

Puga R., Piñeiro, R., Cobas, S., de León, M.E., Capetillo, N. & Alzugaray, R. (2010). La pesquería de la langosta espinosa, conectividad y cambio climático en Cuba. En: Hernández-Zanuy A. y Alcolado P.M. (Eds). *La Biodiversidad en ecosistemas marinos y costeros del litoral de iberoamérica y el cambio climático: I. Memorias del Primer Taller de la Red CYTED BIODIVMAR, La Habana, Julio 2010*, (CD-ROM). Instituto de Oceanología, La Habana. ISBN: 978-959-298-018-1, 112-131.

## LA PESQUERÍA DE LA LANGOSTA ESPINOSA, CONECTIVIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO EN CUBA

Rafael Puga Millán, Roberto Piñero Soto, Lisset Susana Cobas Gómez, María Estela de León González, Norberto Capetillo Piñar y Romina Alzugaray Martínez

Centro de Investigaciones Pesqueras, La Habana, Cuba

[rpuga@cip.telemar.cu](mailto:rpuga@cip.telemar.cu)

### RESUMEN

La langosta común (*Panulirus argus*) es uno de los principales recursos pesqueros del Caribe y el más importante de Cuba. Su largo período de duración larval en el océano y las corrientes, contribuyen con la conectividad de sus poblaciones. Los giros, las contracorrientes y las migraciones verticales, garantizan los procesos de auto-reclutamiento donde la calidad del hábitat en áreas de cría, es crucial para el asentamiento de las postlarvas y el reclutamiento de los juveniles a la pesquería. Los incrementos del nivel del mar, de la temperatura y de la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales, constituyen las principales amenazas del cambio climático sobre el éxito del reclutamiento y la conectividad de *P. argus*. La interacción entre factores climáticos y antropogénicos, ha ocasionado afectaciones al hábitat marino costero cubano, lo cual, unido con la explotación pesquera, ha causado disminuciones del reclutamiento, del tamaño de la población y de las capturas de langosta. El perfeccionamiento del sistema de manejo, particularmente la disminución de la mortalidad por pesca, no ha logrado revertir esta disminución de las capturas. Se recomienda profundizar en las interacciones de factores climáticos y antropogénicos a escala regional y sus efectos sobre el hábitat en áreas de cría, el éxito del reclutamiento y la conectividad de *P. argus*.

**Palabras clave:** pesquería, cambio climático, conectividad, *Panulirus argus*, Cuba

### ABSTRACT

The Caribbean spiny lobster is one of the most economically important resources to Caribbean fisheries and the most important to Cuba. Stocks connectivity is supported by the prolonged planktonic lifespan of the larvae which disperse in the open ocean by the currents. Gyres and counter currents represent important physical mechanisms for local larval retention and combined with larval vertical migration behavior, can significant influence self-recruitment to local stocks in suitable juvenile habitat. The increasing trends in sea level, temperature and tropical storms activity are the main threatens to connectivity and recruitment success. Habitat loss in nursery areas by anthropogenic and climatic factors combined with fishery pressure has diminished the recruitment, the stock size and the catch of lobster in Cuba. In spite of strict fishery regulations, low production has not been averted. It is recommended to extend researches on anthropogenic and climatic factors interaction and improving knowledge on their impact on nursery habitat and recruitment success at a regional scale.

**Key words:** fishery, climate change, connectivity, *Panulirus argus*, Cuba

## INTRODUCCIÓN

La langosta común del Caribe (*Panulirus argus*) es un importante recurso pesquero intensamente explotado en su área de distribución y constituye parte fundamental de la biodiversidad marina. *P. argus* se incluye en la dieta de varios peces, principalmente de las familias Serranidae, Lutjanidae y Balistidae (Bouwman & Herrnkind, 2007; Herrera & Ibarzábal, 1995) y a su vez se alimenta de numerosos organismos bentónicos, como crustáceos, moluscos y equinodermos (Herrera, Ibarzábal, Foyo, Espinosa, Brito, González, Díaz, Goteras & Arrinda, 1991; Kanciruk, 1980).

La biodiversidad marina está amenazada por el cambio climático (Cheung, Lam, Sarmiento, Kearney, Watson & Pauly, 2009), lo cual se agudiza ante la acción de otros agentes estresantes de índole antropogénica que producen destrucción y fragmentación de hábitat (Jessen & Patton, 2008). De aquí en adelante, en este trabajo se utilizará la definición del concepto “hábitat”, tal como se expresa en el Enfoque de Ecosistemas aplicado a la pesca (FAO, 2006): “Medio ambiente en que viven los peces, incluido todo lo que rodea a su vida e influye en ella, como por ejemplo la calidad del agua, el fondo, la vegetación o las especies asociadas, incluidos los suministros de alimentos”.

En el caso particular de *P. argus*, Ehrhardt, Puga & Butler (2010) realizaron un análisis con enfoque de ecosistema dirigido al manejo del recurso en su área de distribución del Caribe y Brasil, donde se muestra como el reclutamiento ha sido afectado por la intensa explotación en muchos países del área, lo cual unido a factores climáticos, enfermedades en juveniles y afectaciones del hábitat por acciones antropogénicas, ha causado disminuciones de la abundancia y por lo tanto de las capturas del recurso a escala regional, incluyendo a pesquerías como la de Florida y Cuba que son manejadas con estrictos sistemas de regulación y control.

A favor de la teoría de estructura poblacional Pan Caribeña de la especie, está la conectividad de larvas mediante las corrientes durante su larga etapa larval en el océano, la cual puede extenderse con mayor probabilidad entre 6 y 10 meses (Alfonso, Frías, Baisre & Campos, 1991; Baisre, 1976; Briones-Fourzán, Candela & Lozano-Alvarez, 2008) y además la no diferenciación geográfica en los estudios genéticos realizados hasta el momento (Silberman, Sarver & Walsh, 1994).

Por otra parte, el estudio de los procesos hidrodinámicos, vinculado con determinaciones de abundancia de larvas en diferentes estadios, ha permitido sugerir con certeza que existen zonas donde se produce el auto-reclutamiento de las poblaciones de langosta (Alfonso *et al.*, 1991; García, Chirino & Rodríguez, 1991; Hernández, Puga, Piñeiro, Peñate, Alfonso & Baisre, 1995; Lipcius, Stockhausen, Eggleston, Marshall & Hickey, 1997). Adicionalmente, Butler, Cowen, Paris, Matsuda & Goldstein (2008), mediante modelos de simulación de dispersión larval teniendo en cuenta las migraciones verticales, predicen que la mayoría de las larvas son transportadas a un máximo de sólo 200 km. Goldstein & Butler (2009) comprobaron que los modelos incluyendo las diferencias observadas por estadios en el comportamiento ontogénico de la migración vertical de las larvas, predicen 25% menos dispersión oceánica de larvas y 50% más asentamiento de postlarvas en zonas costeras, que los modelos sin este comportamiento, todo lo cual indica que los procesos de auto-reclutamiento son más notorios que como habían sido evaluados anteriormente.

Ehrhardt *et al.* (2010) muestran como los principales giros y contracorrientes permanentes del Caribe, actuando como mecanismos de retención de larvas, están relacionados con las pesquerías más importantes de *P. argus* realizadas en Cuba, Nicaragua-Honduras, Bahamas, Florida, y México-Belice.

Además del suministro de postlarvas, la calidad y disponibilidad de áreas someras para su asentamiento y cría es fundamental para el crecimiento, supervivencia y reclutamiento de los juveniles a la pesquería (Butler, Steneck & Herrnkind, 2006). Estas zonas poco profundas se caracterizan por la presencia abundante de manglares, vegetación submarina y macroalgas. En Cuba, Cruz (2000) y de León, Cruz, Díaz, Brito, Puga & del Castillo (1991) estudiaron los procesos de asentamiento de postlarvas y cría de juveniles, mientras que las afectaciones al hábitat por el incremento de la frecuencia e intensidad de ciclones tropicales y del desarrollo socioeconómico, han sido sugeridas por FAO (2007), Piñeiro, Puga & González-Sansón (2006), Puga (2005), Puga, Hernández-Vázquez, López-Martínez & de León (2005) y Puga, Piñeiro, Capetillo, de León & Cobas (2009). En este trabajo se cuantifican algunos factores climáticos y antropogénicos, se relacionan con el reclutamiento de *P. argus* en Cuba y se discuten las implicaciones para el manejo de su pesquería.

### LA PESQUERÍA DE *P. ARGUS* EN CUBA

Las variaciones en el tiempo de la pesquería de langosta en Cuba han sido relatadas por varios autores (Baisre, 2000a; Puga & de León, 2003 y Puga *et al.*, 2009). La langosta es el principal recurso pesquero cubano al aportar aproximadamente el 25% de los volúmenes de captura y el 75% de los ingresos económicos del sector. Las investigaciones recaen sobre el Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP) del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), entidad estatal encargada de su explotación y comercialización. Por la importancia de *P. argus*, existe todo un sistema de manejo para su explotación sostenible, que incluye la investigación y propuestas de medidas de regulación por el CIP, el análisis y la aprobación en la Comisión Consultiva de Pesca integrada por representantes del MINAL y de otras entidades relacionadas con el mar (incluyendo pescadores), la aprobación y divulgación de las medidas en forma de leyes por el Ministro del MINAL y el control y la vigilancia para su cumplimiento por parte de un cuerpo de inspección.

