



El Colegio de la Frontera Sur

Análisis bioeconómico de la pesquería de
langosta espinosa, *Panulirus argus*, de Belice

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

Biol. Adriel Enrique Castañeda Xiu

2009

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi esposa, Adita, e hijos, Lissel y Ediel, por tener la paciencia para soportar mi ausencia durante la maestría, además del cariño, amor y comprensión que me brindan. A ustedes porque son la motivación en mi vida.

También le dedico este trabajo a mis padres, Anastacio y Clara, por su cariño y apoyo incondicional y por plasmar en mí los valores y principios morales para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos Jorge, Noemí y Omir y sus familias por estar allí por mí en todo momento.

A mi suegra, Lorenza, por su apoyo constante.

Al Divino Creador por darme esta oportunidad y una gran familia.

AGRADECIMIENTOS

Esta maestría se realizó con el apoyo de una beca de la Secretaría de Relaciones Exteriores del gobierno de México (No. DAC-III-61604305; Expediente: 811.5 (728.2/5983/06)/137). La investigación fue patrocinada por World Wildlife Fund Prince Bernhard Scholarship fund (Agreement No. 9Z0533.01) y el Russel E. Train Education for Nature Graduate Fellowship (Agreement No. RA29).

Mis agradecimientos van dirigidos al Colegio de la Frontera Sur por permitirme cursar la maestría en sus instalaciones y por proveer apoyo logístico durante los muestreos.

Al Dr. Eloy Sosa Cordero por su paciencia y apoyo hasta el final.

A mis asesores: Dr. Juan Carlos Seijo, Dra. Minerva Arce y Dra. Silvia Salas por sus valiosos comentarios, sugerencias y aportaciones para enriquecer esta tesis.

A mi esposa, Adita Castañeda, por su apoyo incondicional durante la colecta de datos. A Shajira Xiu, Omir Castañeda, José (Joseito) Olivares y Aristeo Hernández por su apoyo constante por su amistad y apoyo durante la colecta de datos

A las cooperativas National y Northern por permitirme llevar a cabo los muestreos para esta tesis.

A Edén León (Cooperativa National) y al Sr. Langton Jacobs (Cooperativa Northern) por su hospitalidad y disponibilidad de equipo y facilidades en el área de muestreo.

Al Sr. Eddy Young, pescador, por dejarme ver la pesquería de langosta de Belice a través de sus ojos y por ser como un padre para mí.

A los técnicos del Departamento de pesca: Ramón Carcamo, Jaime Villanueva, James Azueta, Mauro Góngora por apoyarme con información y por su colaboración.

No podría faltar mi más sincero agradecimiento a todos los pescadores de langosta de las Cooperativas Northern y National porque sin su colaboración y cooperación esta tesis no se podría realizar. En especial agradezco al Sr. Silvano Cobb por darme su confianza e indagar por que se me permitan mediciones de langosta en área restringida.

A mis compañeros de la maestría con quienes compartí momentos gratos y memorables: Alex, Baruch, Jaime, Herenia, Heiner, Willy, Elda, Betty, Neydi, Yol, Gustavo (ECOSUR-CAMPECHE), Alfredo y Cande (ECOSUR-VILLAHERMOSA)- ¡GRACIAS!

A Dr. David González Solís por ser un buen maestro y amigo, siempre dispuesto a ayudar.

Mil Gracias a todos aquellos que sin obligación alguna me brindaron su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	2-7
Hipótesis.....	5-6
Objetivos.....	6-7
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LA PESQUERIA.....	7-23
Distribución.....	7
Características del ciclo de vida del recurso.....	8-9
La pesquería.....	10-21
Organización de las cooperativas.....	10-11
Comportamiento de las capturas.....	11-13
Medidas de regulación.....	13-14
Descripción de los artes de pesca.....	14-17
Descripción de la flota.....	17-20
Especies incidentales o de complemento.....	20-21
Antecedentes regionales.....	21-23
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	23-30
Área de estudio.....	23-25
Métodos.....	26
Colecta de datos biológicos.....	26-27
Colecta de datos pesqueros y económicos.....	27-28
Análisis de datos.....	29-30
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	31-44
Aspectos Biológicos.....	34-37
Aspectos Económicos.....	37-44
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	45-50
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50-52
LITERATURA CITADA.....	53-59
ANEXOS.....	60-64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Número de licencias otorgadas a pescadores y embarcaciones 1997-2005.....	10
Tabla 2.	Número de pescadores por cooperativas langosteras.....	26
Tabla 3.	Información del número de entrevistas efectuadas, por tipo de embarcación y tamaño de muestra de tallas de langosta obtenidas durante la temporada 2007-2008.....	31
Tabla 4.	Estadísticos descriptivos de la captura, en Kg. de cola, y esfuerzo por viaje de pesca y tipo de embarcación	33
Tabla 5.	Sumario de estadísticos muestrales de la longitud abdominal (LA) o cola de langosta en mm, obtenidos de muestreos en la temporada 2007-2008.....	36
Tabla 6.	Híperos en USD para viaje de pesca por tipo de embarcación.	38
Tabla 7.	Ingresos brutos en USD para viajes de pesca por tipo de embarcación.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución geográfica de las zonas más importantes para la pesquería de langosta espinosa (<i>Panulirus argus</i>) en las costas del Atlántico.....	7
Figura 2.	Ciclo de vida de la langosta a escala espacial.....	8
Figura 3.	Capturas anuales de langosta, en toneladas métricas (t) de peso entero registradas en Belice de 1977 a 2007.....	12
Figura 4.	Gancho utilizado para la pesca de langosta.....	14
Figura 5.	Trampa o nasa utilizada para la captura de langosta.....	15
Figura 6.	Casita o sombra (hábitat artificial).....	17
Figura 7.	Barcos veleros con motor auxiliar y con capacidad para 8 a 10 pescadores.....	18
Figura 8.	Lancha de fibra de vidrio con motor fuera de borda.....	19
Figura 9.	Número de embarcaciones registradas por tipo y comunidad pesquera	20
Figura 10.	Área de estudio.....	25
Figura 11.	Relaciones peso (g)-longitud de cola (mm) para cada sexo.....	35
Figura 12.	Distribución sumaria de la frecuencia de tallas, expresadas como mm de longitud abdominal (LA).....	37
Figura 13.	Comparación directa de las cuasi utilidades por día y por pescador, en USD, entre velero (1) y lancha (2).....	41
Figura 14.	Cuasi-utilidades/día/pescador en USD por método de pesca.....	43
Figura 15.	Análisis de promedios de variables económicas por arte de pesca.....	44

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.	Hoja de muestreo biológico.....	60
ANEXO 2.	Hoja de captura y esfuerzo, y datos económicos.....	61
ANEXO 3.	Hoja de costos fijos y de mantenimiento.....	62
ANEXO 4.	Tabla de ANOVA de tres vías; cuasi-utilidades en USD/día/pescador.....	63
ANEXO 5.	Tabla de ANOVA de una vía con arte de pesca como único factor.....	64

Resumen

En esta tesis se analizan datos biológicos y económicos de la pesquería de langosta, *Panulirus argus*, de Belice a fin de determinar el desempeño bioeconómico por tipo de embarcación (lancha vs. velero) y el arte de pesca empleado: casitas, trampas o nasas, buceo en hábitat natural. Para ello, durante la temporada 2007-2008, se efectuaron muestreos mensuales en las cooperativas “National Fishermen Producers’ Cooperative” y “Northern Fishermen Cooperative Society”. Se colectaron datos biológicos: longitud abdominal (LA), peso de cola, sexo, estado de las langostas capturadas (muda reciente, hembras grávidas). Se aplicaron entrevistas a los pescadores al entregar sus capturas en instalaciones de las cooperativas, para obtener datos económicos: costos, ingresos y retornos netos por viaje. Se recopilaron además datos diarios de captura-esfuerzo de los registros de capturas por pescador o embarcación, que por obligación llevan las cooperativas ya citadas. La composición de tallas de la captura estuvo dominada por una fuerte presencia de langostas de tallas menores, reclutas jóvenes y preadultos, lo que refleja que la pesca se restringe en aguas someras ≤ 20 m. Esto último está condicionado por los artes de pesca utilizados, ya que varios dependen del buceo libre (snorquel). El análisis puso a prueba dos hipótesis: i) las cuasi-utilidades por viaje son diferentes para lanchas y veleros, y ii) las cuasi-utilidades por viaje son diferentes para los métodos de pesca utilizados en áreas someras. Las cuasi-utilidades en este trabajo fueron calculadas a partir de los costos variables totales; es decir, la diferencia entre ingresos que genera la captura menos los costos variables del viaje de pesca. Se rechazó la primera hipótesis, ya que las cuasi utilidades por pescador y por día de lanchas y veleros fueron estadísticamente similares. La segunda hipótesis fue aceptada, debido a que el uso de nasas produjo mayores cuasi utilidades en comparación con los demás métodos. Se discute la permanencia de los veleros pese a que requieren mayor inversión de capital. Se recomienda evitar incrementos tanto en el número de pescadores como de embarcaciones, en vista de que ambos promueven la disipación de las utilidades por viaje. Se señalan necesidades, a futuro, en investigación y manejo de esta importante pesquería.

Palabras clave: Belice; langosta espinosa; bioeconomía pesquera; arrecife mesoamericano, *Panulirus argus*, pesca artesanal.

Capítulo I

Introducción

Al inicio del siglo 21, las pesquerías marinas mundiales se encuentran en estado de crisis (Pauly y Zeller, 2003; Defeo y Castilla 2005; Clark, 2006) según reportan numerosos reportes (FAO, 2004; 2006; 2008) y revisiones de expertos (Pauly *et al.*, 2002; Pauly, 2009). Aún así, persisten esfuerzos colectivos dirigidos a introducir gradualmente nuevas estrategias de manejo que reconozcan las realidades biológicas y económicas de la industria pesquera (Clark, 2006). La valoración de los recursos ambientales y naturales se ha convertido en asunto relevante que atrae la atención de investigadores en esta área del conocimiento (Sumaila, 2004; Alban *et al.*, 2006). Sin embargo, con frecuencia la evaluación de los recursos pesqueros enfrenta complejidades (Berkes, 2003; García y Charles, 2007; 2008) que dificultan su análisis (Arceo, 1991; Cotter *et al.*, 2004; Salas y Gaertner, 2004; Salas *et al.*, 2004;) y por consiguiente tienen implicaciones importantes para el manejo del recurso (Berkes, 2003; García y Charles 2007; 2008). Estas complejidades incluyen desde aspectos biológicos del recurso, cuestiones relacionadas con la dinámica de la flota (Charles, 1995), diversidad de artes de pesca, tipos de embarcación (Arceo, 1991) cuestiones sociales, económicas, ambientales, físicas entre otros (Dudley, 2003); todos vinculados entre sí (Charles, 2001; García y Charles 2008).

De acuerdo con Charles (2001) las pesquerías se consideran sistemas formados por tres componentes: natural, humano y manejo. Por su misma conformación interna y las interacciones entre los componentes, los sistemas pesqueros tienen comportamiento dinámico y complejo. La complejidad surge también debido a que en las pesquerías la economía, biología y sociología se mantienen como ciencias separadas en el proceso de manejo (Charles, 1995; Ward, 2000). Lo anterior requiere que el manejo sea un proceso que busque la integración de la biología y ecología de los recursos con los factores socio-económicos e institucionales que afectan el comportamiento de los usuarios y responsables de su administración (Seijo *et al.*, 1997). En suma, es necesario considerar la ciencia pesquera como el estudio inherentemente multidisciplinario del sistema pesquero (Charles, 1989; 1995; 2001; Roughgarden, 1998; García y Charles, 2007; 2008).

Primero los biólogos, después los economistas, han intentado resolver el problema de cómo llevar a cabo una actividad económica extractiva que mantenga los recursos marinos en buenas condiciones. La combinación de estos aspectos surgen hasta mediados del siglo 20 (Charles, 1995), a partir de los modelos bioeconómicos de administración pesquera de los trabajos pioneros de Gordon y Schaefer (Eggert, 1998).

El diseño y aplicación de modelos bioeconómicos buscan determinar la manera óptima de aprovechar una pesquería a lo largo del tiempo; es decir, Estos modelos intentan explicar la relación entre tasa de reproducción de un recurso vivo, el esfuerzo pesquero como costo y su relación con las capturas –expresadas como ingresos resultantes de su venta. Es así que la economía ayuda a explicar la magnitud del interés económico de la explotación pesquera; cómo este incentivo lleva al hombre a utilizar el recurso, perfeccionando sus técnicas de captura, transporte y conservación. Además, es útil para entender cómo y porqué el uso del recurso tiene una evolución determinada (Seijo *et.al.*, 1997), considerando que la escasez del recurso es un factor significativo, ya que en su ausencia es irrelevante quién y/o cómo se utiliza el recurso (Clark, 1981).

En Bioeconomía, se combinan tanto la biología y la economía de modo que los rendimientos de la pesquería se expresan en términos monetarios en vez de volumen (peso) de biomasa. De esta manera, incrementar el esfuerzo representa aumentar los costos totales ligados al mismo. Por lo tanto, cuando el esfuerzo pesquero es bajo y la biomasa elevada, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es alta y las ganancias son también altas, hasta alcanzar el punto de máximo rendimiento económico (MRE). Conforme aumenta el esfuerzo pesquero y decae la biomasa, disminuyen en consecuencia el rendimiento y las ganancias, porque aumentar el esfuerzo implica costos adicionales no correspondidos con incrementos en las capturas. Eventualmente, los costos aumentan hasta el punto en que suprimen las ganancias. En teoría, una pesquería administrada para obtener el MRE, es por tanto administrada de manera biológicamente conservacionista. No obstante, en realidad la complejidad del recurso, naturaleza y comportamiento de los usuarios, dificultan definir el punto de MRE, así

como el correspondiente tamaño de biomasa y rendimiento máximo sostenible (Muller, 2005; Knowler, 2002).

Un recurso muy apreciado y de alto valor económico que presenta varias complejidades que dificultan su administración es la langosta espinosa del Caribe, *Panulirus argus*. Las langostas espinosas o de roca son un recurso marino que destaca por su alta demanda en los mercados internacionales y locales –asociados al turismo. Por razones sociales y económicas, tales como el número de pescadores dedicados a su captura y su valor como producto de exportación, la langosta es el principal recurso pesquero y sostiene una pesquería valiosa en toda su área de distribución, desde Bermuda y Carolina del Norte hasta Río de Janeiro, Brasil (Cruz y Adriano, 2004) incluyendo las costas del Caribe Mexicano (Sosa-Cordero, 2003) y Belice (Góngora, 2006). La relevancia de este recurso está en función de la combinación precio-volumen de captura que resulta económicamente atractiva para numerosos habitantes de la región que participan en la captura y comercialización (Sosa-Cordero y Ramírez-González, 1999).

Así, este recurso ha estado sometido a intensa explotación a lo largo de la región Atlántico centro occidental, que FAO denomina región 31 a cargo de la COPACO (Comisión de Pesca para el Atlántico Centro-Occidental; WECAFC, por sus siglas en inglés). Ante la elevada presión de pesca sobre el recurso langosta en esta región, por iniciativa de FAO-COPACO y el apoyo de varias organizaciones, en la última década se celebraron cinco talleres regionales; el primero en Belice en 1997, el segundo y tercero en México en 1998 y 2000 (WECAFC, 2001), seguidos de dos más en Cuba y México (WECAFC, 2003, 2007). En la región del Arrecife Mesoamericano (México, Belice, Guatemala y Honduras); el tercer productor de langosta es Belice con 800 toneladas (peso entero) al año y un ingreso anual cercano a 6 millones de dólares estadounidenses (WWF, 2006). En Belice, esta pesquería domina el escenario de la pesca artesanal debido a que aporta el mayor ingreso para los más de 2000 pescadores registrados y mas de 100 empleados en las plantas procesadoras (Villanueva, 2008).

De acuerdo a evaluaciones recientes, en Belice el recurso langosta *Panulirus argus* está plenamente explotado; ya que pese a los incrementos en esfuerzo de pesca, las capturas se han mantenido estables (Medley *et al.*, 2004; León 2007). Recientemente fue aplicado un modelo de depleción para representar el comportamiento del recurso en cinco temporadas sucesivas, 2000-2001 a 2004-2005, a partir del cual se estimaron las tasas de mortalidad por pesca F con valor promedio de 0.70 por año (Medley *et al.*, 2004; Góngora 2006).

La relativa escasez de series históricas de datos sobre captura, esfuerzo y composición por tallas de las capturas (Huitric, 2004, 2005; WECAFC, 2001), ha impedido la evaluación del recurso langosta en Belice a través de modelos cuantitativos más elaborados. Esta misma situación de escasez de datos explica la ausencia de análisis bioeconómico en esta pesquería. En vista de la importancia del recurso langosta en Belice, cobra interés desarrollar un primer análisis bioeconómico de esta pesquería. Las observaciones y estadísticas proporcionarán evidencia de cambios importantes en el entorno social, biológico, económico y tecnológico que determinan el comportamiento y trayectoria de esta pesquería. De ahí la relevancia de su evaluación bioeconómica, que aportará bases para hacer recomendaciones a los sectores participantes en la pesquería, tanto a las autoridades del gobierno como a los mismos pescadores, todo esto con el propósito de conservar el recurso y mantener la pesquería viable en términos sociales y económicos.

Hipótesis

1. Entre los tipos de embarcación que utilizan los pescadores de langosta en Belice:
 - i) lanchas con motor fuera de borda y ii) veleros, se registran diferencias significativas en cuasi-utilidades por viaje de pesca. Hipótesis de heterogeneidad en retornos por tipo de embarcación. Corolario: tiende a dominar numéricamente el tipo de embarcación que permite obtener mayores retornos (ingresos-costos).
2. Entre los métodos usados en Belice para pescar langosta en la laguna arrecifal:
 - i) buceo en hábitat natural, ii) buceo en casitas cubanas (sombras), y iii) trampas

o nasas, existen diferencias en las cuasi-utilidades por viaje de pesca. . Hipótesis de heterogeneidad en los retornos por método de pesca en aguas someras.

Objetivo General

Desarrollar un análisis bioeconómico de la pesquería de langosta en Belice, dirigido a determinar el desempeño bioeconómico discriminado por tipo de embarcación y métodos de pesca empleados por la flota artesanal del país.

Objetivos Particulares

1. Describir la situación actual de la pesquería de langosta en Belice, a partir de la revisión de reportes y publicaciones disponibles; junto con observaciones obtenidas en muestreos mensuales durante la temporada 2007-2008 en las dos cooperativas más importantes de Belice.
2. Obtener información de los costos e ingresos por embarcación con base en entrevistas a los pescadores en instalaciones de las dos cooperativas más importantes de Belice. Discriminar esta información por tipo de embarcación servirá para poner a prueba la primera hipótesis.
3. Comparar los costos e ingresos asociados a métodos de pesca alternativos empleados en áreas costeras, tales como trampas, buceo libre con gancho en hábitat natural y en casitas cubanas. Esto como paso necesario para poner a prueba la segunda hipótesis.

Para alcanzar el objetivo general y los objetivos particulares –que incluyen las hipótesis que serán puestas a prueba, fueron desarrolladas las actividades siguientes: i) Revisión de literatura sobre la biología y pesquería de la langosta *Panulirus argus*; ii) Muestreos mensuales en las dos cooperativas más importantes de Belice, en los que fueron colectados datos biológicos: mediciones de talla, peso, determinación de sexo, estado de las langostas capturadas (muda reciente, hembras grávidas); iii) elaboración de las distribuciones mensuales de frecuencias de la talla de langostas capturadas en la temporada 2006-2007; iv) Aplicación de entrevistas a los pescadores cuando entregaban sus capturas en instalaciones de las cooperativas, a partir de lo cual fueron

colectados mensualmente datos de tipo económico: costos, ingresos y retornos por viaje de pesca para cada embarcación muestreada; v) Recopilación de datos diarios a partir de los registros de las capturas entregadas por pescador o embarcación, que obligatoriamente hacen las dos cooperativas más importantes de Belice.

Capítulo II

Descripción de la pesquería

Distribución

La langosta espinosa, *Panulirus argus* (Latreille, 1804), tiene amplia distribución en el área 31 de la FAO o región Atlántico Centro Occidental (Fig. 1) Este crustáceo puede alcanzar 40 cm de longitud total y en su etapa adulta habita arrecifes de coral a profundidades de 3 a 55 metros.



Figura 1. Distribución geográfica de las zonas más importantes para la pesquería de langosta *Panulirus argus* en las costas del Atlántico adaptado de Cruz *et al.* (1990).

Características del ciclo de vida del recurso

La langosta, tiene un ciclo de vida complejo (Fig. 2) el cual incluye cinco fases: huevo, larva (filosoma), poslarva (puerulo), juvenil y adulto (Marx y Herrnkind, 1986). El ciclo de vida inicia con el apareamiento de los adultos maduros, de 78 mm a 81 mm de longitud de carapacho (LC) (Cruz y León, 1991) aunque en el Caribe Mexicano, las hembras alcanzan la madurez sexual entre los 75 mm y 80 mm LC (Fonseca-Larios y Briones-Fourzán, 1999; citado en Briones-Fourzán *et al.*, 2006). En el apareamiento, el macho adhiere a la hembra la espermateca-un paquete o parche de esperma envuelto en una sustancia cementante. Luego, la fecundación ocurre cuando las hembras rompen la espermateca liberando los gametos que fecundan los huevos de la hembra, que permanecen fijados a los pleópodos hasta el momento de desove. Por lo regular las hembras grávidas desovan en áreas arrecifales profundas donde encuentran condiciones apropiadas de refugio, calidad de agua y transporte larval por corrientes (Kanciruk y Herrnkind citado en Marx y Herrnkind, 1986).

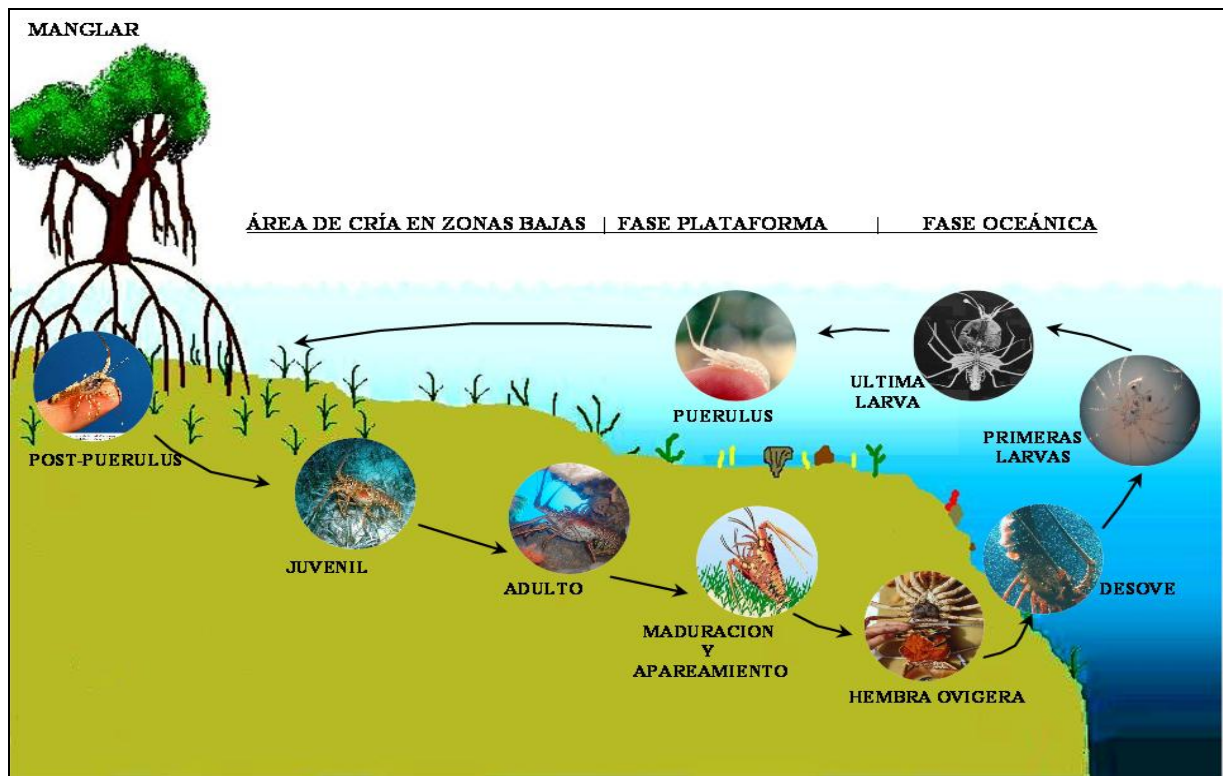


Figura 2. Ciclo de vida de la langosta a escala espacial, adaptado de Cruz *et al.* 2002.

