

INFORME FINAL

Jeremy James Mendoza

**Evaluación de la pesquería de la concha prieta
(*Anadara tuberculosa*) y de la concha mica
(*Anadara similis*) en la Provincia de El Oro,
Ecuador**

Análisis y Evaluación de Recursos Pesqueros

Universidad Técnica de Machala

17 de Febrero de 2014 al 16 de Febrero de 2015

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	2
MARCO TEÓRICO.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
JUSTIFICACIÓN.....	22
OBJETIVO GENERAL.....	24
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
RESULTADOS OBTENIDOS	25
PAPER INDEXADO O ARTÍCULO CIENTÍFICO PUBLICADO	25
1. CONTRIBUCIÓN AL PLAN DEL BUEN VIVIR.....	31
2. DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS ALCANZADOS.....	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
LIMITACIONES.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXOS	42
ANEXO 1. Manuscrito sobre crecimiento, mortalidad y explotación	42
ANEXO 2. Manuscrito sobre alometría, condición y reproducción.....	65
ANEXO 3. Manuscrito sobre valor nutritivo de materias primas.....	90
ANEXO 4. Carta de conformidad UTMACH.....	113

INFORME FINAL DE ACTIVIDADES

INTRODUCCIÓN

Según cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) los desembarques mundiales de productos pesqueros procedentes de aguas marinas y continentales alcanzó una cifra del orden de 92 millones de toneladas en el año 2012, de la cual alrededor del 88% corresponde a aguas marinas y estuarinas. Estos niveles de producción se han mantenido relativamente estables desde mediados de la década de 1990. Sin embargo, si se excluye los desembarques reportados de aguas continentales (figura 1), existe una tendencia a la disminución de los desembarques (FAO, 2014). En buena medida la sobreexplotación de los recursos pesqueros es la principal causa de la tendencia decreciente en los desembarques de aguas marinas y estuarinas a nivel mundial (FAO, 2011a).

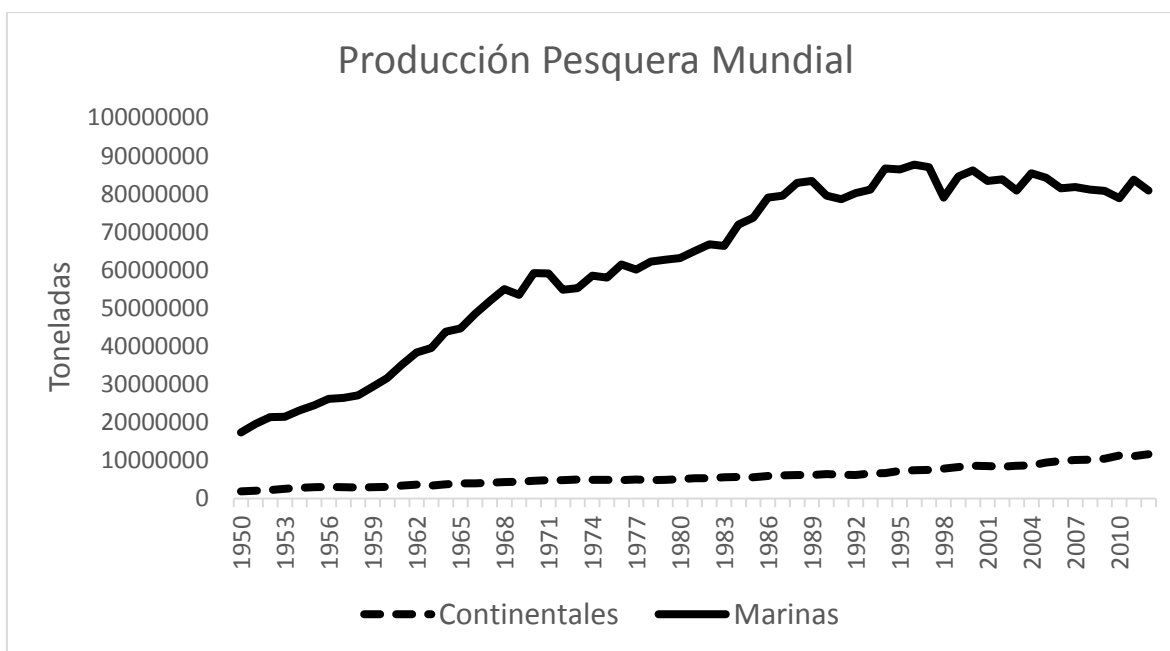


Figura 1. Producción pesquera mundial de aguas continentales y marinas período 1950-2012. Elaboración propia a partir de datos FAO, 2014.

Los desembarques pesqueros del Ecuador, en aguas marinas y continentales, reportados a la FAO correspondientes al año 2012 (FAO, 2014) indican una producción del orden de 513 mil toneladas (figura 2), de las cuales aproximadamente el 65% corresponde a las pesquerías industriales de atunes y de pequeños pelágicos (sardina, anchoveta, etc.). Sin embargo, es importante señalar que en la mayor parte de los países, por limitaciones logísticas y de recursos disponibles, se subestima sustancialmente la contribución de las pesquerías artesanales, o de pequeña escala, a los desembarques pesqueros.

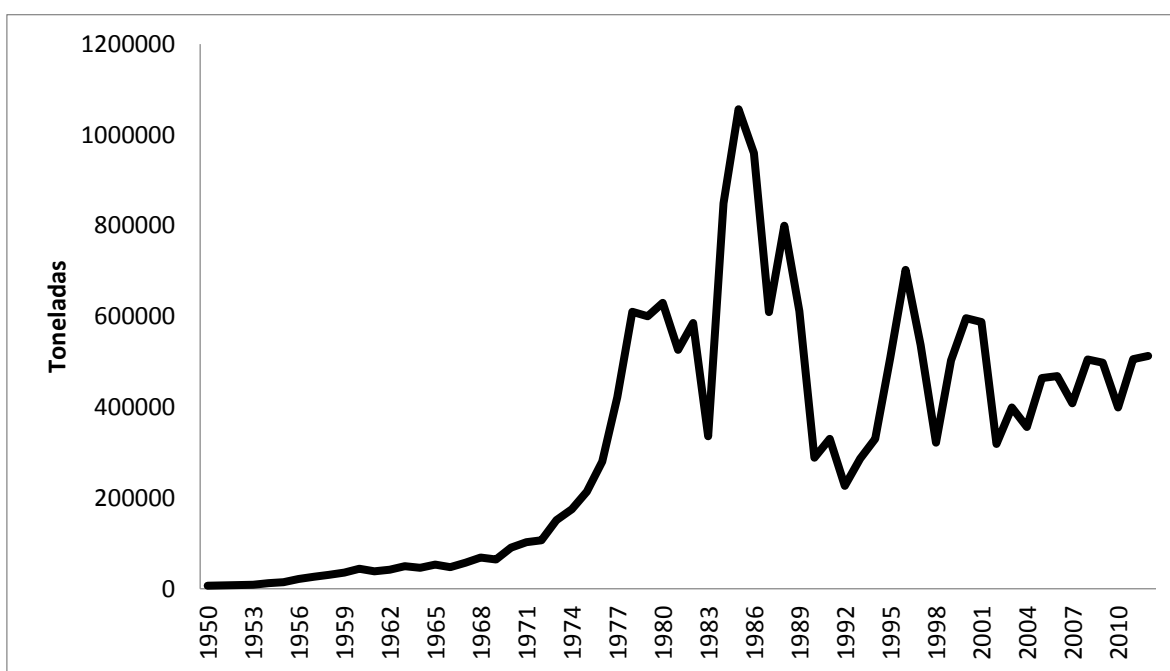


Figura 2. Producción pesquera del Ecuador período 1950-2012. Elaboración propia a partir de datos FAO 2014.

