

**Distribución Poblacional y Ciclo Reproductivo del  
Erizo de Mar Blanco *Tripneustes depressus*  
(Echinodermata: Echinoidea) en las islas  
Galápagos\***

**Soledad Luna**

**Universidad San Francisco de Quito  
Area de Investigaciones Marinas y Conservación Costera de la  
Estación Científica Charles Darwin**

\*Investigación para obtener el título de Bachelor in Science en la Universidad San Francisco de Quito.

## RESUMEN

El erizo de mar blanco (*Tripneustes depressus*) se distribuye ampliamente en las islas Galápagos. Constituye uno de los erizos más comunes en zonas intermareales y sublitorales del archipiélago. El interés por desarrollar este estudio acerca de su ecología poblacional y biología reproductiva nace de la posible apertura de una pesquería de erizos en las islas Galápagos. Entre octubre de 1996 a julio de 1997 se muestreó la densidad, estructura de tallas y distribución batimétrica del erizo blanco en 35 localidades. Entre octubre de 1996 y abril de 1997 se monitoreó la variación en las tallas de la población la Ratónera al suroeste de la Isla Santa Cruz. Entre enero de 1997 a enero de 1999 se colectaron quincenalmente individuos de una población en el islote Caamaño con el fin de determinar su ciclo reproductivo. *T. depressus* presenta poblaciones agregadas con una densidad media general del archipiélago de 1.32 individuos por 5m<sup>2</sup> ( $\pm$  1.81 DE) y un promedio de tallas de 115 mm ( $\pm$  24.5 DE). El erizo de mar blanco presenta las mayores densidades entre los 5 y 10 m de profundidad. En la localidad la Ratónera, no se encontraron variaciones en las tallas que indiquen crecimiento de los individuos, más si se registraron variaciones significativas en la densidad presentando cada vez menor cantidad de individuos dentro del área de estudio. *T. depressus* no describe un ciclo reproductivo determinado, pero presenta de dos a tres eventos de desove cada año. La pesca de erizos aún no se ha abierto, sin embargo éste constituye un blanco para la explotación comercial en las islas Galápagos. Este tipo de estudios constituyen una base importante para el establecimiento de medidas de manejo previa la explotación.

## INTRODUCCIÓN

Los invertebrados marinos que viven en Galápagos se encuentran representados con más de 1900 especies, de las cuales más del 18% son endémicas (James, 1991). El número de especies de equinodermos (estrellas, ofiuros, pepinos y erizos) reportadas para las islas Galapagos asciende a 200, de éstas, 37 son especies de equinoideos (Maluf en James, 1991).

Los equinoideos son invertebrados puramente marinos que se encuentran distribuidos ampliamente a nivel mundial, desde zonas costeras hasta aguas muy profundas (Maluf en James, 1991). Los erizos de mar son uno de los organismos más comunes de los ecosistemas marinos y, por lo general, juegan un papel ecológico importante en ambientes sublitorales someros (Rodríguez y Ojeda, 1993). Al ser hervívoros, los erizos de mar, son capaces de cambiar la distribución, abundancia relativa y composición de algas, afectando así también los niveles de biomasa y productividad de una comunidad sublitoral (Rogers-Bennett *et al.*, 1995 y Heck y Valentine, 1995), situación que afecta indirectamente a las poblaciones animales. La remoción de algas por parte de los erizos provoca espacios libres para el asentamiento de corales y otros organismos epibentónicos. Sin embargo, también pueden alimentarse de corales vivos reduciendo así su crecimiento y supervivencia (Glynn *et al.*, 1979).

Además de su importancia ecológica, los erizos de mar poseen un potencial alimenticio. Sus gónadas han sido explotados desde tiempos inmemoriales en Europa, países del Mediterráneo, el Pacífico Norte y más recientemente en los trópicos, Chile y Norte

América (Conand y Sloan, 1989). A nivel mundial la extracción de erizo de mar es considerada la más importante entre las pesquerías de equinodermos. Ésta ha hecho importantes contribuciones a las economías locales y algunas poseen el potencial de exportar comercialmente (Sheibling y Mladenov, 1987). En Galápagos aún no se ha desarrollado la pesca de erizo de mar, siendo la más importante entre los equinodermos la del pepino de mar.

Entre los erizos regulares, varias de las especies del género *Tripneustes* son explotadas por sus gónadas a nivel mundial (Sheibling y Mladenov, 1987; Lewis, 1958). En las islas Galápagos se encuentra la especie *Tripneustes depressus* (A. Agassiz, 1863, Echinodermata: Echinoidea), conocido localmente como erizo blanco. A pesar de que esta especie de erizo se distribuye ampliamente y es abundante en todo el archipiélago (G. Reck y R. Bustamante com. pers.), éste es el primer estudio que se realiza.

*T. depressus* se distribuye ampliamente desde Baja California hasta las islas Galápagos y se lo encuentra desde el infralitoral hasta los 73 m de profundidad (Hickman, 1997). Se asienta preferentemente en fondos rocosos sobre bloques de piedra cubiertos de alga (obs. pers.). En los últimos años la abundancia de esta especie aparentemente ha aumentado (G. Reck y R. Bustamante com. pers.). A pesar de que no hay datos, esto posiblemente se deba a altos reclutamientos post-El Niño de los últimos años (1982/1983, 1987, 1993, etc.) y a la disminución de sus principales depredadores, tanto peces como las langostas espinosas (*Panulirus penicillatus*) y el langostino (*Scyllarides astori*) (G. Reck y F. Rivera com. pers.), debido a los efectos de la explotación comercial de estas últimas especies. Es así que esta especie de erizo de mar se ha convertido en uno de los invertebrados submareales

de gran tamaño más abundantes (Wellington, 1992).

En los últimos años se ha observado un creciente interés de los pescadores locales por su potencial comercialización y exportación hacia el mercado japonés, de esta manera los erizos de mar se convierten en un posible próximo blanco para la explotación comercial. El problema está en que las pesquerías en Galápagos no están sujetas a controles estrictos debido a la falta de capacidad de control y claras restricciones para la explotación de recursos, siendo ésta una de las principales razones por las que la mayoría de las pesquerías artesanales muestran claros síntomas de sobreexplotación (GOPA, 1997 y Fundación Natura, 1998). Esta situación se refleja en los últimos años en el desarrollo de nuevas y explosivas pesquerías que están causando alteraciones poblacionales de las especies explotadas (pepino de mar, aletas de tiburón, entre otras) y, por ende, afectan la integridad de los ecosistemas de Galápagos (Piú, 1998). En forma paralela, el consumo local de gónadas de *T. depressus* está creciendo entre la comunidad de Galápagos y ya se evidencia disminuciones poblacionales en ciertos lugares cercanos a centros poblados (R. Bustamante, datos no publicados).

Este es un estudio básico que busca ampliar los conocimientos de biología y ecología de *T. depressus* previo a su explotación comercial. Los objetivos de este estudio son, a) establecer bases biológicas para la conservación y eventual manejo de *T. depressus* en las islas Galápagos, b) determinar la estructura poblacional en relación a distintas áreas geográficas y a través del tiempo, c) establecer los patrones de abundancia y distribución espacial de *T. depressus*, y d) en una localidad en particular, determinar el ciclo reproductivo.