La fecundidad es influenciada por factores como la talla de la langosta de ambos sexos. Butler y MacDiarmid (1999) mostraron que en *Panulirus argus* además de que el tamaño del macho afecta el área espermatofora, el macho también varía la cantidad de esperma según el tamaño de la hembra. La fecundidad reproductiva varía directamente con el tamaño de la hembra (Marx y Herrnkind, 1986) y pueden ser afectados por la intensidad del esfuerzo pesquero (Lyons *et al.*, 1981). La producción de huevos varia entre 25000 a mas de mil huevos en cada desove (Miller *et al.*, 2007) con el tamaño promedio de cada huevo de 0.5 mm en diámetro (Marx y Herrnkind, 1986). Después que los huevos son liberados, la langosta empieza su vida como una larva filosoma: diminuta, plana y transparente excepto por el pigmento ocular. Las filosomas se dispersan en el océano, donde se alimentan de plancton y pasan por once etapas o fases en un período de 6-12 meses. Luego de metamorfosis sucesivas, las filosomas se transforman en poslarvas o puerulos, los cuales migran hacia la costa, donde se asientan en sustratos de estructura compleja, preferentemente cubiertos de algas rojas del género *Laurencia* (Marx y Herrnkind 1986). Los puerulos cambian a juveniles dentro de los 10 días posteriores a su asentamiento (Cruz, 2002). Después del asentamiento, los juveniles crecen y se alimentan cerca de sus refugios en áreas someras (Cruz, 2002); sólo a partir de los 15-45 mm LC de talla sobreviene un cambio en comportamiento, de solitarios a gregarios, y aumenta el nomadismo de los individuos, que entonces salen en busca de grietas, huecos en rocas o corales y esponjas (Butler y Herrnkind, 1997 citado en Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez 2001; Marx y Herrnkind 1986, Cruz, 2002). En Cuba, las langostas se reclutan a las áreas de pesca entre marzo y mayo, al alcanzar una talla de 76 mm LC (Cruz *et al.*, 1986 b citado en Cruz *et al.*, 2002). La langosta *P. argus* del Caribe y Golfo de México constituye una metapoblación (Seijo, 2007). Esto se debe a la migración de langostas adultas a través de fronteras geopolíticas y también debido a que el ciclo de vida de la langosta incluye una larva planctónica con duración entre ocho y once meses sujeta al transporte por corrientes oceánicas, que las dispersan a través de fronteras y ocasiona que sea un recurso compartido por varios países (Seijo, 2007; WECAFC, 2007)

La pesquería

Históricamente los pescadores beliceños únicamente han estado activos en el área 31 de la FAO, lo que es indicativo de dos características de la pesquería de Belice: i) el predominio de operaciones pesqueras de tipo artesanal; y ii) la dependencia estrecha respecto de sus propios recursos costeros-arrecifales (Gillet, 2003). Además, debido a lo somero de las aguas frente a la costa, con presencia de numerosos arrecifes y cayos, no existen flotas de tipo industrial en la explotación de langosta.

De acuerdo con estadísticas del Departamento de Pesca de Belice, en 2007 había 2110 pescadores con licencia y 593 embarcaciones registradas (Tabla 1). Las licencias de pesca no son específicas para una especie sino que permiten al pescador capturar múltiples especies. Las licencias de pesca son otorgadas por el Departamento de Pesca; mientras que las licencias para las embarcaciones se obtienen con la Capitanía de Puerto (Belize Port Authority). Cabe mencionar que las licencias de pesca y las licencias a las embarcaciones no tienen concordancia, ya que las licencias otorgadas a las embarcaciones no limitan ni controlan para nada la actividad pesquera, solamente responden a las cuestiones marítimas.

Tabla 1. Número de licencias otorgadas a pescadores y embarcaciones 1997-2005 (Villanueva 2008).

Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Número de Pescadores	1359	1718	2137	1872	1707	1947	2009	1731	2026	2131	2110
Número de Embarcaciones	977	759	728	750	608	708	689	621	652	653	593

Organización de las cooperativas

En Belice, la pesca comercial y exportación de langosta comenzó con la introducción de jamos de mango alargado en 1915 (Price, 1987), un arte usado también al comenzar la pesquería en Cuba y México –donde es llamado “chapingorro”; de igual manera alrededor de 1921 el Capitán Frank Foote introdujo las trampas. En ese entonces, el pescador recibía sólo 1 centavo beliceño por libra de cola de langosta; aunque después aumentó a 5 centavos (Craig 1966). Debido a descensos de la captura, problemas para hallar un mercado estable y satisfacer las exigencias económicas de los pescadores, la

industria no pudo establecerse adecuadamente. Fue hasta 1950 que se construyeron instalaciones para procesamiento y congelado del producto, lo que permitió su aprovechamiento todo el año. Para 1957, el área de pesca se extendió desde unos cuantos kilómetros de la costa de San Pedro y Cayo Caulker hasta el Atolón Turneffe. La introducción de equipo para buceo libre (snorquel) y motores fuera de borda permitió que los pescadores explotaran áreas vírgenes más lejanas y profundas que proporcionaron una alta producción (Huitric 2005).

En 1960 se originan las cooperativas pesqueras en Belice a partir del interés de 36 pescadores pioneros. Estos pescadores de la comunidad de Cayo Caulker, fundaron la cooperativa “Northern Fishermen Cooperative Society” en la ciudad de Belice (Northern Fishermen Cooperative Society, 2007) con el propósito de incrementar sus ingresos al evitar intermediarios que exportaban langosta. A mediados de 1960 se estableció la segunda cooperativa “National Fishermen Producers’ Cooperative” (Huitric, 2005). Para 1962 los pescadores residentes de Placencia formaron la cooperativa “Placencia Producers’ Cooperative Society” (Key, 2002) y en 1963 los pescadores de San Pedro fundaron la “Caribeña Producers’ Cooperative Society”. Aun cuando se formaron otras cooperativas, sólo persistieron las cuatro organizaciones mencionadas anteriormente.

La fundación de las cooperativas pesqueras en Belice fue un éxito de la acción colectiva para aumentar la equidad en la industria exportadora de langosta y lograr mejores precios para los pescadores. En 1965 se aprobó en Belice una ley que concedía cuotas para la exportación de langosta únicamente a las cooperativas (Price, 1987), lo que impidió que extranjeros participaran en la exportación de producto pesquero y aseguró que los ingresos permanecieran en el país. Desafortunadamente, una consecuencia de esto fue la entrada masiva, sin control de pescadores cooperativados e independientes, lo que causó problemas de lealtad al interior de las cooperativas (Craig, 1966; Huitric, 2004).

Comportamiento de las capturas

En Belice la langosta se comercializa en dos presentaciones: cola fresca o congelada, y carne de cabeza. Los desembarques históricos de langosta en Belice entre 1977 y 2008 (Fig. 3) exhiben una alta variabilidad interanual posterior al pico registrado en 1981, con una captura de 1021 toneladas de peso entero. Los picos y valles (Fig. 3), sugieren un patrón cíclico en la producción con dos o tres años de buenas capturas seguidos de una baja, que pudiera deberse a bajo reclutamiento larval (Price, 1987). Las mayores capturas se alcanzaron en los años 1981-1985. Más recientemente, de 2004 a 2006 se observa una disminución en las capturas anuales. En general, las capturas anuales de langosta se mantienen relativamente estables alrededor de un promedio de 728 toneladas métricas de peso entero (Góngora, 2006).

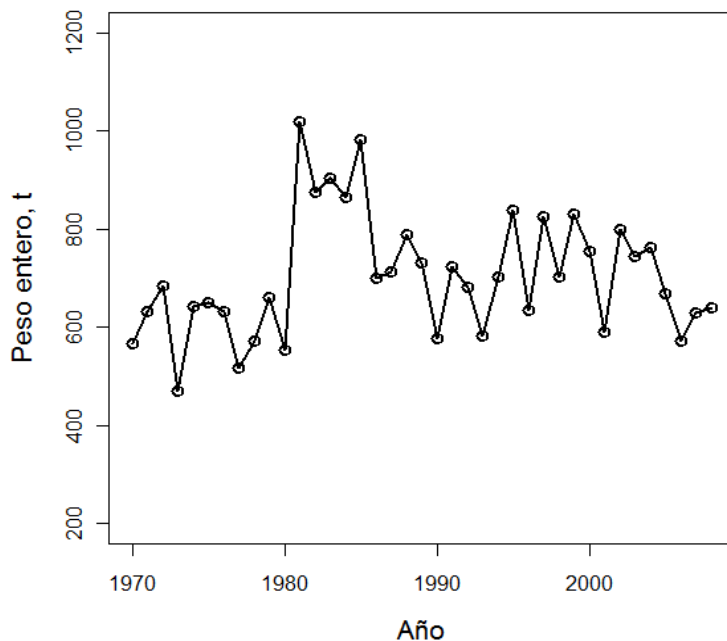


Figura 3. Capturas anuales de langosta, en toneladas métricas (t) de peso entero, registradas en Belice de 1970 a 2008. A partir de 1977, el Departamento de Pesca de Belice ha estado a cargo del registro de las capturas (Villanueva, 2008).

Góngora (2006) cita el análisis de Medley *et al.* (2004), quienes señalan que las capturas de langosta son estables, aunque los altos valores de mortalidad por pesca F

obtenidos, (F -promedio= 0.70), sugieren que el recurso langosta soporta una tasa de explotación E , (E -actual= 0.66), superior al nivel recomendado (E = 0.50). No obstante, se ha descartado que el recurso esté sobreexplotado, bajo el argumento de que las fluctuaciones de la captura anual reflejan sólo las variaciones anuales en reclutamiento; sin mostrar señales de una baja sostenida en las capturas (Medley et al., 2004). El estudio también indica que la captura por unidad de esfuerzo sigue un patrón descendente durante la temporada, con los valores más altos (junio), al comenzar la temporada, seguido por un decaimiento gradual hacia finales de la temporada (mediados de febrero del siguiente año). Además, se nota una pequeña recuperación de septiembre a noviembre, asociada quizás a un segundo reclutamiento de menor magnitud.

Medidas de regulación

De acuerdo con la norma oficial “Fisheries Act” (2000), las actuales regulaciones que rigen el manejo de la pesquería de langosta en Belice son las siguientes:

1. No se permite que una persona capture, compre, venda o tenga en posesión langosta:
 - a. Si el largo del caparazón es menor que 74 mm (3 pulgadas) o peso de la cola menor de 113.4 g (4 onzas).
 - b. Entre el 15 de febrero y el 14 de junio, inclusive en cualquier año.
 - c. Grávidas o con parche.
 - d. Con los huevos o parche que hayan sido eliminados.
 - e. En muda o con el caparazón suave.
 - f. Fileteada, cortada en cubitos (cola), excepto bajo permiso especial otorgado por el administrador de pesca.
2. Sin contradecir lo mencionado en la disposición anterior:
 - a. Se permite, bajo permiso especial otorgado por el ministro, la captura de langostas con largos de caparazón menores a 74 mm para propósitos de acuacultura.
 - b. Langostas grávidas pueden ser capturadas en aguas beliceñas para propósitos de acuacultura, bajo permiso especial otorgado por el ministro.

3. Ninguna persona deberá eliminar de las hembras, los huevos, el parche o pleópodos que sostienen los huevos.
4. Ninguna persona deberá capturar crustáceos en muda.
5. No se permite la pesca (incluyendo langosta) en aguas beliceñas con uso de equipo SCUBA, explosivos, venenos o con compresor.
6. Ninguna persona, con el propósito de capturar langosta, deberá usar trampas u otro artefacto construido con red o alambre en cualquier área a una distancia menor de un kilómetro de la barrera arrecifal.

Además de las regulaciones arriba mencionadas, se requiere que las cooperativas vendan al mercado local el 5% de la langosta procesada.

Descripción de los artes de pesca

La captura de langosta se efectúa con varios métodos y artes de pesca: trampas de madera, casitas cubanas y buceo libre con gancho –llamado “hook stick” en Belice (Fig. 4).

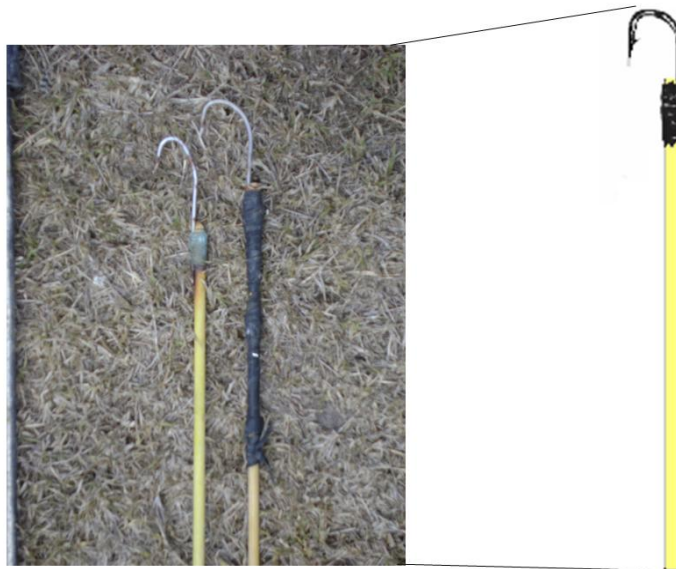


Figura 4. Gancho utilizado para la pesca de langosta mediante buceo libre en hábitat natural y en refugios artificiales. Es hecho de una barra redondeada de madera a la que se le ata un anzuelo. Mide entre 0.80' a 1.20 m de largo total.

Las trampas o nasas (Fig. 5) fueron introducidas en 1921 por pescadores de Cayo Caulker a instancias de Frank Foote, capitán canadiense (Craig 1966). Las trampas usadas actualmente son una modificación del diseño original, y están construidas casi totalmente de material natural.



Figura 5. Trampa o nasa utilizada para la captura de langosta en áreas someras

Estas trampas se construyen de piezas de madera obtenida de una palma local *Coccothrinax* sp., llamada “tasiste” en México o “pimenta” en Belice, reforzada con madera dura de preferencia Santa María (*Calophyllum* sp.) y clavos galvanizados para formar el cuadro trapezoidal. Las langostas se extraen por una puerta movable colocada en la parte superior de la trampa. La construcción de trampas nuevas y reparación de trampas viejas (dañadas) se hace durante el periodo de veda de langosta (15 febrero-junio 14), aunque si se requiere se hacen reparaciones menores a lo largo de la temporada. El costo de madera de palma varía de \$4.50 a \$7.00 USD por fardo de 50 tiras. Se requieren dos fardos para tres trampas (Eddy Young, 2007 com. personal). Por tanto el precio unitario por trampa varía de entre \$ 30.00 y \$ 38.00 US dependiendo del precio del material de construcción. La vida funcional promedio de una trampa se estima en 1.5-2.5 años, según el tipo de fondo donde son caladas o la madurez del

“tasiste”. Comparado con otros tipos de madera, la palma es más resistente al ataque de organismos marinos. Sin embargo, pese a su resistencia, las trampas sufren daños por tormentas y fauna marina como delfines, tortugas caguamas y tiburones gata. Además, es común que las trampas sean revisadas por pescadores que no son sus dueños; estos infractores suelen cambiarlas de lugar, lo que ocasiona su pérdida.

Para los pescadores, es importante que las trampas sean curadas o remojadas (“soak”) antes de que sean caladas en las áreas de pesca. Se cree que las langostas no entran a la trampa a menos que ésta pierda su “olor a nuevo” (Craig, 1966); pero remojar la trampa también ayuda a su hundimiento y permanencia en el fondo. Antes de ser caladas, a las trampas se les introducen una a dos rocas, conchas de caracol grandes o bloques de concreto, para asegurar que permanezcan en el fondo. Algunos pescadores usan cuero de res como carnada. Frecuentemente, para prevenir el robo de trampas o producto, las trampas no son marcadas con boyas; su localización requiere memorizar el sitio de calado. Esto se hace por una combinación de dos mecanismos: i) usar como referencia puntos de la costa, balizas o incluso islotes de manglar; ii) conocer el área y fondo donde se calan las trampas: formas de parches de vegetación submarina (pastos y sargazo), arenales o blanquizales peculiares. Las trampas son recuperadas usando una barra larga, obtenida del manglar, con un gancho en el extremo para fijar la trampa y traerla a bordo de la embarcación.

Las casitas cubanas o sombras, llamadas “shade” en Belice (Fig. 6), se construyen de diversos materiales. Los pescadores emplean troncos de mangle para el cuadro principal, encima del cual colocan láminas de zinc galvanizadas como recubrimiento. En vez de láminas, se usan tambos de metal, neumáticos o techos de cabinas de autobuses y autos pequeños. Algunos pescadores empiezan a usar hábitats artificiales de concreto, luego de visitar Punta Allen, una comunidad langostera de Quintana Roo, México (Sosa-Cordero *et al.*, 2008). Entre los pescadores hay quejas de que las tortugas caguamas mueven las sombras y ahuyentan las langostas (Cobb S., 2007 com. personal).



Figura 6. Casita o sombra, hábitat artificial usado como arte de pesca que concentra langostas para su posterior captura por buceo libre y gancho. La base se construye de troncos de madera, sobre ella se fija como recubrimiento una placa de concreto, lámina u otro material (Fuente: Departamento de Pesca de Belice).

Descripción de la flota

Las embarcaciones que utilizan los pescadores en la captura de langosta son de dos tipos: **a)** barcos veleros y **b)** lanchas de fibra de vidrio con motor fuera de borda (Villanueva, 2008). Los veleros (Fig. 7) se introdujeron en 1919 provenientes de Cuba (Craig, 1966, 1968). Estos barcos de casco de madera están equipados con un motor auxiliar fuera de borda de 40 HP. Los veleros tienen capacidad para transportar ocho canoas y diez buzos aproximadamente; además están equipados con neveras permanentes para preservar su producto den 6 a 10 días durante el viaje (Góngora 2006). Por lo regular, la duración del viaje de un velero depende de la duración del hielo en las neveras, la magnitud de las capturas, condición del tiempo y la provisión de alimento

Las lanchas (Fig. 8), en su mayoría fabricadas en México y Guatemala, son de fibra de vidrio y su tamaño varía de 5,5 a 7,9 m de eslora; tienen motores fuera de borda entre 15 a 115 HP, de dos o cuatro tiempos. Los motores fuera de borda se introdujeron en los 80's, lo que facilitó el acceso a áreas pesqueras más distantes e intensificó el trampeo: un mayor número de trampas podían ser revisadas en menos tiempo (Huitric, 2005).



Figura 7. Barcos veleros con motor auxiliar y con capacidad para 8 a 10 pescadores.



Figura 8. Lancha de fibra de vidrio con motor fuera de borda.

La flota se compone de aproximadamente 492 lanchas (82.6%) y 104 veleros (17.4%), según estadísticas del Departamento de Pesca de Belice. El número de embarcaciones de cada tipo varía por comunidad. En la Figura 9, se nota que las lanchas son más numerosas que los veleros y se concentran sobre todo en la ciudad de Belice. Los veleros por otro lado, en su mayoría se concentran en Sarteneja, poblado del norte de Belice, lejos de las áreas de pesca, por lo que utilizan los veleros por su mayor autonomía, para explorar las áreas más productivas del centro y sur del país incluyendo los atolones. Los pescadores fondean sus veleros en la ciudad de Belice y regresan en autobús a su poblado después de cada viaje, ya que en velero el viaje sería más costoso y tardado (casi 12 horas). Los viajes largos a los poblados del norte (Sarteneja,

Copper Bank y Chunox) sólo se hacen cuando la embarcación necesita reparación o mantenimiento en tiempo de veda o cuando hay amenaza de ciclones.

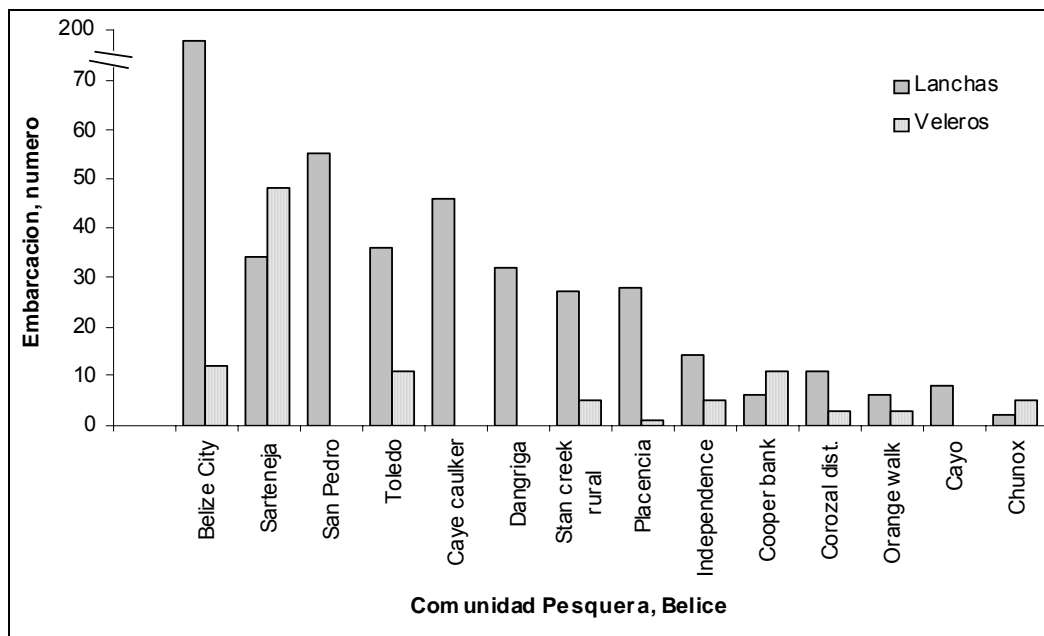


Figura 9. Número de embarcaciones registradas por tipo y comunidad pesquera.

Especies incidentales o de Complemento

Aunque la mayoría del esfuerzo pesquero está dedicado a la langosta, también son explotadas otras especies como captura incidental o complemento, que son procesadas para exportación o venta al mercado local. Estas especies son el caracol rosado (*Strombus gigas*), meros (*Epinephelus* spp. y *Mycteroperca* spp.), pargos (*Lutjanus* spp. y *Ocyurus* spp.), boquinete (*Lachnolaimus maximus*), sierra (*Scomberomorus cavalla*), barracuda (*Sphyraena barracuda*), así como jureles y palometas (*Alectis*, spp., *Caranx* spp., y *Trachinotus* spp.). En 2004, la exportación de peces (escama) fue valorada en \$5.3 millones de dólares beliceños (FAO, 2005).

El mayor porcentaje de la captura de peces se comercializa en el mercado local (restaurantes, hoteles); y sólo una parte se entrega a las cooperativas en forma de filete, una presentación que no tiene alto costo de procesamiento. Por tanto, buena parte de los desembarques de pescado entero no son reportados, debido a que las cooperativas no aceptan capturas de peces enteros con escama, a menos que sea un

volumen considerable cuyo procesamiento sea rentable, porque es económicamente inviable procesar pequeñas cantidades (Villanueva, 2006). Las especies capturadas para consumo local incluyen roncós o “chac chíes” (Haemulidae), robalo (Centropomidae), lisa (Mugilidae) y sábalo (Megalopidae). Existen además pesquerías de tiburón y cangrejo, aunque su producción no es constante, por lo que esta actividad no ha sido monitoreada regularmente (FAO, 2005). Cabe mencionar que gran parte de las capturas de la pesca artesanal y deportiva (turismo) no es reportada (Gillet, 2003).

Antecedentes regionales

En México se han hecho estudios bioeconómicos de la pesquería de langosta *Panulirus argus*. En particular, Seijo *et al.* (1991) efectuaron un análisis bioeconómico comparativo de la pesquería de langosta de la plataforma continental de Yucatán. Recopilaron datos mediante muestreos biológicos y económicos de la pesquería en siete puertos de la península de Yucatán, de lo que obtuvieron rendimientos netos por embarcación derivados de diferentes artes de pesca. Según su análisis, el método con mayores retornos fue la pesca con trampas, no obstante, también fue el método con mayores costos de operación implicando mayores costos totales anuales. Las redes obtuvieron retornos semejantes, con menores costos de operación; aunque este método se aplica para aprovechar la migración invernal de langosta y su uso se restringe al corto plazo. El buceo arrojó rendimientos más bajos, que variaron dependiendo del lugar. Finalmente, con los hábitats artificiales (casitas), de costos de operación intermedios, se obtuvieron los mayores retornos netos en las áreas parceladas de Punta Allen.

Entre otros estudios sobre langosta se encuentra el llevado a cabo por Salas *et al.* (1991), quienes analizaron la variabilidad de la asignación del esfuerzo de la flota artesanal sobre diferentes especies objetivo a lo largo de la temporada de pesca de langosta 1987-1988 en tres puertos de la plataforma de Yucatán. Estos autores notaron una estacionalidad en la captura de langosta con excepción de Punta Allen, donde se utilizan hábitats artificiales, con el mayor número de días dedicados a la captura de langosta. Salas *et al.* (2004) utilizan datos de captura por especie y pescador para

identificar factores que influyen en las decisiones del pescador al seleccionar especies objetivo a corto plazo. Sus resultados indican que los pescadores no actúan al azar, sino que consideran información sobre la disponibilidad del recurso y los ingresos generados de viajes anteriores antes de seleccionar o cambiar de objetivo.