En Ecuador existe un importante sector pesquero artesanal que suele dividirse en tres pesquerías distintas: 1) Pesca de recolección; 2) Pesca artesanal costera y 3) Pesca artesanal oceánica. En las costas ecuatorianas existen alrededor de 153 puertos pesqueros artesanales desde donde operan alrededor de 16.000 embarcaciones de la flota artesanal. Entre 1981 y 1986 el sector pesquero artesanal desembarcó entre 32.900 y 44.100 toneladas de diferentes

especies (Martínez, 1987), mientras que para el período entre 2001 y 2008, los desembarques habían disminuido a cifras comprendidas entre 8.200 y 16.800 toneladas (FAO, 2011b). Sin embargo, recientemente Alava et al (2015) estimaron que los datos de las pesquerías artesanales ecuatorianas están subestimados en más de un 60%.

El sector de pesca artesanal dedicado a la pesca de recolección incluye a los pescadores que se dedican a la extracción manual de crustáceos y moluscos en la zona costera, especialmente en las zonas de manglar. Las especies comerciales más importantes en esta pesquería están representadas por el cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) y las conchas prieta o hembra (*Anadara tuberculosa*) y mica o macho (*Anadara similis*).

Las especies de moluscos bivalvos del género *Anadara* se distribuyen a lo largo de la costa del Pacífico americano desde Baja California Sur, en México, hasta el norte del Perú para la concha prieta, también conocida como concha hembra (*Anadara tuberculosa*) y la pata de mula (*A. grandis*), y desde El Salvador hasta el norte de Perú para la concha macho o concha mica (*A. similis*). La concha prieta (lámina 1) y la concha mica viven asociadas a las zonas de manglar, mientras que la pata de mula vive en fondos arenosos en la zona inter-mareal, más allá de las zonas de manglar (MacKenzie, 2001). En su área de distribución estas especies se han extraído manualmente para consumo humano directo desde tiempos ancestrales.



Lámina 1. Ejemplar de concha prieta o hembra (*Anadara tuberculosa*)

En Ecuador las especies de *Anadara* son altamente apreciadas y sujetas a una explotación intensiva a lo largo del litoral. De las tres especies mencionadas, la concha prieta es la más abundante y la que más contribuye en términos de producción pesquera, constituyendo la principal especie explotada de molusco bivalvo en las costas ecuatorianas. Por otra parte, las áreas de manglar en Ecuador han disminuido significativamente, especialmente por el desarrollo de la industria del cultivo del camarón, lo cual ha reducido el hábitat disponible para las especies de *Anadara*, lo cual naturalmente ha afectado la abundancia y potencial pesquero del recurso (Beitl, 2011).

Según datos del Instituto Nacional de Pesca (INP) del Ecuador, en el año 2011 se estimó una captura total, en los principales puertos de desembarque de la costa ecuatoriana, del orden de 30 millones de individuos, de los cuales aproximadamente el 40% se extrajeron en el Archipiélago de Jambelí en la Provincia de El Oro. Según esta fuente oficial, los desembarques en la provincia de El Oro presentaron una disminución entre los años 2008 y 2010, posteriormente los desembarques presentaron un leve aumento durante el año 2011.

Por otro lado, Flores y Mora (2011) utilizando indicadores sencillos del desempeño de la pesquería estimaron que el recurso concha se encontraba sobre-explotado.

Por los antecedentes expuestos, se parte del supuesto que la pesquería de conchas en el archipiélago de Jambelí se encuentra en fase de sobreexplotación. En vista de lo anterior se hace necesario realizar una evaluación formal de la pesquería de conchas en el archipiélago de Jambelí, con el objetivo general de estimar el estado de explotación de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en la Provincia de El Oro.

Para lograr el objetivo general del estudio se realizaron diversas actividades, tanto de campo como de laboratorio, para la obtención y análisis de muestras, así como también la aplicación de métodos estadísticos y modelos poblacionales de evaluación de recursos pesqueros. Por una parte, se hicieron visitas quincenales a los principales puertos para obtener información directa de los desembarques, así como información sobre las tallas y pesos de los individuos desembarcados y, una vez al mes, adquirir muestras de conchas para análisis de biometría y actividad reproductiva en el laboratorio.

La información obtenida directamente de los pescadores permitió estimar los desembarques totales mensuales por cada puerto, así como también los rendimientos (conchas/pescador/días) mensuales promedios por puerto de desembarque. Los datos de tallas permitieron realizar estimaciones de las tasas de crecimiento y mortalidad de la concha prieta en el Archipiélago de Jambelí. Mientras que los resultados de análisis de laboratorio permitieron comparar las características morfológicas de las conchas, tanto por puerto de desembarque como por sexo; analizar las variaciones en la proporción de sexos por puerto y por mes; estimar la actividad reproductiva por puerto y por mes; y realizar la estimación de la talla a la primera madurez.

Por último, las estimaciones de desembarques, de las tasas de crecimiento y mortalidad, así como la talla media de madurez, se incorporaron en un modelo poblacional que permitió evaluar el estado del recurso concha prieta en la Provincia de El Oro.

MARCO TEÓRICO

Las especies biológicas, sometidas o no a explotación, suelen conformar distintas poblaciones al interior de su área de distribución. Estas poblaciones, por efectos de la adaptación al medio, tienden a tener características genéticas propias que pueden manifestarse a través, por ejemplo, en variaciones de la coloración, la forma del cuerpo, la fisiología o en las tasas que regulan la abundancia poblacional. La dinámica de poblaciones es la rama de la ecología que estudia las variaciones de la abundancia poblacional y los mecanismos internos y externos que la regulan.

La pesca es una actividad ancestral del hombre que le permite fundamentalmente obtener alimentos a partir de poblaciones silvestres del medio acuático. A lo largo del tiempo la pesca ha ido evolucionando y ha ido incorporando diferentes tecnologías en construcción naval, comunicaciones, navegación y métodos de detección de peces, entre otras. Sin embargo, en muchas regiones del mundo por razones de diverso tipo (ecológicas, culturales, sociales y económicas, entre otras) los artes y métodos de pesca han evolucionado poco a lo largo del tiempo.

