hernández et al., 2006; Hernández et al., 2007), mostrando entre el 56 y 65 % de los individuos muestreados un IG mayor que la media de IG total anual (6.77 %). En cuanto a los lugares de captura, los resultados indican que los valores medios anuales de IG en Agaete, son significativamente mayores que en el resto de las localidades, pero tan solo con una pequeña diferencia porcentual entre las medias, por lo que no se puede afirmar la mayor idoneidad de Agaete frente a las otras localidades estudiadas. Las anomalías

observadas en el IG de *D. africanum* durante el año 2010 corresponden al periodo de crisis debido a la enfermedad de la calvicie.

Considerando todas las conclusiones obtenidas, se estima que estas dos especies de erizos de mar (*P. lividus* y *D. africanum*), son potenciales recursos marisqueros en Canarias, y serían complementarios según la época de captura, ya que no se superponen sus máximos IG en el año.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MAGRAMA) que ha financiado varios proyectos de investigación a través de varias convocatorias de I + D + i. Proyectos Cultivo y Gestión del erizo de mar y Optimización del cultivo y manejo del erizo de mar. Plan Nacional de Cultivos Marinos (JACUMAR). Secretaría General del Mar. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Proyecto DIADEMAR Desarrollo de un plan de control del erizo *Diadema antillarum* para la mejora ambiental de los fondos rocosos mediante su valorización socioeconómica. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

RESUMEN

Con el fin de establecer las épocas óptimas de explotación como posible recurso marisquero de dos especies de erizos de mar en Canarias, se estudió la evolución temporal del índice gonadal en diferentes años y localidades de *Paracentrotus lividus* (abril de 2006 a marzo de 2008 en la isla de Tenerife y en dos localidades: Las Galletas y La Jaca; abril de 2006 a enero de 2009 en la isla de Gran Canaria y en dos localidades: Ojos de Garza y Gando), y de *Diadema africanum* (de enero de 2010 a mayo de 2011 en la isla de Gran Canaria y en tres localidades: Risco Verde, Arguineguín y Agaete). En el caso de *P. lividus*, que se encuentra en el límite sur de su distribución, se constató la presencia de varios picos máximos anuales en el índice gonadal, probablemente relacionados con la temperatura. Estas épocas de mayor índice gonadal se correspondieron con los estados de maduración de las gónadas. La principal época de madurez coincidió con el otoño y comienzo del invierno (agosto, octubre y diciembre). Existió emisión de gametos esporádicos en el año según la localidad, en abril, en verano (junio, julio o agosto), otoño (septiembre

u octubre) e invierno (diciembre, enero o febrero). Posiblemente esta situación tan dispar sea debido a la exposición al hidrodinamismo de la zona y a la presencia o no de abundante alimento. Para *D. africanum* se presentó el máximo índice en los meses de mayo-junio, con prácticamente pocas variaciones anuales en la localidad situada más al sur (Arguineguín). En conclusión, las dos especies de erizos serían complementarias como recursos marisqueros, ya que no se superponen sus periodos de máximos IG (época de captura) en el año.

Palabras clave: erizo, *Paracentrotus lividus*, *Diadema africanum*, Índice Gonadal, recurso marisquero.