Seijo *et al.* (2005) llevaron acabo un estudio bioeconómico para la temporada 2005-2006 cuya meta fue el análisis comparativo de la pesquería de langosta en la plataforma de Yucatán y Quintana Roo, lo que corresponde también a una actualización del primer estudio efectuado en la temporada 1986-1987. Más recientemente, Torres (2008) analizó las operaciones de pesca de la langosta en dos puertos: Progreso, Yucatán e Isla Mujeres, Quintana Roo durante la temporada 2005-2006. En este trabajo se desarrollaron también funciones de producción para los métodos de pesca alternativos que emplean los pescadores de langosta en ambos puertos. Según este autor, la tendencia de las capturas fue bimodal tanto en Progreso como en Isla Mujeres, debido principalmente al impacto de diferentes métodos de pesca que inciden sobre diferentes componentes de la población de langosta; además de los efectos del clima que fortalecen las capturas a escalas espaciales y temporales. En Isla Mujeres hubo una correlación positiva entre la captura y las variables viaje de pesca y días de pesca para los métodos empleados; a diferencia de Progreso donde la correlación de los viajes de pesca sólo fue positiva con la captura mediante el uso de trampas. El Estudio indica que no hubo correlación entre las capturas y el uso del compresor. La captura por unidad de esfuerzo fue menor cuando se usó compresor que con trampas. Las flotas de ambos puertos se benefician de la captura de escama. En Isla Mujeres el número de tripulantes fue factor significativo con el método de buceo mientras que la variable profundidad sólo resultó ser factor significativo con el uso de trampas. Por otro lado, el número de tripulantes con el uso de trampas tuvo efectos significativos para la flota de Progreso y el tiempo de pesca fue factor significativo para la pesca con trampas en ambos puertos.

En los últimos cinco talleres organizados por la FAO en la región a cargo de la COPACO (WECAFC por sus siglas en inglés) hubo esfuerzos por desarrollar análisis

bioeconómico de la pesquería de langosta por país y subregión. Esto fue basado en agrupamientos hipotéticos hechos en los primeros talleres de 1997 y 1998, a partir de la naturaleza de las plataformas costeras y las corrientes prevaecientes en el área (FAO, 2001). En el grupo II: Centro Norte, formado por Cuba-SW, México y Belice, éste último aún no cuenta con análisis bioeconómico. El avance ha sido lento principalmente por la ausencia o escasez de datos. Debido a la importancia y utilidad de los trabajos bioeconómicos para la región, es de mi interés hacer uno de estos primeros análisis bioeconómico que sirva como base e insumo en futuros esfuerzos de modelación y análisis bioeconómico de la pesquería de *P. argus* en Belice, además de complementar los esfuerzos regionales.

Capitulo III

Materiales y métodos

Área de estudio

Este trabajo se llevó a cabo en Belice localizado entre 15° 52' 9" y 18° 29' 55" latitud Norte y 87° 28" y 89° 13' 67" longitud Oeste y una superficie de 22965 Km², incluyendo 688,94 Km² de islas. Al norte, Belice tiene frontera con México al Sur y Oeste con Guatemala y al este por 386 Km de costa con el Mar Caribe. Belice cuenta con un área continental de 9800 Km² (FAO, 2005), bastante compleja que abarca aproximadamente 260 Km de barrera arrecifal (Purdy y Gischler, 2003), tres atolones en aguas oceánicas (Glovers, Turneffe y Lighthouse) y extensos manglares, numerosos parches y arrecifes de franja, lechos de pastos y sistemas estuarios y mas de mil islas y cayos (McField *et al.*, 1996).

Belice se localiza en la franja subtropical donde predominan dos temporadas climáticas influenciadas principalmente por la precipitación: a) temporada de secas, de febrero a mayo; y b) temporada de lluvias (junio a noviembre), que coincide con la temporada de huracanes. Predominan los vientos del noreste en la mayor parte del año. Es instrumental en el desarrollo de las corrientes superficiales y como sopla continuamente en un área grande, genera mares agitados que rompen en la barrera arrecifal. No obstante, los atolones modifican considerablemente el patrón del oleaje que

predominan del este, cuyo resultado reduce la energía de las olas al sotavento de los atolones influenciando así el desarrollo de los arrecifes en las diferentes zonas (McField, 2001). Según Craig (1966), la constante dirección del viento ha influenciado el diseño de las embarcaciones y equipo de pesca que son utilizados en Belice.

La captura de langosta tiene lugar en hábitats naturales, en su mayoría asociados a los arrecifes coralinos a lo largo de la costa, en los cayos o al interior de los atolones. La extensa laguna somera, entre las costas y la barrera arrecifal así como el interior de los atolones, provee hábitats idóneos para apareamiento y alimentación de varias especies de valor comercial, incluyendo la langosta (Acosta y Butler, 1997). Según Acosta (1999) existe una inter-conectividad entre los extensos manglares costeros, lechos de pastos, algas marinas y arrecifes de coral. Esto permite la utilidad de métodos de pesca empleados en la pesquería de langosta de Belice a lo largo de la costa.

La pesca en Belice se desarrolla en tres distintas zonas arrecifales: a) Zona Norte, con aproximadamente 46 Km de arrecifes someros, desde “Rocky Point” a “Gallows Reef Point” con arrecifes bien desarrollados, casi continuos y con canales en diferentes puntos; b) Zona Centro, con cerca de 91 Km de arrecifes someros desde “Gallows Point Reef” a “Gladden Spit”, con los arrecifes mas desarrollados y continuos; y c) Zona Sur, con 10 Km de barrera arrecifal somera, de “ Gladden Spit” a cayo “Sapodilla”; descrita como el arrecife menos continuo y desarrollado (Burke, 1982; Macintyre y Aronson, 1997 citado por Mcfield 2001). De esta forma, para cuestiones de manejo, las áreas de pesca se dividen en tres zonas: norte, centro y sur; que a su vez se subdividen en seis áreas (Fig. 10).

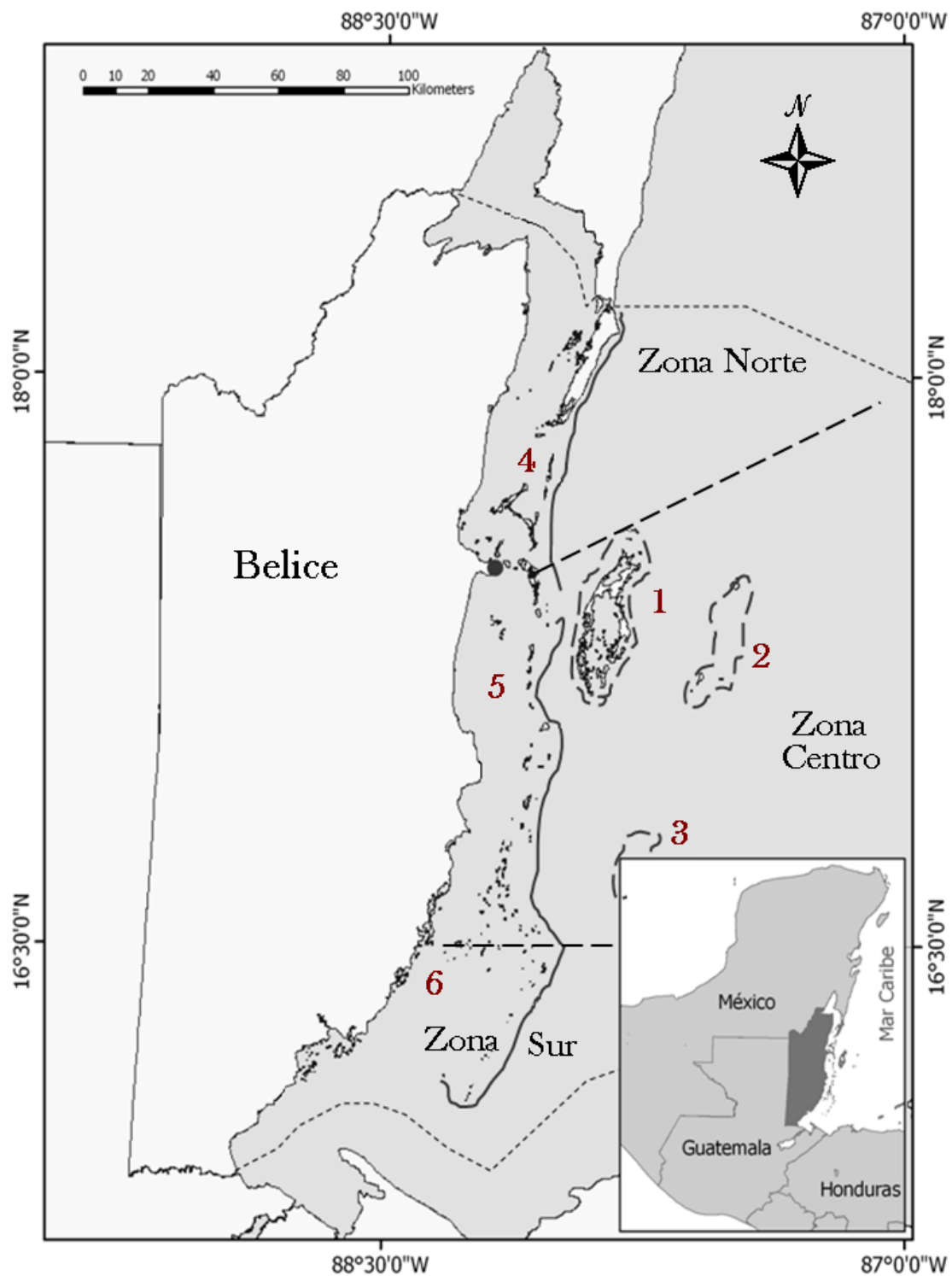


Figura 10. Área de estudio, donde se muestran las tres zonas (Norte, Centro y Sur) que a su vez se subdividen en seis áreas.

Métodos

Para alcanzar los objetivos de este trabajo, se llevaron a cabo muestreos mensuales durante la temporada 2007-2008; esto es, de junio 2007 a febrero 2008. Fue colectada información biológica y económica en dos de las cinco cooperativas, donde se entregan las capturas de langosta en Belice. Las dos cooperativas seleccionadas, la “Northern” y la “National”, agrupan el mayor número de pescadores activos, con 85% del total (Tabla 2) y en comparación con las restantes tienen una actividad pesquera más regular. Además, por su nivel de organización son las únicas equipadas con plantas procesadoras, encargadas del procesamiento y exportación de las capturas de langosta, incluso de las demás cooperativas.

Tabla 2. Número de pescadores miembros por cooperativas langosteras (Villanueva, 2008)

Cooperativa	Localidad	Activos	No-Activos	Total de socios
<i>Northern</i>	Ciudad de Belice	474	393	867
<i>National</i>	Ciudad de Belice	331	179	510
<i>Caribeña</i>	San Pedro	15	121	136
<i>Placencia</i>	Placencia	34	32	66
<i>Río Grande</i>	Punta Gorda	12	30	42
		866	755	1621

Durante la temporada 2007-2008, se efectuaron muestreos mensuales en las dos cooperativas seleccionadas; en cada ocasión, de dos a tres días, se entrevistaron a los pescadores que llegaban a entregar su producto. Este procedimiento fue necesario por la imposibilidad de anticipar la fecha de llegada de los pescadores, tras la conclusión de su viaje de pesca, sobre todo en el caso de veleros. Por lo tanto, para evitar la pérdida de tiempo y datos durante las fechas de muestreo fueron entrevistados todos los pescadores que entregaron producto y que aceptaron voluntariamente ser entrevistados. Debido a las restricciones de tiempo, personal de apoyo y recursos económicos, los muestreos fueron limitados a un máximo de 8 días por mes.

Colecta de datos biológicos

Para la recopilación de datos biológicos, en cada muestreo mensual se tomó una muestra de la captura entregada por embarcación, viaje o pescador en las dos cooperativas sujetas a estudio. En una cooperativa, el tamaño de la muestra de la

composición por tallas de la captura de langosta lo determinó el oficial encargado de la planta procesadora para minimizar el tiempo de manipulación en que el producto permanece sin hielo. En general, la muestra consistió en una a dos cubetas (tres gallons) extraídas al azar de la captura total entregada por embarcación, viaje o pescador. Para medir la longitud abdominal o de cola, se usó un vernier de 300 mm con resolución en unidades de milímetro (1 mm). Análogamente, se registró el peso en onzas de la cola de cada langosta muestreada con una balanza electrónica suministrada por las cooperativas. Además, para cada langosta muestreada se anotó el sexo, estado de actividad reproductiva (sólo en hembras) y la presencia de carapacho blando, un indicativo de muda reciente. Estos datos y observaciones fueron anotados en un formato de muestreo biológico (Anexo 1); adaptados de Seijo *et al.* (2001, 2005).

Además, junto con los datos de captura en peso de langosta en libras de cola y de carne de cabeza, entregada por cada embarcación, viaje o pescador, se registró también el peso en libras de la captura incidental de los principales recursos: caracol, y los diversos peces que forman parte del complejo escama.

Colecta de datos pesqueros y económicos

Asociado a los datos biológicos se obtuvieron datos pesqueros y económicos mediante entrevistas con los pescadores. En las entrevistas se aplicó un cuestionario especialmente dirigido al capitán o dueño de cada embarcación que entregó capturas de langosta, según un formato diseñado por Seijo *et al.* (1991, 2005) (Anexo 2). Las entrevistas incluyeron múltiples datos del viaje de pesca referente al esfuerzo pesquero tales como: horas o días efectivos de pesca, número de pescadores, tipo de arte de pesca, número de trampas cobradas o refugios artificiales (casitas) revisados; el área geográfica de pesca (identificados mediante un mapa costero) profundidad de captura, tamaño de embarcación y tipo y tamaño de motor. Se registró también la edad del pescador entrevistado y la cooperativa a la que pertenece.

Además, en las entrevistas se obtuvieron datos de costos, ingresos y retornos asociados al viaje de pesca. Se incluyeron costos variables tales como: combustible,

aceite de motor, refacciones, alimentos, salarios de asistentes y vigilantes contratados por los pescadores que establecen campamentos en islas y cayos. El cálculo de los ingresos totales por viaje de pesca se basó en las capturas de langosta y especies incidentales, cada uno multiplicado por sus respectivos precios unitarios. Finalmente, como un valor indicativo de los retornos totales se calcularon las cuasi-utilidades como la diferencia entre los ingresos y los costos variables totales por viaje de pesca.

Paralelamente se aplicó una entrevista específica para obtener información sobre costos fijos, de inversión, tales como el costo inicial de la embarcación, reparaciones mayores y costos de oportunidad (Anexo 3). Sin embargo, en estos rubros no hubo respuesta satisfactoria ya que los pescadores fueron renuentes a responder las preguntas sobre datos económicos muy sensibles para ellos, como las cuestiones de financiamiento, deudas, pagos a terceros e inversiones. Ante la pobre respuesta y tensa reacción de los pescadores hacia este cuestionario, se decidió omitir esta información en análisis posteriores. En consecuencia no fue posible obtener retornos netos o utilidades, por lo que se estimaron las cuasi-utilidades definidas por la diferencia entre a) el ingreso total que genera la captura de langosta y los recursos complementarios o incidentales (caracol, escama) cada uno multiplicado por su precio de venta; y b) los costos variables totales por viaje de pesca. Los retornos de la especie objetivo y las capturas incidentales fueron calculados como producto de la captura de cada una por su respectivo precio unitario de venta. El precio de venta se obtuvo del pescador durante las entrevistas. Los precios variaron ligeramente por mes, cooperativa y comprador. Para cuestiones del análisis se estandarizó el precio por kilo de cola de langosta a \$11.50 USD que es el precio promedio que recibe el pescador que vende su producto a un intermediario, o sea que se le paga un precio total por kilo sin tener que esperar el segundo pago (remanente) que varía por año y temporada. Por otra parte, se recopiló información sobre captura y esfuerzo pesquero a partir de los registros diarios de capturas de langosta y pesca incidental por cada embarcación, viaje o pescador contenidos en archivos de las cooperativas.

Análisis de datos

Con la información biológica, económica y pesquera colectada en los muestreos mensuales y los datos diarios recopilados en archivos de las cooperativas se generó una base de datos simple en Excel (Microsoft, 2003). El análisis de datos utilizó herramientas básicas de estadística descriptiva. Las posteriores pruebas de hipótesis, en particular los análisis de varianza (ANOVA) de una y tres vías sobre las cuasi-utilidades se efectuaron con la versión 6.0 del programa R (Ihaka y Gentleman, 1996; <http://www.cran.r-project.com>). Los requerimientos principales de estos métodos fueron revisados visualmente mediante gráficas de diagnóstico de los residuales de los ANOVAs (Zuur *et al.*, 2007), a partir de lo cual se verificó el cumplimiento en grado razonable de los supuestos.

A partir de la composición por tallas de la captura de langosta obtenidas en muestreos mensuales, se calcularon factores de expansión mensual obtenidos dividiendo el peso de la captura total del mes entre el peso de la muestra del mismo mes; luego estos factores se aplicaron para construir frecuencias de talla de las capturas mensuales, cuya suma generó la distribución de frecuencias de talla correspondiente a la captura total de la temporada 2007-2008.

Se estableció la relación peso-talla individual, con la técnica de regresión lineal simple aplicada a datos individuales de peso de cola (gr) y longitud de cola (mm). La ecuación peso-talla se usó para completar los valores de peso correspondientes a cada langosta de talla conocida, cuyo peso no fue registrado en los muestreos mensuales –sobre todo en algunos meses de muestreo cuando no hubo balanza disponible. Con base en lo anterior se determinó el peso total de cada muestra mensual, requerida para estimar la composición por tallas de la captura total de langosta en cada mes. Específicamente, esto permitió calcular los factores de ponderación o expansión aplicables a cada muestra mensual para expandirlas a la captura total mensual (Cruz, 2002). La suma de estas últimas produjo la frecuencia de tallas para la temporada 2007-2008. Conjuntamente, basado de la suma de la distribución de tallas obtenidas de las frecuencias de tallas mensuales expandidas, se estimaron los siguientes parámetros de

una pesquería basada en tallas descritos por Munro (1993): talla de primera captura (L^*); la talla promedio de reclutamiento (L_r); y la talla promedio de langostas ya reclutadas (\bar{L}).

Con los datos económicos obtenidos mensualmente, producto de aplicar el cuestionario a una muestra (n= 166) de pescadores entrevistados, se determinaron costos variables totales de operación; es decir, los costos asociados al esfuerzo por viaje de pesca-embarcación. Análogamente se calcularon los respectivos retornos totales por viaje de pesca-embarcación; que incluyó retornos derivados de las capturas incidentales, todo expresado por viaje de pesca o embarcación.

Como paso necesario para poner a prueba las hipótesis planteadas en la presente investigación, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) paramétrico de tres vías, sobre la variable cuasi-utilidades en US \$ por día y por pescador, que considera los factores: tipo de embarcación (veleros vs lanchas con motor fuera de borda), meses y métodos de pesca (trampas o nasas de madera vs casitas cubanas vs buceo libre en hábitat natural) (Anexo 4) En vista de que el arte de pesca fue el único factor que influyó significativamente sobre las cuasi-utilidades en US \$ por día y por pescador; se aplicó entonces un ANOVA de una vía, precisamente con el método de pesca como único factor (Anexo 5). Entendido el método de pesca como la combinación de tipo de embarcación y arte de pesca. En este segundo análisis, los diferentes niveles del factor considerado, método de pesca, fueron los siguientes: 1) Velero-buceo libre en hábitat natural, 2) Lancha-buceo libre en casitas, 3) Lancha-buceo libre en hábitat natural, 4) Lancha- mezcla indeterminada de artes, 5) Lancha-trampas o nasas.

A partir de la información de captura y esfuerzo diarios por viaje o embarcación obtenida de archivos de las cooperativas, fue posible inferir la captura en número de langostas y la distribución por tallas de la captura representativa de toda la temporada.

Capítulo IV

Resultados

Como producto de los muestreos se hicieron un total de 166 entrevistas a los capitanes, patrones o dueños de embarcaciones. El número de entrevistas a lancheros fue mayor que el de los veleros ya que los primeros en su mayoría volvían al final de cada día. Por otro lado, los veleros no tenían fecha fija de regreso, lo que dificultó asegurar que el personal a cargo del muestreo estuviéramos presentes a su llegada. En la tabla 3 se presenta el número de muestras obtenidas para cada tipo de embarcación y las tallas medidas por mes durante la temporada 2007-2008.

Tabla 3. Información del número de entrevistas efectuadas por tipo de embarcación y tamaño de muestra de tallas de langosta obtenidas durante la temporada 2007-2008.

Mes	Entrevistas Veleros	Entrevistas Lancha	Muestra de tallas, número (n)
<i>Junio</i>	2	17	1143
<i>Julio</i>	8	20	1303
<i>Agosto</i>	5	16	829
<i>Septiembre</i>	11	14	666
<i>Octubre</i>	3	9	860
<i>Noviembre</i>	7	11	840
<i>Diciembre</i>	6	6	599
<i>Enero</i>	8	8	601
<i>Febrero</i>	5	10	1058
Totales	55	111	7899

De acuerdo con los pescadores entrevistados que formaban parte de la tripulación de los veleros, $n=55$, los pescadores beliceños de langosta practican buceo libre a profundidades en el intervalo de 1.98 a 20.12 m; con promedio (\bar{x}) de 12.78 m y desviación estándar (s) de 4.27 m. En un viaje de pesca a bordo de veleros participan de tres a catorce tripulantes con promedio de 7.27 ± 2.75 ($\bar{x} \pm s$). Los buzos capturan langosta con gancho y peces con arpón y trabajan normalmente en parejas, utilizando alijos para desplazarse en el área de pesca. Los viajes de pesca en barcos veleros

duran de dos a doce días, con promedio 6.04 ± 2.04 días y capturan entre 4.54 a 212.73 kilos de cola de langosta con promedio de 65.27 ± 44.37 kilos de cola por viaje.

Según las entrevistas (n=111) aplicadas a tripulantes de lanchas, éstos operan a profundidades de 1.52 a 19.81 m, similar al rango reportado para veleros. Sin embargo, la profundidad de operación promedio para lanchas (6.15 ± 3.36 m), es menor al promedio que corresponde a veleros. De igual manera, el tamaño de la tripulación en lanchas es menor al de los veleros; ya que participan de uno a ocho pescadores por lancha, con promedio de 2.85 ± 1.08 pescadores por lancha. Uno se encarga de conducir la lancha y los demás bucean. En lancha, la duración promedio del viaje de pesca es de 3.16 ± 2.55 días; pero son más comunes los viajes diarios. De hecho, la moda de la duración del viaje en lancha es un día. Las capturas de las lanchas variaron entre 0.45 y 205.93 Kg de colas de langosta, con promedio de 19.87 ± 26.42 Kg. de cola por viaje. Conviene señalar que en el caso de la profundidad de buceo, para ambos tipos de embarcación, cuando el pescador entrevistado daba un rango de valores, se utilizó el promedio de dichos valores. La información de los parámetros para las variables de captura y esfuerzo arriba mencionados, se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de la captura, en Kg. de cola, y esfuerzo por viaje de pesca y tipo de embarcación en la pesquería de langosta de Belice, obtenidos a partir de muestreos mensuales durante la temporada 2007-2008.

Tipo de Embarcación	Captura en peso (Kg cola)	Profundidad de pesca (m)	Duración del viaje de pesca (días)	Tripulación, número
Lancha (n= 111)				
<i>Mínimo</i>	0.45	1.52	1	1
<i>Máximo</i>	205.93	19.81	10	8
<i>S</i>	26.42	3.36	2.55	1.08
<i>Mediana</i>	11.11	5.33	2	3
<i>Media</i>	19.87	6.15	3.16	2.85
<i>IC 95%</i>	14.96; 24.79	5.52; 6.77	2.69; 3.64	2.65; 3.05
Velero (n= 55)				
<i>Mínimo</i>	4.54	1.98	2	3
<i>Máximo</i>	212.73	20.12	12	14
<i>S</i>	44.37	4.27	2.04	2.75
<i>Mediana</i>	56.70	12.80	6	7
<i>Media</i>	65.27	12.78	6.04	7.27
<i>IC 95%</i>	53.55; 77.00	11.65; 13.91	5.85; 6.22	6.55; 8.00

En ambos tipos de embarcación, los pescadores operan a profundidades similares; sin embargo, los tripulantes de lanchas, tienden a dedicarse más a pescar langosta con trampas y casitas o sombras; esto es, en realidad concentran sus operaciones de pesca a menores profundidades. El 76% (n=85) de las lanchas muestreadas trabaja trampas y casitas a una profundidad promedio de 5.7 ± 2.57 m. Además, en la extracción de las trampas se usa un gancho atado a una barra, lo que impide que las nasas sean caladas en aguas profundas. Las regulaciones tampoco permiten calar trampas y casitas a menos de un kilómetro del arrecife, lo que limita estos métodos a aguas someras de la laguna arrecifal o al interior de los atolones. Solamente los pescadores en lanchas que

bucean en hábitat naturales, sobre todo en los parches y arrecifes de coral, tienen la flexibilidad de bucear más profundo en promedio $7.7 \pm 4.93\text{m}$ ($n=26$).

