

Proyecto

Aplicación de un enfoque regional al manejo de las áreas marino-costeras protegidas en la  
Región Archipiélagos del Sur de Cuba

## RESULTADO

Informe del Monitoreo de Peces

**AUTORES:** Fabián Pina Amargós, Héctor Salvat Torres, Dorka Cobián Rojas, Leonardo Espinosa y Pedro Chevalier Monteagudo.



2014

## INTRODUCCIÓN

Las áreas protegidas marinas benefician dos grupos de actividades humanas teniendo en cuenta la relación de estas con los recursos marinos: los usos no extractivos (principalmente turismo, conservación e investigación científica) y los usos extractivos (principalmente pesca). El incremento dentro de las áreas protegidas marinas de la abundancia y la biomasa de las especies en general y de los peces en particular y la posibilidad de que la biomasa incrementada se “derrame” (del inglés *spillover*) más allá del área protegida marina son los principales resultados esperados de estas herramientas de gestión de los recursos naturales. Con el objetivo de determinar si los beneficios esperados se verifican en la práctica se han desarrollado numerosas investigaciones científicas en los últimos años con resultados a favor y en contra (Lester et al. 2009; Molloy, McLean and Coté, 2009, Pina-Amargos et al., 2014). Esto se debe, principalmente, a las dificultades logísticas y metodológicas que entrañan las investigaciones marinas y especialmente las vinculadas a los efectos de las áreas protegidas marinas.

Entre los problemas más comunes de los diseños experimentales aplicados a los efectos de estas áreas se pueden mencionar: no considerar las comparaciones lugares protegidos dentro de las áreas protegidas marinas vs lugares no protegidos (Halpern, 2003; Alcala *et al.*, 2005; Pina-Amargos et al., 2014); no replicar los muestreos en el tiempo (conclusiones a partir de estudios “instantáneos”) (Halpern, 2003; Alcala *et al.*, 2005; Newman *et al.*, 2006; Pina-Amargos et al., 2014) y no tener en cuenta otros factores que pueden incidir en las diferencias de abundancia y biomasa como es la calidad del hábitat (Friedlander *et al.*, 2003; Wilson, Graham and Polunin, 2007; Harborne, Mumby and Ferrari, 2012; Pina-Amargos et al., 2014) o el reclutamiento diferencial de peces (Swearer *et al.*, 2002; Warner y Cowen, 2002; Alcala *et al.*, 2005).

Los estudios empíricos realizados demuestran aumento de biomasa (como promedio 3 veces) y densidad (como promedio 2 veces) con la declaración de áreas protegidas marinas o cuando se comparan estas áreas con otras abiertas a la pesca, tanto para el total de especies como para familias, grupos funcionales o especies individuales (Lester et al. 2009; Molloy, McLean and Coté, 2009, Pina-Amargos et al., 2014). También se observan incrementos en la talla media (como promedio 20-30 %), la riqueza de especies y la capacidad reproductiva (Russ *et al.*, 2003; Willis, 2003; Palumbi, 2004; Pina-Amargos et al., 2014). En general, las especies que mejor responden

a la protección son aquellas codiciadas por los pescadores, tanto comerciales como deportivos (Mosquera *et al.*, 2000; Coté *et al.*, 2001; Micheli *et al.*, 2004; Pina-Amargos *et al.*, 2014).

En el ámbito cubano, los efectos de las áreas protegidas marinas en la ictiofauna han sido poco investigados. Sin embargo, algunas publicaciones y varios informes de diversos proyectos esgrimen de forma más o menos amplia la protección – explotación diferencial de los recursos pesqueros como una causa de las diferencias observadas (Aguilar *et al.*, 1997; González-Sansón *et al.*, 1997 a, b; Claro *et al.*, 1999; Claro *et al.*, 2000; Alcolado *et al.*, 2001 b; Espinosa *et al.*, 2001; Pina-Amargós *et al.*, 2002; Angulo-Valdés, 2005, 2007; Angulo-Valdés *et al.*, 2007; Pina-Amargos *et al.*, 2007, 2012a, 2012b, 2014).

En aras de contribuir a llenar este vacío del conocimiento, este informe tiene como objetivo evaluar el estado de las comunidades de peces comerciales de gran talla en varias áreas protegidas marinas ubicadas en los archipiélagos del sur de Cuba entre 2010 y 2013 como parte del Proyecto “Aplicación de un enfoque regional al manejo de las áreas marino-costeras protegidas en la Región Archipiélagos del Sur de Cuba”.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Entre 2010 y 2013 se realizaron monitoreos a varias áreas protegidas ubicadas al sur de Cuba: Reserva Ecológica Pretiles (en lo adelante Pretiles); Área Protegida de Recursos Manejados Península de Guanahacabibes (en lo adelante Guanahacabibes), Parque Nacional Cayos de San Felipe y (en lo adelante San Felipe), Parque Nacional Punta Francés (en lo adelante Punta Francés), Área Protegida de Recursos Manejados Ciénaga de Zapata (en lo adelante Cazonas), Elemento Natural Destacado Sistema Espeleolacustre de Zapata (en lo adelante Espeleolacustre), el área protegida propuesta Guajimico (en lo adelante Guajimico), Parque Nacional Jardines de la Reina (en lo adelante Jardines de la Reina), Elemento Natural Destacado Banco de Buena Esperanza (en lo adelante Banco), Parque Nacional Desembarco del Granma (en lo adelante Granma) y Refugio de Fauna Macio.

Para arrecifes de cresta, escarpe poco profundo y camellones se realizan los conteos de especies comerciales y de gran talla (Tabla 1) y se estima la talla de cada individuo en intervalos de 10 cm. En los arrecifes de cresta se realizaron 2 recorridos de 500 m x 10 m (5 000 m<sup>2</sup>),

mientras que en los escarpes poco profundos y camellones se realizaron 2 recorridos de 800 m x 10 m (8 000 m<sup>2</sup>) (Pina-Amargos et al, 2014).

Tabla 1. Especies de peces seleccionadas para censos visuales.