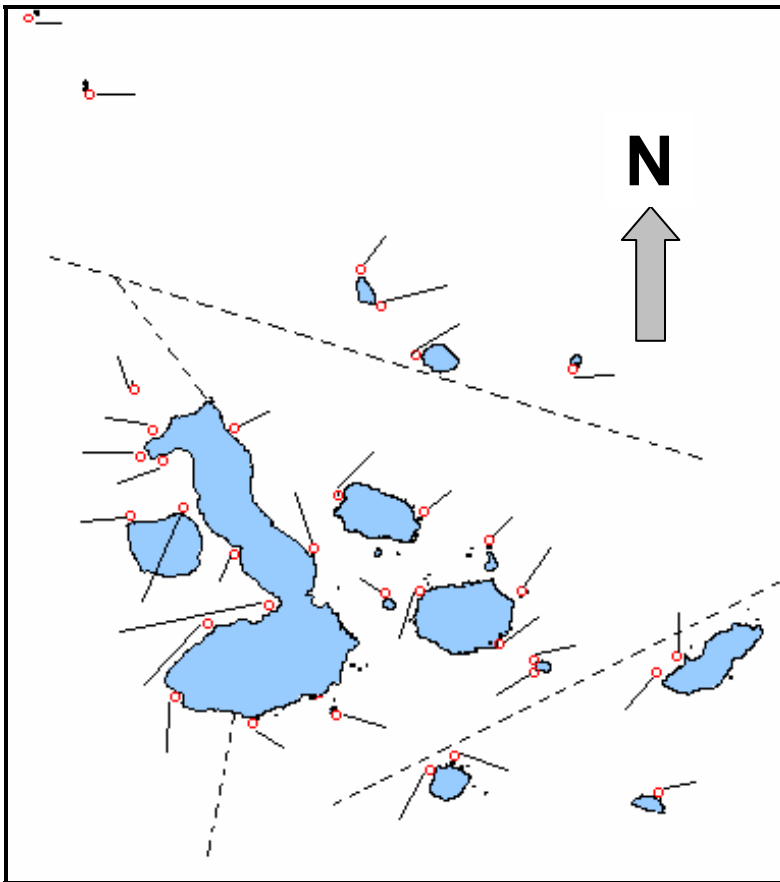
## MÉTODOS

### **Area de muestreo.**

Las islas Galápagos se encuentran situadas aproximadamente a 600 millas náuticas del Ecuador continental. Son las únicas islas oceánicas que se encuentran sobre el ecuador en el Pacífico oriental ecuatorial (Chavez y Brusca en James, 1991). Las islas tienen un origen volcánico y se encuentran aún activas, además están bañadas por siete corrientes marinas mayores, las mismas que son responsables de la gran diversidad marina de las islas (Jackson, 1995 y Humann, 1993). Debido a las heterogéneas condiciones oceanográficas que se forman en el archipiélago, Harris (1969) propuso una división en cinco subzonas guiándose por la temperatura superficial: norte, sur, oeste y dos regiones centrales. Las aguas en las islas del norte son tropicales, las del sur son consideradas como cálido-templadas, las del oeste en Isabela y Fernandina son frías, tienen alta salinidad y clorofila por último, las dos regiones centrales presentan valores intermedios de temperatura, salinidad y productividad (Grove y Lavenberg, 1997). Para este estudio se han tomado estas mismas regiones y, se ha unido en una, a las dos regiones centrales por presentar características de temperatura y de composición de fauna muy similares (Wellington, 1984) (Fig. 1).

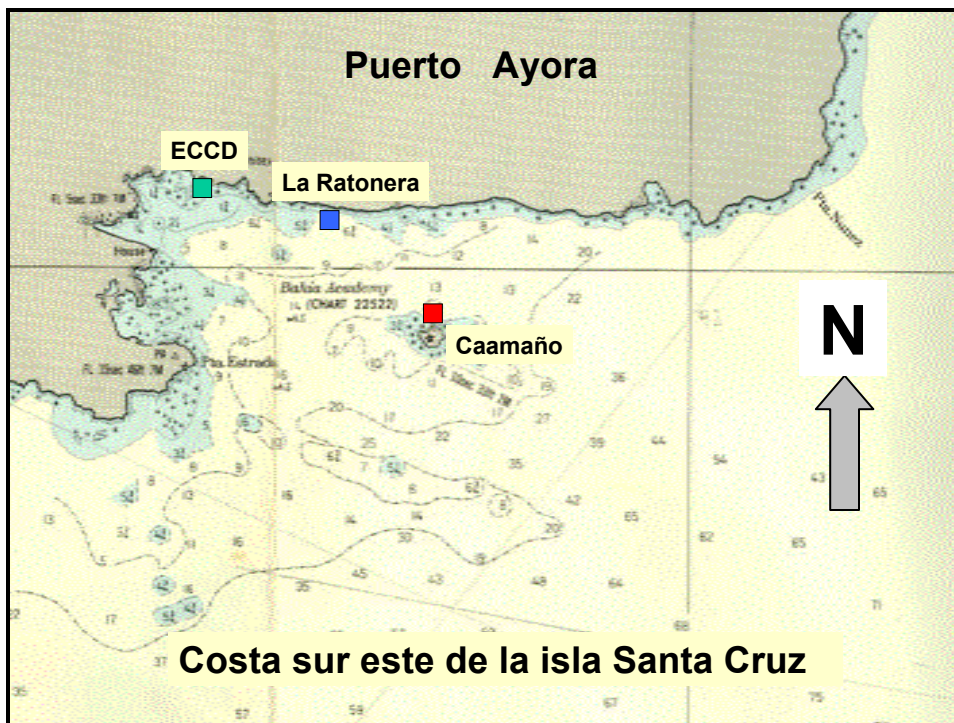
El presente estudio se realizó a partir de octubre de 1996 hasta julio de 1997, los datos de ciclo reproductivo se tomaron a partir de enero de 1997 hasta enero de 1999. En todo el archipiélago se muestrearon 35 sitios (Fig. 1 y Tabla 1). En cada sitio se determinó la densidad ( $N_i \times 5m^2$ ), estructura de tallas y distribución batimétrica. Todos los sitios

presentaron un hábitat rocoso formado por lava solidificada a modo de bloques redondeados, no muy consolidados entre sí. En algunos casos, conforme se incrementa la profundidad, se incrementa también la proporción de arena que cubre el fondo. *T. depressus* raramente ocurre en fondos arenosos. La pendiente, en los 35 sitios de estudio, varió de 10° a 60°, siendo las más comunes entre 20° y 40° de inclinación. Estos lugares además, presentaron movimiento de ola, pero sin rompimiento de la misma. Sobre las rocas de estas localidades se observaron varias especies de algas verdes, rojas, cafés y coralinas incrustantes, entre las más abundantes están *Gelidium* sp., *Ceramium* sp., *Polysiphonia* sp., *Dasya* sp., *Cladophora* spp., *Bryopsis* y *Codium* sp (obs. pers. y L. Vinueza, datos no publicados).