Las capturas por tipo de embarcación varían por viaje en donde los veleros proporcionan una mayor cantidad de producto a las cooperativas por viaje que las lanchas. Sin embargo, la contribución que cada pescador hace por día en los veleros es, en promedio, menor que la de las lanchas.

Aspectos biológicos

Por el método de regresión simple se obtuvieron las siguientes ecuaciones de la relación peso vs longitud: a) Hembras $W = 0.0002 \cdot L^{2.72}$, con $r^2=0.913$; b) Machos $W = 0.0001 \cdot L^{2.86}$ con $r^2=0.934$); y c) Ambos sexos, $W = 0.0002 \cdot L^{2.80}$ con $r^2 = 0.921$. Hay relativamente poca variabilidad en el peso para una talla de cola en ambos sexos dada hasta los 140 mm LA. Sin embargo, la diferencia entre la relación peso-talla entre hembras y machos se hace más evidente conforme crece (Fig. 11). Los machos tienden a pesar más que las hembras de la misma talla después de alcanzar los 140 mm LA y aparentemente esta diferencia aumenta para las tallas mayores (Figura 11). Esto difiere a lo reportado por Mathews *et al.* (2003) quienes no encontraron dimorfismo sexual en la relación peso-longitud. Sería más recomendable entonces, utilizar la longitud de cola en lugar del peso de cola como medida regulatoria.

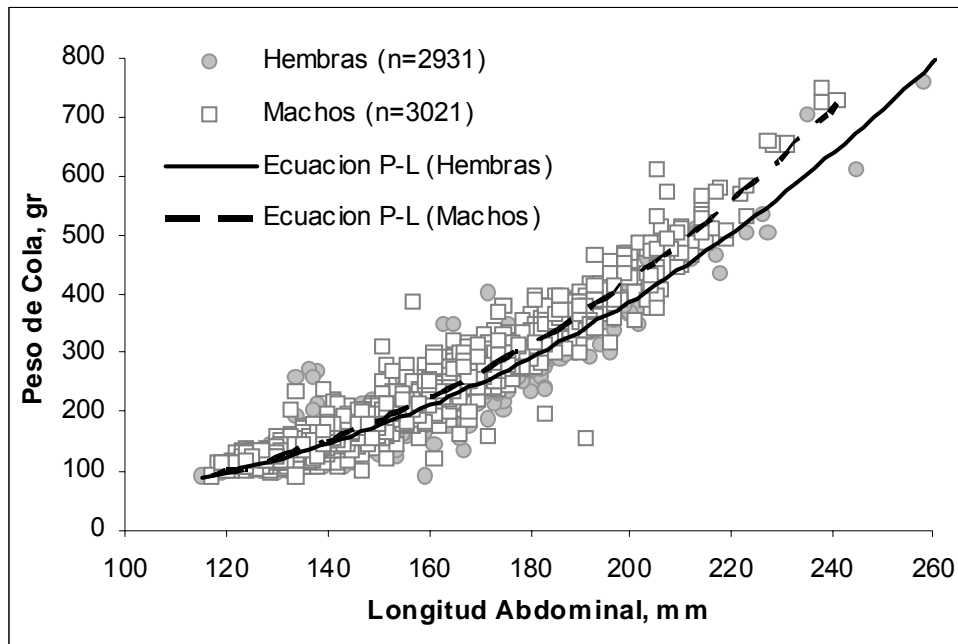


Figura 11. Relaciones peso (g)-longitud de cola (mm) para cada sexo a partir de datos de langosta colectados en muestreos mensuales durante la temporada 2007-2008.

La Tabla 5 contiene los estadísticos asociados a la distribución de tallas obtenidas en muestreos mensuales en la temporada 2007-2008; así como los valores totales usados para obtener el factor de expansión del peso de la muestra a la captura total mensual de ambas cooperativas, cifra que es buena aproximación a la captura total del país. La talla promedio máxima, 153 mm de longitud de cola o abdominal (LA) se registró en junio, al abrir la temporada de pesca. La talla promedio mínima, 146 mm LA, se obtuvo en agosto. En septiembre y diciembre fueron capturadas langostas de tamaño cercano al máximo obtenido en junio. Es importante señalar que el intervalo de tallas más amplio de la temporada se encontró en septiembre 2007, 121 a 264 mm LA, y febrero 2008, 118 a 271 mm LA.

Tabla 5. Sumario de estadísticos muestrales de longitud de cola o abdominal (LA) de langosta en mm, obtenidos de muestreos en la temporada 2007-2008.

Estadísticos de muestreo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.
Muestra									
<i>N</i>	1143	1303	829	666	860	840	599	601	1058
<i>Kg. Cola</i>	223.7	261.5	146.8	131.2	165.4	161.3	121.5	126.2	204.0
Talla de langostas									
<i>Mínimo</i>	115	121	119	121	120	119	120	121	118
<i>Máximo</i>	245	244	223	264	227	238	238	241	271
<i>Media</i>	153	151	146	152	148	148	152	150	150
<i>Mediana</i>	153	149	141	146	144	143	147	144	145
<i>Desviación Estándar</i>	17.10	18.50	17.25	19.77	16.69	19.04	20.14	20.04	20.86
<i>IC 95%</i>	152.41; 154.40	150.26; 152.27	145.14; 147.49	150.25; 153.26	146.90; 149.13	146.71; 149.29	150.11; 153.34	148.60; 151.81	148.38; 150.90
Captura¹									
<i>Numero</i>	180733	252236	136656	96672	49021	58049	59200	41977	26256
<i>Kg. de cola</i>	35376	28691	15212	14061	9428	11147	12013	8811	5062
Factor de expansión									
	158.1	109.7	103.6	107.1	57.0	69.1	98.8	69.8	24.8

Nota: 1) Captura total de langosta, en número y peso, ambas estimadas a partir de los datos de las dos cooperativas más importantes, que fueron muestreadas.

Con base en la distribución sumaria de tallas, obtenida de la suma de frecuencias mensuales de talla previamente expandidas (Fig 12), y de acuerdo al procedimiento de Munro (1983) fue calculada la talla de primera captura \bar{L}_1 estimada en 130, la talla promedio de reclutamiento \bar{L}_r estimada en 129.4 mm LA y la talla promedio de langostas ya reclutadas \bar{L} estimado en 153.2 mm LA. Cabe mencionar que el 10% de las langostas extraídas resultaron de talla inferior a la talla mínima legal, fijada en 74 mm LC, que corresponde a 139.9 mm LA de acuerdo con la relación entre longitud de carapacho (LC) y longitud abdominal (LA) desarrollada por Matthews *et al.* (2003).

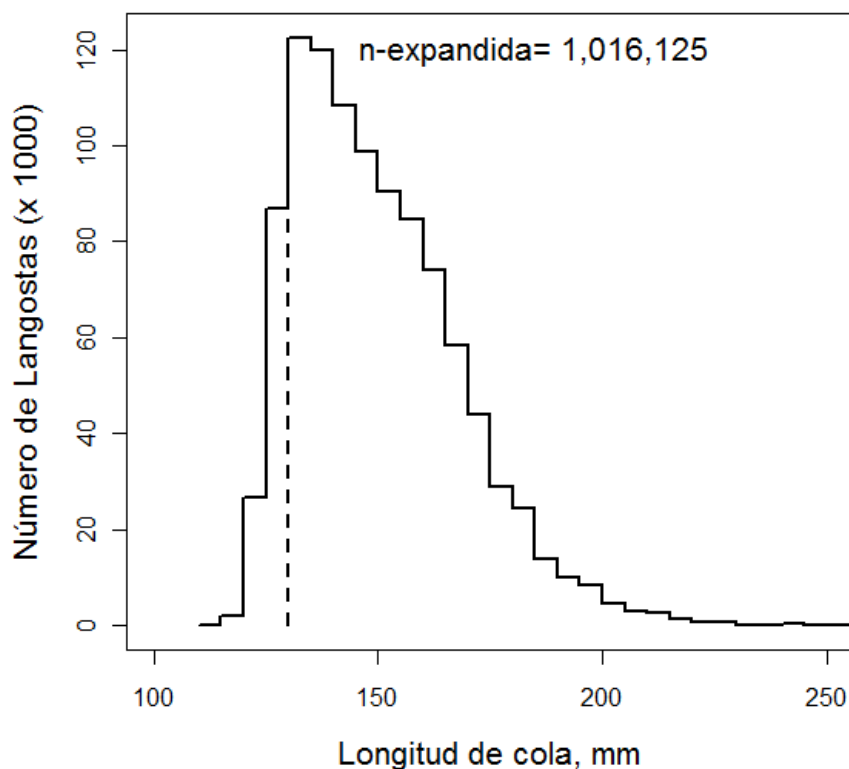


Figura 12. Distribución de tallas, longitud abdominal (LA) en mm, de langostas capturadas en Belice durante la temporada 2007-2008, mediante la ponderación de las capturas mensuales a capturas totales. Además la talla mínima legal de 130 mm LA correspondiente a un peso de cola de 4 oz se indica (línea vertical punteada).

Aspectos económicos

No sería equitativo ni comparable, que las variables económicas registradas en los dos tipos de embarcación fueran comparadas directamente, en vista de las diferencias evidentes que existen en el modo de operación entre los veleros y lanchas como son: duración del viaje en días de pesca, tamaño de la tripulación, lugar de operación. Lo anterior implica diferencias entre los tipos de embarcación en cuanto a inversiones, costos y retornos totales obtenidos por viaje de una embarcación. Entonces, para hacer equitativo y comparable el análisis bioeconómico entre los dos tipos de embarcación se utilizaron como variables de desempeño las cuasi-utilidades (retornos totales menos costos variables totales), calculadas por día y por pescador. Esto implica dejar fuera los

costos de inversión, de capital y oportunidad, necesarios para estimar utilidades netas anuales (Seijo *et al.*, 1991; 1997). Las razones de esto se explicaron en la sección de métodos.

La tabla 6 contiene los promedios de los costos asociados a cada tipo de embarcación. A pesar de las diferencias del tamaño de muestras obtenidas, resaltan algunas diferencias entre los tipos de embarcación como es el caso del consumo de gasolina, hielo, alimentos, salario de cocinero, transporte y otros.

Tabla 6. Costos variables, en US \$ para viaje de pesca por tipo de embarcación. Se indican el promedio (\bar{x}), desviación estándar (s) y tamaño de muestra (n).

Costos (US \$)	Lanchas			Velero		
	n	\bar{x}	S	N	\bar{x}	S
<i>Gasolina</i>	70	110.83	100.27	31	157.85	64.01
<i>Aceite</i>	60	8.76	7.09	30	11.55	4.33
<i>Hielo</i>	48	12.02	15.01	29	47.67	17.22
<i>Comida</i>	58	44.73	37.14	31	181.69	86.28
<i>Gas butano</i>	22	9.57	7.31	24	13.54	6.16
<i>Salario cocinero</i>	6	44.58	17.21	30	109.83	41.67
<i>Salario velador</i>	11	25.47	6.39	NA ¹	NA	NA
<i>Salario asistente</i>	3	104.17	34.13	NA	NA	NA
<i>Transporte</i> ²	2	100.00	0.00	24	23.75	6.12
<i>Otros</i> ³	26	27.06	26.02	20	45.57	56.71
<i>Costos variables totales</i> ⁴	111	183.36	195.47	55	499.68	172.60
<i>Costos variables totales/día</i> ⁵	111	43.78	65.23	55	88.46	33.88
<i>Costos variables total/día/pescador</i> ⁶	111	25.00	19.07	55	13.74	9.16

Notas: 1) Datos no disponibles; 2) Traslado de hielo a la embarcación y producto a la cooperativa; 3) Cigarros, licor, sodio, bujías, etc.; 4) Suma de costos variables individuales; 5) Costos variables totales entre días de pesca 6) Costos variables totales/día dividido entre el número de tripulantes

Estos valores tienden a ser mayores para el caso de los veleros. Este trabajo no analiza a profundidad los efectos de cada gasto individual por tipo de embarcación, pero con base en observaciones en las cooperativas y en comunicaciones personales con los pescadores, estas diferencias obedecen al modo de operación de cada tipo de embarcación. En los veleros tanto la duración del viaje como el tamaño de la tripulación, en promedio, son el doble que el de las lanchas (Tabla 4). De igual forma, debido a la mayor duración del viaje es necesario llevar mayor cantidad de hielo para preservar el producto. El pago de transporte es mayor y más común en el velero debido al tamaño del puerto donde se entrega el producto y la maniobrabilidad de los veleros –no atracan en los muelles adyacentes a los centros de recepción de las cooperativas. Entonces, al regreso de sus viajes de pesca los veleros se fondean primero y fletan una lancha pequeña para llevar su producto al muelle de la cooperativa, adyacente al centro de entrega del producto. Esto se repite, en dirección inversa, al salir de viaje con el cargamento de hielo.

Si se compara directamente el ingreso por embarcación, las ventajas se sesgan hacia los veleros; sin embargo, como se mencionó antes, éstos llevan más tripulantes y sus viajes son de mayor duración. Una comparación equitativa requiere expresar las cantidades por pescador y por día (Tabla 7). A esta escala, las lanchas en promedio obtienen mayores ingresos US \$ 66.5 ± 50.73 por día y por pescador que los ingresos correspondientes a veleros, US \$ 56.91 ± 27.76 (Tabla 7).

Tabla 7. Ingresos brutos, en US \$, para viajes de pesca por tipo de embarcación. Se indican promedio (\bar{x}), desviación estándar (s) y tamaño de muestra (n).

Ingresos brutos (\$ US)	Lanchas				Velero	
	n	\bar{x}	S	N	\bar{x}	S
<i>Langosta, colas</i>	111	503.8	669.88	55	1654.85	1124.94
<i>Langosta, cabeza</i>	22	46.2	40.81	43	70.82	38.01
<i>Filete de pescado</i>	8	211.5	327.47	36	158.29	153.94
<i>Caracol</i>	15	315.4	502.99	28	746.37	838.88
<i>Otros¹</i>	7	186.1	138.71	7	88.00	65.04
<i>Ingresos Totales²</i>	111	582.5	777.45	55	2205	1254.64
<i>Ingresos/día³</i>	111	182.0	157.95	55	390.61	212.10
<i>Ingresos/día/pescador⁴</i>	111	66.5	50.73	55	56.91	27.76

Notas: 1) Peces, cangrejo, tiburón; 2) Suma de los retornos totales obtenido de productos de langosta y otros productos; 3) Ingresos totales entre días de pesca; 4) Ingresos/día entre número de pescadores

Una comparación más apropiada, no obstante, se hace con base en cuasi-utilidades por día por pescador, que son el resultado de los ingresos totales menos los costos totales. Los valores de cuasi-utilidades por día por pescador demuestran que el grueso de valores está entre US \$ 0 y 100. Se puede notar la presencia de unos datos extremos, uno próximo a US \$ -100.00, de valor negativo (pérdidas) y otros de US \$ 200.00 ó más. Al dividirlos por tipo de embarcación (Fig. 14) se observa que los valores disparados son más frecuentes con el uso de lanchas.

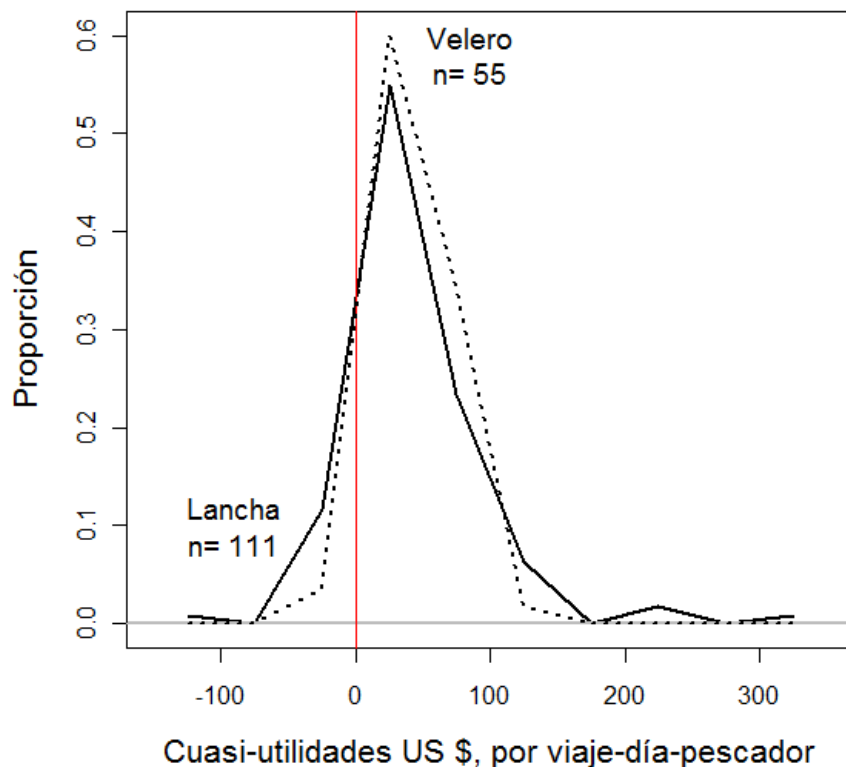


Figura 13. Comparación de las cuasi utilidades por día y por pescador, en US \$, entre velero (línea cortada) y lancha (línea continua). Se incluyen todas las observaciones de los muestreos mensuales durante la temporada 2007-2008, $n = 166$.

Un paso esencial del análisis consiste en poner a prueba las hipótesis que conforman el núcleo del presente trabajo de tesis (ver métodos). En este caso, de acuerdo con los resultados, únicamente el arte de pesca tuvo efectos estadísticamente significativos ($F_s = 4.4946$; $p = 0.00497$) sobre las cuasi-utilidades. En vista de que el arte de pesca fue el único factor que influyó significativamente sobre las cuasi-utilidades en US \$ por día y por pescador; se aplicó un ANOVA de una vía (ver métodos). Según los resultados de este ANOVA, sólo una de las cuasi-utilidades medias asociadas a los distintos métodos fue estadísticamente diferente ($F_s = 3.5867$, $p = 0.007866$). Esto implica que los datos apoyan el rechazo de la hipótesis de cuasi-utilidades uniformes entre métodos de pesca; por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa de que al menos un método de

pesca produce cuasi-utilidades mayores que las demás. En este contexto, las nasas producen cuasi-utilidades mayores que los demás métodos (Fig. 14).

La figura 14 muestra las cuasi-utilidades para distintos métodos de pesca, definidos por combinaciones de tipo de embarcación y arte de pesca, donde se nota poca variabilidad en valores asociados a los artes de pesca con valores extremos positivos presentes con las trampas (5) y valores extremos negativos con las casitas cubanas (2). Las trampas muestran mayor incidencia de valores superiores a la mediana en comparación con los otros métodos donde la distribución de valores por encima y debajo de la mediana es similar. Sin embargo, se nota también que hubo menor tamaño de muestra (n) para las trampas. La mezcla de artes combina en proporción indeterminada el uso de casitas y trampas; o bien, casitas y buceo libre en hábitat natural por lo que no se incluyeron bajo uno u otro arte. La figura 15 muestra los promedios de variables económicas obtenidas de los muestreos. Se nota que el promedio de los costos de operación del método de casitas son similares a los de trampas; pero los retornos con trampas son mayores evidentemente. Estos resultados son indicativos de renta económica asociada a todos los artes de pesca utilizados, según datos del muestreo en la temporada 2007-2008.

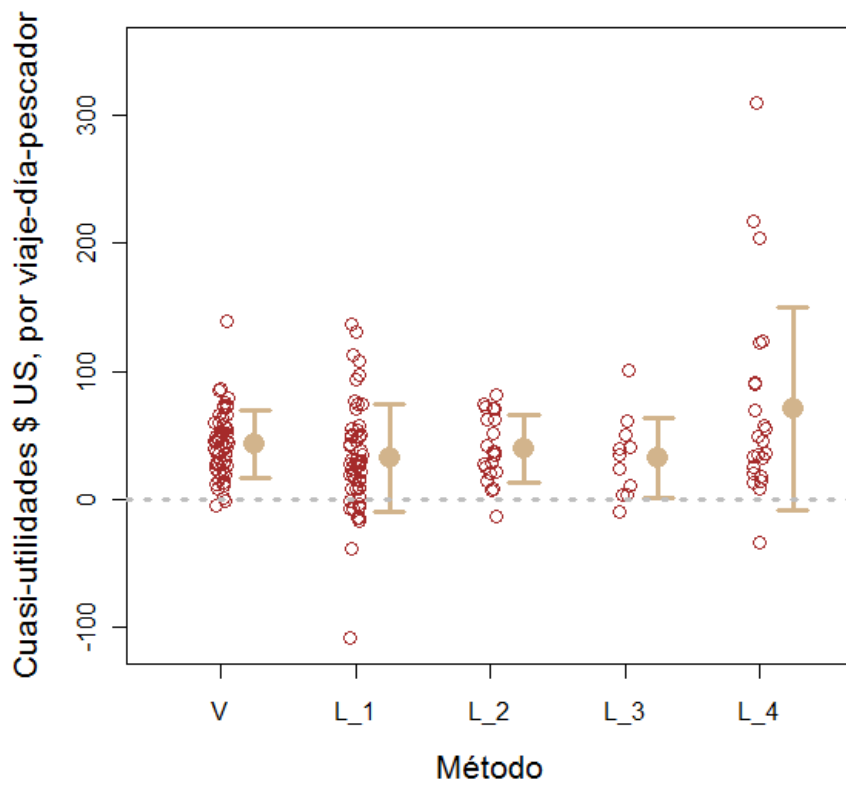


Figura 14. Cuasi-utilidades/día/pescador, en US \$, por método de pesca. Métodos de pesca se refiera a la combinación de embarcación y arte de pesca: V = Velero, buceo libre en hábitat natural; L_1= Lancha, buceo en casitas; L_2= Lancha, buceo en hábitat natural; L_3=Lancha, mezcla de artes; L_4=Lancha, trampas (nasas). Se indican los valores individuales (círculos) y el promedio \pm desviación estándar

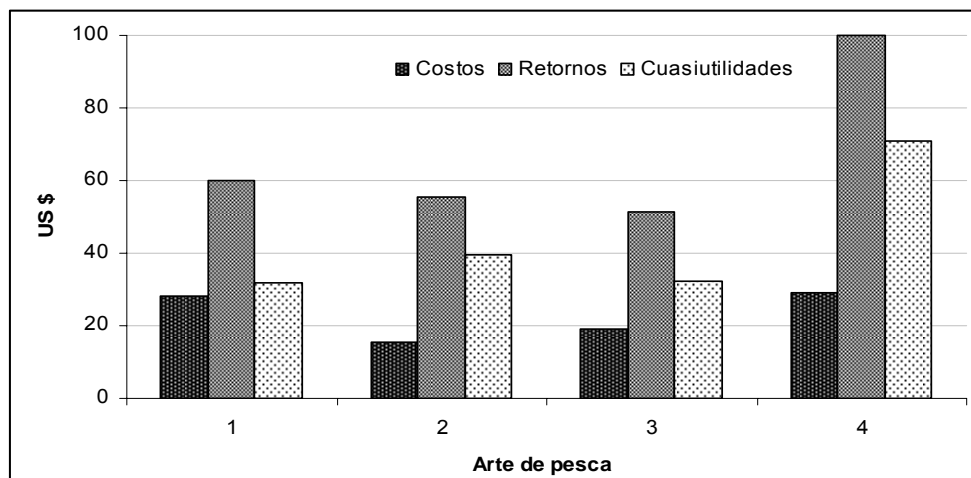


Figura 15. Análisis de promedios de variables económicas por arte de pesca 1=Casitas, 2=Hábitat Natural, 3=Mezcla de artes, 4=Trampas (nasas).

Los resultados hasta aquí obtenidos no son concluyentes; porque no se contabilizan los costos de oportunidad, ni los costos fijos de inversión; sino tan sólo costos de operación (costos variables). El análisis basado en cuasi-utilidades o costos de operación de corto plazo, considera como dadas las embarcaciones, equipo de buceo libre, artes de pesca (casitas o sombras y trampas o nasas). De modo que, si en análisis basados exclusivamente en cuasi-utilidades, resulta que dos artes de pesca alcanzan valores muy cercanos en desempeño económico (cuasi-utilidades); es posible anticipar qué pasaría si se incluyeran costos de inversión aproximados. En este sentido, los costos de inversión para veleros son superiores al de lanchas; aunque ello sólo tenga efectos directos sobre los dueños de embarcaciones, por ser de menor impacto sobre los tripulantes, cuya cuota de esos costos se refleja en porcentajes de división del beneficio por viaje –en general los dueños de embarcación reciben un mayor porcentaje del beneficio o ingreso por viaje de pesca.