Cuadro 1. Variación de algunas medidas de manejo en la pesquería de *P. argus* de Cuba. Datos a partir de estadísticas oficiales del MINAL

Años	Barcos	Días pesca	Período de veda (días)	Talla mínima legal (mm LC)
1970's	364	50800	40	69 (sin control)
1980's	310	45160	90	69
1990's	256	38320	90	69
2000	252	46727	60	69
2001	251	39793	80	69
2002	241	35749	110	69
2003	237	33597	120	69
2004	229	29378	120	69
2005	221	28010	120	72
2006	210	25268	120	74
2007	198	22992	150	76
2008	194	21678	135	76
2009	189	17712	165	76
2010	176		135	76

En la actualidad las principales medidas de manejo son: Régimen de propiedad estatal, acceso limitado a la pesquería, cuotas de captura y esfuerzo de pesca por empresas, control espacial del esfuerzo mediante división territorial por empresas, veda total de 4-5 meses entre febrero y julio, talla mínima legal de 76 mm largo cefalotórax (LC), talla máxima legal de 140 mm LC para hembras, veda permanente en las principales áreas de cría, y prohibición de desembarcar hembras con señal externa de actividad reproductiva. El sistema de manejo ha sido perfeccionado en el tiempo y en el Cuadro 1 se muestra la evolución de algunas medidas, donde se aprecia la notable disminución del esfuerzo pesquero al decrecer los barcos y los días pesca.

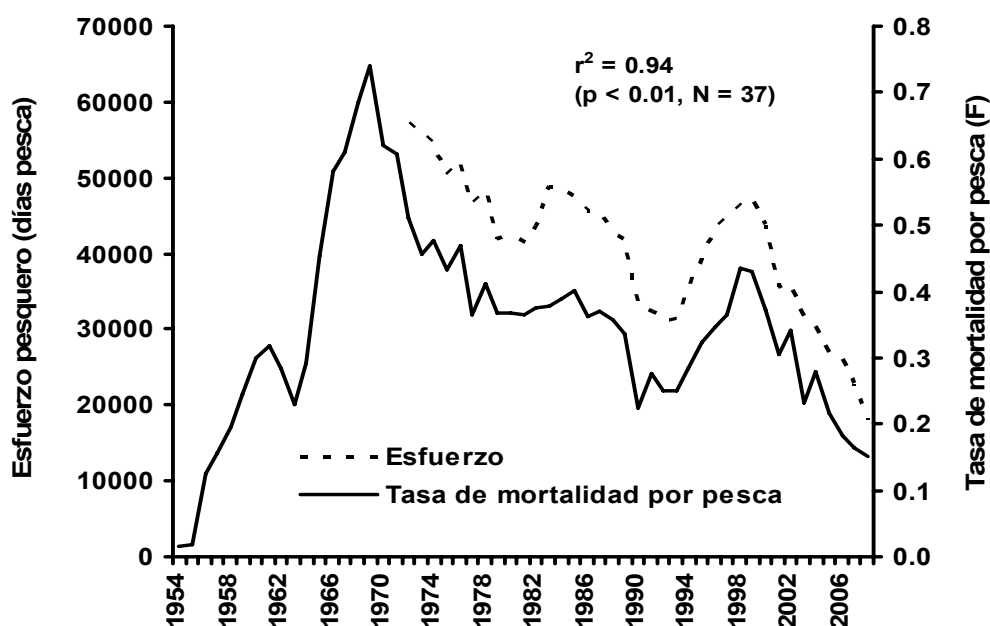


Figura 1. Variaciones anuales del esfuerzo expresado en días pesca en la pesquería de *P. argus* en Cuba y de la tasa de mortalidad por pesca (F) obtenida mediante Análisis Integrado a las capturas por edades, según metodología de Haddon (2001).

Como consecuencia, la tasa instantánea de mortalidad por pesca (F), que está significativamente relacionada con el esfuerzo expresado en días pesca (Figura 1), ha disminuido a valores mínimos actuales después de desarrollada la pesquería a finales de los 1960's. La mortalidad por pesca fue elevada entre finales de los 1960's y principios de los 1970's (con máximo en 1969), cuando eran mayores las cantidades de barcos y de días pesca, mientras que la corta etapa de veda y la talla mínima legal no eran controladas y por lo tanto no fueron medidas de protección efectivas.

Después de las fases de crecimiento y madurez, la pesquería llega a un máximo de 11800 ton promedio anual durante los 1980's, pero a pesar del perfeccionamiento del sistema de manejo, las capturas en los 1990's descendieron a un 78% y a un 51% en los 2000's (Figura 2). Es de notar que el esfuerzo y la mortalidad por pesca (Figura 1) disminuyeron considerablemente en la primera mitad de los 1990's por el deterioro de la actividad económica cubana como consecuencia de la desintegración del bloque de países socialistas de Europa, que eran los principales socios comerciales de Cuba. Sin embargo, los incrementos

posteriores del esfuerzo y la F no produjeron aumentos de captura a niveles similares a los anteriores (Figura 2), lo cual indica que se estaba produciendo una disminución de la abundancia del recurso, tal como se puede apreciar en la Figura 3.

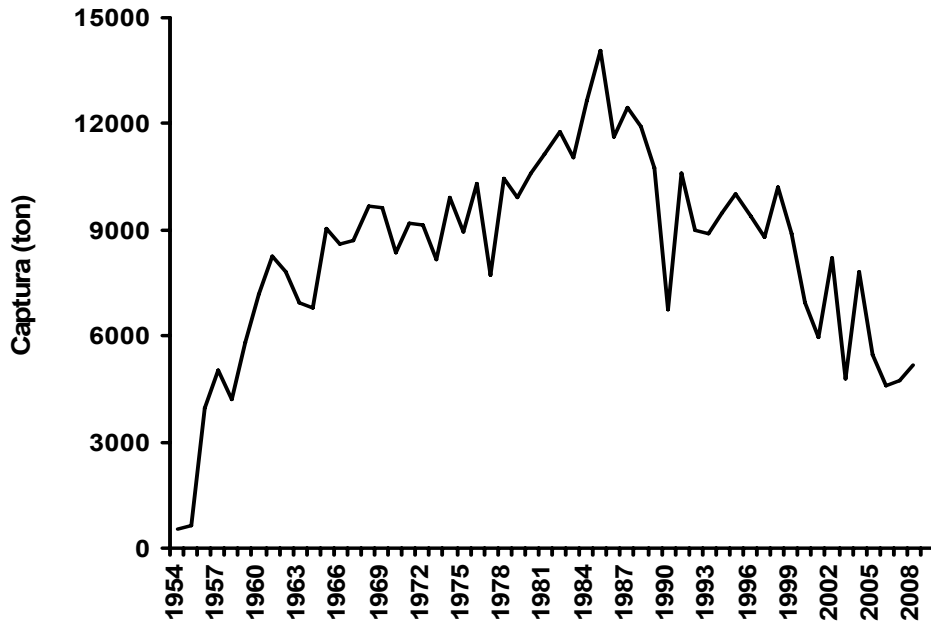


Figura 2. Variaciones anuales de la captura de langosta en Cuba. Datos a partir de estadísticas oficiales del MINAL.

El reclutamiento, expresado como langostas con un año de edad en áreas de cría, alcanzó su mayor nivel con 72 millones promedio anual entre 1976 y 1988 para disminuir a un 70% entre 1989 y 2001 y a un 51% durante la etapa actual de 2002-2008 lo cual se refleja en el tamaño de la población explotable dos o tres años después (Figura 3).

Las capturas dependen significativamente del reclutamiento anterior (Figura 4), de ahí que sea determinante conocer su dinámica, las posibles causas de sus variaciones y sobre todo, lograr integrar este conocimiento en las predicciones de las capturas del recurso, para lograr un manejo más efectivo teniendo en cuenta los niveles esperados de reclutamiento y abundancia. Ehrhardt *et al.* (2010) presentan relaciones muy similares entre la captura y el reclutamiento previo en las pesquerías de *P. argus* en Florida y Nicaragua-Honduras.