**Figura 1.** 35 lugares de muestreo de densidad, tallas y distribución batimétrica de *Tripneustes depressus* en las islas Galápagos, Ecuador.

En el sureste de la isla Santa Cruz se escogieron dos poblaciones fijas llamadas la Ratonera e islote Caamaño (Fig. 2). Ambos sitios presentan las condiciones de hábitat arriba descritas. En la localidad de la Ratonera se realizaron las mediciones para establecer variación en la estructura de tallas y densidades con respecto al tiempo, mientras que en el islote Caamaño se realizaron colecciones mensuales y quincenales con el fin de determinar las variaciones en la producción de gónadas.



**Figura 2.** Dos lugares escogidos en la costa sureste de la isla Santa Cruz: en la Ratonera se realizó el muestreo de tallas y densidad, mientras que en el islote Caamaño se realizó muestreo del ciclo reproductivo.

### **Técnica de muestreo.**

Las tallas de *T. depressus* se midieron mediante buceo SCUBA en cada uno de los 35 sitios muestreados. Se construyó especialmente para esta tarea, un calibrador-vernier de 35 cm



de largo con brazos de 12 cm, con el que se midió bajo el agua el diámetro máximo y la altura de la testa de un mínimo de 50 individuos en cada sitio de estudio. Los individuos fueron medidos *in situ* al azar, sin considerar la profundidad. En lugares donde la población no era abundante se midieron todos los individuos que se encontraron.

La densidad poblacional y la distribución batimétrica se midieron para cada sitio, realizando diez transectos circulares de 5m<sup>2</sup> a tres o cuatro diferentes profundidades dependiendo de las condiciones presentes en cada lugar. Cada grupo de diez círculos se realizaban sobre un transecto imaginario paralelo a la costa. Cada círculo estaba separado entre sí por un mínimo de 5 m de distancia. Los transectos circulares se realizaron con ayuda de un tubo de PVC de 1,26 m de longitud (radio del transecto circular), uno de los extremos del tubo sostiene un peso, este extremo se coloca sobre el fondo y actúa como eje, el buzo, sosteniendo el otro extremo, realiza un círculo girando sobre el eje, mientras registra el número de erizos dentro del área del círculo.

El rango de profundidades muestreado osciló entre 1 y 16 metros. Esto fue hecho solo una vez en 33 de los 35 sitios muestreados. Mensualmente, en playa Ratonera, se determinó densidad y estructura de tallas desde octubre de 1996 hasta abril de 1997. En mayo de 1997 la población desapareció y se discontinuó la toma de datos.

El estado reproductivo se determinó midiendo la producción de gónadas de 20 a 25 individuos diseccionados desde enero de 1997 a enero de 1999. Entre enero y abril de 1997 las colecciones fueron mensuales, a partir de mayo de 1997 se realizaron colecciones quincenales para determinar posibles variaciones dentro de un mismo mes. En total se

colectaron 894 individuos. La disección de los erizos consistió en dejar, a cada individuo, reposar fuera del agua alrededor de 5 minutos, luego se registró el peso húmedo total, el peso escurrido (sin agua interior), medidas de diámetro y altura máximas de la testa. Además se extrajeron las gónadas para registrar su peso húmedo total. Dos de las cinco gónadas que posee cada erizo se preservaron en alcohol al 75% para realizar futuras investigaciones. Se determinó el sexo de cada individuo usando la coloración externa de las células sexuales que, en el caso de las hembras, es anaranjado fuerte y, en el de los machos, es crema blanquecino. En caso de no poder determinar a simple vista el sexo del individuo se procedió a hacerlo a través de microscopía convencional con magnificación de 10X.

## **RESULTADOS**

### **Densidad poblacional**

La densidad de *T. depressus* varía en las islas Galápagos entre 0.0 y 7.3 individuos en 5m<sup>2</sup>. El promedio general de este rango, en todo el archipiélago fue de 1.32 individuos por 5m<sup>2</sup> ( $\pm 1.81$  DE). Los mayores valores de densidad se encontraron en los sitios ubicados en la región hidrográfica de mayor mezcla de aguas, la central: Rocas Gordon, con un promedio de 7.3 ( $\pm 4.76$  DE) individuos por 5 m<sup>2</sup>, Caleta Bucanero con 5.9 ( $\pm 2.81$  DE) individuos por 5 m<sup>2</sup> y Cabo Marshal con 4.1 ( $\pm 3.62$  DE) individuos por 5 m<sup>2</sup> (Tabla 1). Los lugares en los que se encontró menor densidad de *T. depressus* se ubicaron consistentemente al oeste del archipiélago: Cabo Berkeley, Bahía Urbina, Bahía Elizabeth, Punta Moreno, Cabo Rosa, Punta Espinoza y Cabo Douglas, con una densidad de 0 individuos. Únicamente en Caleta Iguana se registraron individuos de *T. depressus* con una densidad de 0.93 ( $\pm 1.75$  DE) individuos por 5 m<sup>2</sup> (Tabla 1).