Asimismo, para un mismo tipo de embarcación, por ejemplo lanchas; es evidente que el costo de inversión en casitas y trampas es mucho mayor en comparación con la nula inversión de los pescadores que practican buceo libre en hábitats naturales.

Capítulo V

Discusión

El trabajo efectuado permitió cubrir los objetivos particulares propuestos, desde los aspectos descriptivos de la pesquería hasta los relativos al desempeño bioeconómico por tipos de embarcación y métodos de pesca utilizados en la pesquería de langosta en Belice. Esto requirió un gran esfuerzo de muestreo, aunque desafortunadamente debido a complicaciones de índole social y las propias condiciones de la participación de los pescadores, no fue posible coleccionar datos de costos fijos (inversión) y de oportunidad para lograr un estudio más completo. A pesar de esto, se obtuvieron resultados interesantes que aportan bases para futuros trabajos de investigación sobre la pesquería de langosta de Belice.

Con base en la descripción actualizada, la pesquería de langosta *Panulirus argus* de Belice corresponde a una pesquería artesanal de pequeña escala (Berkes *et al.*, 2001), que no cuenta con datos suficientes para su análisis con modelos cuantitativos elaborados. En esta pesquería se emplean diversas artes de pesca como nasas, casitas cubanas y buceo libre en hábitat natural; con el grueso del esfuerzo aplicado en áreas someras, de profundidad máxima de 20 m. Lo anterior se refleja en la composición por tallas de la captura, en la que se observa fuerte presencia de langostas recién reclutadas. La pesca de langostas juveniles también ha sido reportado por Seijo *et al.* 1991 en el caso de Punta Allen con el uso de refugios artificiales. Seijo *et al.* 1991 reportan que langostas de mayor tamaño habitan a mayor profundidad y en el arrecife anterior. Ello ha sugerido la hipótesis de que frente a las costas de Belice existe un saludable stock reproductor formado por langostas adultas que habitan a profundidades mayores de 20 m. Tal hipótesis está en espera de ser evaluada en futuras investigaciones.

Una característica distintiva de la pesquería de langosta en Belice es la utilización de dos tipos de embarcación: lanchas de fibra de vidrio con motor fuera de borda y veleros con casco de madera. Esto hace factible considerar la existencia de dos tipos de flota; o bien dos sub-flotas. De acuerdo con los resultados obtenidos, cada tipo de embarcación

opera de manera distinta y quizás inciden diferenciadamente sobre el recurso, generando externalidades secuenciales entre ambas sub-flotas. Este tipo de externalidades en pesquerías de langosta han sido reportados por Torres (2008) en México. Los buzos de veleros operan en áreas de pesca más remotas, a mayores profundidades e inciden más sobre langostas de mayores tallas o adultas; mientras que los buzos de lanchas trabajan en áreas más cercanas, e inciden más sobre langostas de tallas menores o pre-adultas. Estas diferencias de operación entre lanchas y veleros en la pesquería de langosta de Belice motivaron las dos hipótesis de la presente tesis; la primera sobre la heterogeneidad o diferencias en cuasi-utilidades entre ambas subflotas, lanchas vs veleros; la segunda sobre la heterogeneidad de las cuasi-utilidades entre distintos artes de pesca en áreas someras: nasas langosteras, buceo libre en hábitat natural y buceo libre en casitas cubanas. Ambas hipótesis fueron puestas a prueba simultáneamente a través de la aplicación secuencial de dos análisis de varianza a los datos de cuasi-utilidades US \$ por día y por pescador. Esta variable de respuesta no varió entre lanchas y veleros; esto es, se aceptó la hipótesis de cuasi-utilidades uniformes entre los dos tipos de embarcación utilizados por los pescadores de langosta en Belice. En contraste, hubo diferencias significativas debidas al método de pesca: nasas, casitas cubanas, hábitat natural, que utilizan los pescadores a bordo de lanchas, quienes operan en áreas de pesca someras. Sin embargo, estos resultados están limitados al basarse en cuasi-utilidades.

Es de señalar que las lanchas, aunque más numerosas que los veleros, no obtienen necesariamente mayores cuasi-utilidades. Si un viaje de pesca en velero produce a corto plazo una renta económica similar a un viaje en lancha, pero tiene costos fijos mayores ¿Cómo explicar que persistan los veleros? Esto puede explicarse por los siguientes factores: 1) La mayoría de pescadores que utilizan veleros (Fig. 9) residen en comunidades del distrito de Corozal: Sarteneja, Chunox, Copper Bank, alejadas de las áreas de pesca productivas de las zonas centro y sur (Fig. 10), para ellos es ventajoso trabajar en grupo porque comparten gastos y minimizan costos de operación; 2) Los tripulantes de veleros son familiares o amistades del dueño del velero, lo que facilita el trabajo en grupo sin mayores conflictos; 3) La mayor autonomía del velero permite

pescar en áreas más lejanas –revisadas con menos frecuencia, por un menor número de pescadores; 4) Las neveras de mayor capacidad del velero permiten pescar varias especies que complementan el ingreso por viaje; y 5) Permite ahorro de combustible en ciertas condiciones (viento). Es decir, los veleros persisten en la pesquería debido a una mezcla de factores geográficos, culturales, económicos y ambientales.

En este trabajo no fue posible considerar los costos fijos de inversión, ni costos de oportunidad, que podrían incluir algunos factores que explican el actual predominio de las lanchas en la pesquería de langosta de Belice. Sin embargo, de modo aproximado es factible anticipar la dirección de un análisis que comprendiera costos fijos. Así, una lancha de 7 m de eslora, con motor fuera de borda de 40 HP tiene un costo cercano a US \$10,000; mientras que un velero, con motor auxiliar y nevera, tiene costo aproximado de US \$ 20,000; sin incluir el costo de cada alijo (US \$ 500), utensilios de cocina y otros gastos menores. Además, la operación de un velero requiere de más experiencia y conocimiento de navegación que la necesaria para operar una lancha. Análogamente, de incluirse los costos de inversión inherentes al uso de nasas de madera o casitas, que son de cerca de US\$ 7,500.00 por un mínimo de 200 nasas o aproximadamente US\$ 600.00 por 20 casitas cubanas, el costo de inversión se incrementa considerablemente además de gastos en mantenimiento y reemplazo de equipos perdidos. En este aspecto, los veleros tienen la ventaja de no invertir en artes de pesca, ni en su mantenimiento o reposición, siempre y cuando el recurso esté disponible en hábitats naturales. Sin embargo, esto puede crear problemas de menor preocupación (responsabilidad) de parte del pescador por el cuidado del arrecife, lo que crea conflictos de interés con los usuarios pasivos dedicados al turismo. Uno de los factores principales que conllevan a este problema es que la actual administración de la pesquería no incorpora los tres componentes (natural, humano y manejo) que describe Charles (2001). Es importante, por lo tanto, entender el comportamiento de los pescadores para desarrollar un manejo apropiado del recurso (Salas *et al.*, 2004).

Pese a las limitaciones del análisis de cuasi-utilidades por día por pescador, resulta significativo haber detectado una menor incertidumbre en los retornos de corto plazo

(cuasi-utilidades) producto de un viaje de siete a diez días en velero, respecto de un viaje diario en lancha. Lo anterior se deduce de la variabilidad asociada a valores de cuasi-utilidad por tipo de embarcación (Fig. 13). Aunque en lanchas se obtenga una cuasi-utilidad media de magnitud similar a la de los veleros, en las primeras hay más riesgo (probabilidad) de pérdidas, como resultado de la mayor variación en los valores obtenidos. Esto se relaciona con la pesca en áreas más cercanas a los puertos, sujetas a frecuente revisión –explotación por un mayor número de lanchas; mientras que los veleros trabajan en áreas de pesca más alejadas.

En la última década, el número de pescadores se incrementó en 55%; mientras que el número de embarcaciones decayó en casi 40%. La entrada de nuevos pescadores a la pesquería de langosta pudo crear externalidades ligadas al mayor número de buzos que intensificó la competencia (carrera) por el mismo recurso, con el consiguiente aumento en costos de extracción.

El intervalo de profundidades del buceo libre en lanchas y veleros, indica que el stock reproductor de aguas profundas (a más de 20 m) no está expuesto directamente a una fuerte presión de pesca. Además, las medidas regulatorias que aplican al recurso langosta permiten que suficientes adultos escapen de la pesca, prosigan los procesos de reproducción y reabastecimiento del recurso en las zonas de pesca. Por tanto, se propone que la mayor amenaza para la pesquería de langosta no es entonces la sobrepesca, sino la tendencia a una reducción de los retornos netos por pescador; ocasionada al hecho de que pescadores compiten por un recurso que genera la misma captura y por lo tanto los beneficios individuales serán cada vez menores. Esto resulta de una externalidad del stock, donde al aumentar los pescadores se genera una disipación de la renta, mientras no se genere un control en el acceso, este efecto puede incrementar y finalmente se cae en lo que Seijo *et al.* (1997) definen como trampa social, pues en el largo plazo se está perdiendo perspectivas de mantener un recurso de interés común al concentrarse en obtener los beneficios en el corto plazo.

De acuerdo a la Ley de Pesca de Belice (2000), la autoridad no cuenta con un marco legislativo para controlar directamente el aumento en número de pescadores. Hoy en día, desde el punto de vista del Gobierno de Belice, detener la entrada de pescadores sería contradictorio a política dirigida a incentivar el empleo. Así, mantener la pesquería en condición de acceso abierto tiene un precio: la reducción de ingresos por participante. De ahí que adquiere importancia la determinación del número máximo de pescadores que puede sostener la pesquería y las ganancias por pescador a este nivel. Considerando que conforme entran más pescadores a la pesquería, los retornos asociados a las capturas tenderán a reducirse a niveles que apenas cubran costos de producción, o sea las utilidades netas serán similares al costo de oportunidad, representados por la segunda mejor opción de empleo que pueda desempeñar el pescador. Esto pudiere estimular dos posibilidades: 1) los pescadores irían en busca de sitios más lejanos y menos explotados (pesca de stock reproductor en aguas profundas) o 2) incremento de la pesca ilegal.

Las medidas regulatorias vigentes en la pesquería de langosta en Belice han permitido que el stock de pre-adultos en hábitats costeros esté plenamente explotado. Este último, que descansa en el supuesto basado en la aparente estabilidad general de las capturas anuales, permitiría entonces calificar como aceptable la estrategia de administración pesquera aplicada en Belice, considerando las restricciones socio-económicas del país. Sin embargo, es de vital importancia la colección de información básica que permita más adelante corroborar este diagnóstico a partir de la aplicación de modelos integrales que permitan proyectar diferentes escenarios de manejo.

En febrero de 2009, los Estados Unidos de América (EUA) pasaron una enmienda de ley que prohíbe la importación de *Panulirus argus* con peso de cola menor de 5 oz (141.75 g) definido por un peso de cola entre 4.2 a 5.4 oz (119.07 a 153.09 g) o que se demuestre cumplimiento de respetar las 76.2 mm LC o 139.7 mm LA. Además, se prohíbe la importación de carne de cola de langosta sin exoesqueleto, langostas grávidas o con huevos removidos (castradas). Esto pone a Belice en una situación difícil, ya que se perdería el mercado de colas de 113.4 g (4 oz). En vista de lo anterior,

Belice solicitó una moratoria que le permita adaptarse a las nuevas regulaciones de exportación. Si Belice aspira a continuar como proveedor del mercado de EUA y Canadá, la posibilidad de mantener los mismos o mejores niveles de producción y a su vez cumplir los nuevos requerimientos de exportación que exige los EUA, sería necesario promover cambios que atiendan el problema del acceso libre, mejorando las regulaciones locales y cumpliendo con acuerdos internacionales, así como promover el uso de mejores prácticas pesqueras. Un ejemplo de aplicación de buenas prácticas de manejo es reportado por varios autores (Seijo y Fuentes, 1989; Seijo, 1993; Hilborn *et al.*, 2005; Sosa *et al.*, 2008) en una comunidad del Caribe mexicano (Punta Allen). En esta comunidad los acuerdos internos han propiciado sustentabilidad biológica y económica a escala local, debido sobre todo a que los pescadores adoptan mecanismos que eliminan la “carrera por el recurso” y existen incentivos para que los pescadores maximicen sus ganancias, basados en derechos de propiedad, además de que han diversificado las presentaciones de su producto (langosta entera viva y muerta, además de las colas de langosta) permitiéndoles incidir en nuevos mercados.

Capítulo VI

Conclusiones

Las pesquerías de pequeña escala involucran interacciones complejas entre el recurso y sus usuarios. Este trabajo resalta varias de estas complejidades donde es evidente la necesidad de administrar la pesquería tomando en cuenta múltiples factores: biológicos, ecológicos, económicos y sociales –como la generación de empleos, e incluso aspectos culturales que determinan los artes de pesca utilizados, tipo de embarcación y las decisiones diarias de los usuarios del recurso. En este contexto, la Bioeconomía es una herramienta útil para ayudar a esclarecer cuestiones relacionadas con la interacción del recurso y los usuarios; así como establecer puentes de comunicación entre varias disciplinas como vías para entender el gran “rompecabezas” que es una pesquería con el propósito de su adecuada administración.

Con base en los resultados; se rechazó la hipótesis de que uno de los tipos de embarcación produce mayores retornos a corto plazo; por lo que tendería a dominar

numéricamente en la pesquería bajo estudio. En contraste, fue aceptada la segunda hipótesis de que las trampas de madera (nasas) permiten obtener mayores retornos de corto plazo que los otros métodos que operan dentro de la laguna arrecifal.

Este estudio es pionero en el área, y si bien se tienen intentos de abordar las evaluaciones pesqueras de manera más integral, aún es necesario por un lado incrementar la información que permita promover esos estudios y por otro se requiere la participación de los administradores de las cooperativas para facilitar la obtención de información económica sensible por parte de los pescadores, a partir de convencer a sus socios acerca de las bondades de participar en proyectos de investigación de esta naturaleza, que requiere un análisis más completo. Finalmente los beneficiados son ellos y la sociedad en su conjunto.

Recomendaciones:

- ❖ Fomentar el uso de mejores prácticas pesqueras como son los métodos selectivos de bajo impacto tales como el jamo, lazo y nasas con ranuras de escape. Esto podría ser relacionado con programas de certificación ecológica (del Marine Stewardship Council, por ejemplo) que proporcionan incentivos adicionales a los pescadores preocupados por establecer prácticas de manejo sustentable. Otra opción es la apertura de mercados alternativos, para presentaciones distintas del producto como la venta de langosta entera. Tanto la certificación como los nuevos mercados, implican acceder a mejores retornos y beneficios económicos, al tiempo que atenúan impactos ecológicos sobre el recurso y los ecosistemas costeros.
- ❖ Coordinación y concordancia en el otorgamiento de licencias de pesca y licencias para las embarcaciones.
- ❖ Es de suma importancia que Belice fomente la capacitación del personal del departamento de pesca para que ellos puedan coleccionar datos confiables, efectuar los análisis e inferir adecuadamente para tomar decisiones bien fundamentadas para administrar sus pesquerías de modo sustentable. Existen expertos en el tema con

quienes se deben consultar para no duplicar esfuerzos, e incluyendo a los actores principales- los pescadores.

- ❖ Desarrollar mejores prácticas de administración pesquera junto con cambios en la legislación que le asignen derechos pesqueros y concesiones en co-manejo, lo cual sería un gran incentivo para que los pescadores hagan un uso más responsable de sus recursos. Con más derechos bajo concesiones, en el marco del co-manejo y con mejores prácticas de pesca, los pescadores podrían capturar langosta viva con la posibilidad de un mayor respeto de las tallas mínimas y regulaciones establecidas.
- ❖ Transferir parte de la responsabilidad para coleccionar datos biológicos y de captura y esfuerzo a la industria, junto con el esfuerzo del gobierno, universidades y ONGs. Mejorar la colecta de los datos diarios obtenidos de los pescadores al entregar producto y hacer hincapié en que los pescadores provean la información correcta.
- ❖ Homogenizar las medidas de regulación en la región del Arrecife Mesoamericano y la COPACO (WECAFC), esto de manera gradual, y procurando establecer tallas mínimas basadas en longitud de caparazón o tallas de cola, en vez del peso de cola.
- ❖ Cooperación y apoyo técnico por parte de FAO y otras organizaciones internacionales, para los países que carecen de suficientes recursos materiales y humanos con la capacidad técnica para las evaluaciones necesarias

Literatura Citada

- Alban, F., G. Appéré y J. Boncoeur. 2006. Economic analysis of marine protected areas. A literature review. EMPAFISH project, booklet No.3 55pp
- Arceo, P. 1991. Análisis bioeconómico de funciones captura-esfuerzo de la pesquería artesanal de Langosta (*Panulirus argus*). Tesis de Maestría, Centro de investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Mérida
- Acosta, C. A. 1999. Benthic dispersal of Caribbean Spiny Lobster among insular habitats: Implications for the conservation of exploited marine species. *Conservation Biology*, 13 (No. 3):603-612
- Acosta, C. A. y M. J. Butler IV. 1997. Role of mangrove habitat as a nursery for juvenile spiny lobster, *Panulirus argus*, in Belize. *Marine Freshwater Research* 48:721–727.
- Berkes, F., R. Mahon, P. McConney, R. Pollnac y R. Pomeroy. 2001. Managing small-scale fisheries: alternative directions and methods. International Development Research Centre, Canada. 320pp
- Berkes, F. 2003. Alternatives to Conventional Management: Lesson from small scale fisheries. *Environments* Vol. 31 (1)
- Butler IV, M. J. y A. B. MacDiarmid. 1999. Sperm economy and limitation in Spiny Lobster. *Behaviour Ecology Sociobiology* 46: 14-24
- Briones-Fourzán, P. y E. Lozano-Álvarez. 2001 Effects of artificial shelters (casitas) on the abundance and biomass of juvenile spiny lobsters *Panulirus argus* in a habitat-limited tropical reef lagoon. *Marine Ecology Progress Series*, 221: 221-232
- Briones-Fourzán, P., M. Perez-Ortiz y E. Lozano-Álvarez, 2006. Defence mechanism and antipredator behaviour in two sympatric species in Spiny Lobsters, *Panulirus argus* and *P. Guttatus*. *Marine Biology* 149: 227–239
- Defeo, O. y J. C. Castilla. 2005. More than one bag for the world fishery crisis and keys for co-management successes in selected artisanal Latin American shellfisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15:265–283

- Charles, A.T. 1989. Bio-socio-economic dynamics and multidisciplinary models in small-scale fisheries research. 603-608 In: Durand J.R., J. Lemoalle y J. Weber (eds.), "Research and Small-Scale Fisheries", ORSTOM, Paris Francia (1991).
- Charles, A. T. 1995. Fishery science: the study of fishery systems. *Aquatic Living Resources*, 8, 233-239
- Charles, A. T. 2001. Sustainable fishery systems. Fish and aquatic resources series. Blackwell Science; p. 300.
- Clark, C. W. 1981. Bioeconomics of the oceans. *Bioscience; Living Marine Resources* 31 (No 3): 231-237
- Clark, C. W. 2006. Fisheries bioeconomics: why it is so widely misunderstood? *Population Ecology* 48:95–98
- Cobb, S. 2007. Comunicación Personal
- Cotter, A. J. R., L. Burt, C. G. M. Paxton, C. Fernandez, S. T. Buckland, y J-X. Pan, 2004. Are stock assessment Methods too complicated? *Fish and Fisheries*; 5, 235-254
- Cruz, R. y León M.E. 1991. Dinámica reproductiva de la langosta (*Panulirus argus*) en el archipiélago cubano. *Rev. Inv. Mar.* 12 (1-3): 234-245
- Cruz, R. 2002. Manual de métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de langosta espinosa. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 399, Roma, 43p.
- Cruz, R. y R. Adriano. 2004. Use of a Fishery Independent Index to predict recruitment and catches of the spiny lobster. *NAGA, World Fish Center Quarterly* Vol. 27 No. 1 y 2
- Craig, A. K. 1966. The Geography of Fishing in British Honduras and adjacent coastal waters Louisiana State University Press, Baton Rouge, Louisiana, EUA.
- Craig, A. K. 1968. The Grouper Fishery of Caye Glory, British Honduras.
- Dudley, R. G. 2003. A Basis for understanding fisheries management complexities. Presentation at the 21st International Conference of the System Dynamics Society, Nueva York.
- Eggert, H. 1998. Bioeconomic analysis and management. The Case of Fisheries. *Environmental and Resource Economics* 11(3–4): 399–411

- FAO. 2004. The State of World Fisheries and Aquaculture 2003, Part 1: World review of fisheries and aquaculture, the status of the fishery resources.
- FAO. 2005. Fishery Country Profile - Belice.
- FAO. 2006. The State of World Fisheries and Aquaculture 2005, Part 1: World review of fisheries and aquaculture, the status of the fishery resources.
- FAO. 2008. The State of World Fisheries and Aquaculture 2007, Part 1: World review of fisheries and aquaculture, the status of the fishery resources.
- Fisheries Act. 2000. Cap. 210
- García, S.M. y A. T. Charles. 2007. Fishery Systems and Linkages: From Clockwork to Soft Watches. ICES Journal of Marine Science 64:580-587.
- García, S. M. y A. T. Charles. 2008. Fishery Systems and Linkages: Implications for Science and Governance. Ocean and Coastal Management, 51: 505-527.
- Key, C.J. 2002. The political Economy and the transition from Fishing to Tourism, in Placencia, Belize. International Review of Modern Sociology, 30 (No. 1): 1-17
- León, M. E. 2007. Report on the technical training to the fisheries department of Belize. Informe Técnico. Belize Fisheries Department Agriculture and Fisheries, Belice Centro America. 12p.
- Lyons, W. G., D. G. Barber, S. M. Foster, F. S. Kennedy Jr. y G. R. Milano. 1981. The spiny lobster, *Panulirus argus*, in the middle and upper Florida Keys: population structure, seasonal dynamics, and reproduction. Florida Department of Natural Resources Marine Research Laboratory. St. Petersburg, Florida
- Gillet, V. 2003. The fisheries of Belize. Fisheries Research Report. Vol. 11 (6)
- Góngora, M. 2006. Belize Lobster Fishery Country Report. Regional Workshop on the assessment and management of the Caribbean Spiny Lobster (*Panulirus argus*). Informe Técnico. Belize Fisheries Department Agriculture and Fisheries, Belice Centro America. 13p.
- Hilborn, R., J. K. Parrish y K. Litle. 2005. Fishing rights or fishing wrongs? Reviews in Fish Biology and Fisheries 15:191–199
- Huitric, M. 2004. Comparative study of the lobster fisheries in Maine and Belize: possible causes for success and failure. Beijer Institute, Suecia

- Huitric, M. 2005. Lobster and conch fisheries of Belize: a history of sequential exploitation. *Ecology and Society* 10(1): 21.
- Ihaka, R. y R. Gentleman. 1996. R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphics Statistics*. 5: 299-314.
- Knowler, D. 2002. A review of selected bioeconomic models with environmental influences in fisheries. *Journal of Bioeconomics* 4: 163-181
- Marx, J.M. y W. F. Herrnkind. 1986. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (south Florida)-spiny lobster. U.S. Fisheries and Wildlife Service. Biol. Rep. 82(11.61). U.S. Army Corps of Engineers, TR EL-82-4. 21 p.
- Matthews, T. R., J. H. Hunt y D. W. Heatwole. 2003. Morphometrics and management of the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*. Florida fish and wildlife Conservation Commission, Florida Marine Research Institute, pp 11.
- McField, M. D., S. M. Wells y J. Gibson. 1996. State of the Coastal Zone Report 1995. Gobierno de Belice con asistencia del UNDP y GEF, Belice. 255 p.
- McField, M. D. 2001. The Influence of Disturbances and Management on Coral Reef Community Structure in Belize. Tesis de Doctorado, Colegio de Ciencias Marinas, Universidad de Florida del Sur. 155 p.
- Medley, P. R., Carcamo y S. Punnett. 2004. A preliminary assessment of the lobster catch and effort data (2000-2003). Informe Técnico. Belice, Centro America. 8p
- Miller, C. L., L. O. Cortney y R. L. Creswell. 2007. Candidate Species for Florida Aquaculture: Caribbean Spiny Lobster, *Panulirus argus*. University of Florida FA147, 5 p. (http://edis.ifas.ufl.edu/TOPIC_SERIES_Candidate_Species)
- Muller, A. R. 2005. Notes on Fisheries Economics. McMaster University, Hamilton, Ontario, Canadá, 9p
- Munro, J. L., editor. 1983. Caribbean coral reef fishery resources. ICLARM studies and reviews 7, 276 p. International Centre for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas
- Northern Fishermen Cooperative Society. 2007. Reporte Técnico. "Annual Report". Belice, C.A. 25p