La actividad pesquera suele subdividirse en diferentes tipos de pesca o modalidades que tienen características más o menos homogéneas. Una subdivisión general es la que se hace, por ejemplo, entre pesca industrial y pesca artesanal. La pesca industrial suele ser intensiva en inversiones de capital, utiliza medios mecanizados para la manipulación de las artes de pesca, usa medios, que pueden ser más o menos sofisticados, para la navegación, comunicación y detección de peces, obtienen altos rendimientos o capturas en las operaciones de pesca, utilizan relativamente poca mano de obra para sus operaciones y está organizada a través de empresas. Por el contrario, la pesca artesanal suele caracterizarse por requerir pocas inversiones, los artes de pesca son relativamente sencillos y no mecanizados, son intensivas en mano de obra, las capturas o rendimientos por operación de pesca suelen ser bajas y, muchas veces, la organización es de tipo familiar o asociativa a nivel de las comunidades pesqueras.

Por otro lado, los diferentes tipos de pesca suele subdividirse en distintas pesquerías según el tipo de embarcación, artes de pesca y/o especies explotadas. En Ecuador, por ejemplo, la

pesca industrial más importante es la pesquería de atunes con redes de cerco. Como ya se mencionó anteriormente la pesca artesanal en Ecuador se subdivide en 1) Pesca de recolección; 2) Pesca artesanal costera y 3) Pesca artesanal oceánica. Estas modalidades de pesca pueden a su vez subdividirse en diferentes pesquerías. Por ejemplo, en la pesca artesanal de recolección, las pesquerías más importantes en Ecuador son la pesquería de cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) y la pesquería de conchas, donde predomina la concha prieta o hembra (*Anadara tuberculosa*). Estas especies son recolectadas manualmente en las áreas de manglar a lo largo de las costas ecuatorianas.

Las pesquerías son sistemas complejos de interacción entre dos componentes principales: 1) el componente humano representado por los pescadores, quienes viven al interior de un sistema con sus características propias sociales, económicas, políticas y culturales, y 2) el componente de la especie o especies sometidas a explotación, las cuales habitan al interior de un ecosistema acuático, con sus propias características de interacciones entre las especies que lo conforman y las características físico-químicas del medio ambiente, en el cual desenvuelven su ciclo vital. La interacción entre el componente humano y el componente biológico se realiza a través de los artes o métodos de pesca y se materializa a través de las capturas.

Los pescadores deben realizar un trabajo o esfuerzo para obtener las capturas de la especie o especies objetivo de la pesquería. Este esfuerzo, conocido como esfuerzo de pesca, está representado por el conjunto de medios que deben operar para obtener las capturas. Este esfuerzo de pesca se conoce como nominal y suele medirse a través del número de embarcaciones, artes de pesca o pescadores que operan en un intervalo de tiempo determinado (mes o año, por ejemplo). Sin embargo, no todo el esfuerzo nominal se traduce proporcionalmente en capturas, ya que, por ejemplo, en un conjunto de embarcaciones o pescadores, algunos pescarán durante un intervalo de tiempo mayor o menor y/o serán más o menos eficientes. Por lo general, aunque varía de una pesquería a otra, se considera que el tiempo dedicado a la pesca propiamente dicha es una medida más directa del efecto de la pesca, en términos de mortalidad, sobre la o las especies explotadas. Este esfuerzo se conoce como esfuerzo de pesca efectivo.

El tamaño de las poblaciones animales sometidas a explotación depende de múltiples factores asociados al éxito reproductivo y a las fuentes de mortalidad (Figura 3). El proceso reproductivo genera nuevos individuos que, luego de pasar por diferentes estadios de crecimiento y sujetos a una mortalidad natural, dependiente fundamentalmente de la depredación y la disponibilidad de alimento, se incorporan a la fase explotada de la población. Tanto el proceso, como el número de individuos que se incorporan a la fase explotada, corresponden a lo que se define como reclutamiento; mientras que los individuos que se incorporan a la fase explotada se denominan reclutas. Una vez reclutados a la pesquería los miembros de la población están sujetos a una fuente adicional de mortalidad por efectos de la pesca.

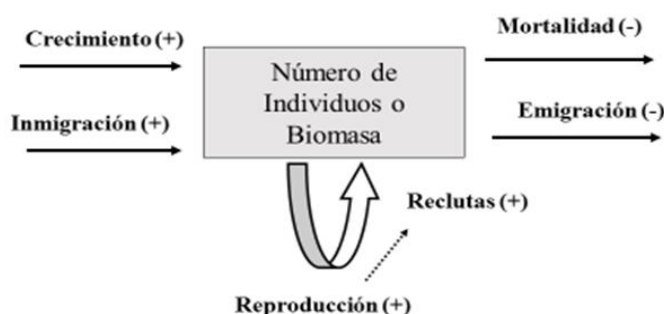


Figura 3. Factores que regulan el tamaño de una población. El crecimiento de los individuos, la inmigración y la incorporación de nuevos reclutas, a través de la reproducción, tienen efectos positivos, mientras que la mortalidad, ya sea natural o por los efectos de la pesca, y la emigración tienen efectos negativos.

Un aspecto importante de la explotación de poblaciones es que solamente una fracción de la población es potencialmente explotable. Esta fracción potencialmente explotable es lo que se conoce en estudios de pesquerías como stock (equivalente en español a inventario). Por otro lado, la mayor parte de las pesquerías son selectivas en cuanto a la talla (o edades) de los organismos explotados y, por lo general, solamente explotan una fracción del stock que corresponde a la fase explotada. Un individuo en el transcurso de su ciclo vital entra a la fase

explotable a una talla o edad al reclutamiento (T_r) y, dependiendo de la selectividad de la pesquería, esta talla puede ser igual o menor a la talla o edad de primera captura (T_c). Durante su paso por la fase explotada este individuo estará sujeto a una mortalidad adicional debida al esfuerzo pesquero. En algunas pesquerías, nuevamente dependiendo de la selectividad, la talla o edad máxima en la fase explotada (T_m) puede ser inferior a la talla máxima o edad máxima (T_M) en la fase explotable. Puede darse que, en algunos casos, haya grupos de edad o tallas que salen de la fase explotable, proceso que se denomina graduación de la pesquería.

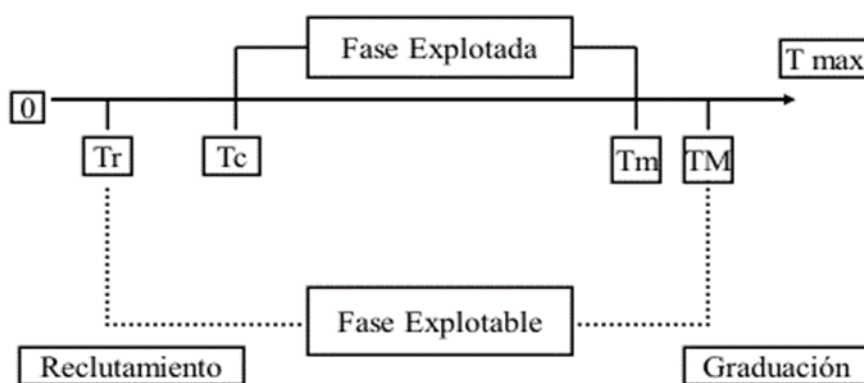


Figura 4. Esquema del transcurso del ciclo vital de un individuo de una población sometida a explotación. La suma de los individuos que se encuentran en la fase explotable se le conoce como “stock”.