**Tabla 1.** 35 lugares muestreados con la densidad media (Ni/5m<sup>2</sup>) y su desviación estándar.

| <b>Región</b> | <b>Isla</b>   | <b>Lugar</b>                    | <b>Densidad media (Ni/5m<sup>2</sup>)</b> | <b>Desviación Estándar</b> |
|---------------|---------------|---------------------------------|---|----------------------------|
| <b>NORTE</b>  | Norte Isabela | Roca Redonda <sup>1</sup>       | 0.33                                      | 0.49                       |
|               | Darwin        | Arco de Darwin <sup>2</sup>     | 0.59                                      | 0.67                       |
|               | Darwin        | Sureste de Darwin <sup>3</sup>  | 2.10                                      | 1.74                       |
|               | Wolf          | Sureste de Wolf <sup>4</sup>    | 0.37                                      | 0.56                       |
|               | Wolf          | Noreste de Wolf <sup>5</sup>    | 0.00                                      | 0.00                       |
|               | Pinta         | Norte de Pinta <sup>6</sup>     | 2.53                                      | 2.49                       |
|               | Pinta         | Sur de Pinta <sup>7</sup>       | 0.00                                      | 0.00                       |
|               | Marchena      | Punta Espejo <sup>8</sup>       | 0.00                                      | 0.00                       |
| <b>SUR</b>    | Floreana      | Punta Cormorant <sup>9</sup>    | 0.69                                      | 1.40                       |
|               | Floreana      | Sitio de Control <sup>10</sup>  | 0.65                                      | 1.12                       |
|               | Floreana      | Corona del Diablo <sup>11</sup> | 2.90                                      | 3.86                       |
| <b>ESTE</b>   | San Cristóbal | Leon Dormido <sup>12</sup>      | 1.13                                      | 1.48                       |
|               | San Cristóbal | Five Fingers <sup>13</sup>      | 0.60                                      | 0.96                       |
|               | Española      | Islote Gardner <sup>14</sup>    | 1.21                                      | 1.58                       |
|               | Genovesa      | Bahia Darwin <sup>15</sup>      | 2.10                                      | 2.13                       |
| <b>OESTE</b>  | Isabela       | Caleta Iguana <sup>16</sup>     | 0.93                                      | 1.75                       |
|               | Isabela       | Cabo Rosa <sup>17</sup>         | 0.00                                      | 0.00                       |
|               | Fernandina    | Punta Espinosa <sup>18</sup>    | 0.00                                      | 0.00                       |
|               | Fernandina    | Cabo Douglas <sup>19</sup>      | 0.00                                      | 0.00                       |
|               | Isabela       | Punta Moreno <sup>20</sup>      | 0.00                                      | 0.00                       |
|               | Isabela       | Bahia Elizabeth <sup>21</sup>   | 0.00                                      | 0.00                       |
|               | Isabela       | Bahia Urbina <sup>22</sup>      | 0.00                                      | 0.00                       |
| <b>CENTRO</b> | Isabela       | Cabo Berkley <sup>23</sup>      | 0.00                                      | 0.00                       |
|               | Isabela       | Cabo Marshal <sup>24</sup>      | 4.10                                      | 3.62                       |
|               | Santiago      | Caleta Bucanero <sup>25</sup>   | 5.90                                      | 2.81                       |
|               | Santiago      | Cousins <sup>26</sup>           | 1.12                                      | 1.32                       |
|               | Isabela       | Punta Alfaro <sup>27</sup>      | 2.83                                      | 1.80                       |
|               | Sta. Cruz     | Caamaño <sup>28</sup>           | 1.15                                      | 1.66                       |
|               | Sta. Cruz     | Ratonera <sup>29</sup>          | 1.28                                      | 1.30                       |
|               | Sta. Cruz     | Rocas Gordon <sup>30</sup>      | 7.30                                      | 4.76                       |
|               | Santa Fe      | Sta. Fe A <sup>31</sup>         | 0.40                                      | 0.50                       |
|               | Santa Fe      | Sta. Fe B <sup>32</sup>         | 0.20                                      | 0.52                       |
|               | Sta. Cruz     | B. Conway A <sup>33</sup>       | 0.87                                      | 2.26                       |
|               | Sta. Cruz     | B. Conway B <sup>34</sup>       | 5.00                                      | 5.92                       |
|               | Pinzón        | Pinzón <sup>35</sup>            | 0.00                                      | 0.00                       |

El test no paramétrico Kruskal-Wallis refleja que las densidades son significativamente diferentes en las regiones del archipiélago. Las regiones central y oeste difieren de manera significativa del resto de regiones. Entre ellas son también significativamente diferentes, mientras que las regiones norte, sur y este no presentan diferencias significativas entre sí (LSD Post-hoc) (Fig. 3A).

La Playa Ratonera, al oeste de Santa Cruz, presentó un promedio general de 1.34 ( $\pm$  2.16 DE) individuos por 5m<sup>2</sup>. Mensualmente la densidad varió entre 0.58 ( $\pm$  1.02 DE) y 2.63 ( $\pm$  3.99 DE) individuos por 5m<sup>2</sup>, por lo que vemos que sí hubo variación durante el período de octubre de 1996 a abril de 1997 (Fig. 4A). Los valores de variación más altos se encontraron en noviembre de 1996 y en febrero de 1997, mientras que el valor más bajo se encontró en abril de 1997 (Fig. 4A). El test no paramétrico Kruskal-Wallis demuestra que existe una diferencia significativa de la densidad en los diferentes meses de muestreo. El gráfico de barras muestra una tendencia general de disminución de la densidad de octubre de 1996 a abril de 1997. En mayo de 1997 la población de erizos de la Ratonera desapareció y la toma de datos tuvo que suspenderse. En el lugar de muestreo no se encontraron restos de esqueletos por lo que se supone que éstos migraron o fueron extraídos.

### **Estructura de Tallas**

La media del diámetro de la testa es relativamente similar en todas las regiones del archipiélago, con una media global de 115 mm ( $\pm$  24.5 DE). Sin embargo, los rangos de variación de las tallas son distintos, en la región central se encontró una mayor variación de tallas, mientras que en la región oeste las tallas fueron más homogéneas. Los especímenes

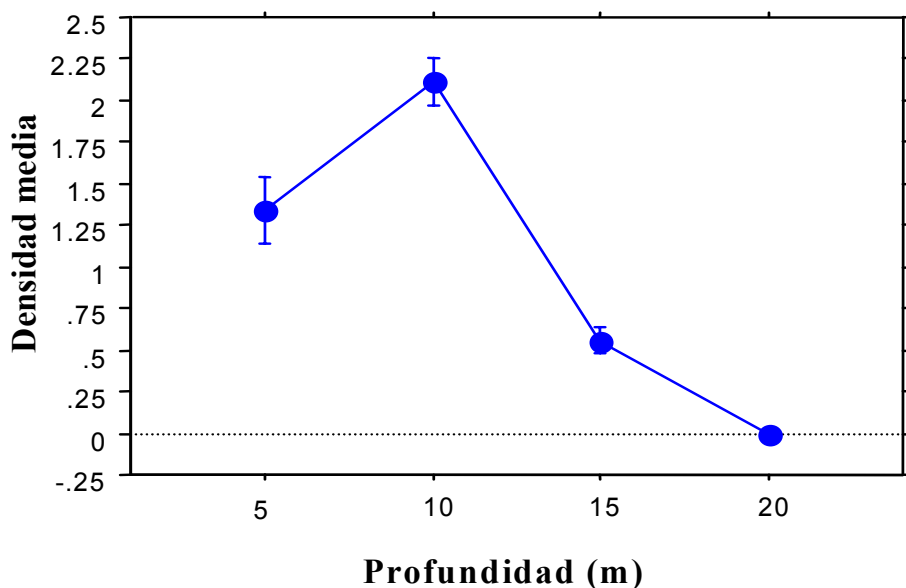
más grandes se registraron en la isla Wolf, en la región norte, con individuos de hasta 185 mm, mientras que los más pequeños fueron registrados en el islote Cousins que se encuentra en la región centro con individuos de 60 mm. Una población en la que se registró tanto individuos grandes como pequeños fue en el sureste de la isla Darwin, en la región norte del archipiélago (Fig. 3B).

Las diferencias más significativas (Post-hoc LSD) en la estructura de tallas se dieron entre las regiones norte y sur con las regiones centro, este y oeste. Entre las regiones centro, este y oeste no existe diferencias significativas, ni tampoco entre las regiones norte y sur (Fig. 3B). No se ha logrado determinar la razón por la que en ambas regiones las tallas medias sean mayores que en el resto del archipiélago.

En los distintos meses muestreados en la playa Ratonera, las medidas de las tallas fluctuaron entre 105 y 138 mm. En octubre se registraron tallas pequeñas significativamente diferentes al resto de meses muestreados, en noviembre las tallas son mayores y desde diciembre de 1996 a febrero de 1997, las tallas disminuyen hasta que en marzo de 1997 observamos tallas significativamente menores. En abril las tallas vuelven a subir. La variación de tallas a través del tiempo en la Ratonera no refleja un patrón de crecimiento, parece que se trata de una población que ha alcanzado su máximo crecimiento (Fig. 4B). No se conoce con exactitud la razón de las variaciones de tallas a través del tiempo, podría deberse a migraciones de los individuos de tallas similares entre diferentes profundidades o condiciones oceanográficas.