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Cibí amarillo	<i>Caranx bartholomaei</i>	Cherna criolla	<i>Epinephelus striatus</i>
Jiguagua	<i>C. hippos</i>	Guasa	<i>E. itajara</i>
Gallego	<i>C. latus</i>	Aguají	<i>M. bonaci</i>
Pintada	<i>Scomberomorus regalis</i>	Arigua	<i>M. venenosa</i>
Picúa	<i>Sphyrnaena barracuda</i>	Bonací gato	<i>M. tigris</i>
Sábalo	<i>Megalops atlanticus</i>	Loro guacamayo	<i>Scarus guacamaia</i>
Pargo criollo	<i>Lutjanus analis</i>	Loro medianoche	<i>S. coelestinus</i>
Cubera	<i>L. cyanopterus</i>	Pez perro	<i>Lachnolaimus maximus</i>
Jocú	<i>L. jocu</i>	Raya	<i>Dasyatis americana</i>

La escasa abundancia de especies seleccionadas en la mayoría de las áreas protegidas marinas impide un análisis por especies por lo que los datos que se muestran son los de todas las especies agrupadas. Los datos de densidad (individuos/1000 m<sup>2</sup>) y biomasa (kilogramos/1000 m<sup>2</sup>) de cada unidad de muestreo por sitios, hábitat, año, nivel de protección en los casos de Punta Francés y Jardines de la Reina con Zonas Bajo Régimen Especial de Uso y Protección vigentes con anterioridad fueron transformados para ajustarse a los presupuestos de las pruebas paramétricas. Los datos de densidad se transformaron a raíz cuadrada y los de biomasa a raíz cúbica. La mayoría de los análisis fueron ANOVA de una vía, pero para medir las diferencias en zonas protegidas y no protegidas de las áreas protegidas marinas Punta Francés y Jardines de la Reina y para evaluar la evolución de las áreas protegidas por años se realizaron ANOVA anidado. Para los análisis post-hoc se utilizó la prueba de comparaciones múltiples *post hoc* de Student Newman-Keuls. Todos los ANOVA y las pruebas Student-Newman-Keuls fueron realizados con STATISTICA 8.0 (Statsoft, 2007). Se verificaron los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad de los datos, siguiendo los criterios de Zar (1996) y Underwood (1997). Todos los análisis se hicieron a un nivel de significación de 0.05, con intervalos de confianza al 95 %. Con dichas herramientas se evalúa la evolución de cada área protegida marina a lo largo del proyecto, se comparan las áreas protegidas marinas entre ellas cada año y total, se comparan

entre niveles de protección en Punta Francés y Jardines de la Reina y entre estas y se comparan los valores de biomasa con los valores base de biomasa declarados al inicio del proyecto para medir la efectividad de las áreas protegidas marinas.

## RESULTADOS

Durante los cuatro años de monitoreo fueron muestreadas 11 áreas protegidas marinas, ocho de ellas con al menos tres muestreos lo que permitió contar con un tamaño de muestra aceptable para efectuar comparaciones y evaluar tendencias (Tablas 2 y 3). Las áreas protegidas marinas Banco, Granma y Macío solo fueron muestreadas en el 2012.

Las áreas protegidas marinas mostraron diferentes resultados a lo largo del proyecto (Tablas 2 y 3, Figura 2). En Pretiles los valores de densidad oscilaron con el valor superior en el 2013, mientras la biomasa disminuyó ostensiblemente a lo largo del proyecto, aunque fue superior al valor de base. Sin embargo, estas variaciones no fueron estadísticamente significativas ni para la densidad ( $F_{(2,9)}=1.22$ ,  $p=0.33$ ) ni para la biomasa ( $F_{(2,9)}=3.33$ ,  $p=0.07$ ). En Guanahacabibes los valores de densidad fueron similares al inicio y al final del proyecto, con valores inferiores en los años intermedios lo que arrojó diferencias significativas ( $F_{(6,86)}=2.93$ ,  $p<0.001$ ); mientras que la biomasa ascendió a lo largo del proyecto pero no significativamente ( $F_{(3,44)}=1.21$ ,  $p=0.32$ ) y fue superior al valor de base. En San Felipe los valores de densidad ( $F_{(2,27)}=0.006$ ,  $p=0.99$ ) y biomasa ( $F_{(2,27)}=0.239$ ,  $p=0.78$ ) se mantuvieron similares a lo largo del proyecto y la biomasa estuvo por debajo del valor de base. En Punta Francés los valores de densidad y biomasa ascendieron hacia el final del proyecto tanto en crestas de arrecife como en escarpes-camellones, mientras que la biomasa estuvo por debajo del valor base en los escarpes-camellones pero por encima de dicho valor en las crestas de arrecife. Estas diferencias no fueron significativas (escarpes-camellones, densidad  $F_{(2,18)}=0.933$ ,  $p=0.41$ , biomasa  $F_{(2,18)}=2.65$ ,  $p=0.10$ ; crestas de arrecife, densidad  $F_{(2,9)}=0.168$ ,  $p=0.85$ , biomasa  $F_{(2,9)}=0.342$ ,  $p=0.72$ ). En Espeleolacustre los valores de densidad fueron similares al inicio y final del proyecto ( $F_{(2,21)}=1.77$ ,  $p=0.19$ ), mientras la biomasa fue mayor al final que al inicio (diferencia no significativa  $F_{(2,21)}=3.10$ ,  $p=0.06$ ) pero inferior al valor de base. En Cazonos los valores de densidad y biomasa se mantuvieron similares a lo largo del proyecto tanto en crestas de arrecife (densidad  $F_{(2,9)}=0.408$ ,  $p=0.67$ , biomasa  $F_{(2,9)}=0.347$ ,  $p=0.71$ ) como en escarpes-camellones (densidad  $F_{(2,21)}=0.271$ ,  $p=0.76$ , biomasa  $F_{(2,21)}=0.073$ ,  $p=0.93$ ), mientras que la biomasa estuvo por debajo del valor base en ambos hábitats. En Guajimico los valores de densidad y biomasa se mantuvieron similares a lo largo del proyecto (densidad

$F_{(2,27)}=0.266$ ,  $p=0.77$ , biomasa  $F_{(2,27)}=0.122$ ,  $p=0.88$ ). En Jardines de la Reina los valores de densidad y biomasa ascendieron no significativamente hacia el final del proyecto tanto en crestas de arrecife (densidad  $F_{(3,24)}=0.033$ ,  $p=0.99$ , biomasa  $F_{(3,24)}=0.742$ ,  $p=0.53$ ) como en escarpes-camellones (densidad  $F_{(6,78)}=2.20$ ,  $p=0.05$ , biomasa  $F_{(4,40)}=2.31$ ,  $p=0.09$ ). La biomasa fue superior al valor base en ambos hábitats.