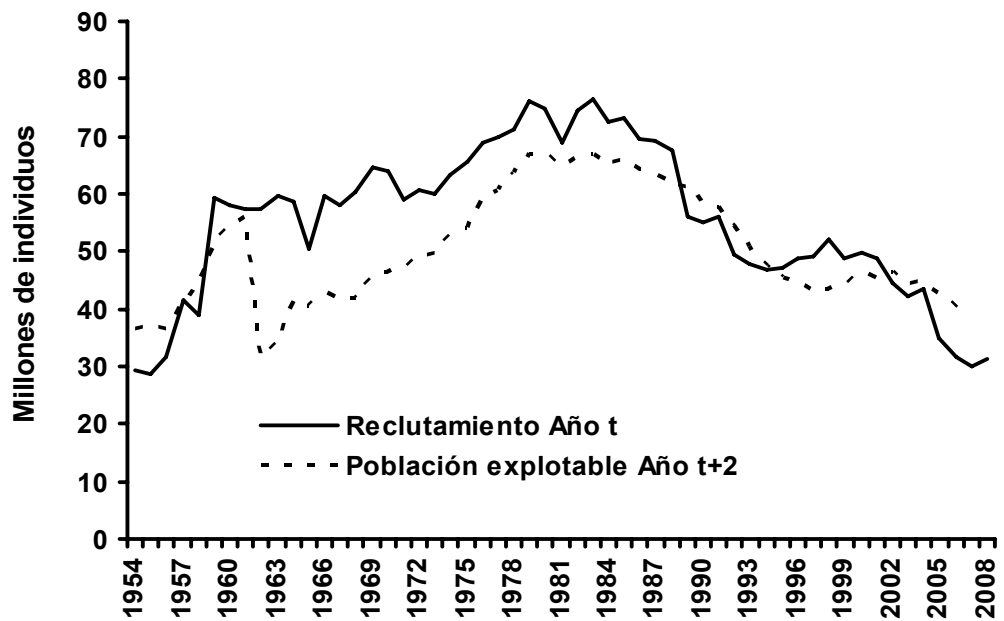


Figura 3. Variaciones anuales del reclutamiento (langostas con 1 año de edad) y de la población explotable de *P. argus* en Cuba. Series obtenidas mediante Análisis Integrado según metodología de Haddon (2001).

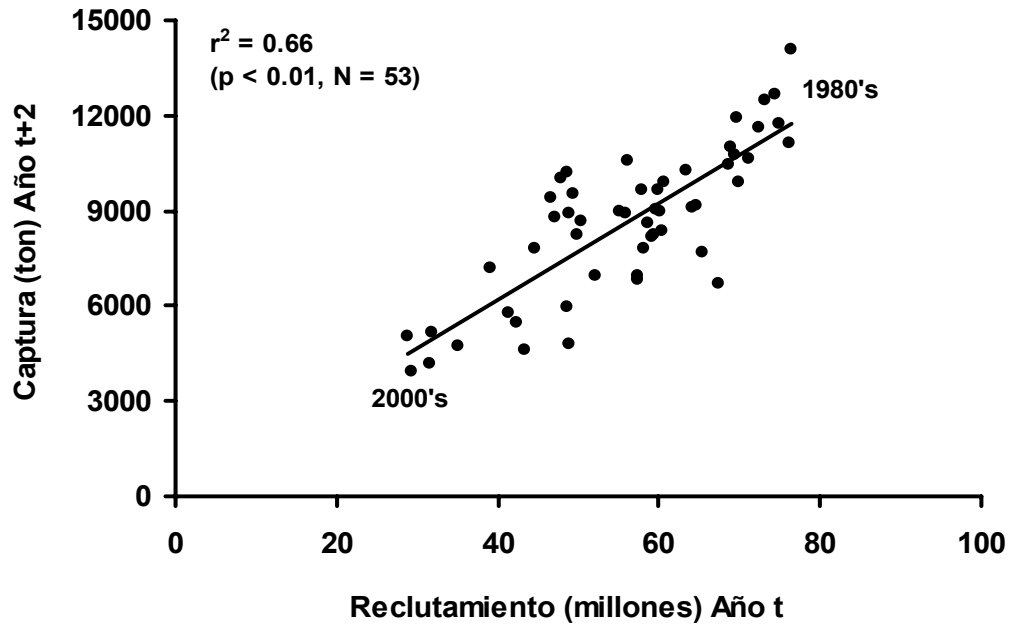


Figura 4. Relación entre el reclutamiento y la captura de langosta en Cuba dos años después.

## FACTORES CLIMÁTICOS

Entre los principales factores climáticos identificados que pueden afectar el éxito del reclutamiento y por lo tanto la conectividad en las poblaciones de *P. argus* se encuentran los siguientes: la acción del viento sobre las corrientes según resultados de Ehrhardt & Sobreira (2003) en Brasil, el efecto negativo del aumento del nivel del mar según estudios de Ehrhardt & Fitchett (2010) en Florida y de Ehrhardt (2006) en Nicaragua-Honduras. Algo similar encontraron Puga *et al.* (2009) en Cuba debido al incremento del transporte del agua superficial del mar hacia la costa (transporte Ekman) durante los últimos años, lo cual coincide con una importante elevación del nivel medio del mar en Cuba según Hernández, Marzo & Acanda (2010). Entre las principales consecuencias del cambio climático se encuentran la elevación del nivel del mar y el aumento de la temperatura, lo cual constituye una amenaza para el éxito futuro del reclutamiento de la langosta.

En relación con la temperatura superficial del mar, de León, López-Martínez, Lluch-Cota, Hernández-Vázquez & Puga (2005) presentaron evidencias de variaciones decadales de la tasa de crecimiento de las langostas adultas y concluyen que la temperatura óptima para este proceso biológico debe estar alrededor de los 28°C. Alfonso *et al.* (1991) encontraron que las máximas densidades de larvas de langosta estuvieron asociadas a temperaturas entre 26.7 y 26.9°C en profundidades entre 43 y 70 m, por lo tanto, aumentos de temperatura por sobre esos valores óptimos pueden producir afectaciones en la fisiología tanto de larvas como de adultos.

En su revisión del estado del medio ambiente cubano, Fernández & Pérez (2009) plantean que el clima ha tenido variaciones significativas desde mediados de los 1970's al hacerse más cálido. Desde mediados del pasado siglo la temperatura media anual del aire ha aumentado cerca de 0.6°C debido a una tendencia muy marcada de las temperaturas mínimas, que han sufrido un ascenso de alrededor de 1.4°C en sus valores medios mensuales. Se está produciendo una expansión del verano y una contracción de la duración del invierno en Cuba.

Se argumenta que como efecto del aumento de la temperatura, al menos se está incrementando la intensidad de los ciclones en el Atlántico (Emmanuel, 2005). En la Figura 5 se observa el incremento de la temperatura media anual del aire y el aumento de la incidencia de los ciclones tropicales sobre Cuba, principalmente a partir de 2001 por una mayor frecuencia de huracanes de alta intensidad, algo que ya había sido mencionado como una posible causa en la disminución actual de las capturas de langosta por FAO (2007) y Puga *et al.* (2009), ya que los huracanes ocasionan cambios en la dinámica sedimentaria, biota arrecifal, pastos marinos y manglares (todos hábitat de la langosta), los cuales pueden o no recuperarse de acuerdo a la severidad, duración y frecuencia de aparición de estos eventos (Salazar-Vallejo, 2002).

Según Garcies & Cuxart (2006), la temperatura de la superficie del mar en el Caribe aumentará por el cambio climático, el umbral necesario para la formación de huracanes se superará en más meses que en la actualidad, alargando la temporada de ciclones que probablemente aumentarán su fuerza, lo cual, junto a la elevación del nivel del mar, implica una seria amenaza para la conectividad y el éxito del reclutamiento de *P. argus*.



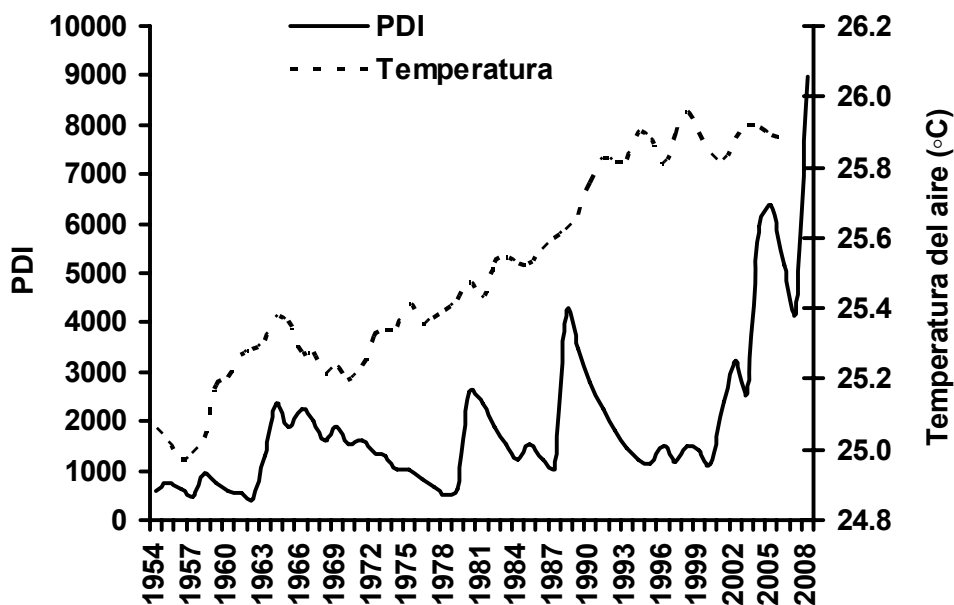


Figura 5. Variaciones anuales de la temperatura del aire en Cuba con suavizado simple exponencial a partir de datos de Fernández & Pérez (2009), e Índice de Disipación de Energía (PDI por sus siglas en inglés) con suavizado simple exponencial, de los ciclones que afectaron Cuba y mares adyacentes, calculado según metodología de Emmanuel (2005).