## Distribución Batimétrica

La densidad de *T. depressus* varía con la profundidad. La mayor densidad media de erizos se concentra entre los 5 y 10 m de profundidad (Fig. 4), mientras que a profundidades menores (entre 1 y 5 m) y mayores (entre 10 y 15 m) la densidad es baja, entonces la densidad tiende a disminuir conforme aumenta o disminuye la profundidad (Fig. 4). En solo dos lugares: Bahía Gardner en Española y Bahía Conway al noroeste de Santa Cruz se observó algunos individuos pequeños que quedan semiexpuestos en marea baja. Esto sugiere que el reclutamiento ocurre en lugares de menor profundidad, es decir en distintos hábitats de donde ocurre la población adulta.

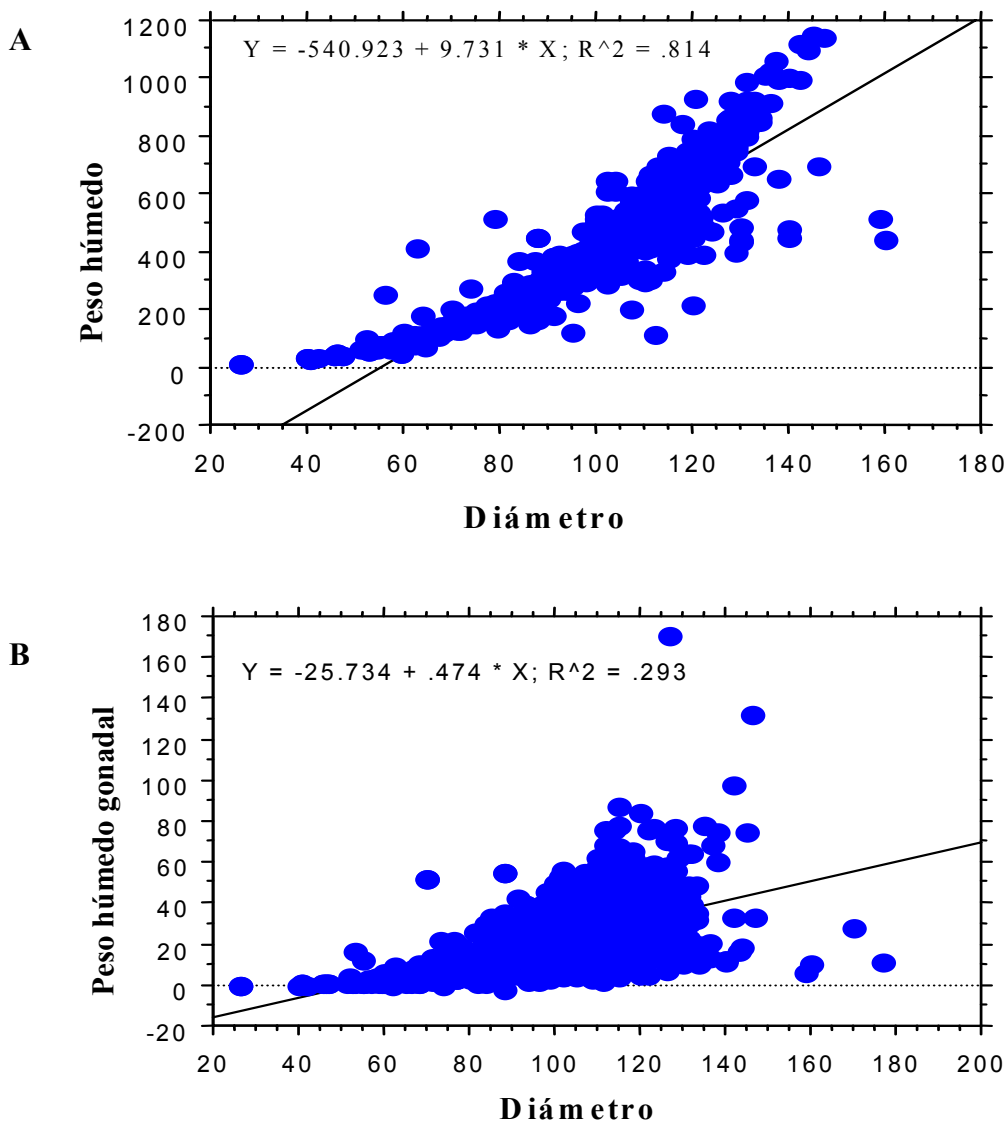


**Figura 4.** Distribución batimétrica de *T. depressus* en las islas Galápagos. Las líneas de error corresponden al  $\pm 1$  error estándar.

## Relaciones Morfológicas

El diámetro de la testa se encuentra positivamente relacionado con el peso húmedo del individuo (Fig. 5A). No se logró colectar individuos menores a 40 mm y mayores a 170

mm. Para estos mismos individuos se relacionó el peso húmedo de las gónadas frente al diámetro de la testa con el fin de probar si los resultados del índice gonadal podrían ser extrapolados a todo el archipiélago. Se encontró que la relación entre el peso húmedo gonadal y el diámetro de la testa es baja, pero significativa. Se encontró gónadas en todo el rango de tallas muestreado, siendo los más pequeños de 40 mm. La figura 5B muestra que el mayor peso gonadal se encuentra en un rango de tallas que va de 100 a 130 mm de diámetro.



**Figura 5.** Regresión lineal de la relación entre **A** el peso húmedo de cada individuo y el diámetro y, el peso húmedo gonadal de cada individuo y el diámetro.