Tabla 2. Resultados de densidad (D, individuos/1000 m<sup>2</sup>) y biomasa (B, kg/1000 m<sup>2</sup>) en escarpes-camellones de cada área protegida marina por años. Los valores son medias  $\pm$  error estándar. El dato entre paréntesis que acompaña a B es el valor de biomasa en kg/1000 m<sup>2</sup> que sirve de base para medir la efectividad de las áreas protegidas marinas.

Area protegida marina	Variable	2010	2011	2012	2013	Media total
Pretilas	D	11.98 $\pm$ 2.93	-	9.72 $\pm$ 1.45	14.12 $\pm$ 2.91	11.94 $\pm$ 1.59
	B (9.0)	22.40 $\pm$ 2.65	-	17.80 $\pm$ 1.56	13.28 $\pm$ 1.67	17.83 $\pm$ 2.01
Guanahacabibes	D	16.91 $\pm$ 1.41	11.84 $\pm$ 2.34	12.69 $\pm$ 1.32	16.32 $\pm$ 0.92	14.44 $\pm$ 1.25
	B (8.0)	20.37 $\pm$ 2.34	22.80 $\pm$ 2.56	23.32 $\pm$ 1.87	23.47 $\pm$ 3.23	22.49 $\pm$ 1.56
San Felipe	D	-	12.44 $\pm$ 1.00	11.91 $\pm$ .89	12.05 $\pm$ 1.02	12.13 $\pm$ 0.93
	B (47.0)	-	24.84 $\pm$ 4.21	26.41 $\pm$ 1.53	25.41 $\pm$ 2.23	25.55 $\pm$ 3.73
Punta Frances	D	-	10.19 $\pm$ 0.88	12.95 $\pm$ 2.11	12.47 $\pm$ 1.12	11.87 $\pm$ 1.45
	B (18.0)	-	13.17 $\pm$ 0.90	17.72 $\pm$ 1.72	16.55 $\pm$ 1.89	15.81 $\pm$ 1.45
Espeleolacustre	D	-	14.55 $\pm$ 1.11	11.46 $\pm$ 2.22	14.02 $\pm$ 2.21	13.34 $\pm$ 1.34
	B (23.0)	-	15.95 $\pm$ 1.51	14.00 $\pm$ 0.34	18.97 $\pm$ 1.62	16.31 $\pm$ 1.92
Cazones	D	16.79 $\pm$ 1.45	-	16.84 $\pm$ 1.99	17.42 $\pm$ 1.23	17.02 $\pm$ 0.76
	B (23.0)	15.94 $\pm$ 1.58	-	15.56 $\pm$ 1.42	14.34 $\pm$ 1.92	15.28 $\pm$ 1.42
Guajimico	D	-	5.24 $\pm$ 0.34	5.76 $\pm$ 0.54	4.90 $\pm$ 0.45	5.30 $\pm$ 0.51
	B	-	10.24 $\pm$ 0.64	10.02 $\pm$ 1.11	10.20 $\pm$ 0.88	10.18 $\pm$ 0.91
Jardines de la Reina	D	28.57 $\pm$ 4.01	30.80 $\pm$ 2.14	28.91 $\pm$ 2.56	25.57 $\pm$ 1.86	28.46 $\pm$ 3.12
	B (32.0)	41.58 $\pm$ 5.12	47.11 $\pm$ 6.43	46.12 $\pm$ 4.23	47.82 $\pm$ 7.54	45.66 $\pm$ 4.37
Banco	D	-	-	4.93 $\pm$ 0.34	-	-
	B	-	-	9.36 $\pm$ 1.16	-	-
Granma	D	-	-	5.73 $\pm$ 0.74	-	-
	B	-	-	10.06 $\pm$ 1.32	-	-
Macio	D	-	-	5.03 $\pm$ 0.48	-	-
	B	-	-	14.53 $\pm$ 1.72	-	-

Tabla 3. Resultados de densidad (D, individuos/1000 m<sup>2</sup>) y biomasa (B, kg/1000 m<sup>2</sup>) en crestas de arrecife de cada área protegida marina por años. Los valores son medias ± error estandard. El dato entre paréntesis que acompaña a B es el valor de biomasa en kg/1000 m<sup>2</sup> que sirve de base para medir la efectividad de las áreas protegidas marinas.

Área protegida marina	Variable	2010	2011	2012	2013	Media total
Punta Francés	D	-	15.08±1.34	14.20±1.57	15.80±2.03	15.03±1.32
	B (18.0)	-	26.78±3.21	23.92±2.54	26.88±2.92	25.86±2.76
Cazones	D	9.62±1.14	-	9.82±0.98	11.12±0.82	10.19±0.91
	B (23.0)	15.85±1.38	-	16.18±1.54	14.42±1.43	15.48±1.74
Jardines de la Reina	D	61.53±10.21	63.28±4.56	63.28±6.71	62.78±7.34	62.72±8.21
	B (32.0)	35.40±4.21	37.06±3.67	37.34±2.98	34.82±4.12	36.16±3.79
Banco	D	-	-	9.83±1.02	-	-
	B	-	-	15.82±1.87	-	-