## FACTORES ANTROPOGÉNICOS

Pero la influencia del cambio climático sobre el hábitat, la biodiversidad y la conectividad de las poblaciones, no puede analizarse desligado del efecto de otros factores como los derivados de la actividad humana, que también producen efectos ya sea por separado, combinados y frecuentemente en sinergia. Según Lotze, Lenihan, Bourque, Bradbury, Cooke, Kay, Kidwell, Kirby, Peterson & Jackson (2006) en un análisis de los efectos antropogénicos a escala global, la actividad humana ha afectado de forma similar a ecosistemas diferentes en estuarios y mares costeros. A nivel mundial, se ha producido una degradación de más del 65% del hábitat de vegetación submarina y humedales, lo cual ha contribuido con la disminución de abundancia de más del 90% de especies importantes. Esta actividad antropogénica produce efectos acumulativos a largo plazo, cuyos períodos de recuperación son muy lentos y costosos.

Al referirse al estado del hábitat y la biodiversidad marina en su revisión del medio ambiente cubano, Fernández & Pérez (2009) relacionan los siguientes problemas: erosión costera y regresión de línea de costa, asolvamiento de lagunas costeras, alteración de los sistemas de corrientes, aumento de salinidad, deterioro de la calidad del agua y los sedimentos, afectación del 30% de manglares, disminución del 26% de los pastos marinos en zonas costeras, cambios en la estructura de comunidades bentónicas, y mortalidad de corales, disminución de su reclutamiento y cambios en su estructura de especies. Entre las causas principales, además del cambio climático y los eventos extremos, se mencionan las siguientes derivadas de la actividad humana: contaminación, uso inadecuado del espacio físico, construcciones costeras, obras hidrotécnicas, vías de comunicación, desarrollo del turismo,

artes de pesca inadecuados, represamiento de ríos, y la acción sinérgica de agentes estresantes múltiples.

Las relaciones ecológicas entre estas causas y sus efectos son complejas, múltiples, no lineales, indirectas, actúan en sinergia y producen efectos acumulativos a largo plazo difíciles de revertir (Duarte, Conley, Carstensen, & Sánchez-Camacho, 2009). La falta de información para cuantificar las variaciones en el tiempo de algunos de estos factores, impide incluirlos en un análisis para cuantificar sus efectos sobre el reclutamiento de la langosta en Cuba, pero la información disponible permitió formular un índice sobre la tendencia en el tiempo, de los aportes de agua dulce y nutrientes desde tierra hasta la zona costera, a partir de la capacidad de agua embalsada y del consumo de fertilizantes por la agricultura cubana. El fundamento de este enfoque se basa sobre los siguientes conocimientos científicamente constituidos:

Según Begon, Townsend & Harper (2006), la proporción de agua transportada hacia el mar por los ríos es muy pequeña en comparación con el balance global, pero crucial para la supervivencia de los organismos y la productividad de la comunidad marina, tanto por el agua en sí, como por el transporte de nutrientes químicos. La mayor entrada de nutrientes al mar es por el escurrimiento fluvial y estos son transportados a grandes distancias por las corrientes, de forma que no existen fronteras naturales ni políticas. Además, la actividad humana libera nutrientes extra a la atmósfera y al agua.

El represamiento de los ríos produce los siguientes efectos según Berkamp, McCartney, Dugan, McNeely & Acreman (2000): cambios morfológicos en los ríos (flujo, superficie, nivel de agua), pérdida de hábitat y biodiversidad, reducción de la carga de agua subterránea, pérdida de agua por aumento de evaporación, interrupción del flujo de nutrientes e impacto sobre la cantidad de agua necesaria para mantener el equilibrio ecológico en la zona costera, y reducción de la actividad biológica.

Caddy y Bakun (1994 y 1995) clasifican a las regiones marinas según la relación entre su productividad pesquera y los suministros de nutrientes a partir de tres fuentes principales: los afloramientos, las mareas de gran amplitud y el escurrimiento fluvial, las cuales están poco representadas en el Caribe, que se caracteriza por ser oligotrófico y tener baja productividad pesquera. Para el caso particular de Cuba, Baisre (2004) concluye que la principal fuente de nutrientes a la plataforma es el aporte desde tierra por el escurrimiento de los ríos.

El represamiento de los principales ríos cubanos ha sido una acción necesaria para el desarrollo y la seguridad socio-económica del país, pero indudablemente ha tenido un marcado efecto negativo sobre el hábitat y la biodiversidad marino costera por el aumento de la salinidad y la disminución del aporte de nutrientes provenientes de tierra. Baisre (2006), Baisre y Arboleya (2006) y Piñeiro *et al.* (2006) consideran que el represamiento y la merma de la actividad económica, disminuyeron el aporte de nutrientes a la plataforma cubana a partir de los 1990's y Baisre (2000b) sugiere la incidencia de este fenómeno sobre el descenso de las capturas en parte de los recursos pesqueros de Cuba, el cual no podría ser atribuido solamente a la pesca.

Algunas de las características ambientales de Cuba, revisadas por Fernández & Pérez (2009) están relacionadas con el escurrimiento de agua dulce y nutrientes provenientes de tierra hacia la zona costera. La configuración alargada y estrecha de la isla principal y su parteaguas central longitudinal, condicionan que los ríos corran en dos vertientes (norte y sur), que sean cortos, poco caudalosos y dependientes de las precipitaciones, pudiendo quedar muy disminuidos durante la estación de seca, en lo cual también influye la extraordinaria difusión de los fenómenos cárnicos en el territorio cubano. Por otra parte, la mayoría de los suelos

cubanos se caracterizan por bajos contenidos de nutrientes y una drástica reducción de la materia orgánica, componente base para la sostenibilidad de los ecosistemas, en este sentido, se determinó una depreciación del recurso suelo por concepto de carbono y nitrógeno. De ahí la importancia de aportes de nutrientes adicionales a la zona costera, como los derivados del consumo de fertilizantes inorgánicos en la agricultura, ante la disminución del escurrimiento fluvial por el represamiento.

Según datos de Baisre (2006), el flujo de Nitrógeno en Cuba generado por la actividad agroindustrial depende en un 75% de la utilización de fertilizantes inorgánicos en la agricultura, los cuales también contienen componentes fosfatados y potásicos (FAOSTAT, 2010). Por lo tanto, se formuló un índice de rangos no paramétrico sobre la tendencia en el tiempo de los aportes de agua dulce y nutrientes desde tierra hasta la zona costera (IAN), que fuera inversamente proporcional a la capacidad de agua embalsada y directamente proporcional al consumo de fertilizantes inorgánicos en la agricultura. No se incluyeron datos de precipitación, porque el análisis de las series anuales de lluvia del período 1961-2006 provenientes de INRH (2010) no mostró ninguna tendencia definida.

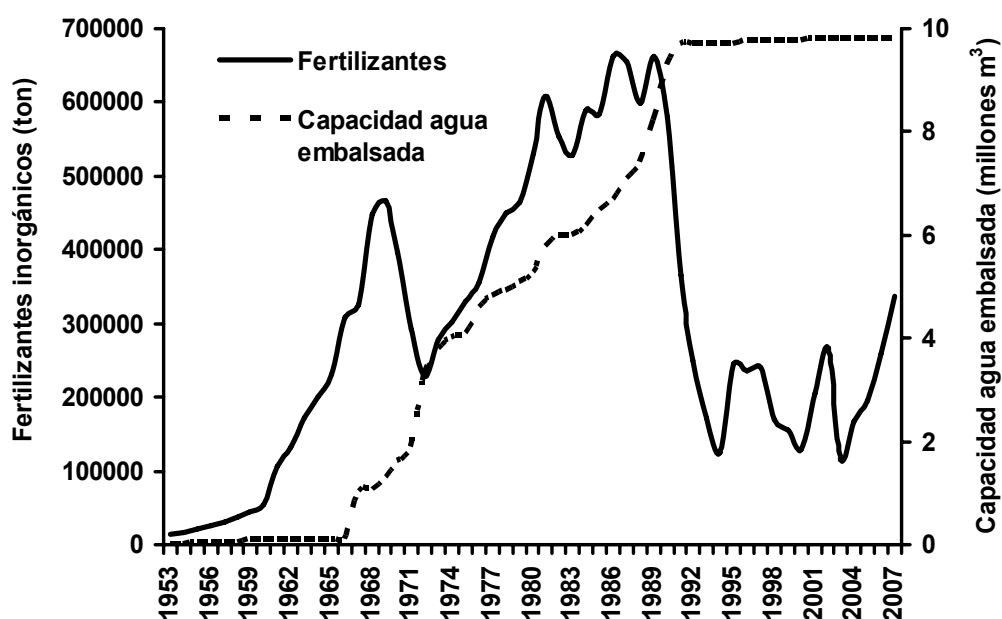


Figura 6. Variaciones anuales de la utilización de fertilizantes inorgánicos en la agricultura cubana según datos de FAOSTAT (2010) y de la capacidad de agua embalsada en Cuba según datos de INRH (2010).