En la figura 5 se presenta el esquema de vida de la concha prieta (figura 5), según Borda y Cruz (2004). En el caso de esta especie la fase explotable de la población está conformada por juveniles y adultos que viven enterrados en las zonas de manglar. Las fases larvarias de la especie se desarrollan en la columna de agua durante un período entre 23 y 31 días. La fase de vida sobre el fondo la inicia la larva pediveliger, que luego se transforma en juvenil (tallas comprendidas entre 16-30 mm) y luego inician la fase adulta.

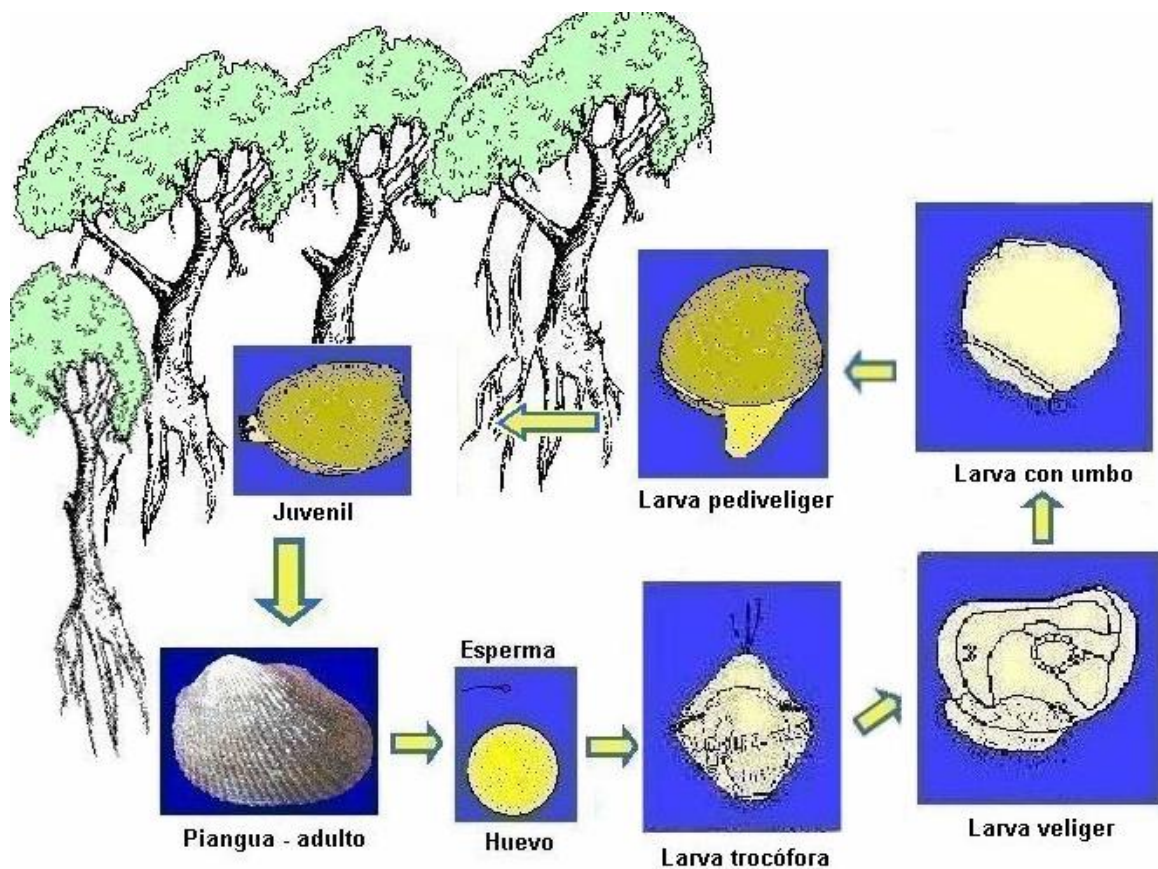


Figura 5. Esquema general del ciclo de vida de *Anadara tuberculosa*. Tomado de Borda y Cruz (2004).

En el análisis de pesquerías también interesa conocer diversos aspectos biológicos y ecológicos de las especies explotadas. Entre estos estudios podemos resaltar los que se dedican a conocer aspectos tales como la biometría, la reproducción y el crecimiento de los recursos pesqueros. Los estudios de biometría (análisis de las formas o dimensiones de los organismos) es una herramienta útil para diferenciar la presencia de posibles unidades poblacionales, los estudios sobre la reproducción permiten conocer los períodos reproductivos y la fecundidad de los organismos, mientras que los estudios de crecimiento permiten estimar como aumenta la masa o dimensiones corporales en función del tiempo. Cada uno de estos aspectos es relevante para la evaluación y manejo de recursos pesqueros.

La evaluación de recursos pesqueros consiste en aplicar los principios de la dinámica de poblaciones para estimar los efectos de la pesca sobre las poblaciones sometidas a explotación y, según el caso, recomendar medidas para su explotación sostenible. Por lo general, la información suele obtenerse a través de las pesquerías mediante muestreos de las operaciones de pesca y de las características (talla y peso, por ejemplo) de los organismos explotados.

Por otro lado, la administración de recursos pesqueros es la disciplina encargada de evaluar las recomendaciones y, en función de ello, adoptar medidas de regulación de las pesquerías, tomando en consideración el contexto social, económico, político y/o cultural que las caracterizan. En administración de recursos pesqueros se pueden tomar diferentes tipos de medidas técnicas (tallas de primera captura, vedas espaciales o temporales, cuotas de captura y/o restricciones del esfuerzo de pesca) para limitar los efectos de la pesca. En el caso de la concha prieta en Ecuador la legislación vigente a nivel nacional establece una talla mínima de captura de 4,5 cm (Acuerdo Ministerial 149, R.O. N° 412, del 27 de agosto de 2008).

Entre los objetivos de la evaluación de recursos pesqueros está estimar y analizar los cambios en la abundancia de las especies explotadas. Sin embargo, no siempre es posible conocer directamente el tamaño poblacional y, por ello, se acude a la elaboración de indicadores que permiten inferir sobre los cambios en el tamaño poblacional a través del tiempo. En pesquerías el índice más comúnmente utilizado es la captura por unidad de esfuerzo, es decir el cociente entre las capturas y la unidad de esfuerzo pesquero en un intervalo de tiempo determinado. Este indicador debe interpretarse con cautela ya que, según el tipo de pesquería y la unidad de esfuerzo utilizada, no hay necesariamente una relación proporcional entre el índice de abundancia y la abundancia real del recurso explotado.