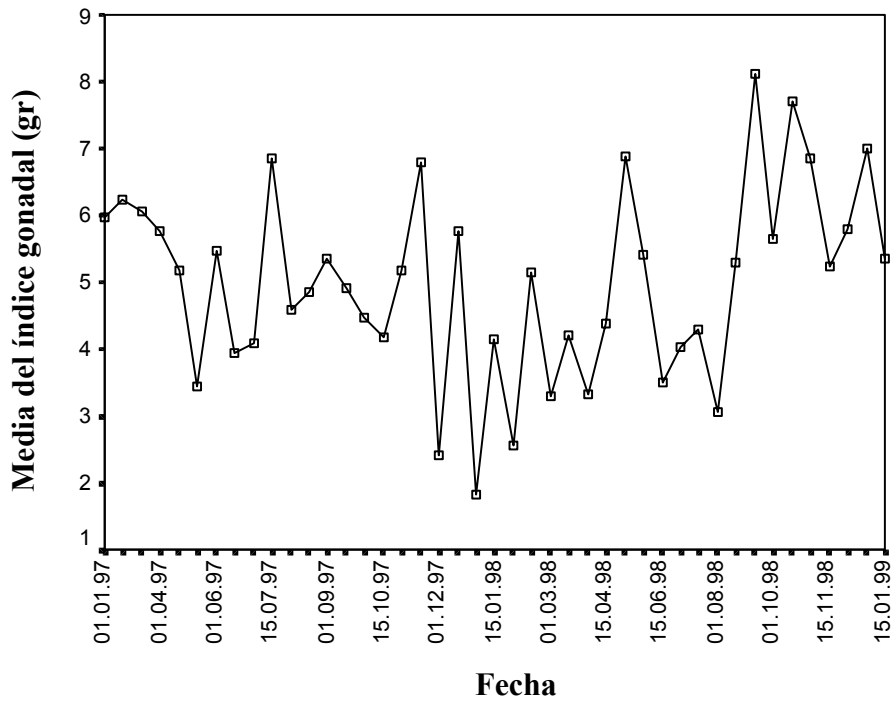
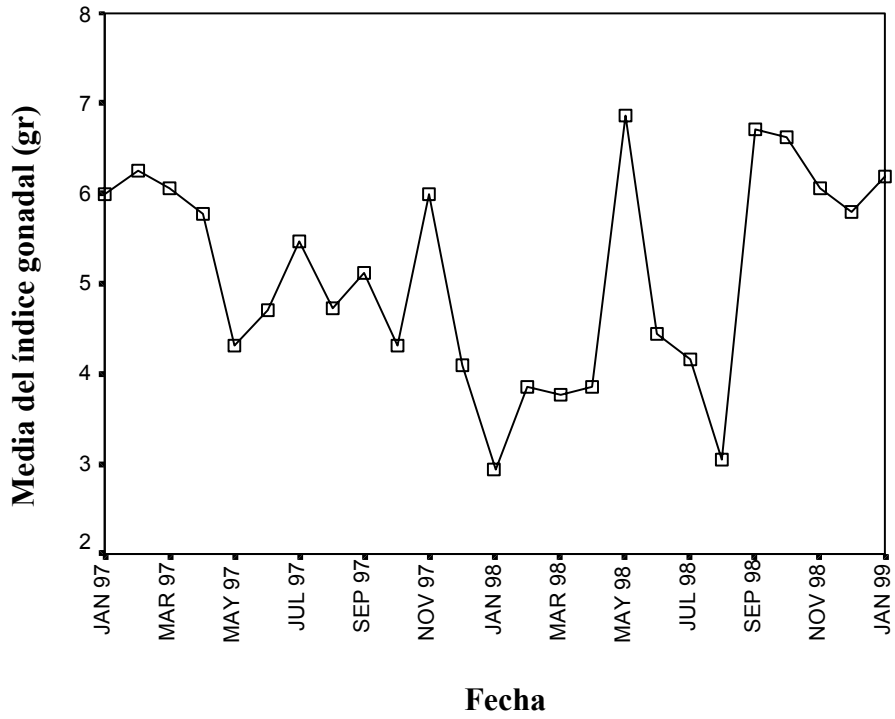
## **Producción de Gónadas**

*T. depressus* no presenta un ciclo definido de desove (Fig. 7A). Sin embargo, se evidencian dos descensos del índice gonadal en el año 1997 y tres en 1998. Éstos ocurren cada tres, cuatro o cinco meses. Al fijarnos en los resultados de las colecciones quincenales observamos que en algunos casos hay variaciones del índice gonadal dentro del mismo mes (Fig. 7B), estas variaciones parecen ser más frecuentes durante el fenómeno del Niño en 1998. Debido a las condiciones especiales de dicho fenómeno tampoco se puede concluir que el patrón reproductivo sea quincenal. Los datos que se tiene hasta el momento no reflejan que la reproducción de *T. depressus* sea dentro un ciclo periódico o en alguna época en particular del año.

## **Reclutamiento**

Durante todo el período de estudio, no se encontraron individuos menores a cuatro centímetros de diámetro, sin embargo, en agosto de 1997, G. Branch (Universidad de Cape Town, Sudáfrica) realizó los primeros reportes de *T. depressus* de un diámetro de la testa menor a dos centímetros en Bahía Academia. Estos se encontraron en lugares de aguas tranquilas, donde no choca la ola, bajo piedras de menos de un metro de alto y también en las ranuras entre las piedras (G. y M. Branch, com. pers.). En el mismo mes de agosto llegaron más reportes de diferentes personas que los habían observado en Tortuga Bay, Caamaño, Punta Estrada (Santa Cruz), Española, Pinzón y Floreana.





**Figura 7.** Promedio del índice gonadal de *T. depressus* en Caamaño. A. Promedio mensual (N = 40), y B. Promedio quincenal (N = 20).

## Discusión

Los muestreos indican que la distribución de *T. depressus* alrededor de las islas Galápagos es bastante amplia, se encuentra en todas las regiones hidrográficas. Gunther Reck (com. pers.) y Wellington (1992) aseguran que hace algunos años la abundancia de *T. depressus* no era tan alta como lo es ahora. El crecimiento de su abundancia quizás esté relacionada con la excesiva pesca de langostas verdes (*Panulirus gracilis*), rojas (*P. penicillatus*) y el langostino (*Scyllarides astori*). Martínez (2000) en su estudio señala que los restos de erizos, sobretodo de *T. depressus*, representan apenas el 10% del contenido estomacal de las tres especies de langostas, pero que el ítem materia digerida, que representa entre el 10 y 35%, y que incluye restos internos de erizos de mar, es un indicador que las langostas actúan como controladores de las poblaciones de *T. depressus*.

El aumento de las poblaciones del erizo blanco podría también deberse a los altos niveles de reclutamiento que se dieron después del fenómeno del Niño de 1997-1998, entre julio de 1998 a enero de 1999 (P. Guarderas, com. pers.). Por ejemplo, la población de la Ratonera presentó densidades medias entre 0.58 (+ 1.02 DE) y 2.63 (+ 3.99 DE) individuos por 5m<sup>2</sup> durante el período de octubre de 1996 a abril de 1997. En mayo de 1997 esta población presentó una densidad igual a 0 y la toma de datos se discontinuó. P. Guarderas (2000) en su estudio volvió a buscar una población de erizos en la misma localidad la Ratonera. Ubicó una población apenas unos 200 metros al oeste de la Ratonera, en un lugar al que denominó “Barranco” (en 1997 la población de la Ratonera era la única desde Bahía Academia hasta Punta Núñez). En el Barranco, Guarderas registró las densidades con el mismo método utilizado en este estudio y encontró valores de 13.2 a 24.3 individuos por 5m<sup>2</sup> entre septiembre de 1998 a enero de 1999. Si bien no se tiene la certeza que se trate de

la misma población, la comparación es válida en el sentido del aumento de densidad tan drástico que se dió en la misma zona en apenas 15 meses.

En el oeste de Isabela no se observaron más de 10 individuos en total entre todos los sitios muestreados. *T. depressus* es una especie de erizo característica de aguas tropicales, su baja abundancia en la región oeste posiblemente se deba a la presencia de la corriente fría de Cromwell que viene desde el oeste sobre el Pacífico y choca directamente con la costa occidental de Isabela.