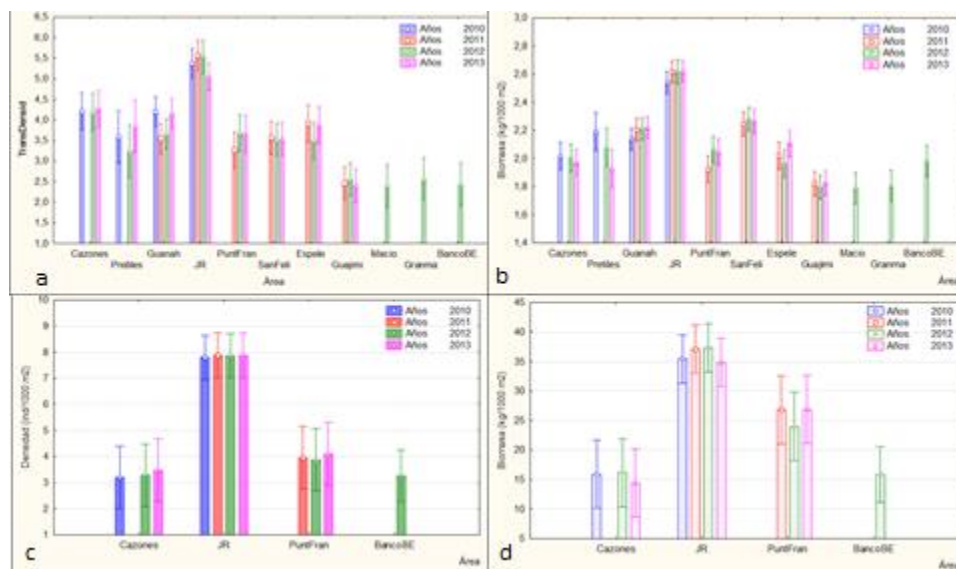


Figura 2. Resultados de los ANOVA anidados para evaluar la evolución de las áreas protegidas marinas a lo largo del proyecto. a: densidad en escarpes-camellones. b: biomasa en escarpes-camellones. c: densidad en arrecifes de cresta. d: biomasa en arrecifes de cresta. Guanah: Guanahacabibes, JR: Jardines de la Reina, PuntFran: Punta Francés, SanFeli: San Felipe, Espele: Espeleolacustre, Guajimi: Guajimico, BancoBE: Banco.

En cuanto a la comparación entre áreas protegidas se obtuvieron diferencias significativas (Tablas 2 y 3, Figura 3). Jardines de la Reina mostro la mayor densidad de peces de gran talla e

importancia comercial en los escarpes-camellones, seguida por un grupo integrado por Cazones, Guanahacabibes, Espeleolacustre, San Felipe, Pretiles y Punta Francés y por ultimo un grupo integrado por Banco, Macio, Granma y Guajimico ( $F_{(10,247)}=50.69$ ,  $p<0.001$ ). En los escarpes-camellones la biomasa nuevamente fue encabezada por Jardines de la Reina, seguida por un grupo integrado por San Felipe y Guanahacabibes, seguido de un grupo integrado por Pretiles, Espeleolacustre, Punta Francés y Cazones y por ultimo un grupo integrado por Guajimico, Granma y Macio ( $F_{(10,247)}=86.26$ ,  $p<0.001$ ). En los arrecifes de cresta, la densidad fue dominada por Jardines de la Reina, seguida por un grupo integrado por Cazones, Punta Francés y Banco ( $F_{(3,58)}=75.75$ ,  $p<0.001$ ) y la biomasa fue dominada por Jardines de la Reina, seguida por Punta Francés y por el grupo de Banco y Cazones ( $F_{(3,58)}=54.69$ ,  $p<0.001$ ).

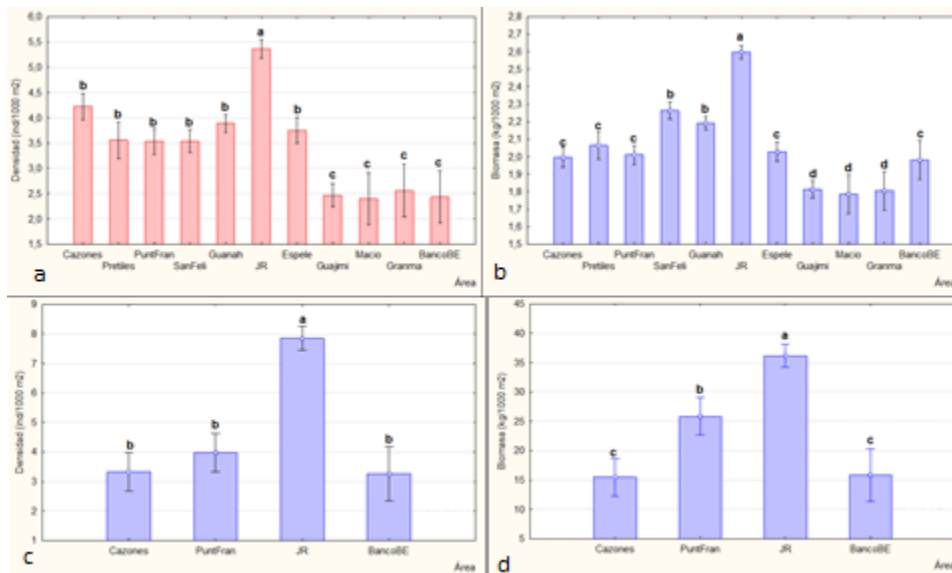


Figura 3. Resultados de los ANOVA de una vía para comparar las áreas protegidas marinas a lo largo del proyecto. a: densidad en escarpes-camellones. b: biomasa en escarpes-camellones. c: densidad en arrecifes de cresta. d: biomasa en arrecifes de cresta. Guanah: Guanahacabibes, JR: Jardines de la Reina, PuntFran: Punta Francés, SanFeli: San Felipe, Espele: Espeleolacustre, Guajimi: Guajimico, BancoBE: Banco.