En evaluación de recursos pesqueros se utilizan diversos tipos de modelos para estimar los cambios en la abundancia o biomasa poblacional. Tradicionalmente estos modelos solían dividirse en 2 grupos: modelos de producción excedente y modelos analíticos. Sin embargo, a medida que han ido evolucionando las técnicas de evaluación, la frontera entre los 2 tipos de modelos se ha hecho más difusa. En todo caso, en los modelos de producción excedente se analiza los cambios en la abundancia a través del tiempo en función de los cambios en el

esfuerzo de pesca. En cambio, los modelos analíticos toman en cuenta los diferentes factores que afectan la abundancia poblacional (reclutamiento, mortalidad y crecimiento) para estimar los efectos de la pesca. La estimación de la edad y el crecimiento es el factor clave para la aplicación de estos modelos analíticos.

Los modelos analíticos suelen subdividirse en modelos basados en la edad y en modelos basados en la longitud o tallas. En los modelos basados en la edad es necesario determinar la composición por edades del stock, generalmente, mediante la lectura de anillos de crecimiento en diversas estructuras esqueléticas o calcáreas, en muestras representativas de las capturas de las especies explotadas. Sin embargo, por diversas razones técnicas y de limitaciones de recursos humanos y/o financieros, no siempre es posible realizar lecturas de anillos de crecimiento para determinar la composición por edades de las capturas. En estos casos es frecuente realizar estimaciones de curvas de crecimiento a partir de las frecuencias de tallas de los organismos explotados. Una vez realizadas las estimaciones de crecimiento es posible asignar una edad aproximada a individuos de determinadas tallas.

El objetivo principal de la aplicación de estos modelos de evaluación es determinar el nivel de explotación al cual está sometido un recurso pesquero. Esta estimación se hace mediante lo que se conoce como puntos de referencia biológicos. Así, por ejemplo, en términos de capturas un punto de referencia tradicionalmente utilizado es la Captura Máxima Sostenible (CMS), que se define como el promedio máximo de capturas que puede obtenerse de manera continua y sostenible en el tiempo. Un punto de referencia asociado es el nivel de esfuerzo de pesca, o mortalidad por pesca, que corresponde con este nivel máximo de capturas. Por lo general, cuando se excede este nivel de capturas o esfuerzo se considera que la población se encuentra sobreexplotada. Igualmente, también suelen utilizarse puntos de referencia fundamentados en la disminución relativa de la biomasa con relación a la biomasa que tendría la población en ausencia de pesca (conocida como biomasa virgen). Se puede, por ejemplo, especificar puntos de referencia que eviten que los niveles de biomasa disminuyan más allá del 40-50% de la biomasa virgen. Otros puntos de referencia se relacionan con la proporción de la biomasa conformada por adultos que contribuyen a la reproducción de la población, la cual se conoce como biomasa desovante. Un punto de referencia comúnmente utilizado en

este caso es que la biomasa desovante no disminuya más allá del 40% de la biomasa desovante virgen.

Finalmente, es importante tener en cuenta que los datos utilizados en las evaluaciones pueden cubrir períodos de tiempo largos (varios años o decenas de años) o más bien cortos (1 o 2 años). En el segundo caso, se suelen utilizar modelos que suponen una situación de equilibrio, es decir que durante el tiempo del estudio, el crecimiento, la mortalidad y el reclutamiento han permanecido invariables.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La explotación de la concha prieta se realiza en Ecuador desde tiempos ancestrales. Sin embargo, las estadísticas oficiales sobre sus niveles de producción son escasas y fragmentarias. Por ejemplo, según Martínez (1987), los niveles de producción de conchas entre 1981 y 1986 estuvieron entre un mínimo de 1.500 toneladas y un máximo de 1.632 toneladas. Sin embargo, estos niveles de producción solamente se refieren a la costa norte ecuatoriana y no incluyen las provincias de Guayas y El Oro. Por otro lado, Alava et al. (2015), hicieron una reconstrucción de las capturas de las pesquerías ecuatorianas para el período 1950-2010 y reportaron que los datos oficiales disponibles para los desembarques de conchas, cubrían el periodo 1985-1988 y datos más recientes para el período 2004-2011; según estos autores las capturas máximas se habrían presentado en el año 1985 (4.550 t) y para el año 2010 se habrían reducido a 360 toneladas. Las discrepancias entre los resultados de Martínez (1987) y Alava et al. (2015) se debe a que estos últimos, bajo ciertos supuestos generales, tomaron en consideración diferentes fuentes de subestimación en las cifras oficiales.

La serie de datos más completa y confiable de desembarques de conchas en Ecuador corresponden al monitoreo de la pesquería, a nivel nacional, por parte del Instituto Nacional de Pesca (INP) durante el período 2004-2011 (Mora y Moreno, 2009; Mora et al. 2009; 2010; 2011; 2012). Para la Provincia de El Oro los datos del INP cubrieron 10 meses del año 2004, 4 meses del año 2005, 8 meses del 2008, 9 meses del 2009, los años 2010 y 2011 completos, y 4 meses del año 2012 (figura 6). El descenso observado en los desembarques y los rendimientos de la pesquería condujeron a estos autores a considerar que la pesquería se

encontraba en un estado crítico. Por otro lado, Flores y Mora (2011) utilizaron indicadores sencillos basados en tallas (Froese y Binohlan, 2000; Froese, 2004) para concluir que el recurso concha prieta se encontraba sobreexplotado en el Archipiélago de Jambelí.

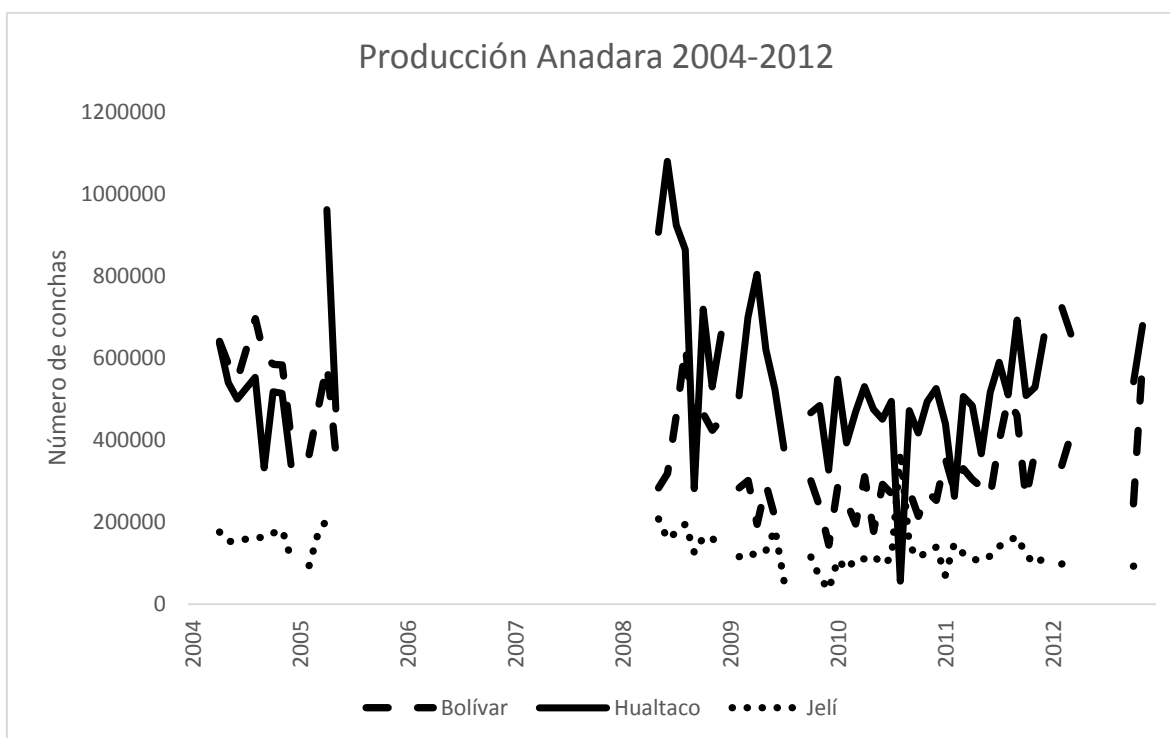


Figura 6. Producción de conchas en el Archipiélago de Jambelí durante el período enero 2004 – diciembre 2012. Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Pesca-Ecuador.