- Pauly, D. y D. Zeller. 2003. Part 1: Fisheries Trends; The Global Fisheries crisis as a rationale for improving the FAO's database of fisheries statistics. Fisheries Centre Research Reports, Vol. 11(6)
- Pauly, D., V. Christensen, S. Gu nette, J. T. Pitcher, U. R. Sumaila, C. J. Walters, R. Watson y D. Zeller, 2002. Towards sustainability in world fisheries. Nature 418: 689 - 695
- Pauly, D. 2009. Beyond Duplicity and Ignorance in Global Fisheries. Scientia Marina, 73(2): 215-224.
- Price, D. M. 1987. Cooperatives and Development: The Lobster Fishermen of Belize. Department of Geography, Syracuse University, Syracuse, Nueva York, EUA, 22p (<http://sites.maxwell.syr.edu/clag/Yearbook1987/price.htm>)
- Purdy, G. E y E. Gischler. 2003. The Belize Margin revisited:1. Holocene marine facies. Int. J. Earth Sci. (Geol Rundsch) 92:532-551
- Roughgarden, J. 1998. How to Manage a Fisheries. Ecological Applications, Vol. 8, No. 1, Supplement: Ecosystem Management for sustainable Marine Fisheries 160-164
- Salas, S. y D. Gaertner. 2004. The behavioural dynamics of fishers: management implications. Fish and Fisheries, 5: 153-167
- Salas, S., R. U. Sumaila, T. Pitcher. 2004. Short term decisions of small-scale fishers selecting alternative species: a choice model. Canadian Journal of Fisheries. Aquatic Sciences. 61: 374-383
- Salas, S., J. C. Seijo, P. Arceo, A. M. Arce. 1991. Distribución espacio-temporal del esfuerzo pesquero de la flota artesanal de langosta (*Panulirus argus*) en la plataforma yucateca. Revista de Investigaciones Marinas. Cuba 12: 293-299.
- Seijo, J. C. y D. Fuentes, 1989. The spiny lobster (*Panulirus argus*) fishery of Punta Allen, Mexico. In: Tietze, U., P. Merrikin (Eds.), Fisheries credit programs and resolving long funds. FAO Fish. Tech. Paper No. 312. FAO, Italia 89-100
- Seijo, J. C. 1993. Individual transferable grounds in a community managed artisanal fishery. Marine Resources Economics. 8: 78-81

- Seijo, J.C. 2007. Considerations for management of metapopulations in small-scale fisheries of the Mesoamerican barrier reef ecosystem. *Fisheries Research*. 87: 86-91.
- Seijo, J. C., P. Arceo, S. Salas y D. Fuentes. 1991. Análisis bioeconómico comparativo de la pesquería de la langosta *Panulirus argus* de la plataforma continental de Yucatán. *FAO Fisheries Report* 431: 39-58.
- Seijo, J. C., O. Defeo y S. Salas. 1997. Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo. *FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 368. Roma, FAO. 176p.
- Seijo, J. C., E. Sosa-Cordero y S. Salas, M. Arce. 2005. Análisis bioeconómico de la pesquería de langosta *Panulirus argus* en la plataforma continental de Yucatán y Quintana Roo Propuesta. *ECOSUR, Universidad Marista de Mérida, CINVESTAV, México*. 11p.
- Sosa-Cordero, E. y A. Ramírez-González. 1999. Langosta. In: Xacur Maiza J.A. (Ed.). *Enciclopedia de Quintana Roo*. Tomo México, D.F. 1998-1999. pp. 140-161.
- Sosa-Cordero, E. 2003. Trends and dynamics of the spiny lobster, *Panulirus argus*, resource in Banco Chinchorro, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 73 (1):203-217
- Sosa-Cordero, E., M. L. A. Liceaga-Correa y J. C. Seijo. 2008. The Punta Allen lobster fishery: current status and recent trends. p.149-162. In: R. Townsend, R. Shotton and H. Uchida. (Eds.). *Case studies in fisheries self-governance*. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 514. Roma, FAO. 451 pp.
- Salas, S., J. Bello, G. V. Ríos, M. A. Cabrera, R. Rivas y A. Santa María. 2005. Programa maestro del sistema producto de la pesquería de langosta en Yucatán. *CONAPESCA*. Yucatán.
- Sumaila, U. R. 2004. Intergenerational cost-benefit analysis and marine ecosystem Restoration. *Blackwell Publishing Ltd, Fish and Fisheries*, 5: 329-343
- Torres, E. 2008. Análisis de las operaciones de pesca y funciones de producción de la langosta *Panulirus argus* en dos puertos de la península de Yucatán. Tesis de Maestría, Centro de investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Mérida. 107 p.
- Villanueva, J. 2006. Belize Fishery Status Report-2005. Informe Técnico. Departamento de Pesca de Belice. Ministerio de Agricultura y Peca, Belice Centro América. 37p

- Villanueva, J. 2008. Fisheries Statistical Report-2007. Informe Técnico. Departamento de Pesca de Belice. Ministerio de Agricultura y Peca, Belice Centro América. 37p
- Young, E. 2007. Comunicación Personal
- Ward, J. 2000. The Role of Economics in Fisheries Management: A Personal Perspective Keynote Address. International Institute of Fisheries Economics and Trade (IIFET) proceedings.
- WECAFC. 2001. Report of the Workshop on Management of the Caribbean Spiny Lobster (*Panulirus argus*) Fisheries in the Area of the Western Central Atlantic Fishery Commission. FAO Fisheries Report No. 643. Roma, 66p
- WECAFC. 2003. Report of the Workshop on Management of the Caribbean Spiny Lobster (*Panulirus argus*) Fisheries in the Area of the Western Central Atlantic Fishery Commission. Havana, Cuba, 30 September – 4 October 2002. FAO Fisheries Report No. 715. Roma, 273p
- WECAFC. 2007. Report of the fifth Regional Workshop on the Assessment and Management of the Caribbean Spiny Lobster. Mérida, Yucatán, México, 19-29 de septiembre 2006. FAO Fisheries Report. No. 826. Roma, 99p
- WWF. 2006. Cómo lograr mayores ingresos pescando de manera sustentable. Manual de Practicas Pesqueras de Langosta en el Arrecife Mesoamericano. WWF-México/Centroamérica. 97p
- Zuur, A. F y E. N. Ieno, G. M. Smith. 2007. Analyzing ecological data. Springer. New York, NY, USA. 672 p.

Anexo 1 Formato de captura para el muestreo biológico

Bioeconomic Studies of the Lobster (*Panulirus argus*) Fishery for Season 2007

Format for Sampling Fishing Trip (Biological Data)

Place: Northern National Fisher's Name: _____
 Enumerator: _____ Date: D ___ /M ___ /Y ___

#	Tail length (mm)	Tail weight (oz)	Sex (M/F)	Observations *	#	Tail length (mm)	Tail weight (oz)	Sex (M/F)	Observations *
1					42				
2					43				
3					44				
4					45				
5					46				
6					47				
7					48				
8					49				
9					50				
10					51				
11					52				
12					53				
13					54				
14					55				
15					56				
16					57				
17					58				
18					59				
19					60				
20					61				
21					62				
22					63				
23					64				
24					65				
25					66				
26					67				
27					68				
28					69				
29					70				
30					71				
31					72				
32					73				
33					74				
34					75				
35					76				
36					77				
37					78				
38					79				
39					80				
40					81				
41					82				

* Indicate: Other species, berried (HO), molt (S)

Sail Skiff Trap Casitas Rejects: _____ Head: _____ Conch: _____ Fillet: _____ Crab: _____

Anexo 2 Hoja de captura y esfuerzo de pesca así como los datos económicos

Bioeconomic Studies of the Lobster (*P. argus*) Fishery for Season 2007

Format for Sampling Fishing Trip (Cost and Effort Data)

Place: *Northern* *National*
 Enumerator: _____ Date: D ___/M ___/Y ___

Fishing effort data:

Fisher's name:
Fisher's age:
Vessel name:
Type: <input type="checkbox"/> <i>Skiff</i> <input type="checkbox"/> <i>Sailing sloop</i>
Vessel size: _____ <i>ft.</i> <input type="checkbox"/> <i>Keel</i> <input type="checkbox"/> <i>Total</i>
Engine size: _____ <input type="checkbox"/> <i>2 stroke</i> <input type="checkbox"/> <i>4-stroke</i>
Departure date/time: _____ Return date/time: _____
Total days/time: _____ Effective days/time: _____
Crew: _____ (All fished?)
Fishing method: <input type="checkbox"/> <i>Trap</i> <input type="checkbox"/> <i>Casitas</i> <input type="checkbox"/> <i>Natural habitat:</i>
Number of traps or casitas checked: _____
Depth: _____
Fishing Site/Zone/Area: _____
Fishing gear: <input type="checkbox"/> <i>Hook stick (diving)</i> <input type="checkbox"/> <i>Other:</i>

Catch from fishing trip:

<i>Species</i>	<i>lbs.</i>	<i>Price/lbs.</i>	<i>Subtotal \$</i>
Lobster			
<i>Tail</i>			
<i>Head meat</i>			
By-catch			

Cost of fishing trip:

<i>Item</i>	<i>Amount used</i>	<i>Unit \$</i>	<i>S-Subtotal</i>
Fuel (gal)			
Lube (qrt)			
Food			
Ice			
Butane			
Cook salary			
Watchman/Assistant salary			
Transport (ice and catch)			
Sodium			
Miscellaneous (e.g. cigarette, batteries, battery charge, soft drinks,			
Other			
<i>Total</i>			

Anexo 3. Hoja de costos fijos y de mantenimiento

Format for Fixed Costs and Maintenance Cost

Place: Northern National

Enumerator: _____ Date: D ___/M ___/Y ___

Costs: vessel, engine and fishing equipment:

Fisher: Name: _____		
Vessel: Name: _____ Type: <input type="checkbox"/> Skiff <input type="checkbox"/> Sail <input type="checkbox"/> Wooden <input type="checkbox"/> Fibreglass		
Vessel size: _____ ft. Year of purchase _____ cost \$ _____		
New? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No If NO please indicate how old when purchased _____ years.		
GPS? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No, cost: \$ _____		
Engine: Type: <input type="checkbox"/> 2 Stroke <input type="checkbox"/> 4 Stroke Power: _____HP.		
Year of Purchase _____ Cost \$ _____, New? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
Fishing method: <input type="checkbox"/> Free diving <input type="checkbox"/> Trap <input type="checkbox"/> Casitas (shade) <input type="checkbox"/> Natural habitats: _____		
Fishing gear: <input type="checkbox"/> Hook stick <input type="checkbox"/> Spear gun <input type="checkbox"/> Other: _____		

Costs: acquisition and antiquity of equipment and materials by fishing method

Traps	Casitas (shade)	Natural habitats
Number: _____ How old? _____ years	Number: _____ How old? _____ years	
Cost per trap: \$ _____ Cost markers (pole): \$ _____	Cost per casita: \$ _____	Cost per canoe: \$ _____ How old? _____ years
Other costs: \$ _____ Gloves: \$ _____ GPS: \$ _____ How old? _____ years	Cost of diving equipment: Diving glasses, fins, hook stick, gloves: \$ _____ GPS: \$ _____ How old? _____ years	Cost of diving equipment: Diving glasses, fins, hook stick, gloves: \$ _____ GPS: \$ _____ How old? _____ years

N.B. Costs and prices in Belize Dollars

Costs: other fixed

Did you purchase vessel, engine, equipment or material indicated on table above, on credit? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No If Yes indicate debt at the beginning of season: \$ _____.
How much do you owe now? \$ _____
Were you charged any interest on the borrowed money? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
If Yes, please indicate rate of interest : _____% monthly

Costs: preventive or corrective maintenance by fishing method

Traps	Casitas (shade)	Natural Habitat
Vessel: \$ _____ Engine: \$ _____ Month: _____	Vessel: \$ _____ Engine: \$ _____ Month: _____	Vessel: \$ _____ Engine: \$ _____ Month: _____
Traps: \$ _____ Month: _____	Casitas: \$ _____ Month: _____	Canoe: \$ _____ Month: _____
Markers: \$ _____ Month: _____	Spear gun, hook stick, gloves GPS: \$ _____ Month: _____	Spear gun, hook stick, gloves, GPS: \$ _____ Month: _____
Diving equipment: \$ _____ Month: _____	Diving equipment: \$ _____ Month: _____	Diving equipment: \$ _____ Month: _____

N.B costs incurred on vessel or engine should be reported only once when more than one fishing method is used

Anexo 4. ANOVA de tres vías; cuasi-utilidades en \$ US por día por pescador

	<i>Df</i>	<i>Sum Sq</i>	<i>Mean Sq</i>	<i>F value</i>	<i>Pr(>F)</i>
factor(BOAT_TYPE)	1	98	98	0.0543	0.81619
factor(MES)	8	12130	1516	0.8392	0.56991
factor(GEAR)	3	24363	8121	4.4946	0.00497**
factor(MES):factor(GEAR)	22	53973	2453	1.3578	0.14915
factor(BOAT_TYPE):factor(MES):factor(GEAR)	7	7150	1021	0.5653	0.78287
Residuals	124	224044	1807		

Residual standard error: 42.51 on 124 degrees of freedom Multiple R-Squared: 0.3037,
Adjusted R-squared: 0.07346, F-statistic: 1.319 on 41 and 124 DF, p-value: 0.1250

Anexo 5. ANOVA de una vía con método de pesca como único factor

Analysis of Variance Table

Response: n_CU_DF

	<i>Df</i>	<i>Sum Sq</i>	<i>Mean Sq</i>	<i>F value</i>	<i>Pr(>F)</i>
factor(method)	4	26326	6582	3.5867	0.007866 **
Residuals	161	295431	1835		

Residual standard error: 42.84 on 161 degrees of freedom.

Multiple R-Squared: 0.08182, Adjusted R-squared: 0.05901

F-statistic: 3.587 on 4 and 161 DF, p-value: 0.007866

Anexo artículo enviado a la Revista US Fishery Bulletin
Enviado el 2 de Noviembre de 2009

A bioeconomic analysis of the spiny lobster fishery of Belize: comparing quasi-utilities between vessel types and fishing methods.

Adriel Castañeda, and
Eloy Sosa-Cordero*
El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)-Unidad Chetumal.
Av. Centenario Km. 5.5
Chetumal, Quintana Roo, México. CP 77014

*Correspondent author:

Phone: +52 (983)-8350440 ; Fax: +52 (983)-8350454

E-mail: esososa@ecosur.mx

Adriel Castañeda, E-mail: adrielcast@yahoo.com

Keywords:

Spiny Lobster, *Panulirus argus*, Mesoamerican Barrier Reef System, fishery bioeconomics, variable costs and income, open access

Abstract

In Belize, like in the wider Caribbean, the spiny lobster *Panulirus argus* is the main fishery resource. This work analyzes bioeconomic variables in this fishery discriminated by vessel type: skiff vs sailing sloop, and fishing method: traps, free diving in natural habitats or artificial habitats (casitas). Monthly sampling during the 2007-2008 fishing season provided data of lobster's catch composition and economical data per fishing trip. Strong presence of young lobsters in the catch indicates fishing restricts to shallow depths ≤ 20 m. We found noticeable differences between sail-sloops (SS) and skiffs (SK) regarding trip's duration in days: 6.0 ± 2.04 (SS) vs 3.2 ± 2.55 (SK); crew size: 7.3 ± 2.75 (SS) vs 2.8 ± 1.08 (SK) and diving depth in m: 12.8 ± 4.27 (SS) vs 6.2 ± 3.36 (SK). We contrast quasi-utilities per fishing trip between: 1) skiffs and sailing sloops; and 2) fishing methods. Quasi-utilities per trip fisher⁻¹day⁻¹, for skiffs (US \$ 41.5 ± 26.2) and sailing sloops (US \$ 43.2 ± 50.9) were statistically similar; but traps yielded greater quasi-utilities. The fraction of trips having losses (US \$ per trip fisher⁻¹day⁻¹ ≤ 0) was 3.6% for sail-sloops and 12.6% for skiffs. Prevalence of sailing sloops despite their higher investment costs is discussed. Any increase in number of fishers and vessels must be avoided, since both promote utility dissipation in this open access fishery.

Introduction

An increasing number of marine fisheries are considered in state of crisis worldwide, based on global reports (FAO, 2004; 2006; 2008) and expert assessment (Clark, 2006; Pauly et al. 2002; Pauly and Zeller, 2003; Pauly, 2009). Yet, collective efforts directed to introduce new management strategies that acknowledge the biological and economical realities of the fishing industry, remain active (Hilborn et al., 2004; Clark, 2006; Parma et al., 2006). In this context, the evaluation of fishery resources is often challenged by complexities (Berkes, 2003; García and Charles, 2007; 2008) that confound its analysis (Arceo, 1991; Salas and Gaertner, 2004; Cotter et al., 2004; Salas et al., 2004); hence having implications for their management. Complexities include a range of issues, from biological aspects of the resource to those related to fleet dynamics, fishing methods, vessel type as well as social, economical, and environmental factors,

all inter-linked with each other (García and Charles, 2008). Thus, it is imperative that the management process integrates the biological and ecological aspects of the resource together with the socio-economic and institutional factors affecting the behaviour of fishers (users), decision makers and relevant management authorities (Seijo et al., 1997; Charles, 2001).

For social and economical reasons such as the number of fishers participating in its capture and its value as a product of exportation, the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*, is the main fishery resource and sustains a valuable fishery throughout its area of distribution, from Bermuda to North Carolina as far as Rio de Janeiro, Brazil, which conforms the Western Central Atlantic or FAO area 31 (Cochrane and Chakalall, 2001; Ehrhardt, 2005). Thus, in the Caribbean basin, the *P. argus* is a high-valued resource subject to strong fishing pressure and its management faces many challenges. Moreover, these challenges are confounded by its complex life history, characterized by four distinct stages: egg, larvae (phyllosoma), juvenile and adult (Marx and Herrnkind, 1986). In particular, stock identity stands as an unsolved question, due to its long-lasting pelagic larval stage implying a high potential for dispersal by oceanic currents (Briones-Fourzán et al., 2008).

In the Mesoamerican Barrier Reef System, a coastal region formed by Mexico, Belize, Guatemala and Honduras, the third most productive country of spiny lobster is Belize, with annual landings of approximately 800 metric tons (t) whole weight amounting an income of roughly six million US \$ (WWF, 2006; Seijo, 2007). In Belize, the artisanal fishery of spiny lobster dominates the fishery sector since it provides the greatest income generation for over 2,000 registered fishers and >100 employees at the processing plants (Villanueva, 2008). Despite the increase in fishing effort over the last years, the catch has remained stable around 728 t of whole weight (Gongora, 2006). According to recent evaluations (Medley et al. 2004; Gongora, 2006; León, 2007; Sosa-Cordero and Castañeda, 2009) the lobster resource of Belize is fully

exploited; given the level of fishing pressure indicators. However, the relative scarcity of time series data on catch, effort and size composition of the catch (Huitric, 2004; 2005; WECAFC, 2001) have precluded the application of elaborate models for stock assessment. In light of its social and economic relevance, it was of interest to develop a first bioeconomic analysis of the spiny lobster fishery in Belize, in order to provide basis for recommendations to authorities and stakeholders aiming to conserve the resource and maintaining the fishery viable both socially and economically.

The objective of this work is to conduct a comparative bioeconomic analysis of the lobster fishery of Belize, with emphasis in determining the economic performance by vessel type and fishing method employed by the artisanal fleet. For that purpose, biological and economical data were collected during the 2007-2008 fishing season. Concerning the spiny lobster fishery of Belize, two hypotheses were considered: i) there are statistical differences on quasi-utilities between the two types of vessels operating in the fishery: skiff vs sailing sloop; ii) there is statistical heterogeneity on quasi-utilities between five fishing methods used. In addition, this study will provide an updated description of the lobster fishery of Belize.

Description of the fishery

In Belize, there are two dominant types of lobster fishing vessels: skiff and sailing sloop (Villanueva 2008). Skiffs, mostly made of fiberglass, have 6-8 m of length, and out board motors from 15 to 115 HP. The crew for skiffs ranges from one to four fishers. Their fishing trips last mostly one day; but some occasionally last up to five days for fishers with fishing camp. The sailing sloops are made mainly of wood, have an auxiliary outboard engine of 40 HP, and are equipped with an icebox to preserve the catch. A sailing sloop possesses capacity for eight canoes

and ten divers (fishers). Their fishing trips last between 6 to 10 days at sea depending on the amount of ice carried, the catch volume, weather conditions and food supply.

Lobster is caught using three main methods: i) wooden traps, ii) gaff (or hook stick) and free diving in natural habitats; iii) gaff and free diving in artificial habitats (casitas), locally known as “shades”. The latter are wood logs roofed with metal (zinc) sheets, concrete plates, or other materials: vehicle hoods, drums or tires. The current regulatory measures include: 1) a restriction on size with a minimum tail weight of 4 oz (113.4 g) or 74 mm of carapace length; 2) a four month-closed season: 15 February to 14 June; 3) prohibition on the use of SCUBA, venoms, explosives or compressor; 4) prohibition of deep fishing; 5) prohibition on extraction of berried or moulting lobsters; 6) prohibition of setting traps, nets or casitas near reef; and 7) prohibition of commercialization of diced lobster. In addition, cooperatives must sell 5% of the lobster processed to the local market (Fisheries Act 2000, Góngora 2006).

In Belize, lobster is marketed in two presentations: fresh or frozen tails and head meat. In the period 1977-2008, the annual landings of lobster in Belize exhibited a moderate inter-annual variability after a record production in 1981 with 1021 metric tons (t) whole weight (Fig. 1). The catch fluctuations suggest a cyclical production pattern in which two or three good years are followed by one low harvest year possibly linked to low larval recruitment periods (Price, 1987). Despite these fluctuations, annual production remains stable around an average of 728 t (Góngora, 2006). According to the Belize Fisheries Department, in 2007 there were approximately 2110 fishers and 593 vessels registered; nonetheless, several fishers and vessels only fish during the opening of the season then shift their efforts to the tourism industry.

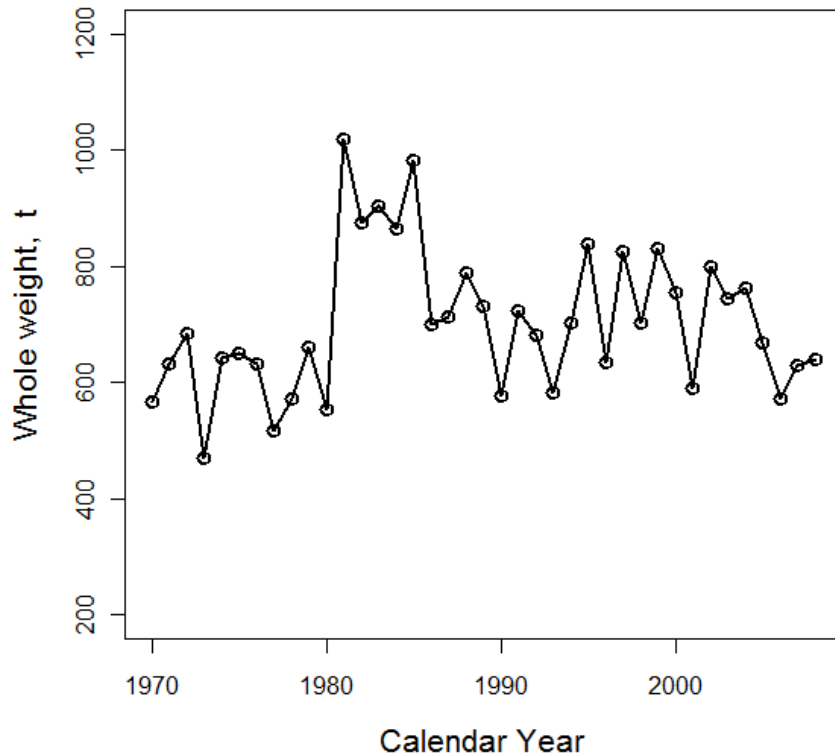


Figure 1. Adriel Castañeda

Materials and methods

Belize is located between 15° 52' 9" and 18° 29' 55" N and 87° 28" y 89° 13' 67" W with a territory of 22965 Km², including 688,94 Km² of islands (Fig. 2). Belize possesses approximately 269 km long barrier reef with a shallow lagoon between the coast and the barrier reef, and within the atolls that provide adequate habitats for species of commercial and ecological value, including the spiny lobster. In addition, the interconnectivity existing between the extensive mangroves, sea grass beds, and reefs at the local level (Acosta and Butler, 1997; Acosta, 1999) allows suitable ground for the lobster fishery to take place. For management purposes, the coast of Belize is divided into three provinces (north, central and south) and these

are subdivided into six areas (Villanueva, 2006) each with a mosaic of benthic habitats (Burke, 1982; Mcfield, 2001)

To achieve the objectives of this work, monthly sampling was conducted during the 2007-2008 lobster fishing season. Biological and economical data were collected in two major fishing cooperatives out of the five existing in Belize. The selected cooperatives, “Northern Fishermen Cooperative Society” and “National Fishermen Producers’ Cooperative”, have the largest number of active members, with a more regular fishing activity. In line with their higher organisational level, the “Northern” and “National” are the only cooperatives equipped with processing plants, hence, are able to process and export their own production and that of the other less developed cooperatives.