Por su parte, la comparación de sitios protegidos dentro de las Zonas Bajo Régimen Especial de Uso y Protección con los sitios no protegidos fuera de estas mostro resultados estables (Tabla 4, Figura 4). Los sitios de crestas de arrecife protegidos de Jardines de la Reina mostraron el doble de la densidad ( $F_{(4,24)}=13.07$ ,  $p<0.001$ ) y 1.3 veces la biomasa ( $F_{(4,24)}=35.91$ ,  $p<0.001$ ) que los sitios no protegidos. Los sitios de escarpes - camellones protegidos de Jardines de la Reina



mostraron 1.8 veces la densidad ( $F_{(8,78)}=22.16$ ,  $p<0.001$ ) y 1.6 veces la biomasa ( $F_{(4,40)}=34.74$ ,  $p<0.001$ ) que los sitios no protegidos. Los sitios de escarpes - camellones protegidos de Punta Francés mostraron 1.2 veces la densidad y 1.2 veces la biomasa que los sitios no protegidos. Sin embargo, ninguno fue significativo (densidad  $F_{(3,18)}=0.399$ ,  $p=0.76$ ; biomasa  $F_{(3,18)}=1.73$ ,  $p=0.20$ ). La comparación entre Jardines de la Reina y Punta Francés arroja que la densidad en los escarpes – camellones es más del triple superior en los sitios protegidos de Jardines de la Reina y el doble superior en los sitios no protegidos de Jardines de la Reina cuando se compara con similares niveles de protección en Punta Francés. Por su parte, la biomasa en los escarpes – camellones es casi cuatro veces superior en los sitios protegidos de Jardines de la Reina y casi el triple superior en los sitios no protegidos de Jardines de la Reina cuando se compara con similares niveles de protección en Punta Francés.

Tabla 4. Resultados de densidad (D, individuos/1000 m<sup>2</sup>) y biomasa (B, kg/1000 m<sup>2</sup>) por habitats de los niveles de protección (P, protegida; NP no protegida) de Jardines de la Reina (JR) y Punta Francés (PF) por años. Los valores son medias ± error standard. El dato entre paréntesis que acompaña a B es el valor de biomasa en kg/1000 m<sup>2</sup> que sirve de base para medir la efectividad de las áreas protegidas marinas.

Hábitat	Nivel de protección – Área protegida	Variable	2010	2011	2012	2013	Media total
Escarpes-camellones	P JR	D	41.02±3.56	43.58±5.31	40.40±3.87	38.30±4.23	40.83±3.82
		B (32.0)	56.95±8.32	65.12±7.34	58.95±7.23	63.05±5.33	61.02±6.34
	NP JR	D	22.34±2.15	24.41±3.56	23.28±4.23	19.20±2.45	22.31±2.27
		B (32.0)	33.90±4.51	38.10±4.34	39.71±3.21	40.20±5.32	37.98±4.01
	P PF	D	-	11.50±0.91	14.35±2.13	12.75±1.02	12.87±1.18
		B (18.0)	-	16.02±1.56	18.68±2.14	16.35±1.75	17.02±1.23
	NP PF	D	-	8.88±2.23	11.55±1.65	12.20±0.63	10.88±1.24
		B (18.0)	-	10.32±1.24	16.78±2.34	16.75±0.89	14.62±1.34
Arrecifes de cresta	P JR	D	81.22±12.45	83.75±10.28	87.35±6.87	83.22±8.23	83.89±9.34
		B (32.0)	38.85±5.23	42.65±4.23	43.48±3.78	39.95±3.56	41.23±4.67
	NP JR	D	41.85±6.34	42.82±5.34	39.22±2.67	42.35±4.35	41.56±4.78
		B (32.0)	31.95±5.23	31.47±3.17	31.20±4.41	29.70±1.67	31.08±3.56

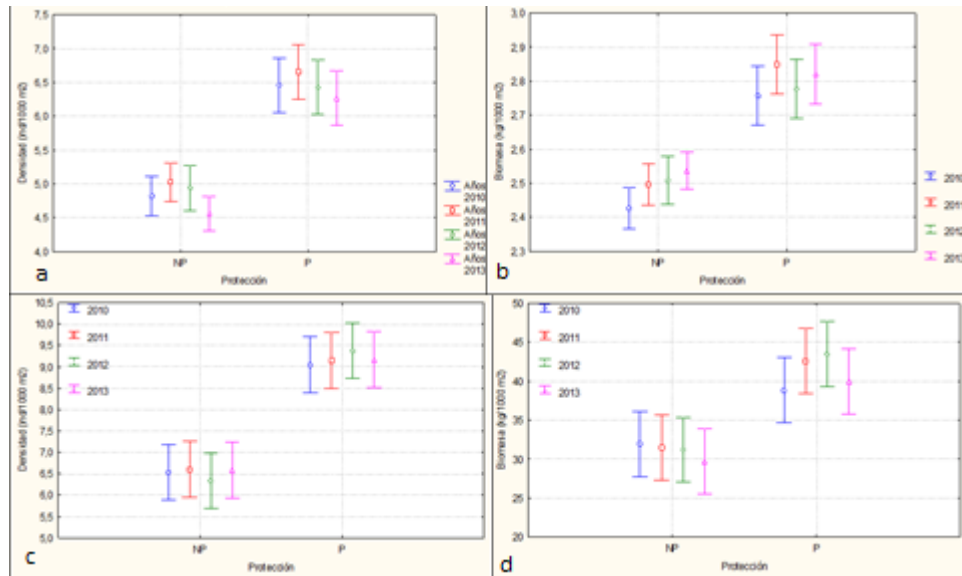


Figura 4. Resultados de los ANOVA anidados para evaluar el efecto de la protección en Jardines de la Reina. a: densidad en esarpes-camellones. b: biomasa en esarpes-camellones. c: densidad en arrecifes de cresta. d: biomasa en arrecifes de cresta. NP: sitios no protegidos. P: sitios protegidos.

## DISCUSIÓN

Ninguna de las áreas protegidas marinas estudiadas mostro diferencias significativas en cuanto a densidad y biomasa de peces de importancia comercial y gran talla para los dos hábitats de arrecifes coralinos entre el inicio y el final del proyecto. Esto puede deberse a que el periodo del proyecto (4 años de muestreos) es muy corto para que ocurra una respuesta a la protección de las especies de peces de gran talla. Estas especies responden más lentamente al efecto de la protección (Gell y Roberts, 2003; Russ *et al.*, 2003; Palumbi, 2004; Pina-Amargos *et al.*, 2014). La mayoría de las especies objeto de estudio en este proyecto maduran por encima de los 5 años por lo que habría que acumular al menos dos años más de observaciones para poder evaluar la efectividad de las áreas protegidas aprobadas. Existen numerosos ejemplos del incremento de los beneficios de las áreas protegidas marinas con el de cursar del tiempo (Willis, 2003; Alcalá *et al.*, 2005; Claudet *et al.*, 2010).