La baja densidad de *T. depressus* en la región oeste también podría tener relación con las pesquerías de pepino de mar y langosta que se desarrollan a gran escala en esa zona. La pesquería del pepino de mar *Stichopus fuscus* se da en gran medida sobre la costa oeste de Isabela, allí se asientan durante semanas campamentos ilegales de pescadores. También en ésta zona se encuentra el que se lo considera el mejor lugar para extraer langosta (Bahía Urbina). Ambos recursos se extraen mediante métodos de buceo libre sin aire comprimido o buceo con aire comprimido utilizando un sistema conocido como Hookah, en donde los buzos “se conectan” mediante mangueras plásticas de 50m a un compresor de aire que se encuentra en la superficie y es controlado por otro pescador (Parque Nacional Galápagos, 1999). Tanto las langostas, como los pepinos de mar comparten el mismo hábitat de *T. depressus*, de esta manera los pescadores tienen un fácil acceso al erizo blanco y lo pueden explotar como alimento de sustento.

Se ha observado que algunas especies de erizos pueden realizar migraciones masivas posiblemente en busca de mejores condiciones oceanográficas y de alimento (P. Martínez,

com. pers.). *T. depressus* presenta también comportamiento migratorio. Tanto en la población de la Ratonera monitoreada en el presente estudio, como en otras cuatro poblaciones de Bahía Academia en la isla Santa Cruz monitoreadas por P. Guarderas, se reportó disminución en la densidad de las poblaciones del erizo blanco. Guarderas (2000) describe como los parches de erizos que estudió se desagregaron y se desplazaron hacia fuera del área de estudio.

Las poblaciones de *T. depressus* monitoreadas durante este estudio presentan una distribución de tallas unimodal (entre 100 y 150 mm de diámetro), lo que indica que en un tiempo determinado no se han presentado eventos de reclutamiento, o que dentro de una población todos los individuos son de la misma edad, o los reclutas han alcanzado la talla máxima que les permite tener la cantidad y calidad de alimento de la zona. Esto también nos indica que posiblemente todos los individuos que están en ese lugar llegaron al mismo tiempo, es decir son de la misma cohorte, lo que nos hace pensar que *T. depressus* podría reproducirse masivamente.

La población de la Ratonera no presentó crecimiento de sus individuos durante el período muestreado y, al igual que el resto de las poblaciones muestreadas en el archipiélago, presenta una distribución unimodal. Guarderas (2000) describe poblaciones con distribución de tallas bimodales que muestran aumento del diámetro en los monitoreos a través del tiempo.

Los reclutas que se han encontrado en el mes de agosto de 1997 al rededor de todo el archipiélago podrían corroborar la hipótesis de que se reproducen masivamente. Guarderas

(2000) describe también eventos de reclutamiento masivo post el Niño entre julio de 1998 y enero de 1999, esto nos lleva a pensar que los estudios de biología reproductiva que se realizan en Caamaño podrían ser válidos para otras islas del archipiélago. Así, en el caso que la pesca de erizo de mar se abra, las épocas de extracción podrían ser las mismas en todo el archipiélago.

Las especies de erizos que se distribuyen en zonas templadas presentan un ciclo reproductivo definido, mientras que los erizos de zonas tropicales no poseen patrones de desove periódico o, simplemente no es evidente. Las variaciones del índice gonadal de *T. depressus* no presentan un patrón fijo, parecería que éstos son oportunistas y aprovechan épocas de condiciones oceanográficas aparentemente favorables como pueden ser temperaturas más bajas luego del Niño con mayor productividad.

No se conoce cual es la talla de madurez sexual del erizo blanco, en el presente estudio se registró que individuos de 40 mm de diámetro presentaron gónadas, mientras que Guarderas (2000) registró que individuos menores a 50 mm no presentaban gónadas. *T. ventricosus*, que ocurre en Barbados alcanza su madurez sexual entre los 40 y 60 mm de diámetro (Scheibling y Mladenov, 1987).

Desgraciadamente no conocemos cuanto dura el ciclo larval de *T. depressus* y no podemos afirmar que estos reclutas que se encontraron en agosto de 1997 provengan del desove que se dio en mayo o junio de 1997. Erizos de climas temperados, demoran desde el proceso de inseminación hasta el estado de pluteus con rudimentos tempranos de erizo, entre 96 horas y 62 días a una temperatura entre 11 y 13°C en laboratorio (Strathmann, 1992).

La explotación comercial de las gónadas del erizo de mar blanco en las islas Galápagos podría darse de un momento a otro. Conand y Sloan (1989) señalan que el mayor porcentaje de la pesca de erizo es utilizado fresco, poca es la cantidad de pesca procesada. Ambos autores además exponen la carencia de información sobre la biología pesquera y el manejo de las poblaciones de erizos, lo que dificulta establecer medidas de manejo efectivas.

Establecer épocas de pesca para *T. depressus* podría ser una labor difícil, ya que no presenta desoves periódicos y no se puede establecer cuando las gonadas van a estar aptas para su explotación. Como no se conoce su tamaño de madurez sexual tampoco se puede establecer tallas mínimas de explotación para permitir que los individuos se reproduzcan por lo menos una vez antes de ser extraídos.

*T. depressus* podría ser explotado por buzos, por distribuirse de manera agregada se convierte en un recurso vulnerable a la sobrexplotación. Cambios demográficos en las poblaciones de erizos provocan variaciones en la frecuencia e intensidad del herbivorismo. Steneck y Dethier (1994) publicaron un modelo que predice cambios en la biomasa, diversidad y dominancia de comunidades de algas al variar la densidad poblacional de los erizos. El efecto de la pesquería misma, en el caso del erizo de mar blanco en Galápagos, dependerá de las comunidades animales y vegetales del lugar, por ejemplo, si cerca de una población de *T. depressus* ocurren formaciones coralinas, éstas por su alta sensibilidad podrían ser afectadas negativamente.

Las pesquerías de erizos a nivel mundial han registrado disminuciones drásticas de su abundancia y tallas medias (Kalvass y Hendrix, 1997), y en algunos lugares como en Barbados (*T. ventricosus*) (Sheibling y Mladenov, 1987) y en Bolinao, al norte de las Phillipinas (*T. gratilla*) (Talaue-McManus y Kesner, 1995), ha colapsado debido a la sobreexplotación. Las medidas para la recuperación incluyen la abstención de la pesca por un período de uno a cinco años, controles más fuertes durante épocas de no pesca e introducción de erizos sexualmente activos a las poblaciones afectadas. Hasta ese entonces en Barbados no se había aplicado ningún método de manejo de la pesquería. Los pescadores artesanales en Barbados que se dedican a la extracción de erizos están de acuerdo con que deberían proponerse medidas para evitar la sobreexplotación, pero ven muy improbable la implementación de dichas medidas.