La capacidad de agua embalsada se incrementó desde finales de los 1960's, hasta 9.7 Km<sup>3</sup> en 1991, lo cual representa el 25% del volumen total de los recursos hídricos potenciales de Cuba según la revisión de Fernández & Pérez (2009), mientras que el consumo de fertilizantes alcanzó niveles máximos en los 1980's para decaer bruscamente después de 1989 por el deterioro de la economía cubana (Figura 6).

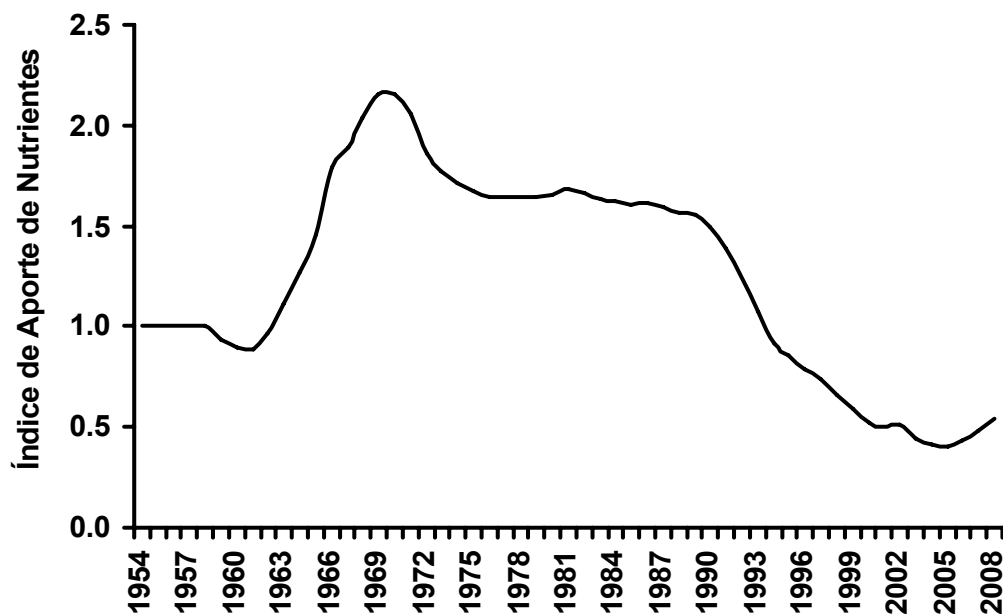


Figura 7. Variaciones anuales del Índice de Aporte de Agua y Nutrientes (IAN) desde tierra hacia la zona costera de Cuba.

Como resultado de la combinación de estas dos series, el IAN alcanzó un nivel elevado entre mediados de los 1960's y finales de los 1980's, para decaer posteriormente y ubicarse desde 1994 por debajo de sus valores iniciales en los 1950's (Figura 7).

### IMPLICACIONES PARA EL MANEJO

Predecir el reclutamiento es imprescindible para realizar proyecciones de la abundancia y por lo tanto de las capturas de un recurso pesquero explotado, pero es una tarea muy difícil mediante relaciones stock-reclutamiento (S/R), sobre todo en langostas debido a las influencias ambientales sobre las larvas en el medio pelágico (Whale, 2003).

En la Figura 8 se observa como entre 1969 y 1988 el reclutamiento observado de *P. argus* en Cuba fue mayor que el esperado a partir del stock desovante, mientras que desde 1999 el reclutamiento observado fue menor que el esperado. La inclusión de factores climáticos (PDI) y antropogénicos (IAN) en la relación S/R explica perfectamente las variaciones observadas del reclutamiento con una correlación altamente significativa ( $r^2 = 0.96$ ,  $p < 0.01$ ,  $N = 54$ ). O sea, que el reclutamiento fue favorecido en las décadas de los 1970's y los 1980's por condiciones climático-antropogénicas favorables (PDI bajo, IAN alto) y en los 2000's fue afectado negativamente por condiciones desfavorables (PDI alto, IAN bajo) como se observa en las Figuras 5 y 7.

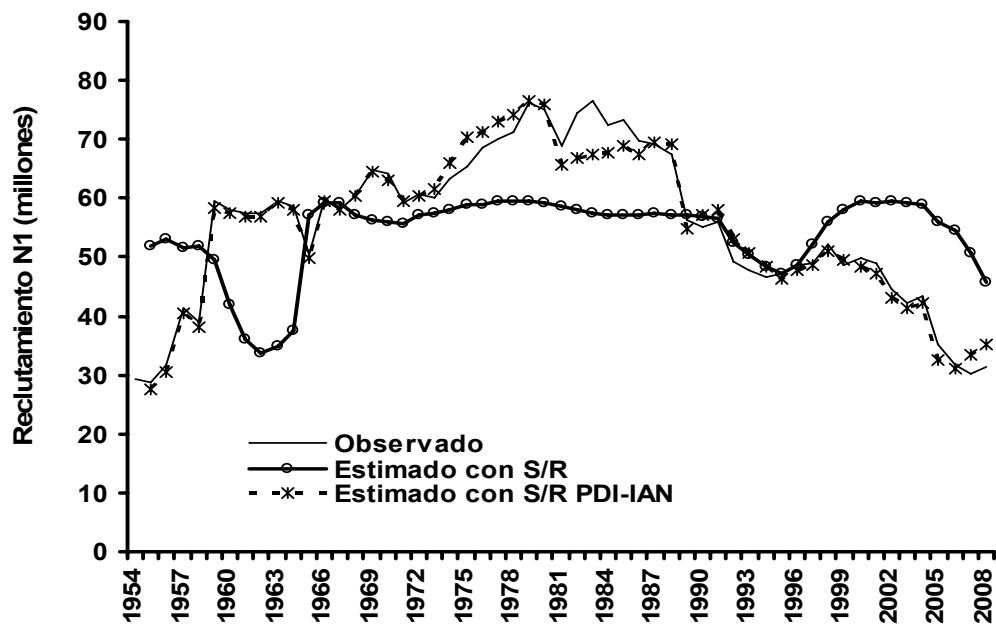


Figura 8. Variaciones anuales del reclutamiento observado y del estimado con la relación stock-reclutamiento (S/R) de Ricker (1954) a partir del stock desovante calculado mediante Análisis Integrado (Haddon, 2001). El reclutamiento estimado fue calculado sin tener en cuenta factores climáticos y antropogénicos y teniéndolos en cuenta al integrar las series de PDI y IAN en la relación S/R (S/R PDI-IAN) de *P. argus* en Cuba.

Estas relaciones entre el reclutamiento y el stock desovante para diferentes condiciones climático-antropogénicas se muestran en la Figura 9. Para niveles similares del stock desovante entre 1500 y 2500 huevos  $\times 10^9$ , el reclutamiento fue elevado desde mediados de los 1970's hasta mediados de los 1980's con condiciones climáticas-antropogénicas favorables, fue intermedio en la primera mitad de los 1990's con condiciones medias y fue bajo en los 2000's con condiciones desfavorables.

Estos resultados indican que desde mediados de los 1990's y principalmente a partir de 2001, el éxito del reclutamiento de la langosta en Cuba ha estado limitado por un "cuello de botella" en el hábitat de cría debido a condiciones climático-antropogénicas desfavorables, lo cual se evidencia en los resultados de Lopeztegui-Castillo & Capetillo-Piñar (2008), quienes reportan una disminución alrededor del 83% del potencial alimentario de *P. argus* en áreas de cría en los 2000's en relación con los 1980's.