Una situación de sobrepesca de un recurso pesquero conlleva varios efectos negativos. Por un lado, se desperdicia el potencial del recurso para producir la mayor cantidad posible de alimento para la población. Por otra parte, los rendimientos de los pescadores son bajos, lo cual afecta sus niveles de ingresos económicos. Desde el punto de vista económico también disminuye el potencial del recurso para generar riqueza a través de las cadenas de distribución y consumo. Adicionalmente, se pueden presentar situaciones indeseables a nivel ecológico por las perturbaciones en los ecosistemas de manglar al disminuir la abundancia de estas especies filtradoras.

Varios factores pueden incidir en la disminución de abundancia y sobreexplotación de un recurso pesquero. Por lo general, el exceso de esfuerzo de pesca (número de pescadores) disminuye la abundancia poblacional más allá de los niveles sostenibles. Esto muchas veces viene acompañado de un patrón de pesca (mortalidad por pesca en función de la edad o talla), en el cual se explota predominantemente individuos de pequeñas tallas o juveniles, lo cual no permite que los organismos alcancen las tallas óptimas de captura y puede incidir negativamente sobre el éxito reproductivo, por la disminución de la fracción adulta de la población. Otro factor de importancia, en el caso de la concha prieta y otros recursos pesqueros de los ecosistemas de manglar, es la disminución del hábitat. En Ecuador, la pérdida de áreas de manglar por efectos de la tala ha sido muy significativa (Beitl, 2014). Otro factor a tomar en consideración es la pérdida de hábitat adecuado por efectos de la contaminación proveniente de las áreas urbanas, agrícolas y mineras.

A nivel nacional las investigaciones pesqueras las realiza el Instituto Nacional de Pesca, el cual hace las recomendaciones para el manejo de los recursos pesqueros. Por otro lado, la institución responsable por la administración de recursos pesqueros es el Ministerio de Ganadería, Agricultura, Acuicultura y Pesca, a través de la Subsecretaría de Recursos Pesqueros, dependiente del Viceministerio de Acuicultura y Pesca. La misión de la Subsecretaría de Recursos Pesqueros es “Desarrollar la gestión estratégica para la elaboración y aplicación de las políticas, planes y programas para la regulación, fomento y aprovechamiento sobre todas las fases necesarias para obtener un producto comercial y de los factores para un desarrollo sustentable de la pesca en todo el territorio nacional”.

Por otro parte, desde el año 2000, el Ministerio del Ambiente es el responsable de otorgar las concesiones o custodias de manglar a los usuarios ancestrales y a las asociaciones de pescadores artesanales. Para obtener una concesión los interesados deben presentar un plan de manejo de la zona a ser otorgada, el cual debe incluir acciones para preservar los recursos pesqueros del ecosistema de manglar. Estas concesiones se otorgan por 10 años y son renovables previa aprobación del ministerio de las gestiones realizadas por los concesionarios. Según cifras del Ministerio del Ambiente, alrededor del 43% de las 160.000 hectáreas de manglar en Ecuador se encontraban bajo régimen de custodia en diciembre de 2014.

Los pescadores artesanales de conchas ejercen sus labores de pesca, ya sea como productores independientes o en asociaciones. En la Provincia de El Oro las asociaciones de pescadores se encuentran agrupadas en la Unión de Organizaciones de Producción Pesquera Artesanal de El Oro (UOPPAO).

En Ecuador en el año 2001 se dicta la normativa mediante la cual se establece una talla mínima de captura de 4,5 cm y una veda temporal a nivel nacional desde el 15 de febrero hasta el 31 de marzo. Esta normativa fue derogada en el año 2008 y solamente se mantiene una talla mínima de captura de 4,5 cm. Sin embargo, los trabajos del INP indican que un porcentaje considerable de las capturas se encuentra por debajo de la talla legal. Esto es un indicador que el número de pescadores es probablemente excesivo y requieren capturar individuos de talla inferior a la norma para mantener sus ingresos (Beitl, 2014).

Existen diversas interrogantes sobre la explotación del recurso concha prieta en el Archipiélago de Jambelí, entre las más importantes se tiene:

- 1) ¿Cuál es el nivel de actual de explotación del recurso?
- 2) ¿Cuál es el nivel adecuado de esfuerzo o mortalidad por pesca?
- 3) ¿A qué nivel se encuentra la biomasa poblacional?
- 4) ¿Cuál es la talla de primera madurez sexual?
- 5) ¿A qué nivel se encuentra la biomasa de reproductores?
- 6) ¿Hay evidencias de subpoblaciones en el archipiélago?
- 7) ¿Existen diferencias en la actividad reproductiva, según el puerto de desembarque?

Cada una de estas interrogantes fue abordada en la presente investigación.

DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de campo de la presente investigación se realizó en los puertos pesqueros más importantes de la Provincia de El Oro, a saber: Puerto Bolívar, Puerto Jelí y Puerto Hualtaco. En estos puertos desembarcan los pescadores artesanales que explotan la concha prieta en el Archipiélago de Jambelí. Este archipiélago es la zona estuarina más importante del sur de Ecuador, cubriendo un área de aproximadamente 300 km². El archipiélago (lámina 2) está constituido por 6 islas mayores y está separado del continente por un canal principal (Estero Santa Rosa).