No obstante, hay innumerables evidencias del efecto positivo de las áreas protegidas marinas declaradas por este proyecto en la protección de los peces comerciales de gran talla.

Primero, de las siete áreas con las que se contó con información por al menos tres años y con datos base de biomasa, cuatro mostraron biomazas superiores durante la realización de este proyecto a las biomazas tomadas como base. Esto significa que en los últimos 5 – 10 años las áreas protegidas marinas Pretilas, Guanahacabibes, Punta Francés y Jardines de la Reina han experimentado incrementos en sus biomazas de peces en respuesta a las medidas de manejo pesquero y de áreas protegidas marinas que se han venido adoptando en dichos lugares.

Segundo, estas mismas áreas, más Cazonas, Espeleolacustre y San Felipe, fueron las de mayor densidad y biomasa cuando se compararon entre sí, encabezadas por Jardines de la Reina. Las áreas más rezagadas, Banco, Macio, Granma y Guajimico experimentan pesquerías comerciales y de subsistencia más intensas que las que reportan mayores densidades y biomazas (observaciones de los autores). La relación negativa entre la captura y la abundancia y biomasa de peces ha sido verificado por otros autores en Cuba (Pina-Amargos et al., 2014) Filipinas (Alcala *et al.*, 2005 y los trabajos anteriores en Apo y Sumilon), Seichelles (Jennings *et al.*, 1996 b) y las predicciones de análisis teóricos (Halpern, 2003).

Tercero, aun cuando Jardines de la Reina como un todo muestra los mayores valores de densidad y biomasa, estos valores son aún mayores en los sitios protegidos de una de las áreas protegidas marinas más antiguas, grandes y mejor patrulladas de Cuba, cuando se comparan con los sitios no protegidos. En el caso de Punta Francés que no existen diferencias significativas entre sitios protegidos y no protegidos esto pudiera deberse a que no se realiza el patrullaje necesario para impedir las actividades pesqueras dentro del área protegida marina. Áreas protegidas marinas grandes y especialmente antiguas podrían ser más beneficiosas para la recuperación de poblaciones de peces de arrecifes coralinos de gran talla y mayor movilidad que áreas protegidas marinas pequeñas (Halpern, 2003; Claudet et al., 2008; Gaines et al., 2010; Pina-Amargos et al., 2014). Sin embargo, el patrullaje y manejo efectivo de áreas protegidas marinas grandes es difícil de alcanzar, especialmente en países en desarrollo con recursos limitados para la conservación (Mora et al., 2006; Guidetti et al., 2008; Pina-Amargos et al., 2014). No obstante, el manejo efectivo es esencial para el éxito de las áreas protegidas marinas (Pomeroy et al., 2005; Mora et al., 2006; Pina-Amargos et al., 2014). Al final, la respuesta positiva de los peces a la protección indica que se cumplen con las regulaciones pesqueras y de protección (Smith, Zhang and Coleman, 2006; Guidetti et al., 2008; Pina-Amargos et al., 2014). El resto de las áreas protegidas marinas estudiadas en el sur de Cuba carecen de sitios colindantes similares no protegidos que permitan evaluar el efecto de la protección. Esta es una

de las principales debilidades en el diseño y monitoreo de las áreas protegidas marinas del mundo (Halpern, 2003; Alcalá *et al.*, 2005; Pina-Amargos *et al.*, 2014).

Otro factor que pudiera provocar los incrementos de densidad y biomasa observadas son las mejores condiciones de los hábitats (Nilsson, 1998; Wilson, Graham and Polunin, 2007; Harborne, Mumby and Ferrari, 2012). La cobertura de corales vivos, el tamaño máximo de las colonias, la densidad de reclutas, la complejidad estructural es similar y muy variable a lo largo de la zona de estudio (ver resultados del informe de corales pétreos; Guardia *et al.*, 2004a, 2004b, Pina-Amargos *et al.*, 2008; Pina-Amargos *et al.*, 2014) por lo que no constituyen un factor regulador importante de la abundancia o biomasa de los peces.

Otro factor que pudiera estar provocando la diferencia de abundancia y biomasa es el reclutamiento diferencial de peces. Ni este ni ningún otro estudio ha tratado de dilucidar el movimiento real de larvas de peces en la plataforma cubana. Solo se conocen dos estudios publicados sobre el transporte de larvas de peces en Cuba basados en modelaciones a partir de larvas virtuales producidas en sitios de agregación reproductiva: uno sobre roncós y pargos en la región suroccidental (Lindeman *et al.*, 2001) y otro sobre pargos en todas las costas cubanas (Paris, *et al.*, 2005). En general, ambos trabajos refuerzan las evidencias de que la retención de larvas es un fenómeno más frecuente de lo que anteriormente se pensaba (Swearer *et al.*, 2002; Warner y Cowen, 2002; Alcalá *et al.*, 2005), lo cual es particularmente fuerte para la zona sur de Cuba, donde se ubican las áreas protegidas marinas objeto de este proyecto. Desafortunadamente, no es posible hacer inferencias a partir de estos trabajos de lo que sucede a escalas de áreas protegidas marinas individuales, sin introducir un componente especulativo importante. Sin embargo, nada apunta en contra de que las especies analizadas aquí, con períodos larvales en el orden del mes de duración (Lindeman *et al.*, 2000), sean capaces de distribuirse de forma relativamente homogénea a lo largo del sur de Cuba (Pina-Amargos *et al.*, 2014).

## **CONCLUSION**

Existen evidencias del efecto positivo de las áreas protegidas marinas del sur de Cuba en el incremento de densidad y biomasa de peces comerciales y de gran talla, aunque no se hayan verificado durante el proyecto.