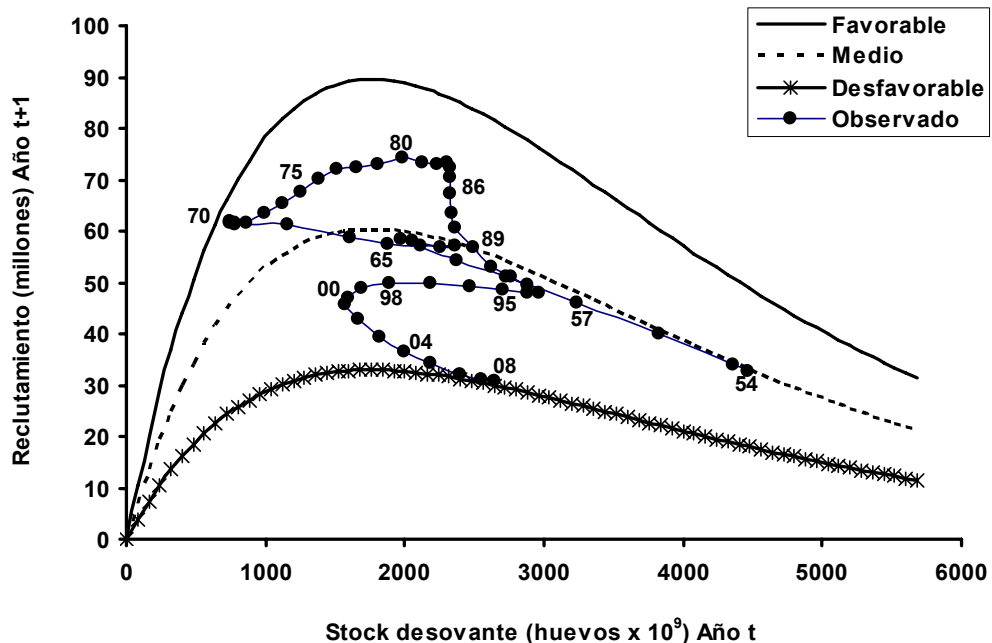


Figura 9. Relación S/R de *P. argus* en Cuba con tres escenarios observados de factores climáticos y antropogénicos: Favorable (PDI mínimo, IAN máximo), Medio (PDI medio, IAN medio) y Desfavorable (PDI máximo, IAN mínimo). Se incluyen las dos cifras finales de algunos años para ilustrar la trayectoria de la serie observada suavizada mediante promedios móviles de cinco años.

Teniendo en cuenta estos efectos sobre el hábitat de cría de la langosta, es que Ehrhardt *et al.* (2010), FAO (2007), Piñeiro *et al.* (2006), Puga (2005) y Puga *et al.* (2005, 2009), han referido que los cambios temporales de la actividad antropogénica, en interacción con factores climáticos (posiblemente en sinergia) y con la explotación pesquera, han contribuido a disminuir el reclutamiento y por la tanto las capturas de *P. argus* en Cuba. Estos resultados contradicen la sugerencia de Cruz, Díaz, Báez & Adriano (2001) sobre la disminución del reclutamiento desde 1988 como consecuencia de la sobreexplotación.

La determinación de las curvas de captura en función de la mortalidad por pesca es imprescindible para establecer puntos de referencia para el manejo de la pesquería, tales como Captura Máxima Sostenible (MSY por sus siglas en inglés) y esfuerzo óptimo. En la Figura 10 se representa la historia de la pesquería de *P. argus* en Cuba y las potencialidades de captura en dependencia de las condiciones ambientales y se puede observar como se han obtenido volúmenes de captura muy diferentes con valores similares de *F*.

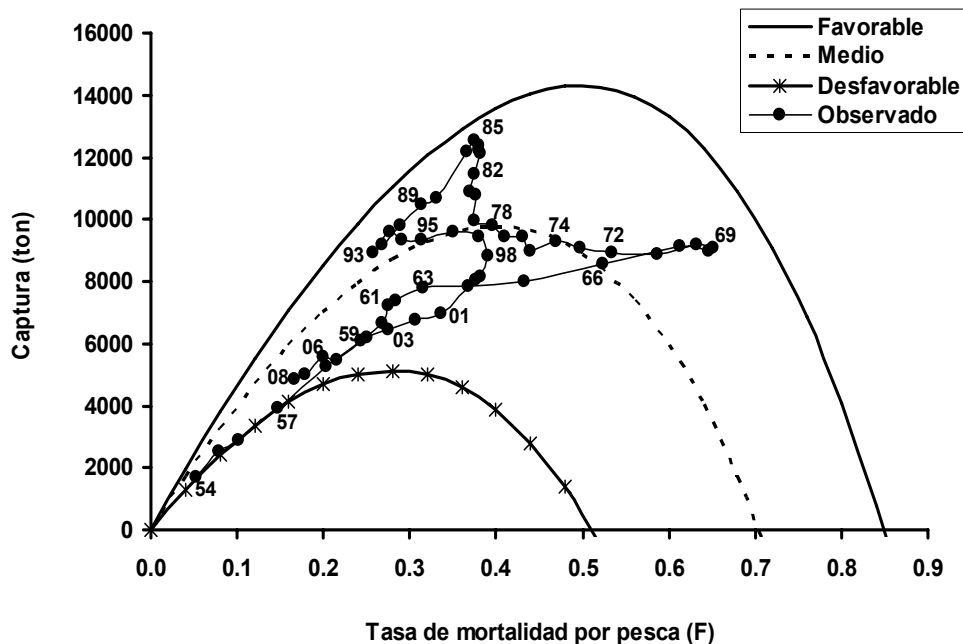


Figura 10. Curvas de equilibrio de la captura de langosta de Cuba en función de la tasa de mortalidad por pesca, estimadas mediante combinación de Análisis de Rendimiento por Recluta y Relación Stock-Reclutamiento de Ricker (1954), con tres escenarios observados de factores climáticos y antropogénicos: Favorable (PDI mínimo, IAN máximo), Medio (PDI medio, IAN medio) y Desfavorable (PDI máximo, IAN mínimo). Se incluyen las dos cifras finales de algunos años para ilustrar la trayectoria de la serie observada suavizada mediante promedios móviles de cinco años.

Después de su rápido crecimiento a partir de los 1950's, es obvio que la pesquería fue sobre-explotada entre 1966 y 1976 por la falta de medidas de protección y la elevada tasa de mortalidad por pesca. Posteriormente, debido a la acción combinada de la reducción de  $F$  desde 1969 hasta niveles sostenibles en 1978, del perfeccionamiento del sistema de manejo en los 1980's y de la influencia de factores climáticos-antropogénicos favorables sobre el reclutamiento desde mediados de los 1970's, la captura se incrementó a partir de 1978 para alcanzar máximos históricos en los 1980's, muy por encima de los esperados para condiciones climático-antropogénicas promedio. Se observa como la disminución de la mortalidad por pesca entre 1990 y 1994 por causas económicas no favoreció la recuperación de la abundancia del recurso y por lo tanto no aumentaron las capturas como respuesta al incremento de  $F$  desde 1995 hasta valores iguales a los 1980's. Después de 1998, las capturas disminuyen (a pesar de la reducción de la mortalidad por pesca y del perfeccionamiento del sistema de manejo), como consecuencia del descenso del reclutamiento por el deterioro de las condiciones climático-antropogénicas hasta valores muy desfavorables desde 2001. Estos resultados indican que a partir de 1979 no ha ocurrido sobreexplotación del recurso y no coinciden con la sugerencia de Cruz *et al.* (2001) sobre la sobreexplotación como causa de la disminución del reclutamiento desde 1988.

Las capturas y el nivel de explotación actuales están acordes con los niveles de abundancia determinados por el éxito del reclutamiento ante las condiciones del hábitat en zonas de cría y no deben esperarse incrementos significativos de captura por encima de las 5000 ton, ya que estas condiciones (con efectos acumulativos a largo plazo), no deben cambiar sustancialmente en el futuro inmediato.

La potencialidad de captura ha estado determinada por los diferentes niveles de reclutamiento, como lo muestran los estimados de MSY de este trabajo a partir de la relación S/R con escenarios observados de las condiciones climático-antropogénicas (Cuadro 2). De forma aproximada en cuanto a períodos, puede decirse (según los resultados en la Figura 10 y el Cuadro 2), que en la segunda mitad de los 1960's, durante los 1970's y en la segunda mitad de los 1990's, la MSY estuvo alrededor de 9780 ton por condiciones ambientales promedio, durante los 1980's estuvo alrededor de 14310 ton por condiciones ambientales favorables y actualmente la MSY es de 5140 ton por condiciones ambientales desfavorables. Los estimados anteriores (Cuadro 2), fueron realizados sin tener en cuenta condiciones ambientales, pero muestran una tendencia descendente de la MSY que refleja de alguna forma la disminución de la abundancia.

No obstante, los estimados de Chávez (2001 y 2009) son francamente contradictorios y muy sobreestimados. Dicho autor utiliza datos de captura total en peso que son convertidos artificialmente mediante técnicas de simulación a datos de captura en número a la edad, y con una relación S/R supuesta con parámetros predeterminados, aplica entonces métodos de dinámica poblacional. Como resultado, Chávez (2001) concluyó, con datos de captura de 1956 a 1996, que la pesquería de langosta cubana estaba subexplotada y que la tasa de mortalidad por pesca podía incrementarse hasta en tres veces para obtener capturas de 14453 ton, cuando ya hacía siete años que la captura había descendido por debajo de las 9900 ton. Posteriormente, con el mismo método y con información de captura de 1990 a 2004, Chávez (2009) concluyó que la pesquería estaba sobre-explotada todos los años excepto 1990 y 2003 y recomendó reducir la mortalidad por pesca de 2004 en un 30% para obtener capturas alrededor de 11100 ton. Como se ha demostrado en este trabajo, el perfeccionamiento del sistema de manejo, particularmente la disminución del esfuerzo pesquero y de la mortalidad por pesca, no ha logrado revertir la disminución de las capturas de *P. argus* en Cuba, que se mantienen por debajo de 8000 ton desde el año 2000 y de 6000 ton desde 2005.