For the collection of biological data, a random sample of the lobster landed by fishing trip, vessel or fisher was taken. In one cooperative, the sample size was determined by the plant manager in order to minimize the time of manipulation, when the product remains without ice. In general, the sample size consisted of one to two buckets (3 gallon) extracted randomly from the total catch delivered per trip or fisher. A 300 mm calliper was used to measure the tail length (TL). At the same time the tail weight (oz) was taken using a scale provided by the cooperative, additional observations for each individual lobster in the sample included sex determination, reproductive state (females), and molting occurrence (soft exoskeleton).

Associated to the biological sampling, fisheries and economical data were obtained through interviews to fishers delivering the lobster catch. Interviews included questions related to the fishing trip, concerning the fishing effort: effective fishing days or hours, number of fishers, fishing gear, number of traps lifted or artificial shelters checked; geographic location of the fishing area, fishing depth, vessel size/type and engine power. In addition, cost and income associated to the fishing trip were obtained.

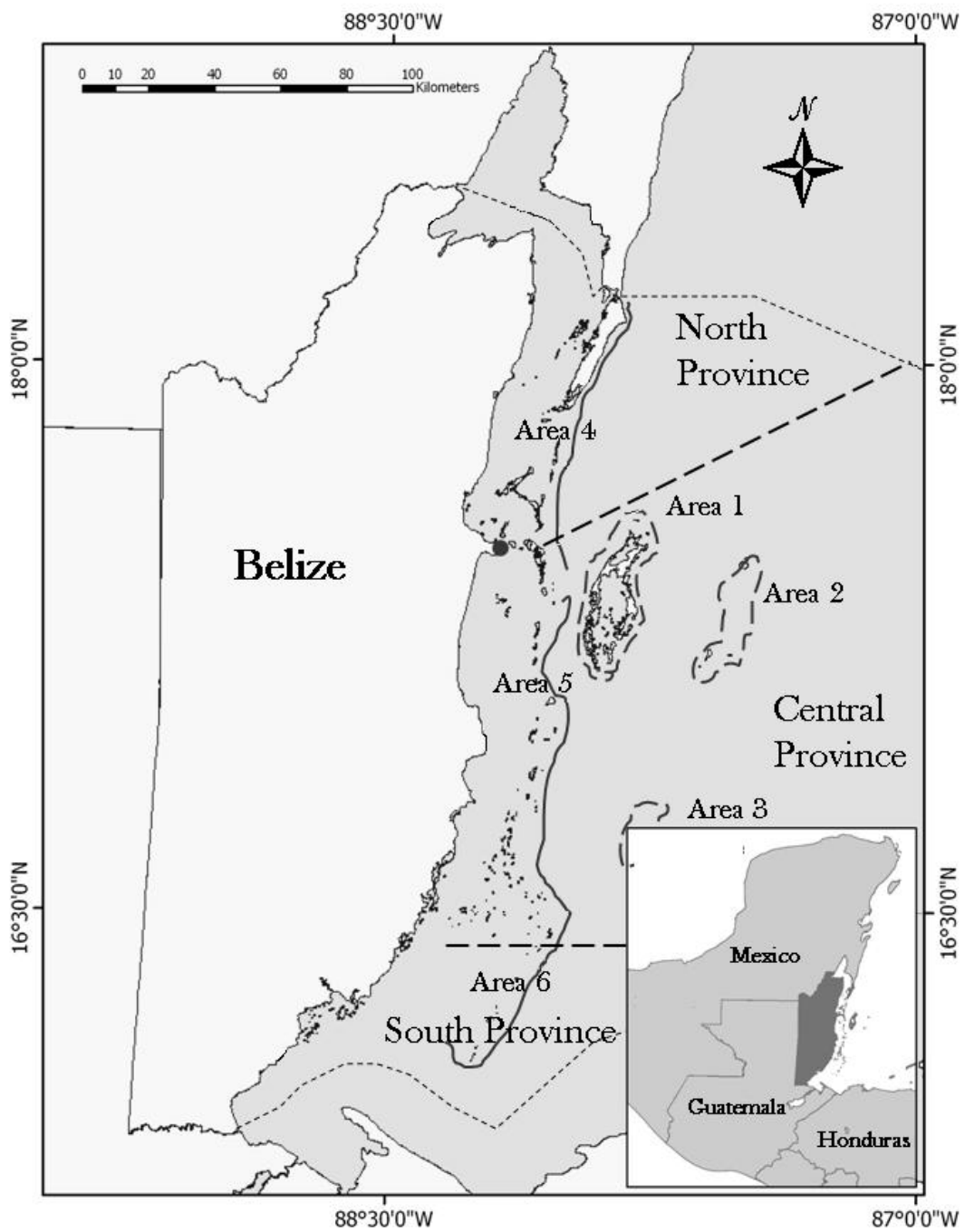


Figure 2. Adriel Castañeda

Costs such as: fuel, lube, maintenance, food, assistant and watchman salaries for those fishers that established camps at the cayes. As for total income from the fishing trip, its calculation was based on lobster catch and by-catch, each one multiplied by its respective unit price. Lastly, total returns were calculated as the difference between the incomes and the costs associated to the fishing trip.

A special interview was applied to obtain information on fixed costs, investment costs such as the initial costs of the vessel, major repairs and opportunity costs. Nevertheless, the response was unsatisfactory as fishers were reluctant to answer questions dealing with sensitive issues such as loans, payments to third parties or investments. Therefore, due to the poor response and tense reaction of the fishers, that information was omitted as part of the analysis. As a consequence, quasi-utilities, defined as the difference between total income and the total cost of each fishing trip, were used in the analysis. On the other hand, daily catch and effort data were collected, obtained from the cooperatives daily lobster and by-catch record of landings by fisher.

Descriptive analysis of the data and subsequent analyses for hypothesis testing, particularly the one and three way analysis of variance (ANOVA) on quasi-utilities were performed under the R software (Ihaka and Gentleman, 1996; <http://www.cran.r-project.com>). The main requirements of these methods were checked through diagnostic graphs of residuals (Zuur et al., 2007), and fulfilled in a reasonable degree.

Morphometric data from monthly sampling were used to obtain size structure of the monthly catch, which further processing generated the size frequency distribution corresponding to the total catch for the 2007-2008 lobster fishing season. The length (L)-weight (W) relationship, expressed as $W = aL^b$, was log-transformed in order to apply linear regression to individual data of tail weight (TW, g) and tail length (TL, mm). This length-weight equation allowed filling of missing values of weight for individual lobsters of known length –especially

when a scale was not available during the sampling. Once the monthly sample weight was determined, the expansion factors applicable to each monthly sample were computed to expand it to the total monthly catch, whose summation yielded the size frequency for the entire 2007-2008 season.

Based on the monthly economical data obtained from fishers interviews ($n=166$), variable operations costs were determined, together with the respective total returns per fishing trip of sampled vessels. The quasi-utilities defined as the difference between total returns minus total costs; were calculated per fisher and per day before the comparison between vessel type and fishing method. With the daily catch and effort information per trip or vessel obtained from the records of the cooperatives, it was possible to infer the catch in number of lobsters and the size distribution of the catch that is representative of the season.

Results

The sample size on economical information obtained through interviews and morphometric data discriminated by vessel type are shown in table 1. The number of skiff operator interviews was almost twice compared to the interviews of sailing sloop operators. This reflects the higher number of skiffs with respect to sailing sloops. Also, skiffs are mostly operated for one day, returning in the afternoon to deliver product; whilst sailing sloops did not have a predictable return date, which made it difficult to ensure its arrival coincides with the sampling period.

According to the sail boat crew interviewed, their main fishing gear is a gaff and free diving in natural habitats, to depths ranging from 1.98 to 20.12 m with average of 12.78 ± 4.27 m ($\bar{x} \pm s$). Crew size varies from three to fourteen fishers, with average of 7.27 ± 2.75 . Regularly, divers work in pairs, using wooden or fibreglass canoes to search for lobsters. A sailing sloop's

fishing trip lasts between two to twelve days, averaging 6.04 ± 2.04 days and their catch ranges between 4.54 Kg to 212.73 Kg of lobster tails with an average of 65.27 ± 44.37 Kg. of tail per trip (Table 1).

Table 1. Monthly sample size (n), in number of interviews by vessel type, and number of size measurements during the 2007-2008 lobster fishing season.

Month	Sailing sloop	Skiff	Size data
<i>June</i>	2	17	1143
<i>July</i>	8	20	1303
<i>August</i>	5	16	829
<i>September</i>	11	14	666
<i>October</i>	3	9	860
<i>November</i>	7	11	840
<i>December</i>	6	6	599
<i>January</i>	8	8	601
<i>February</i>	5	10	1058
Totals	55	111	7899

Regarding skiff operators, they also fish lobsters using a gaff and free diving in natural habitats at depths in the range of 1.5 to 19.81 m; with average of 6.15 ± 3.36 m, which is considerably lower than that of sailing sloop. The crew size aboard skiffs varied from one to eight, averaging 2.85 ± 1.08 fishers per vessel. For skiffs, daily trips are common (mode of one day); however the duration of the fishing trip averaged 3.16 ± 2.55 days. The catch per trip varies between 0.45 to 205.93 Kg of lobster tails with a mean of 19.87 ± 26.42 Kg lobster tails per trip. It must be noted that the diving depths were averaged when a fisher gave a range of depths (Table 2).

Although the depth range at which both vessel types operate is relatively similar, there are differences within the skiffs, since they use additional methods of capture apart from the gaff and free diving in natural habitats. Indeed, the main method of capture used by skiffs' crew tends to

be wooden traps, as well as free diving to check artificial shelters. Hence, they concentrate their fishing activity mostly on shallow waters.

Table 2. Sample statistics of lobster catch, Kg of tails, and fishing effort indicators discriminated by vessel type in the lobster fishery of Belize, during the 2007-2008 lobster fishing season.

Vessel Type	Catch (Kg of tails)	Depth (m)	Trip duration (Fishing days, #)	Crew, number
<i>Skiff (n= 111)</i>				
<i>Minimum</i>	0.45	1.5	1	1
<i>Maximum</i>	205.9	19.8	10	8
<i>SD</i>	26.4	3.36	2.55	1.08
<i>Mean</i>	19.9	6.15	3.16	2.85
<i>CI 95%</i>	14.96; 24.79	5.52; 6.77	2.69; 3.64	2.65; 3.05
<i>Sailing Sloop (n=55)</i>				
<i>Minimum</i>	4.54	1.98	2	3
<i>Maximum</i>	212.73	20.12	12	14
<i>SD</i>	44.37	4.27	2.04	2.75
<i>Mean</i>	65.27	12.78	6.04	7.27
<i>CI 95%</i>	53.55; 7.00	11.65; 13.91	5.85; 6.22	6.55; 8.00

Of the total sample of skiffs, 76% ($n= 85$) used wooden traps and artificial shelters to an average depth of 5.7 ± 2.57 meters. Moreover, most trap fishers use a long wooden rod with a gaff on one end, which further restricts trap deployment to shallow waters. Also, fisheries regulations prevents the deployment of fishing gear at < 1 Km from the reef, further limiting these fishing methods to shallow areas in the reef lagoon or within the atolls. Only the skiff crew that dives for lobster in natural habitat, has the flexibility to dive at greater depths, on average 7.7 ± 4.93 m ($n= 26$).

The catch of lobster per trip also varies considerably by vessel type. Sailing sloop crews deliver greater catches of lobster to the processing plants compared to skiff crews. Nonetheless, on a fisher (*per capita*) basis, skiff trips on the average tend to produce more lobster. The main reason for this is the greater crew of sailing sloops, roughly 2.6 times the mean crew of skiffs; hence, the total catch per fishing trip is partitioned amongst more fishers.

Morphometrics

Using regression techniques the equations for the length-weight relationship were obtained: a) Females $W = 0.000215 \cdot L^{2.72}$, $n = 2,931$ with $r^2 = 0.913$; b) Males $W = 0.000112 \cdot L^{2.86}$, $n = 3,201$ with $r^2 = 0.934$; and c) Both sexes, $W = 0.000150 \cdot L^{2.80}$, $n = 5,952$ and $r^2 = 0.921$. No differences by sex were evident on lobsters < 140 mm TL; however, there were visible differences for lobsters 140 mm TL onwards (Fig. 3).

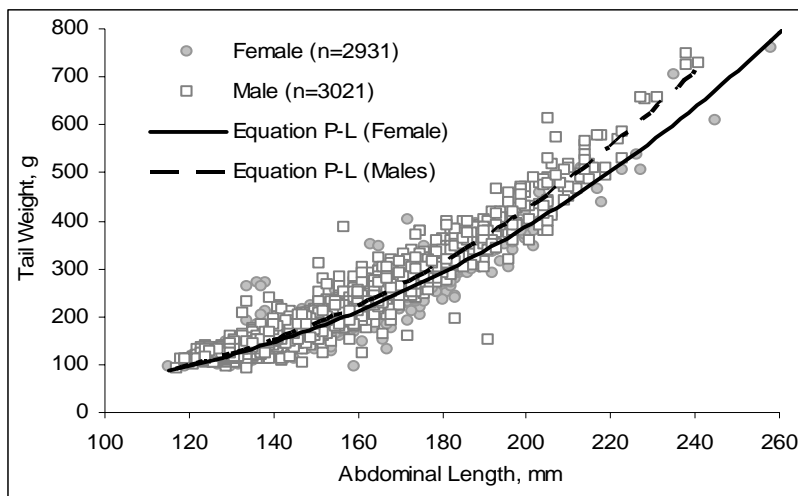


Figure 3. Adriel Castañeda

These differences could arise because the sample included uneven values of the males to female ratios, which could introduce a bias (Matthews et al. 2003).

The statistical descriptors associated to the size frequency distribution obtained from monthly sampling during the 2007-2008 season are summarized in table three. The maximum monthly average of lobster size, 153 mm tail length (TL) was registered in June, at the start of the season. The minimum monthly average, 146 mm TL, was observed in August.

Table 3. Monthly sample statistics of lobster size, tail length (TL) in mm, catch in number and weight, and expansion factor to elevate the sample data to total catch.

Sample Statistics	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
Sample									
<i>n</i>	1143	1303	829	666	860	840	599	601	1058
<i>Kg tails</i>	223.7	261.5	146.8	131.2	165.4	161.3	121.5	126.2	204.0
Lobster size									
<i>Minimum</i>	115	121	119	121	120	119	120	121	118
<i>Maximum</i>	245	244	223	264	227	238	238	241	271
<i>Mean</i>	153	151	146	152	148	148	152	150	150
<i>SD</i>	17.10	18.50	17.25	19.77	16.69	19.04	20.14	20.04	20.86
<i>CI 95%</i>	152.41 154.40	150.26 152.27	145.14 147.49	150.25 153.26	146.90 149.13	146.71 149.29	150.11 153.34	148.60 151.81	148.38 150.90
Catch¹									
<i>Numbers</i>	180733	252236	136656	96672	49021	58049	59200	41977	26256
<i>Kg tails</i>	35376	28691	15212	14061	9428	11147	12013	8811	5062
Expansion factor									
	158.1	109.7	103.6	107.1	57.0	69.1	98.8	69.8	24.8

Note: 1) Total catch of lobster, in numbers and weight, Kg of tails; both estimated from data obtained from monthly sampling at the two main fishing cooperatives of Belize.

Based on the summary size distribution from the expanded monthly size frequencies (Fig. 4), size-based fishery parameters after Munro (1983) were estimated as follows: length of first capture $l' = 130$ mm TL; mean length of recruitment $l_r = 129.4$ mm TL; and the mean size of recruited lobsters $\bar{l} = 153.2$ mm TL.

Approximately 11 percent of the lobsters in the sample resulted smaller than the Minimum Legal Size of 74 mm carapace length (CL), equivalent to 139.9 mm TL. The latter conversion was based on the CL-TL relationship reported by Florida, USA (Matthews et al., 2003)

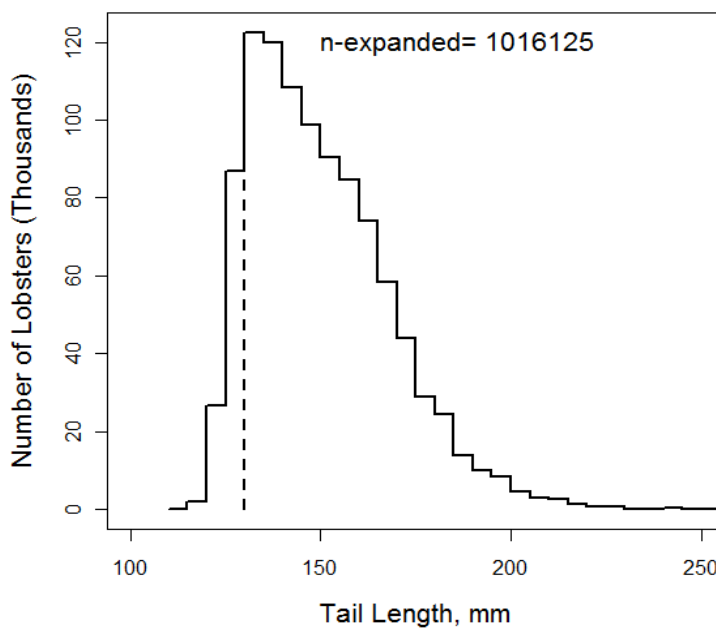


Figure 4. Adriel Castañeda

Economical aspects

It would not be equitable to directly compare economical variables registered for the two vessel types, given the marked differences in the *modus operandi* between the sailing sloops and the skiffs, such as: fishing trip duration in days fished, crew size, and depths operated (Table 2). These differences, in turn, imply differences between the vessel types regarding investments, costs and total returns per trip. Therefore, in order to conduct a comparative bioeconomical

analysis between the vessel types, upon an equitable basis, quasi-utilities (total returns less total costs), calculated per day and per fisher were used as variables of performance. This implies the omission of capital and opportunity investment costs, as necessary elements to estimate annual net utilities (Seijo et al., 1991; 1997). Reasons for this are fully explained in the methods section.

Table 4. Costs in US \$ per fishing trip discriminated by vessel type in the lobster fishery of Belize. The mean (\bar{x}), standard deviation (SD) and sample size (n) are shown.

Costs (US \$)	Skiffs			Sailing Sloops		
	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD
<i>Gas</i>	70	110.83	100.27	31	157.85	64.01
<i>Lube</i>	60	8.76	7.09	30	11.55	4.33
<i>Ice</i>	48	12.02	15.01	29	47.67	17.22
<i>Food</i>	58	44.73	37.14	31	181.69	86.28
<i>Butane gas</i>	22	9.57	7.31	24	13.54	6.16
<i>Cook salary</i>	6	44.58	17.21	30	109.83	41.67
<i>Watchman salary</i>	11	25.47	6.39	NA ¹	NA	NA
<i>Assistant salary</i>	3	104.17	34.13	NA	NA	NA
<i>Transportation</i> ²	2	100.00	0.00	24	23.75	6.12
<i>Other</i> ³	26	27.06	26.02	20	45.57	56.71
<i>Total costs</i> ⁴	111	183.36	195.47	55	499.68	172.60
<i>Total costs/day</i> ⁵	111	43.78	65.23	55	88.46	33.88
<i>Total costs/day/fisher</i> ⁶	111	25.00	19.07	55	13.74	9.16

Notes: 1) Not applicable; 2) Ice transportation to vessel, and product to the cooperative; 3) cigarettes, rum, sodium, spark plugs, etc.; 4) Sum of individual costs; 5) Total costs divided by days fished 6) Total costs/day divided by crew number.

Sample statistics of costs discriminated by vessel type are summarised in table 5. Despite of uneven sample sizes, some differences arise between vessel types, as is the case for fuel consumption, ice, food, cook salary, and transportation (Table 5).

Both, trip duration in fishing days and crew size of sailing sloops are, on average, twice as much as those corresponding to skiffs (Table 2). Similarly, the longer trip duration for sailing sloops makes it necessary to carry ice to preserve the catch. Also, for sailing sloops transportation costs are higher mainly because of the port facilities where the catch is delivered and the reduced manoeuvrability for sailing vessels.

Table 5. Income in US \$ per fishing trip discriminated by vessel type, in the lobster fishery of Belize. The mean (\bar{x}), standard deviation (SD) and sample size (n) are shown.

Gross Incomes (\$ US)	Skiffs			Sailing sloops		
	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD
<i>Lobster, tails</i>	111	503.8	669.88	55	1654.85	1124.94
<i>Lobster, head meat</i>	22	46.2	40.81	43	70.82	38.01
<i>Fish fillet</i>	8	211.5	327.47	36	158.29	153.94
<i>Conch</i>	15	315.4	502.99	28	746.37	838.88
<i>Other¹</i>	7	186.1	138.71	7	88.00	65.04
<i>Total Incomes²</i>	111	582.5	777.45	55	2205	1254.64
<i>Incomes/day³</i>	111	182.0	157.95	55	390.61	212.10
<i>Income/day/fisher⁴</i>	111	66.5	50.73	55	56.91	27.76

Notes: 1) Fish, Crab, shark; 2) Sum of total returns obtained from lobster and other products; 3) Total incomes divided by days fished; 4) Incomes/day divided by number of fishers

Since upon return from a trip sailing sloops, the crew pays a skiff to carry their catch to the dock adjacent to the receiving centres of their cooperatives. This is repeated the other way around with ice load and miscellaneous provisions upon departing for a fishing voyage.

If incomes per fishing trip are compared directly among vessel types, benefits are biased towards sailing sloops. A fair comparison requires expressing income per trip fisher⁻¹day⁻¹. At this scale, on average, skiffs obtain greater returns US \$ 66.5±50.73 ($\bar{x} \pm s$) per trip-day⁻¹fisher⁻¹ than those corresponding to sailing sloops, US \$ 56.91±27.76. The reduced variability of incomes day⁻¹ fisher⁻¹ for sailing sloops is readily noticeable

A proper comparison is perhaps based on quasi-utilities per trip day⁻¹fisher⁻¹, which is the result of the total incomes less the total costs. Most of the values of quasi-utilities per trip day⁻¹fisher⁻¹ fall between 0 and 100 US dollars. A few extreme data were found, one close to US \$ -100 –negative value representing a loss, and others around of US \$ 200 or more. Upon dividing these by vessel type (Fig. 5) it can be observed that the dispersed values are more frequent with the skiffs.

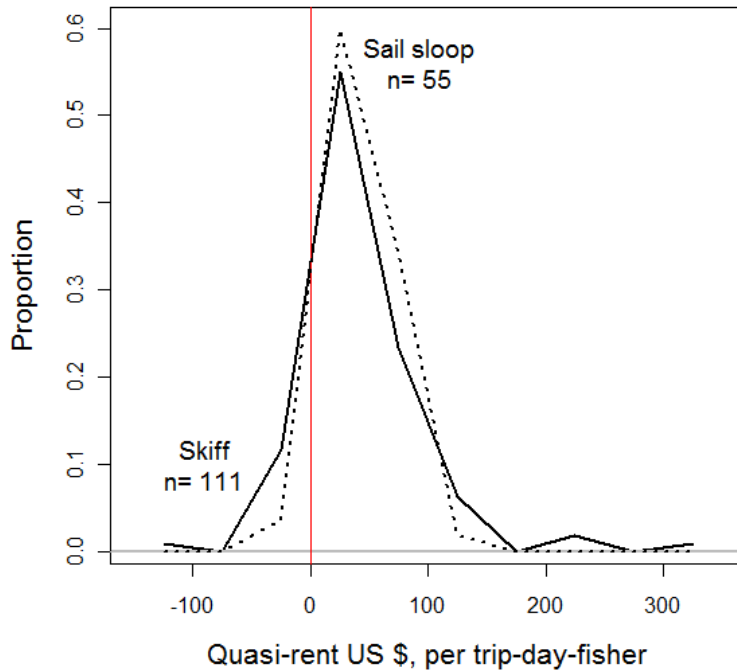


Figure 5. Adriel Castañeda

For hypotheses testing, statistical comparison between means of quasi-utilities per trip day⁻¹fisher⁻¹, in US \$ –the selected response variable, across several factors; a three way parametric analysis of variance (ANOVA) was applied. Fixed factors were: vessel type, month, and fishing gear (Annex 1). Outcomes of the three way ANOVA detected no significant statistical difference between the quasi-utilities obtained by sailing sloops and skiffs; nor per month. Only the fishing gear resulted in statistically significant effects ($F_s = 4.4946$; $p = 0.00497$) on quasi utilities.