## **RECOMENDACIONES**

-Mantener el monitoreo de las áreas protegidas marinas del sur de Cuba, estableciendo sitios de muestreo en lugares no protegidos con hábitats similares a los sitios de muestreo en lugares protegidos, para medir el efecto de dichas áreas en la densidad y biomasa de peces comerciales de gran talla.

-Sistematizar el patrullaje de las áreas protegidas marinas del sur de Cuba para hacer cumplir lo establecido en materia de protección y uso sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, C., G. González-Sansón, J. Angulo, C. González. 1997. Variación espacial y estacional de la ictiofauna en un arrecife de coral costero de la región noroccidental de Cuba. I: Abundancia total. *Revista de Investigaciones Marinas*. 18(3):223-232.

Alcala, A.C., G.R. Russ, A.P. Maypa y H.P. Calumpong. 2005. A long –term, spatially replicated experimental test of the effect of marine reserves on local fish yields. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62:98-108.

Alcolado, P.M., E. Guardia, F. Pina-Amargós, K. Cantelar, S. González-Ferrer, H. Caballero, R.N. Ginsburg, J.C. Lang, P.A. Kramer, K.W. Marks, E.A. Rodríguez. 2001 b. Estado de salud de los arrecifes coralinos del Archipiélago Jardines de la Reina (SE de Cuba). Informe de Proyecto Nacional “Evaluación de un área ecológicamente relevante con vistas a su categorización dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas”. 10 p., 7 Tablas, 25 Figuras, 9 Anexos.

Angulo- Valdés, J.A. 2005. Effectiveness of a Cuban Marine Protected Area in Meeting Multiple Management Objectives. PhD Thesis. Dalhousie University. 268 pp.

Angulo-Valdés, J.A. 2007. Ecotourism and Marine Protected Areas: A Possible Synergy to Achieve the Sustainable Tourism Paradigm in the Insular Caribbean. *Ocean Yearbook* 21: 339-363.

Angulo-Valdés, J., R. Borrego y G. González-Sansón. 2007. Effects of Tourism Activities on Coral Reef Communities in the Punta Francés National Marine Park, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 28(2).

Claro, R., K. Cantelar, F. Pina-Amargós y J. P. García-Arteaga. 2000. “Biodiversidad y manejo de la ictiofauna del Archipiélago Sabana-Camagüey”. Informe Final de Proyecto. 80 pp.

Claro R., J.P. García-Arteaga, F. Pina-Amargós y E. Socarrás. 1999. Caracterización de la fauna de vertebrados marinos presentes en la plataforma marina de los cayos de la porción centro-occidental del subarchipiélago Jardines de la Reina. En: *Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en el subarchipiélago Jardines de la Reina*. E. Socarrás (Editor). Informe

Proyecto Nacional "Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en el subarchipiélago Jardines de la Reina". P. 134-148.

Claudet, J., CW Osenberg, L. Benedetti-Cecchi, P. Domenici, JA Garcia-Charton, A. Perez-Rusafa, F Badalamenti, J. Bayle-Sempere, A. Brito, F. Bulleri, JM Culioli, M. Dimech, JM Falcon, I. Guala, M. Milazzo, J. Sanchez-Meca, PJ Somerfield, B. Stobart, F Vandeperre, C. Valle, S. Planes. 2008. Marine reserves: size and age do matter. *Ecology Letters* 11(5):481-489.

Claudet, J., CW Osenberg, , F Badalamenti, M. Milazzo, JM Falcon, I. Bertocci, L. Benedetti-Cecchi, JA Garcia-Charton, R. Goni, JA. Borg, A. Forcada, GA. de Lucia, A. Perez-Rusafa, P. Afonso, A. Brito, I. Guala, LL. Direach, P. Sanchez-Jerez, PJ Somerfield, S. Planes. 2010. Marine reserves: fish life history and ecological traits matter. *Ecological Applications* 20(3):830-839.

Coté, I.M., I. Mosqueira y J.D. Reynolds. 2001. Effects of marine reserve characteristics on the protection of fish populations: a meta – analysis. *J. Fish Biol.*, 59: 178 – 189.

Espinosa, J., K. Cantelar, S. González-Ferrer, P.M. Alcolado y F. Pina-Amargós. 2001. Evaluación del estado de salud de los arrecifes coralinos del archipiélago Sabana – Camagüey. Informe de Proyecto CUB/98/G32. 12 p. 8 tablas.

Friedlander, AM., E.K. Brown, P.L. Jokiel, W.R. Smith y K.S. Rodgers. 2003. Effects of habitat, wave exposure, and marine protected area status on coral reef fish assemblages in the Hawaiian archipelago. *Coral Reefs* 22:291-305.

Gaines, SD, C. White, MH. Carr, SR. Palumbi. 2010. Designing marine reserves networks for both conservation and fisheries management. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(43):18286-18293.

Gell, F.R. y C.M. Roberts. 2003. Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *Trends in Ecology and Evolution*. 18(9):448-455.

González-Sansón, G., C. Aguilar, J. Angulo, C. González. 1997 b. Variación espacial y estacional de la ictiofauna en un arrecife de coral costero de la región noroccidental de Cuba. III: Análisis multidimensional. *Revista de Investigaciones Marinas*. 18(3):241-248.

Guardia, E., P. González – Díaz y S. Castellanos. 2004 a. Estructura de la comunidad de grupos bentónicos sésiles en la zona de buceo de Punta Francés, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 25 (2): 81 – 90.

Guardia, E., A. Valdivia, P. González – Díaz. 2004 b. Estructura de comunidades bentónicas en la zona de buceo de María de Gorda, ensenada de corrientes, sureste de la Península de guanahacabibes, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 25 (2): 103 – 111.

Guidetti, P., M. Milazzo, S. Bussotti, A. Molinari, M. Murenu, A. Pais, N. Spano, R. Balzano, T. Agardy, F. Boero, G. Carrada, R. Cattaneo-Vietti, A. Cau, R. Chemello, S. Greco, A. Manganaro, G. Notarbartolo di Sciara, GF. Russo, L Tunesi. 2008. Italian marine reserve effectiveness: does enforcement matter? *Biological Conservation* 141(3)699-709.