Cuadro 2. Estimados de Captura Máxima Sostenible (MSY) para la pesquería de *P. argus* de Cuba

Autor	MSY (ton)
Puga, de León & Cruz (1991)	12318
Puga, de León & Cruz (1995)	11890
Chávez (2001)	14453
Puga, de León, González-Yáñez, & Baisre (2003)	9734
Puga (2005)	8000
Chávez (2009)	11100
Este trabajo, con relación S/R para escenario favorable	14310
Este trabajo, con relación S/R para escenario medio	9780
Este trabajo, con relación S/R para escenario desfavorable (actual)	5140

Finalmente, debe tenerse en cuenta que la mayoría de las especies explotadas también tienen sus áreas de cría en aguas someras sometidas a los mismos agentes estresantes, por lo que las variaciones de sus capturas pueden estar influenciadas por causas similares (pérdida de



hábitat por acción combinada de factores climáticos y antropogénicos), tal como sugieren las series de la Figura 11.

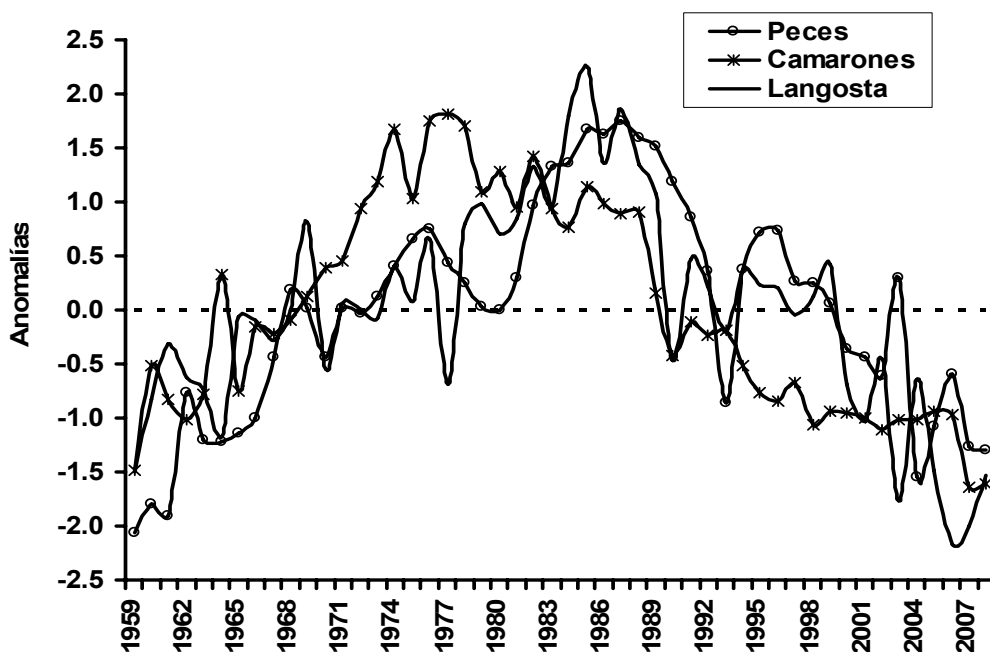


Figura 11. Variaciones anuales de las anomalías estandarizadas de las capturas de los recursos pesqueros de Cuba. Datos a partir de estadísticas oficiales del MINAL

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los incrementos del nivel del mar, de la temperatura y de la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales, constituyen las principales amenazas del cambio climático sobre el éxito del reclutamiento y la conectividad de *P. argus*.

La interacción entre factores climáticos y antropogénicos (posiblemente en sinergia), ha ocasionado afectaciones al hábitat marino costero cubano, lo cual, unido con la explotación pesquera, ha causado disminuciones del reclutamiento, del tamaño de la población y por lo tanto de las capturas de langosta. El perfeccionamiento del sistema de manejo, particularmente la disminución del esfuerzo pesquero y de la mortalidad por pesca, no ha logrado revertir esta disminución de las capturas.

De acuerdo con los resultados obtenidos es recomendable: (1) profundizar en las interacciones de factores climáticos y antropogénicos a escalas local y regional y sus efectos sobre el hábitat en áreas de cría, el éxito del reclutamiento y la conectividad de *P. argus*, (2) perfeccionar los sistemas de manejo de los recursos pesqueros en general y de la langosta en particular, teniendo en cuenta su estado de explotación en relación con las condiciones del hábitat, (3) no crear falsas expectativas a los tomadores de decisión sobre la recuperación de los recursos pesqueros explotados, cuando existan evidencias de efectos acumulativos y difíciles de revertir sobre el estado del hábitat, (4) evaluar acciones socio-económicas alternativas a la actividad pesquera.

## REFERENCIAS

- Alfonso, I., Frías, M.P., Baisre, J.A. & Campos, A. (1991). Distribución y abundancia de larvas de la langosta *Panulirus argus* en aguas alrededor de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 12(1-3), 5-19.
- Baisre, J. (1976). Distribución de las larvas de *Panulirus argus* y *Scyllarus americanus* (Crustacea, Decapoda) en aguas alrededor de Cuba. *Revista de Investigaciones del Instituto Nacional de la Pesca de Cuba*, 2(3), 277-297.
- Baisre, J.A. (2000a). The Cuban spiny lobster fishery. In: Phillips, B.F., Cobb, J.S. & Kittaka, J. (Eds.), *Spiny Lobsters Fisheries and Culture* (pp.135-154). London: Fishing News Books.
- Baisre, J.A. (2000b). Chronicles of Cuban marine fisheries (1935-1995). Trend analysis and fisheries potential. *FAO Fisheries Technical Papers* 394, 1-26.
- Baisre, J.A. (2004). *La Pesca Marítima en Cuba*. La Habana: Ed. Científico-Técnica.
- Baisre, J.A. (2006). Assessment of nitrogen flows into the Cuban landscape. *Biogeochemistry*, 79, 91-108.
- Baisre, J.A. & Arboleya, Z. (2006). Going against the flow: Effects of river damming in Cuban fisheries. *Fisheries Research*, 81, 283-292.
- Begon, M., Townsend, C.R. & Harper, J.L. (2006). *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. 4th edn. Oxford: Blackwell Publishing.
- Berkamp, G., McCartney, M., Dugan, P., McNeely, J. & Acreman, M. (2000). *Dams, Ecosystem Functions and Environmental Restoration Thematic Review II.1 prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town*. www.dams.org
- Bouwman, P. & Herrnkind, W. (2007): Aspects of antipredation in *Panulirus argus* and *P. guttatus*: behavior, morphology, and ontogeny. *The Lobster Newsletter*, 20(1), 4-6.
- Briones-Fourzán, P., Candela, J. & Lozano-Alvarez, E. (2008). Postlarval settlement of the spiny lobster *Panulirus argus* along the Caribbean coast of Mexico: Patterns, influence of physical factors, and possible sources of origin. *Limnology and Oceanography*, 53(3), 970-985.
- Butler, M.J. IV, Steneck, R.S. & Herrnkind, W.F. (2006). Juvenile and adult ecology. En: Phillips B.F. (Ed.), *Lobsters: Biology, Management, Aquaculture, and Fisheries* (pp. 263-309). Oxford: Blackwell Publishing.
- Butler, M.J. IV, Cowen, R., Paris, C., Matsuda, K. & Goldstein, J. (2008). *Long PLDs, Larval Behavior, and Connectivity in Spiny Lobster*. Trabajo presentado en "11<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium", Florida, Estados Unidos.
- Caddy, J.F. & Bakun, A. (1994). A tentative classification of coastal marine ecosystems based on dominant processes of nutrient supply. *Ocean Coastal Management*, 23, 201-211.
- Caddy, J.F. & Bakun, A. (1995). Marine catchment basins and anthropogenic effects on coastal fishery ecosystems. *FAO Fisheries Technical Papers*, 349, 119-133.
- Chávez, E.A. (2001). Policy design for spiny lobster (*Panulirus argus*) management at the Meso-American barrier reef system. *Crustaceana*, 74(10), 1119-1137.
- Chávez, E.A. (2009). Potential production of the Caribbean spiny lobster (Decapoda, Palinura) fisheries. *Crustaceana*, 82(11), 1393-1412.
- Cheung, W.W.L., Lam, V.W.Y., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R. & Pauly, D. (2009). Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries*, 10, 235-251.