En California, la pesca de erizo (*Strongylocentrotus franciscanus*) también ha experimentado una disminución de más de la mitad en la cantidad de toneladas métricas capturadas al año en un período de siete años. Esta declinación se ha dado a pesar de manejar el recurso a través de tallas mínimas y cuotas individuales con rotación cada tres años que se supone es el tiempo adecuado para permitir que las poblaciones se recuperen. Este tipo de medidas tampoco funcionaron en Nueva Zelanda y en la Columbia Británica debido a la actitud de los pescadores acostumbrados al libre acceso a los recursos (Deweese, 1998). El gobierno de los Estados Unidos de América cambiará estas medidas y toma como ejemplo el sistema utilizado en la Columbia Británica que establece cuotas basándose en el principio precautelatorio (Kalvass y Hendrix, 1997). Este principio nace del reconocimiento de la incertidumbre del impacto y del tipo de manejo que se debe implementar en la explotación y además del desconocimiento de las consecuencias y costos

futuros por las decisiones del presente (García, 1994).

Medidas de manejo de las pesquerías basadas únicamente en el control de las tallas mínimas no es suficiente para mantener una pesquería comercial de erizos de mar, especialmente si el esfuerzo pesquero es alto y la reproducción es variable (Shepherd, 1993). La implementación de redes de zonas de no pesca separadas por una distancia menor a la distancia media de dispersión larvaria, se considera una medida efectiva y conservativa para mantener poblaciones en buen estado y con niveles de explotación sostenibles (Quinn, *et al.* 1993).

Las medidas pueden ser varias y todas dependerán de la ecología poblacional, de la biología reproductiva de los erizos y de la capacidad pesquera. La información que hasta ahora se tiene de *T. depressus* parece no ser la suficiente para implementar medidas de manejo de este recurso, pero debemos recordar que las medidas basadas únicamente en investigación técnica no necesariamente van a funcionar inmediatamente, se debe considerar también la información empírica de pescadores artesanales y estar dispuestos a probar y monitorear medidas apropiadas según las necesidades y las condiciones ambientales.



## **BIBLIOGRAFIA**

- Barnes, R. 1977. Zoología de los Invertebrados. Interamericana. México.
- Branch, G.M., C.L. Griffiths, M.L. Branch and L.E. Beckley. 1994. Two Oceans. A guide to the Marine Life of Southern Africa. National Book Printers. South Africa.
- Brusca, R.C. 1980. Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press. USA.
- Conand, C. and N. A. Sloan. 1989. World Fisheries for Echinoderms. Offprints from marine invertebrate fisheries: their assessment and management. John Wiley & Sons, Inc. Canada. 647-663.
- Deweese, C.M. 1998. Effects of individual quota systems on New Zealand and British Columbia Fisheries. *Ecological Applications*, 8 (1), 133-138.
- García, S.M. 1994. The precautionary principle: its implications in capture fisheries management. *Ocean & Coastal Management* (22) 99-125.
- Glynn, P.W., Wellington G., Birkeland, C. 1979. Coral reef growth in the Galápagos: Limitation by Sea Urchin. *Science* 203: 47-49.
- Glynn, P. W., G. M. Wellington y J. W. Wells. 1983. Coral and Coral Reefs of the Galapagos Islands. University of California Press. USA.
- Guarderas, P. 2000. Dinámica poblacional y ecología trófica del erizo blanco *Tripneustes depressus* (Echinodermata: Echinoidea) en Santa Cruz, Galápagos. Tesis de Licenciatura de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Harris, M. P. 1969. Breeding seasons of sea birds in the Galapagos Islands. *J. Zool., Lond.* (1969) 159, 145-165.
- Heck, K.L and J.F. Valentine. 1995. Sea urchin herbivory: evidence for long-lasting

- effects in subtropical seagrass meadows. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 189, 205-217.
- Hickman, C.P. 1997. *Common Intertidal and Shallow-water Echinoderms of Galapagos*. Lexington, Virginia, USA.
- Humann, P. 1993. *Reef Fish Identification. Galapagos*. Libri Mundi. Quito, Ecuador.
- Jackson, M. H. 1995. *Galapagos a Natural History*. University of Calgary Press. Canada.
- James, M. J., editor. 1991. *Galapagos Marine Invertebrates: Taxonomy, Biogeography, and Evolution in Darwin's Islands*. Plenum, New York.
- Kalvass, P.E. and J.M. Hendrix. 1997. The california red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, fishery: catch, effort, and management trends. (Kalvass y Hendrix, 1997), *arine Fisheries Review*, 59 (2), 1- 17.
- Lewis, J.B. 1958. The biology of the tropical sea urchin *Tripneustes esculentus* Leske in Barbados, British West Indies. *Canadian Journal of Zoology*, vol 36, 607–621.
- Martínez, C. 2000. *Ecología trófica de Panulirus gracilis, P. penicillatus y Scyllarides astori (Decapoda: Palinura) en sitios de pesca de langosta en las Islas Galápagos*. Tesis de Licenciatura de la Universidad del Azuay.
- Parque Nacional Galápagos. 1999. *Plan de manejo de conservación y uso sustentable para la reserva marina de Galápagos*. PNG.
- Quinn, J.F., S.R. Wing and L.W. Botsford. 1993. Harvest refugia in marine invertebrate fisheries: models and applications to the red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*. *Amer. Zool.*, 33: 537-550.
- Rogers-Bennett, L., Bennett, W., Fastenau, H., Dewers, C. 1995. Spatial variation in red sea urchin reproduction and morphology: implication for harvest refugia. *Ecological Applications* 5(4): 1171-1180.

- Rodríguez, S.R. y F.P. Ojeda. 1993. Distribution patterns of *Tetrapygus niger* (Echinodermata: Echinoidea) off the central Chilean coast. Marine ecology progress series. Vol 101, 157-162.
- Scheibling, R.E. and P.V. Mladenov. 1987. The decline of the sea urchin, *Tripneustes ventricosus*, fishery of Barbados: a survey of fishermen and consumers. Marine fisheries review 49 (3), 62-69.
- Shepherd, J.G. 1993. Why fisheries need to be managed and why technical conservation measures on their own are not enough. Minist. Agric. Fish Food Lab. Leaflet 71: 5-15.
- Steneck, R., D. McNaught and S. Zimser. 1995. Spatial and temporal patterns in sea urchin populations, herbivory and algal community structure in the Gulf of Maine: Evidence for impacts of harvesting. Walpole.
- Strathmann, M. 1992. Reproduction and Development of Marine Invertebrates of the Northern Pacific Coast. Data and Methods for the Study of Eggs, Embryos and Larvae. University of Washington Press. USA.
- Talaue-McManus, L. and K.P.N. Kesner. 1995. Valuation of a Phillipine Municipal sea urchin fishery and implications of the collapse. Fourth annual common property conference, 229-239.
- Wellington, G. M. 1984. Marine Environment and Protection. In: Key Environments Galapagos. R. Perry ed. Pergamon Press. Great Britain.
- GOPA. 1997. Programa de Manejo Ambiental Integral para las islas Galápagos, Ecuador. Estudio de Factibilidad. GOPA Consultores. Bad Homburg.
- Piú, M. 1998. Las Pesquerías Ilegales (1996-1997). En Informe Galápagos 1997/1998. Preparado por World Wild Found y Fundación Natura. Quito.