REFERENCIAS

- Bacallado, J. J., Brito, A., Cruz, T., Carrillo, M., & Barquín, J. (1987). *Proyecto Bentos II. Anexo: Estudio de la biología del erizo de lima (Diadema antillarum)* (Informes para la Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno de Canarias) Gran Canarias: Gobierno de Gran Canarias.
- Brito, A., Gil-Rodríguez, M. C., Hernández, J. C., Falcón, J. M., González, G., García, N., Cruz, A., Herrera, G., & Sancho, A. (2002). *Estudio de la biología y ecología del erizo Diadema antillarum y de las comunidades de sucesión en diferentes zonas de blanquial del Archipiélago Canario*. Gran Canarias: Viceconsejería de Medio Ambiente, Departamento de Biología Animal (Ciencias Marinas), Universidad de La Laguna.
- Byrne, M. (1990). Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered habitat on the west coast of Ireland. *Marine Biology*, 104, 275-289.
- Garrido, M., Haroun, R. J., & Lessios, H. A. (2000). Annual reproductive periodicity of the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi in the Canary Islands. *Bulletin of Marine Science*, 67, 989-996.
- Girard, D., Hernández, J. C., Toledo, K., & Clemente, S. (2006). *Aproximación a la biología reproductiva del equinoideo Paracentrotus lividus (Lamarck 1816) en el litoral de Tenerife*. Barcelona: Libro de Resúmenes XIV SIEBM.
- Girard, D., Clemente, S., Toledo-Guedes, K., Brito, A., & Hernandez, J. C. (2012). A mass mortality of subtropical intertidal populations of the sea urchin *Paracentrotus lividus*: analysis of potential links with environmental conditions. *Marine Ecology*, 33, 377-385.
- Garrido, M. (2003). Contribución al conocimiento de *Diadema antillarum* Philippi 1845, en Canarias (Tesis de doctorado). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Gran Caanria.
- Hernández, J. C., Toledo, K., Girard, D., Clemente, S., Cubero, E., & Brito, A. (2005). Descripción de la

- post-larva y primeras fases juveniles de tres equinoideos presentes en las islas Canarias: *Diadema antillarum* Philippi, 1845, *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) y *Arbaciella elegans* Mortensen, 1910. *Vieraea*, 33, 385-397.
- Hernández, J. C., Brito, A., García, N., Gil-Rodríguez, M. C., Herrera, G., Cruz-Reyes, A., & Falcón, J. M. (2006) Spatial and seasonal variation of the gonad index of *Diadema antillarum* (Echinodermata: Echinoidea) in the Canary Islands. *Scientia Marina*, 70, 689-698.
- Hernández, J. C., Clemente, S., & Brito, A. (2007). Sex-ratio and occurrence of hermaphroditism in populations of *Diadema antillarum* (Echinoidea: Diademata) at two contrasting habitats in Tenerife (Canary Islands). *Vieraea*, 35, 155-161.
- Herrero, A. (2008). *Aspectos reproductivos del erizo común (Paracentrotus lividus) en aguas del este de Gran Canaria*. Manuscrito inédito.
- Lozano, J., Galera, J., Lopez, S., Turón, X., Palacín, C., & Morera, G. (1995). Biological cycles and recruitment of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 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. *Marine Biology*, 131, 461-478.
- Portillo-Hahnefeld, A. (2010) *Life cycle of Diadema antillarum* (Echinodermata). Islas Canarias: Editorial Asociación Oceanográfica de Canarias.
- 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. *Hydrobiologia*, 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. *Invertebrate Reproduction and Development*, 34, 69-81.
- Turon, X., Giribert, G., López, S., & Palacín, C. (1995). Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitat. *Marine Ecology Progress Series*, 122, 193-204.
- Tuya, F., Cisneros-Aguirre, J., Ortega-Borges, L., & Haroun, R. J. (2007). Bathymetric segregation of sea urchins on reefs of the Canarian Archipelago: Role of flow-induced forces. *Estuarine, Coastal, Shelf Science*, 73, 481-488.
- Tuya, F., Boyra, A., Sanchez-Jerez, P., Barbera, C., & Haroun, R. J. (2004) Relationships between rocky-reef fish assemblages, the sea urchin *Diadema antillarum* and macroalgae throughout the Canarian Archipelago. *Marine Ecology Progress Series*, 278, 157-169.
- Vařtilingon, D., Morgan, R., Grosjean, P., Gosselin, P., & Jangoux, M. (2001). Effects of delayed metamorphosis and food rations on the perimetamorphic events in the echinoid *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 262, 41-60.
- Vega, W., & Romero, V. (2011). Patrón de distribución espacial de *Paracentrotus lividus*. *Anales Universitarios de Etología*, 5, 21-30.