- Cruz, R. (2000). *Variabilidad del reclutamiento y pronóstico a la pesquería de langosta (*Panulirus argus* Latreille, 1804) en Cuba*. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de la Habana, Mayo 1999. <http://www.cervantesvirtual.com>
- Cruz, R., Díaz, E., Báez, M. & Adriano, R. (2001). Variability in recruitment of multiple life stages of the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*, in the Gulf of Batabanó, Cuba. *Marine and Freshwater Research*, 52, 1263–1270.
- de León, M.E., Cruz, R., Díaz, E., Brito, R., Puga, R. & del Castillo, J. (1991). Distribución y estacionalidad de juveniles de *Panulirus argus* en la plataforma cubana. *Revista de Investigaciones Marinas*, 12(1-3), 117-124.
- de León, M. E., López-Martínez, J., Lluch-Cota, D., Hernández-Vázquez, S. & Puga R. (2005). Decadal variability in growth of the Caribbean spiny lobster *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) in Cuban waters. *Revista de Biología Tropical*, 53(3-4), 475-486.
- Duarte, C.M., Conley, D.J., Carstensen, J. & Sánchez-Camacho, M. (2009). Return to Neverland: Shifting Baselines Affect Eutrophication Restoration Targets. *Estuaries and Coasts*, 32, 29-36.
- Ehrhardt, N.M. (2006). *Integrated study of the spiny lobster fishery in the Atlantic coast of Nicaragua with special emphasis on the issue of diving*. Danish Agency for International Development (DANIDA) Final Report to the Ministry of Development, Industry and Commerce, Government of Nicaragua. April 2006, Managua, Nicaragua.
- Ehrhardt, N. & Fitchett, M. (2010). Dependence of recruitment on parent stock of the spiny lobster, *Panulirus argus*, in Florida. *Fisheries Oceanography*, 19(6).
- Ehrhardt, N.M. & Sobreira, C.A. (2003). An assessment of the Brazilian spiny lobster, *P. argus*, fishery. In: Report of the Second Workshop on the Management of Caribbean Spiny Lobster Fisheries in the WECAF Area. *FAO Fisheries Report*, 715, 68-74.
- Ehrhardt, N., Puga, R. & Butler, M.J. IV. (2010). Implications of the ecosystem approach to fisheries management in large ecosystems: The Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*, fisheries as a case. In: Fanning, L., Mahon, R. & McConney, P. (Eds.), *Towards Marine Ecosystem-Based Management in the Wider Caribbean*. Amsterdam: University Press, 368pp.
- Emmanuel, K. (2005). Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436, 686-688.
- FAO. (2006). *Aplicación práctica del enfoque de ecosistemas en la pesca*. Roma, FAO.
- FAO. (2007). Informe del Quinto Taller Regional sobre la Evaluación y la Ordenación de la Langosta Común del Caribe. Mérida, Yucatán, México, 16-29 de septiembre de 2006. *FAO Informe de Pesca*, 826, 99 pp.
- FAOSTAT. (2010). *Food and Agriculture Organization of the United Nations FAOSTAT Agriculture Data*. <http://www.apps.fao.org/>
- Fernández, A. & Pérez, R. (Eds). (2009). *Evaluación del medio Ambiente Cubano GEO Cuba 2007*. AMA-CITMA-PNUMA. La Habana, Cuba.
- García, C., Chirino, A. & Rodríguez, J.P. (1991). Corrientes geostroficadas en la ZEE al sur de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 12(1-3), 29-38.
- Garcies, L. & Cuxart, J. (2006). Tendencias futuras de la temperatura superficial del mar en el Caribe y el Mediterráneo Occidental. *Tethys*, 3, 21–26.

- Goldstein, J. & Butler, M.J. IV. (2009). "Not all those who wander are lost": Phyllosoma behaviour may help unravel connectivity in the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*. *The Lobster Newsletter*, 22(1), 9-12.
- Haddon, M. (2001). *Modelling and Quantitative Methods in Fisheries*. Florida: Chapman & Hall/CRC.
- Hernández, B., Puga, R., Piñeiro, R., Peñate, A., Alfonso, I. & Baisre, J. (1995). Transport, turbulence and hypothetical ocean-shelf coupling mechanism in Punta del Este, Southwestern, Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 19(1), 67-72.
- Hernández, M., Marzo, O. & Acanda, A. (2010). Tendencia lineal del nivel medio del mar en algunas localidades del archipiélago cubano. *Serie Oceanológica*, 7, 16-26.
- Herrera, A. & Ibarzábal, D. (1995): Aspectos ecológicos de la langosta *P. argus* en los arrecifes de la plataforma cubana. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 19(1), 59-63.
- Herrera, A., Ibarzábal, D., Foyo, J., Espinosa, J., Brito, R., González, G., Díaz, E., Goteras, G. & Arrinda, C. (1991). Alimentación natural de la langosta *P. argus* en la región de Los Indios (Plataforma SW de Cuba) y su relación con el bentos. *Revista de Investigaciones Marinas*, 12(1-3), 172-182.
- INRH. (2010). *Cuban Database on Water Resources*. <http://www.hidro.cu/>
- Jessen, S. & Patton, S. (2008). Protecting marine biodiversity in Canada: Adaptation options in the face of climate change. *Biodiversity*, 9(3-4), 47-58.
- Kanciruk, P. (1980). Ecology of juvenile and adult Palinuridae (spiny lobsters). In: Cobb, J.S. & Phillips, B.F. (Eds.), *The Biology and Management of Lobsters*, 2, *Ecology and Management* (pp. 59-96). New York: Academic Press.
- Lipcius, R.N., Stockhausen, W.T., Eggleston, D.B., Marshall, L.S., Jr. & Hickey, B. (1997). Hydrodynamic decoupling of recruitment, habitat quality and adult abundance in the Caribbean spiny lobster: source-sink dynamics? *Marine and Freshwater Research*, 48, 807-815.
- Lopeztegui-Castillo, A. & Capetillo-Piñar, N. (2008). Macrozoobentos como estimador del potencial alimentario para la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en tres zonas al sur de Pinar del Río, Cuba. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 42(2), 187-203.
- Lotze, H., Lenihan, H., Bourque, B., Bradbury, R., Cooke, R., Kay, M., Kidwell, S., Kirby, M., Peterson, C. & Jackson, J. (2006). Depletion, Degradation, and Recovery Potential of Estuaries and Coastal Seas. *Science* 312, 1806-1809.
- Piñeiro R., Puga, R. & Gonzáles-Sansón, G. (2006). Bases para el manejo integrado del recurso langosta (*Panulirus argus*) en la zona costera sur de Pinar del Río. I. Factores ambientales. *Revista de Investigaciones Marinas*, 27(3), 245-251.
- Puga, R. (2005). *Modelación bioeconómica y análisis de riesgo de la pesquería de langosta espinosa Panulirus argus (Latreille, 1804) en el Golfo de Batabanó, Cuba*. Tesis presentada en opción al grado académico de Doctor en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz México. <http://iodeweb1.vliz.be/odin/handle/1834/1543>
- Puga, R., & de León, M. E. (2003): La pesquería de la langosta en Cuba. In: Report of the Second Workshop on the Management of Caribbean Spiny Lobster Fisheries in the WECAF Area. *FAO Fisheries Report*, 715, 85-91.

- Puga, R., de León, M.E., & Cruz, R., 1991. Evaluación de la Pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus* en Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 12(1-3), 286-294.
- Puga, R., de León, M.E., & Cruz, R., 1995. Estado de explotación y estructura poblacional de la langosta espinosa *Panulirus argus* en Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 19(2), 41-49.
- Puga, R., de León, M.E., González-Yáñez, A.A. & Baisre, J.A. (2003). Aplicación de un modelo dinámico de biomasa en la evaluación bioeconómica de la pesquería de langosta en Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 23(1), 35-43.
- Puga, R., Hernández-Vázquez, S., López-Martínez, J. & de León, M.E. (2005). Bioeconomic modelling and risk assessment of the Cuban fishery for spiny lobster *Panulirus argus*. *Fisheries Research*, 75(1-3), 149-163.
- Puga R., Piñeiro, R., Capetillo, N., de León, M.E. & Cobas, S. (2009). Caso de estudio 2: Estado de la pesquería de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) y su relación con factores ambientales y antrópicos en Cuba. En: Hernández A. *et al. Evaluación de las posibles afectaciones del cambio climático a la biodiversidad marina y costera de Cuba*. ISBN:978-959-298-017-4. <http://www.redciencia.cu/>
- Ricker, W.E. (1954). Stock and recruitment. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 11, 559-623.
- Salazar-Vallejo, S. (2002). Huracanes y biodiversidad costera tropical. *Revista de Biología Tropical*, 50(2), 415-428.
- Silberman, J.D., Sarver, S.K. & Walsh, P.J. (1994). Mitochondrial DNA variation and population structure in the spiny lobster, *Panulirus argus*. *Marine Biology*, 120, 601-608.
- Whale, R.A. (2003). Revealing stock-recruitment relationships in lobster and crabs: is experimental ecology the key? *Fisheries Research*, 65, 3-32.