Since the fishing gear was the only significant factor in the previous analysis, a one way ANOVA, with the fishing method as the single factor was performed on quasi-utilities per trip day⁻¹fisher⁻¹. Here, fishing method refers to the combination of vessel type and fishing gear, which results in the following five levels: 1) Sailing sloop-free diving in natural habitat, 2) Skiff-free diving in casitas, 3) Skiff-free diving in natural habitat 4) Skiff -unknown mix or fishing arts,

5) Skiff-wooden traps. In this case, one way ANOVA results revealed that wooden traps yield greater quasi-utilities compared to other methods (Fig. 6).

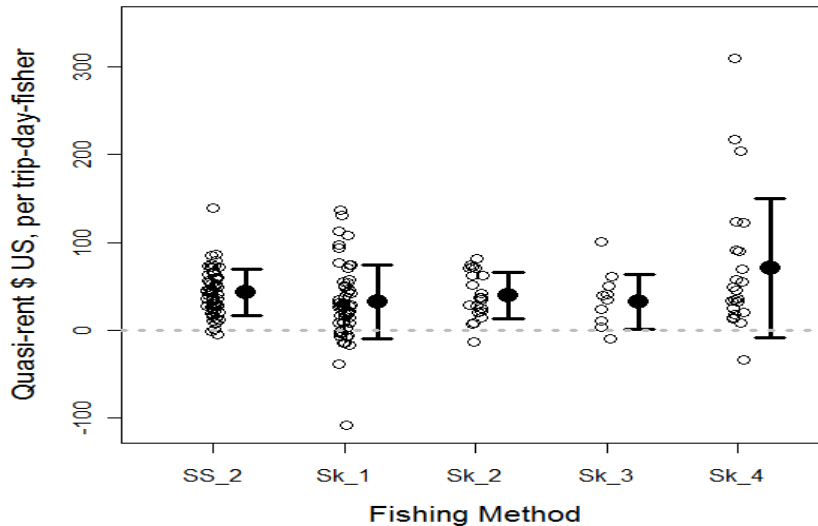


Figure 6. Adriel Castañeda

Little variation is evident on values associated with the fishing gear with extreme values present as the case of wooden traps (level 5) and the extreme negative values associated with artificial shelters (level 2). Using wooden traps often produced quasi-utilities higher than the median values compared to other methods, where the values above and below the median are evenly distributed (Fig. 6). However, traps had a smaller sample size ($n=23$). Mixed gears combines in unknown proportion the use of casitas and traps; or either, casitas and free diving in natural habitat, which prevented its inclusion into one fishing gear or another.

When sample means of economic variables were compared, it was noted that mean operation costs of casitas were similar to those of wooden traps (Fig. 7); nonetheless, returns with traps were higher (Fig. 7). These results were indicative of economic returns associated to all fishing gears used, according to data from sampling during the 2007-2008 fishing season.

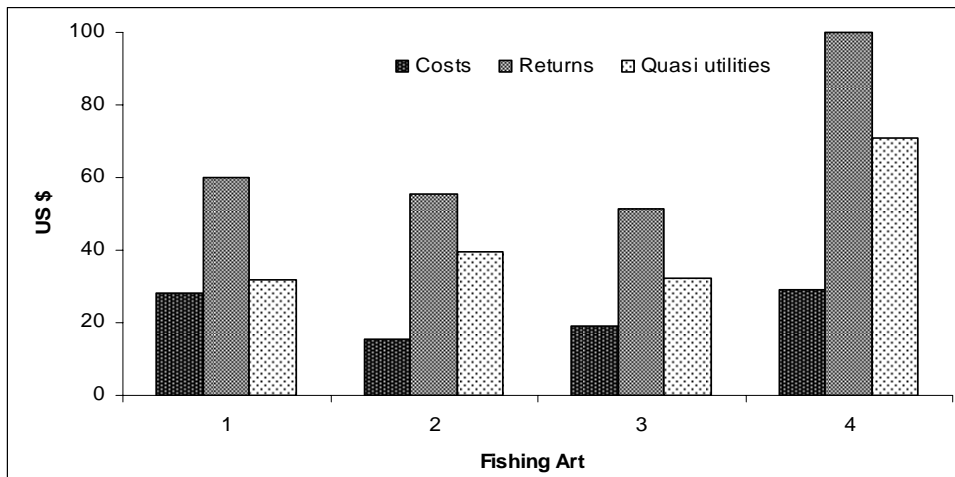


Figure 7. Adriel Castañeda

The frequency of quasi-utilities ≤ 0 , denoting economical loss, was greater for skiffs with only two cases (3.6%) compared to fourteen cases (12.6%) for sail sloops. Also, the first quartile of observed quasi-utilities for sail sloops was US \$ 26.4, while it was lower for skiffs, US \$ 14.25. Hence, there is a greater risk for economical losses or low quasi-utilities for crews aboard skiffs with respect to crews of sailing sloops. It is important to recall that results up to this point only include variable costs of operation, omitting fixed costs and opportunity costs. This analysis based on quasi-utilities or short term operation costs, takes for granted the investment in vessels, diving equipment, and fishing gears: wooden traps, artificial shelters. Hence, if two fishing gears achieve similar quasi-utilities as a proxy of economic performance; the outcomes are foreseeable if investment costs would be included. In this path, investment costs for sailing sloops are higher than those for skiffs; although these costs mostly have direct effects upon the vessel owners compared to other fishers, despite the owner receiving a higher proportion of the total income per fishing trip. Similarly, within the same vessel type, for instance skiffs, the investment costs for fishers using artificial shelters (shades) and wooden traps are greater than the quite low investment needed for those practicing free diving on natural habitats.

Discussion

This work consisted of a comparative analysis of bioeconomic performance, as measured by quasi-utilities, between a) two vessel types, and b) five fishing methods employed in the spiny lobster *Panulirus argus* fishery of Belize. Despite research efforts, complications of social nature, inherent to the fishers' participation, prevented the collection of fixed and opportunity costs needed to carry out a complete study. Notwithstanding these complications, our results represent new knowledge that contributes to the improvement of the scientific basis for the sustainable management of the lobster fishery of Belize.

The array of fishing gears employed in the lobster fishery of Belize implies that most of the fishing effort is restricted to shallow waters, at a maximum depth of 20 m. This is also reflected on the size structure of the catch, with strong presence of recently recruited and pre-adult lobsters. These facts strengthen the hypothesis that offshore Belize, at depths >20 m, very likely resides a healthy stock of reproductive lobsters which in turn could supply recruits to the fishery. Of course, this has to be evaluated.

A distinctive feature of the lobster fishery of Belize is the presence of two vessel types, which makes it feasible to consider the existence of two sub-fleets. According to our results, each vessel type has a unique way of operation and is likely to affect the resource differently, generating sequential externalities among both sub fleets. Divers on sailing sloops fish on more distant fishing areas and greater depths, having an effect on larger or adult lobsters; whereas, divers on skiffs fish on closer, shallower areas affecting smaller or sub-adult lobsters.

Conforming the core of this paper, the hypotheses on the heterogeneity of quasi-utilities with respect to a) vessel type, and b) fishing method were tested simultaneously applying sequentially two ANOVAs on quasi-utilities, US \$ per trip day⁻¹fisher⁻¹. According to ANOVA's results, mean quasi-utilities per trip day⁻¹fisher⁻¹ did not vary significantly between skiffs (US \$

41.5±50.9) and sailing sloops (US \$ 43.2±26.2); that is, the observations supports the uniformity of quasi-utilities amongst the two vessel types used for the lobster fishery of Belize. On the other hand, significant differences were detected amongst the fishing methods, combination of gears and vessel type. The use of wooden traps and skiff is the only method producing higher, statistically different, quasi-utilities per trip day⁻¹fisher⁻¹ (Fig. 6). All the others fishing methods, including sailing sloops with free-diving in natural habitat (level 1), yield the same mean quasi-utilities. Such differentiation between fishing methods concentrated in shallow waters is important; nevertheless, the analyses remains partial since they are only based on quasi-utilities. It is very likely that the higher quasi-utilities for fishers using traps become eroded when the cost of traps are taken into account.

Despite the current number of skiffs, 492 (82.6%) is larger than the number of sailing sloops, 104 (17.4%), after official records of the Belize government, our data show that both type of vessels yield similar quasi-utilities. Then, arises the question: What motivates the persistence of sailing sloops in the fishery, taking into account their higher investment costs? Plausible factors explaining the persistence of sailing vessels are the following: i) fishers using sailing sloops mostly reside in the small villages of rural areas (Corozal District: Sarteneja, Chunox, Copper Bank), relatively distant from the more productive centre and southern fishing provinces (Fig. 2), ii) since team-working is beneficial for them because sharing expenses lowers operation costs, crew members are kin or close friend with the owners of the vessel, making it easier to work in group; iii) the greater autonomy of sail sloops allows travelling to more distant areas – searched less frequently by a low number of fishers; iv) larger ice boxes provide greater capacity and flexibility for fishing multiple species taking better advantage of the fishing trip; v) sailing minimizes fuel costs under certain wind conditions.

It was not possible to consider neither fixed costs nor opportunity costs, which could hold certain factors that could explain the actual dominance of the skiffs in the lobster fishery of Belize. However, it is feasible to anticipate *a priori*, the direction of an analysis including fixed costs. Hence, a skiff 7 meters long, with a 40 HP engine has an approximate cost of US \$ 10,000; whilst a sailing sloop, with auxiliary engine 40 HP engine has an approximate cost of US \$20,000; not including the cost of each canoe (US \$ 500), and other minor expenses. Moreover, operation of a sailing sloop requires more experience and navigational knowledge than is required to operate a skiff.

Similarly, if investment costs inherent to the use of wooden traps or artificial shelters (casitas), roughly US \$ 7,500.00 for 200 traps and US \$ 600.00 for 20 casitas, the investment costs increase considerably including maintenance and replacement of lost gears. In this aspect the sailing sloops have the advantage that they do not need to invest on fishing gear, nor on its maintenance or replacement, as long as the resource is available in natural habitats. However, this could create problems of lesser responsibility on behalf of the fishers for the care of the reef, creating conflict of interest with the passive users of the resource dedicated to tourism. One of the main factors leading to this dilemma is that the actual fisheries administration needs to incorporate the three main components of the fishery system: natural, human and management (Charles, 2001). Therefore it is important to understand fisher's behaviour and motivations in order to develop a proper management of the resource (Salas et al., 2004).

Despite of limitations of the analysis of quasi-utilities per day per fisher, it is significant to have detected a lower uncertainty, as represented by standard deviation, on the short-term returns of a trip of seven to ten days on board a sailing sloop, with respect to a daily trip on a skiff. The latter is deduced from the variability associated to the quasi-utilities per vessel type (Fig. 5). Although skiffs obtain a mean quasi utility of similar magnitude to that of a sailing sloop, skiffs

have a greater risk of a low quasi-utility. This is related with fishing on areas closer to landing ports that are searched frequently – exploited by a larger number of divers and skiffs; while sailing sloops work on more distant fishing areas.

It must be stressed the frequency of fishing trips with economical losses (quasi-utilities ≤ 0), observed for sail sloops: two (3.6%) and skiffs: fourteen (12.6%); as well as the differences between first quartile for sail-sloops, US \$ 26.4, compared to the value for skiffs, US \$ 14.25. These proportions of fishing trips having losses, that surely will increase when fixed and opportunity costs be considered, can be seen as an indirect index of fishing pressure, due the open access nature of this fishery leads to a condition where utilities dissipates, i.e. utility average equals to US \$ 0 (Seijo et al. 1997).

In the last decade, the number of fishers in Belize's spiny lobster fishery has increased to 55% percent; whilst the number of vessels decreased by nearly 40%. The influx of new fishers to the fishery could cause externalities linked to the larger number of divers, intensifying the "race for the fish", causing an increase on extraction costs which underlies overexploitation (Hilborn et al., 2004; Parma et al., 2006). The depth range of free diving on both skiffs and sailing sloops indicate that the reproductive stock on deeper waters >20 m, is not exposed directly to a strong fishing pressure. In addition, the fishing regulations applied to the resource allow a fraction of adult lobsters escapes the fishery, hopefully reproducing and replenishing the fishing grounds. Thus, the greatest threat to the fishery is not overfishing, but the tendency of a reduction of net returns per fisher; caused by splitting the same catch amongst more fishers resulting in less individual benefits. Such a combination of higher costs and lower utilities favour what is called a social trap (Seijo et al., 1997). From the government's perspective, stopping the entrance of fishers contradicts the goal of creating jobs. As a consequence, keeping the fishery as open access has a price: the reduction of returns per participant. It is therefore important to determine the

maximum number of fishers that the fishery could sustain and the corresponding returns; taking into account that as more fishers join the fishery, the returns associated to the catch will be reduced to levels that will merely cover production costs, that is, net utilities will be similar to opportunity costs.

Confounding the situation, the new importation regulation being imposed to Belize by the United States, could lead, according to stakeholders, to a loss of approximately 20% of the total production since the 4 oz tail market will be lost. Consequently, in order to cope with this new regulation, it is important to promote changes that targets the problem of open access, improving local regulations and complying with regional and international agreements, as well as promoting best fishing practices. Hilborn et al. (2005) asserts that the fishery of Punta Allen, Mexico is an example of economic success and biological sustainability on a local scale, mainly as a result of fishers adopting mechanisms that eliminate the “race to fish” and the existence of incentives to maximize their profits by being more efficient with their catch (Sosa-Cordero et al., 2008); thereby incrementing the quality and price of the product obtained during the process.

Small scale fisheries involve complex interactions between the resource and its users. This work highlights several of these complexities in which the need to manage the fishery taking into account multiple factors: biologic, ecologic, economic and social –such as the generation of jobs, even cultural aspects that determine the fishing gear used, vessel type, and the daily decisions of the users of the resource. In this context, bioeconomics is a valuable tool to help clarify issues related to the user-resource interaction; as well as establishing communication bridges between several disciplines as ways to better comprehend the great “puzzle” that a fishery is with the purpose of providing better management. It is important to highlight the vital role that the cooperative’s managing committee plays in the fishery to facilitate collection of sensitive

economic information on behalf of the fishers, by convincing their members about the bounties of collaborating in research projects of this kind.

Acknowledgments

We would like to thank to the fishers, directives and staff pertaining to both, “Northern” and “National” fishing cooperatives for allowing us to carry out sampling at their instalments. Special thanks to all lobster fishers of Belize, as well as the Belize Fisheries Department. During the samplings we receive invaluable help of J. Olivares, A. Hernández, M. Correa-Arce. This work was funded by World Wildlife Fund Prince Bernhard Scholarship fund (Agreement No. 9Z0533.01), the Russel E. Train Education for Nature Graduate fellowship (Agreement No. RA29), and ECOSUR. The first author was recipient of a scholarship granted by the Secretaria de Relaciones Exteriores of Mexico.

Literature cited

- Arceo, P. 1991. Análisis bioeconómico de funciones captura-esfuerzo de la pesquería artesanal de Langosta (*Panulirus argus*). Masters Thesis, Centro de investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. Merida
- Acosta, C. A. 1999. Benthic dispersal of Caribbean Spiny Lobster among insular habitats: Implications for the conservation of exploited marine species. *Conservation Biology*, 13 (3):603-612
- Acosta, C. A., and Butler IV, M. J. 1997. Role of mangrove habitat as a nursery for juvenile spiny lobster, *Panulirus argus*, in Belize. *Marine Freshwater Research* 48:721–727.
- Berkes, F., R. Mahon, P. McConney, R. Pollnac and R. Pomeroy. 2001. Managing small-scale fisheries: alternative directions and methods. International Development Research Centre, Canada. 320p

- Berkes, F. 2003. Alternatives to Conventional Management: Lesson from small scale fisheries. *Environments* Vol. 31 (1)
- Briones-Fourzán, P., Candela, J., Lozano-Álvarez, E. 2008. Postlarval settlement of the spiny lobster, *Panulirus argus*, along the Caribbean coast of Mexico: Patterns, influence of physical factors: Patterns, influence of physical factors, and possible sources of origin. *Limnology and Oceanography*, 53(3):970-985
- Burke, R. B. 1982. Reconnaissance study of the geomorphology and benthic communities of the outer barrier reef platform, Belize. In: Rutzler, K. and Macintyre, I.G. (Eds). *The Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Caye, Belize I: Structure and communities. Smithsonian contributions to the Marine Sciences* 12.
- Charles, A. T. 2001. Sustainable fishery systems, Fish and aquatic resources series. Blackwell Science; 300 p.
- Clark, C. W. 2006. Fisheries bioeconomics: why it is so widely misunderstood? *Population Ecology* 48:95–98
- Cotter, A. J. R; Burt, L; Paxton, C. G. M; Fernandez, C; Buckland, S. T; and Pan, J~X. 2004. Are Stock Assessment Methods too complicated? *Fish and Fisheries*; 5:235-254
- Cochrane, K. L. and Chakalall B. 2001. The spiny lobster fishery in the WECAFC region - an approach to responsible fisheries management. *Marine and Freshwater Research*. 52: 1623-1631.
- Ehrhardt, N.M. 2005. Population dynamics characteristics and sustainability mechanisms in key Western Central Atlantic spiny lobster, *Panulirus argus*, fisheries. *Bulletin of Marine Science*. 76:501-525.
- FAO. 2004. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2003, Part 1: World review of fisheries and aquaculture, the status of the fishery resources.*
- FAO. 2006. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2005, Part 1: World review of fisheries and aquaculture, the status of the fishery resources.*
- FAO. 2008. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2007, Part 1: World review of fisheries and aquaculture, the status of the fishery resources.*
- Fisheries Act. 2000. Cap. 210
- García, S. M. and Charles, A.T. 2007. Fishery Systems and Linkages: From Clockwork to Soft Watches. *ICES Journal of Marine Science* 64:580-587.

- García, S. M. and Charles, A. T. 2008. Fishery Systems and Linkages: Implications for Science and Governance. *Ocean and Coastal Management*, 51: 505-527.
- León, M. E. 2007. Report of training Workshops to the Fisheries Department of Belize. Belize Fisheries Department Agriculture and Fisheries, Belize Central America. 12p. (unpublished)
- Góngora, M. 2006. Belize Lobster Fishery Country Report. Regional Workshop on the assessment and management of the Caribbean Spiny Lobster (*Panulirus argus*). Belize Fisheries Department Agriculture and Fisheries, Belize Central America. 13p.
- Hilborn, R., A.E. Punt, J.M. Orensanz. 2004. Beyond band-aids in fisheries management: fixing world fisheries. *Bulletin of Marine Science*. 74: 493-507.
- Hilborn, R., Parrish J. K., and Little K. 2005. Fishing rights or fishing wrongs? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15:191–199
- Huitric, M. 2004. Comparative study of the lobster fisheries in Maine and Belize: possible causes for success and failure. Beijer Institute, Sweden
- Huitric, M. 2005. Lobster and conch fisheries of Belize: a history of sequential exploitation. *Ecology and Society* 10(1): 21p.
- Ihaka, R. and R. Gentleman. 1996. R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphics Statistics*. 5: 299-314.
- Marx, J.M., and Herrnkind, W. F. 1986. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (south Florida) -spiny lobster. U.S. Fisheries and Wildlife Service. Biol. Rep. 82(11.61). U.S. Army Corps of Engineers, TR EL-82-4. 21 p.
- Matthews, T. R., Hunt, J. H., Heatwole, D. W. 2003. Morphometrics and management of the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*. Florida fish and wildlife Conservation Commission, Florida Marine Research Institute, 11p.
- McField, M. D. 2001. The Influence of Disturbances and Management on Coral Reef Community Structure in Belize. Tesis de Doctorado, Colegio de Ciencias Marinas, Universidad de Florida del Sur. 155 p.
- Medley, P., Carcamo, R. and Punnett, S. 2004. A preliminary assessment of the lobster catch and effort data (2000-2003). Informe Técnico. Belice Central America. 8p.

- Munro, J. L., editor. 1983. Caribbean coral reef fishery resources. ICLARM studies and reviews 7, 276p. International Centre for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines
- Parma, A.M., R. Hilborn, and J.M. Orensanz. 2006. The good, the bad, and the ugly: learning from experience to achieve sustainable fisheries. *Bulletin of Marine Science*. 78: 411-428.
- Pauly, D. and Zeller, D. 2003. Part 1: Fisheries Trends; The Global Fisheries crisis as a rationale for improving the FAO's database of fisheries statistics. *Fisheries Centre Research Reports*, Vol. 11(6)
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, J. T., Sumaila, U. R., Walters, C. J., Watson, R., y Zeller, D. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature*. **418**: 689 - 695
- Pauly, D. 2009. Beyond duplicity and ignorance in global fisheries. *Scientia Marina*, 73(2): 215-224.
- Price, D. M. 1987. *Cooperatives and Development: The Lobster Fishermen of Belize*. Department of Geography, Syracuse University, Syracuse, Nueva York, USA, 22p
- Salas, S. and Gaertner, D. 2004. The behavioural dynamics of fishers: management implications. *Fish and Fisheries*, 5: 153-167
- Salas, S., Sumalia, R. U., Pitcher T. 2004. Short term decisions of small-scale fishers selecting alternative species: a choice model. *Canadian Journal of Fisheries. Aquatic Sciences*. 61: 374-383
- Seijo, J.C. 2007. Considerations for management of metapopulations in small-scale fisheries of the Mesoamerican barrier reef ecosystem. *Fisheries Research*. 87: 86-91.
- Seijo, J.C., Arceo, P., Salas, S. and Fuentes, D. 1991. Análisis bioeconómico comparativo de la pesquería de la langosta *Panulirus argus* de la plataforma continental de Yucatán. *FAO Fisheries Report* 431: 39-58.
- Seijo, J.C., Defeo, O., Salas, S. 1997. *Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo*. FAO Technical Document. No. 368. Roma, FAO. 176p.
- Sosa-Cordero, E. 2003. Trends and dynamics of the spiny lobster, *Panulirus argus*, resource in Banco Chinchorro, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 73 (1):203-217
- Sosa-Cordero, E., Liceaga-Correa, M.L.A. and Seijo, J.C. 2008. The Punta Allen lobster fishery: Current status and recent trends. p.149-162. *In*: R. Townsend, R. Shotton and H. Uchida. (Eds.). *Case studies in fisheries self-governance*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 514. Rome, FAO. 451 pp.

- Sosa-Cordero, E. and Castañeda A. E. 2009. The spiny lobster *Panulirus argus* of Belize: A stock assessment based upon catch, effort and size structure for the fishing season 2007-2008. Unpublished.
- Villanueva, J. 2006. Belize Fishery Status Report-2005. Fisheries Department of Belize. Ministry of Agriculture and Fisheries, Belize Central America 37p.
- Villanueva, J. 2008. Fisheries Statistical Report-2007. Fisheries Department of Belize. Ministry of Agriculture and Fisheries, Belize Central America 37p.
- WECAFC. 2001. Report of the Workshop on Management of the Caribbean Spiny Lobster (*Panulirus argus*) Fisheries in the Area of the Western Central Atlantic Fishery Commission. FAO Fisheries Report No. 643. Rome, 66p.
- WWF. 2006. How to profit by practicing sustainable fishing: Lobster Fishing Practices Guidelines for the Mesoamerican Reef. WWF-Mexico/Central America. 97p.
- Zuur, AF, EN Ieno, G.M. Smith. 2007. Analyzing ecological data. Springer. New York, NY, USA. 672 p.

Figures

Figure 1. Annual landings of spiny lobster, metric tons (t) of whole weight, registered in Belize during the period 1970-2008. Since 1977 onwards, are official statistics compiled by the Belize Fisheries Department.

Figure 2. Study area, the coast of Belize is divided into three provinces (North, Central and Southern) which are further sub divided into six areas

Figure 3. Abdominal or tail length (TL, mm) - weight (W, g) relationship by sex obtained through monthly sampling during the 2007-2008 fishing season.

Figure 4. Size, tail length (TL) in mm, distribution of lobsters caught in Belize during the 2007-2008 fishing season, after monthly samples were elevated to total catch. The minimum legal size of 130 mm TL corresponding to 4 oz of tail weight is indicated (dashed, vertical line).

Figure 5. Quasi-utilities in US \$ per trip day⁻¹fisher⁻¹, discriminated by vessel type: sailing sloop (dotted line) and skiff (solid line). All observations, n=166, were obtained from monthly samplings during the 2007-2008 fishing season.

Figure 6. Quasi-utilities per trip day⁻¹fisher⁻¹, in US \$, discriminated by fishing method. The median corresponds to the thick line within the boxes. Fishing methods refers to the combination of vessel type and fishing gear: Sailing sloop and free diving in natural habitat (SS_2); Skiff and free diving in casitas (Sk_1); free diving in natural habitat (Sk_2); mixed gears (Sk_3); wooden traps (Sk_4). Individual values (empty circles) and mean±standard deviation are shown.

Figure 7. Average values of economic variables, in US \$ per fishing trip-day-fisher, discriminated by fishing gear 1=Casitas, 2=Natural Habitat, 3=Mixed gears, 4=Traps.