Harborne, AR., PJ. Mumby, R. Ferrari. 2012. The effectiveness of different meso-scale rugosity metrics for predicting intra-habitat variation in coral reef assemblages. *Environmental Biology of Fishes* 94(2)431-442.

Jennings, S., S.S. Marshal y N.V.C. Polunin. 1996 b. Seychelles' marine protected areas: comparative structure and status of reef fish communities. *Biological Conservation*. 75: 201 – 209.

Lester, S., B. Halpern, K. Groud-Colvert, J. Lubchenko, B. Ruttenberg, S. Gaines, S. Airame, R. Warner. 2009. Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis. *Marine Ecology Progress Series* 384:33-46.

Lindeman, K.C., T.N. Lee, W.D. Wilson, R. Claro y J.S. Ault. 2001. Transport of larvae originating in southwest Cuba and the Dry Tortugas: evidence for partial retention in grunts and snappers. *Proc. Gulf Caribb. Fish Inst.* 52:732-747.



Lindeman, K.C., R. Pugliese, G.T. Waugh y J.S. Ault. 2000. Developmental patterns within a multispecies reef fishery: management applications for essential fish habitats and protected areas. *Bulletin of Marine Science*. 66(3): 929-956.

Micheli, F., B.S. Halpern, L. Bostford y R.R. Warner. 2004. Community changes in marine reserves. *Ecol. Appl.* 14: 597-606.

Molloy, P.P., I.B. McLean, I.M. Cote. 2009. Effects of marine reserve age on fish population: a global meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 46(4):743-751.

Mosquera, I., I.M. Coté, S. Jennings y J.D. Reynolds. 2000. Conservation benefits of marine reserves for fish populations. *Anim. Conserv.*, 3: 321 – 332.

Newman, M.J.H., G.A. Paredes, E. Sala y J.B.C. Jackson. 2006. Structure of Caribbean coral reef communities across a large gradient of fish biomass. *Ecology Letters*, 9:1216-1227.

Nilsson, P. 1998. Criteria for the selection of marine protected areas. Report 4834. Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, Sweden.

Palumbi, S.R. 2004. Marine Reserves and Ocean Neighborhoods: The Spatial Scale of Marine Populations and Their Management. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 29:31-68.

Paris, C.B., R.K. Cowen, R. Claro y K.C. Lindeman. 2005. Larval transport pathways from Cuban snapper (*Lutjanidae*) spawning aggregations based on biophysical modeling. *Mar Ecol Prog Ser.* 296:93-106.

Pina-Amargós, F., P.M. Alcolado, L. Hernández-Fernández, G. González-Sansón, R. González de Zayas, L. Clero Alonso, K. Cantelar y S. González-Ferrer. 2002. Estado de salud de los arrecifes coralinos de Jardines de la Reina. Informe de Proyecto Territorial "Caracterización y manejo de los ecosistemas marinos del archipiélago Jardines de la Reina". 25 p.

Pina Amargós, F., R. Claro, J.P. García-Arteaga, N. López-Fernández y G. González-Sansón. 2007. Ictiofauna del archipiélago Jardines de la Reina, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas.* 28(3):217-224.

Pina Amargós, F., L. Hernández Fernández, L. Clero Alonso y G. González Sansón. 2008. Características de hábitats coralinos en Jardines de la Reina, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*. 29 (3): 225-237.

Pina Amargós, F., Salvat Torres, H., Angulo Valdés, J.A., Cabrera Páez, Y., García-Machado, E. 2012a. Ictiofauna del golfo de Ana María, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 32(2), 45-53.

Pina Amargós, F., Salvat Torres, H., López-Fernández, N. 2012b. Ictiofauna del archipiélago Jardines de la Reina, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 32(2), 54-65.

Pina-Amargos, F., G. Gonzalez Sanson, F. Martin Blanco and Abel Valdivia. 2014. Evidence for protection of targeted reef fish on the largest marine reserve in the Caribbean. *PeerJ* 2:e274; DOI 10.7717/peerj.274.

Pomeroy, RS., LM. Watson, JE. Parks, GA. Cid. 2005. How is your MPA doing? A methodology for evaluating the management effectiveness of marine protected areas. *Ocean and Coastal Management* 48(7-8):485-502.

Russ, G.R., A.C. Alcala y A.P. Maypa. 2003. Spillover from marine reserves: the case of *Naso vlaminii* at Apo Island, the Philippines. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 264:15-20.

Russ, G.R., A.C Alcala, A.P. Maypa, H.P. Calumpong y A.T. White. 2004. Marine reserve benefits local fisheries. *Ecol. Appl.* 14: 597-606.

Sale, P.F., R.K. Cowen, B.S. Danilowicz, G.P. Jones, J.P. Kritzer, K.C. Lindeman, S. Planes, N.V.C. Polunin, G.R. Russ, Y.S. Sadovy y R.S. Steneck. 2005. Critical science gaps impede use of no-take fishery reserves. *Trends in Ecology and Evolution*. 20(2):74-80.

Smith, MD., J. Zhang, FC. Coleman. 2006. Effectiveness of marine reserves for large-scale fisheries management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63(1):153-164.

StatSoft, Inc. 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

Swearer, S.E., J.S. Shima, M.E. Hellberg, S.R. Thoorrold, G.P. Jones, D.R. Robertson, S.G. Morgan, K.A. Selkoe, G.M. Ruiz y R.R. Warner. 2002. Evidence of self – recruitment in demersal marine populations. Bull. Mar. Sci. 70: 251 – 271.

Underwood, A. J. 1997. Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge, 504 p.

Warner, R.R. y R.K. Cowen. 2002. Local retention of production in marine populations: evidence, mechanisms, and consequences. Bull. Mar. Sci. 70: 245 – 249.

Willis, T.J. 2003. Protection of exploited fishes in temperate regions: high density and biomass of snapper *Pagrus auratus* (Sparidae) in northern New Zealand marine reserve. J. Appl. Ecol. 40: 214-227.

Wilson, S., N. Graham, N. Polunin. 2007. Appraisal of visual assessments of habitat complexity and benthic composition on coral reefs. Marine Biology 151(3):1069-1076.

Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey, 3ra. Ed., 662p.