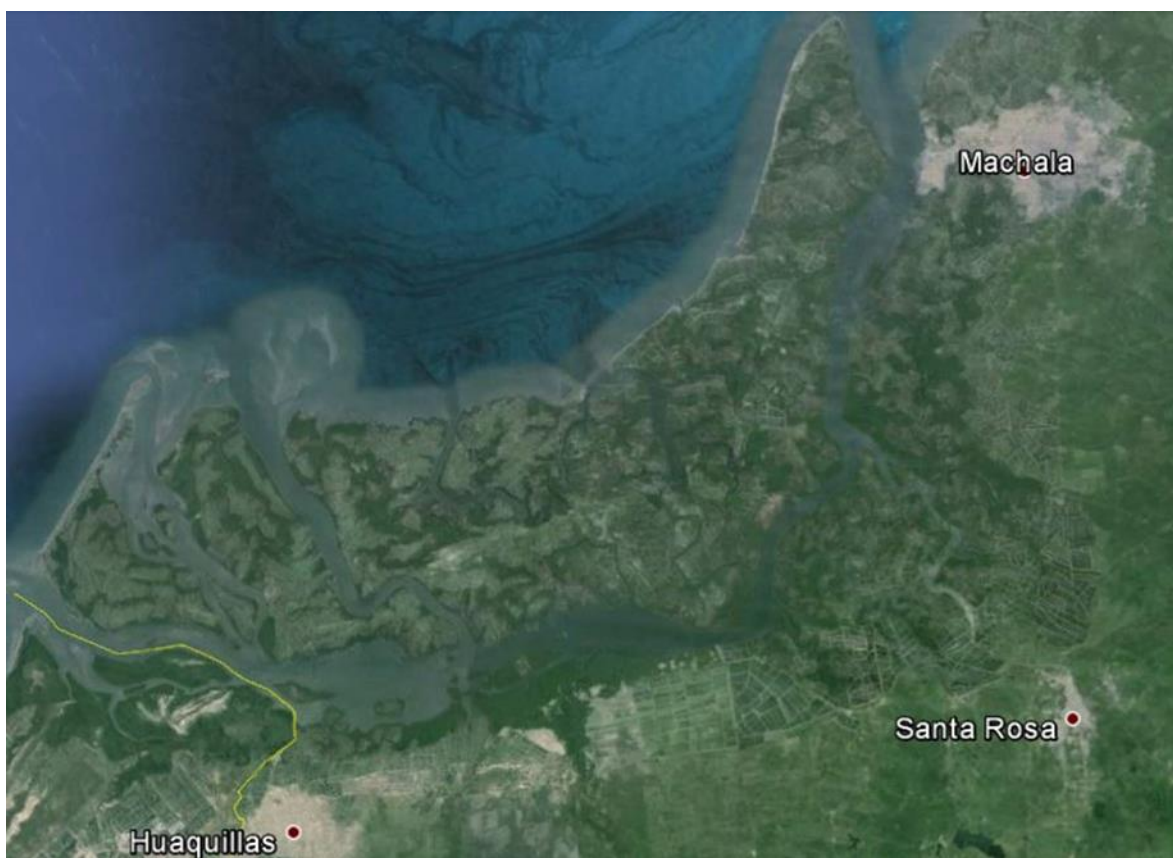


Lámina 2. Imagen satelital (Google Earth) del Archipiélago de Jambelí. Los pescadores de conchas realizan sus actividades a lo largo de los esteros mayores y menores que atraviesan el archipiélago. Los puertos de desembarque estudiados se ubican en la parte ribereña a proximidad de las ciudades de Machala (Puerto Bolívar), Santa Rosa (Puerto Jelí) y Huaquillas (Puerto Hualtaco).

Cada 15 días, entre marzo de 2014 y febrero de 2015, se realizaron visitas de campo a cada uno de estos puertos. Durante estas salidas de campo se obtuvo información directa de los

pescadores sobre el número de conchas recolectadas y el estero de procedencia de las mismas. En promedio, durante el período de estudio, diariamente en cada uno de estos puertos desembarcan 89, 233 y 38 pescadores en Puerto Bolívar, Puerto Hualtaco y Puerto Jelí, respectivamente. En total se realizaron 6.616 encuestas, de las cuales 1.693 correspondieron a Puerto Bolívar, 4.275 a Puerto Hualtaco y 648 a Puerto Jelí. Estas cifras representan, en promedio, el 83% del total de desembarques en Puerto Bolívar y Puerto Hualtaco, y el 78% de los desembarques en Puerto Jelí realizados durante cada uno de los días de muestreo.

Esta información permitió estimar los rendimientos o captura por unidad de esfuerzo promedios por mes (conchas/pescador/día) y su variabilidad en cada uno de los puertos visitados

La información sobre rendimientos, junto con el estimado del número total de pescadores que desembarcaron en un día determinado, permitió estimar los desembarques totales del día en número de conchas. Considerando que la pesca de conchas se desarrolla, en promedio, durante 6 días a la semana se estimó el número total conchas desembarcadas por quincena. La estimación mensual del desembarque se obtuvo mediante la suma de los desembarques quincenales. La suma de los desembarques mensuales permitió estimar el número total de conchas desembarcadas durante el período marzo 2014 – febrero 2015.

El número total de pescadores que desembarcaron por día de muestreo permitió estimar el número de total de pescadores que faenaban por quincena y por mes. Esto sirvió para estimar el esfuerzo de pesca por mes y puerto en número de pescadores/mes.

Por otra parte, durante cada una de estas visitas de campo se realizó un muestreo de las tallas y de los pesos de los individuos desembarcados, para conocer la estructura demográfica de los desembarques y realizar análisis biométricos. En total se tomaron mediciones de longitud y peso de 12.914 ejemplares, de los cuales 4.786, 4.981 y 3.147 corresponden a Puerto Bolívar, Puerto Hualtaco y Puerto Jelí, respectivamente. En primer lugar, esta información fue utilizada para construir histogramas de frecuencias de tallas mensuales para cada puerto por separado y para el conjunto de puertos. Luego se procedió a descomponer cada una de

las frecuencias de tallas en sus componentes modales, asumiendo normalidad de cada uno de ellos.

Una vez finalizadas las visitas de campo y con el conjunto de datos para el período completo de estudio, se utilizaron los resultados de los análisis de las frecuencias de tallas para hacer un análisis de progresiones modales para estimar los parámetros (L_{∞} y K) de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy. Con los parámetros de la ecuación de crecimiento se procedió a calcular la tasa de mortalidad total (Z) utilizando una curva de captura transformada en longitudes. Por otra parte, se estimó la mortalidad natural (M) utilizando la ecuación de Jensen (1996) en la cual $M \approx 1,5 \times K$. La diferencia entre Z y M , arrojó un estimado de la mortalidad por pesca (F).

Adicionalmente, una vez al mes durante las visitas de campo a cada puerto de desembarque, se adquirió una muestra de 100 ejemplares de concha prieta para su análisis en laboratorio. Una vez en el laboratorio, a cada uno de los ejemplares muestreados se les midió, mediante un vernier digital, la longitud antero-posterior, la altura y la anchura de la concha en milímetros. Asimismo, mediante una balanza digital, se tomaron mediciones del peso total y del peso del tejido somático en gramos. Posteriormente, por medio de observaciones macroscópicas y microscópicas de frotis del tejido gonadal, a cada individuo se le determinó el sexo y el estadio de madurez sexual. En total se realizaron estas mediciones y observaciones sobre 3.557 ejemplares de concha prieta.

La variable longitud sirvió de dimensión de referencia para estimar los parámetros a y b del modelo básico de alometría, $Y = a(\text{Longitud})^b$, transformado a una relación lineal mediante logaritmos. La relación de alometría permite evaluar cambios relativos en las dimensiones corporales a medida que los individuos crecen. Las relaciones evaluadas fueron:

$$\log (\text{Altura}) = \log (a) + b \log (\text{Longitud})$$

$$\log (\text{Ancho}) = \log (a) + b \log (\text{Longitud})$$

$$\log (\text{Peso}) = \log (a) + b \log (\text{Longitud})$$

$$\log (\text{Peso de la Carne}) = \log (a) + b \log (\text{Longitud})$$

Por otro lado, para cada una de estas relaciones, se utilizó el análisis de covarianza para estimar las posibles diferencias en los coeficientes de alometría en función del sexo y de los puertos de desembarque.

El número de individuos machos y hembras, por mes y puerto, sirvió para estimar la proporción sexual. Para cada puerto se analizó mediante una prueba X^2 (Chi cuadrado) las diferencias mensuales en la proporción de sexos. Adicionalmente, mediante un modelo lineal generalizado se analizaron las diferencias en la proporción de sexos entre puertos y meses.

La actividad reproductiva se midió mediante la proporción de los diferentes estadios sexuales por puerto y por mes. Se comparó la actividad reproductiva entre puertos y meses mediante un modelo lineal generalizado.

El análisis de la proporción de individuos maduros y en desove en función de la talla permitió estimar la talla a la primera madurez mediante una función logística (Welch y Foucher, 1988).

La información del número total de conchas desembarcadas, la relación entre la longitud y el peso, los parámetros de crecimiento, las estimaciones de mortalidad natural y por pesca; y la ecuación logística de la proporción de maduros por clase de tallas, se utilizaron para ajustar un modelo de población virtual por longitudes (Jones, 1984; Ehrhardt y Legault, 1997) que permitió estimar el número poblacional, la biomasa poblacional, el número y la biomasa de individuos adultos y el vector de mortalidad por pesca por clase de longitud.

Posteriormente, el modelo de Thompson y Bell para datos de longitud (Sparre y Venema, 1998) se utilizó para hacer proyecciones de las capturas (número y peso), y de la abundancia poblacional total y adulta (número y peso) en función de diferentes niveles de mortalidad por pesca. Con esta información se pudo determinar los puntos de referencia biológicos y el estado de explotación de la pesquería.

El trabajo de campo y de laboratorio fue realizado por el investigador Prometeo y su contraparte técnica institucional, el Ing. Mauricio Yáñez, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UTMACH. Durante las actividades de campo se contó con el apoyo de los centenares de pescadores artesanales que respondieron a nuestras entrevistas, de comerciantes de conchas en los diferentes puertos, especialmente el Sr. Francisco Rentería y la Sra. Carmen Chamba en Puerto Hualtaco, el Sr. Víctor Cuenca en Puerto Bolívar y las Sras. Blanca y Nube Zhicay en Puerto Jelí. En la programación de las salidas de campo colaboraron directivos de las asociaciones en los diferentes puertos, en particular, los Sres. Tomás Cruz, Presidente de la UOPPAO, el Sr. Víctor Cuenca y la Sra. Beczaida Tejada en Puerto Bolívar, el Sr. Rafael Cruz en Puerto Hualtaco y el Sr. Joaquín Soriano en Puerto Jelí.

JUSTIFICACIÓN

Como ya se ha mencionado anteriormente, diversos autores (Flores y Mora, 2011; Mora et al., 2011, Mora et al. 2012) han señalado que existen indicios de sobrepesca en la pesquería de conchas en el Archipiélago de Jambelí. Por otro lado, Alava et al. (2015) señalan que a nivel nacional los desembarques de concha se habrían desplomado de un máximo de 4.550 t en 1985 a un mínimo de 360 t en el 2010. Estos indicios de sobrepesca implican que la normativa vigente, y/o su puesta en ejecución, han sido insuficientes para evitar la sobreexplotación del recurso a nivel nacional y, en particular, en el Archipiélago de Jambelí.

Por otro lado, si bien se han hecho estudios sobre la reproducción de la concha prieta en diversas partes del Ecuador (Mora y Moreno, 2009; Mora et al. 2009, Mora et al. 2010), éstos han sido de carácter descriptivo y no se ha tratado de estimar la significancia estadística de las variaciones espacio-temporales de la actividad reproductiva. Adicionalmente, las estimaciones de la talla de madurez se han hecho sobre la base de relaciones empíricas (Flores y Mora, 2011) y no existen estimaciones en el país basadas sobre la proporción de individuos juveniles e inmaduros. La función que describe la madurez en función de la talla no es solamente de interés académico, sino que constituye un parámetro de entrada importante en los modelos de evaluación pesquera y permite estimar la fracción adulta de la población, ya sea en número o biomasa.

Otro aspecto, sobre el cual no existen trabajos publicados en Ecuador son las variaciones que puedan presentarse en las dimensiones corporales en las conchas. Estas variaciones pueden ser un indicador de la presencia de una o más poblaciones en un área determinada (Cadrin, 2000), lo cual puede utilizarse para definir las políticas de manejo de recursos pesqueros.

Una de las mayores limitaciones para tomar medidas efectivas de manejo de recursos pesqueros es la ausencia de estimaciones cuantitativas del estado de los stocks explotados. Efectivamente, si bien ciertos indicadores pueden apuntar en la dirección correcta (existencia o no de sobreexplotación), resulta difícil cuantificar qué tan afectado se encuentra el recurso y qué tanto debe limitarse los efectos de la pesca. Por lo tanto, la cuantificación de los niveles de explotación y de la abundancia poblacional son variables sumamente importantes para una adecuada administración de los recursos pesqueros.

Revertir una situación de sobreexplotación en una pesquería no es tarea fácil, y representa un reto fundamental para la administración pesquera. Esto es particularmente difícil en los países en vías de desarrollo, donde las capacidades técnicas y los recursos disponibles son limitados. En las pesquerías artesanales cobra particular importancia el concepto de co-manejo, en el cual los pescadores son participantes activos en la recolección de información y en el proceso de diseño e implementación de medidas y políticas de administración de recursos. El concepto de co-manejo es particularmente relevante en el contexto ecuatoriano, por la importancia que ha venido tomando el otorgamiento de custodias de manglar a las asociaciones de pescadores. Una efectiva cooperación entre las entidades oficiales y las asociaciones de pescadores representa una herramienta fundamental para la sostenibilidad de las pesquerías en los ecosistemas de manglar.

A pesar de las dificultades y limitaciones, son muchos los beneficios (sociales, económicos y ambientales) que se pueden obtener de las pesquerías bien administradas. Revertir una situación de sobreexplotación permite aumentar los ingresos de los pescadores, aumentar el aporte de alimentos que pueden producir las poblaciones explotadas y evitar el deterioro de los ecosistemas. Sin embargo, esto requiere tomar medidas para limitar el esfuerzo de pesca y/o las capturas.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente estudio es realizar una evaluación cuantitativa del estado de explotación recurso concha prieta en el Archipiélago de Jambelí, con el propósito de orientar las políticas públicas en la administración de esta pesquería.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos del proyecto fueron los siguientes:

- 1) Estimar desembarques, esfuerzo de pesca y captura por unidad de esfuerzo en la pesquería de conchas de la Provincia de El Oro. Para ello se realizaron visitas quincenales a los puertos de desembarque (Puerto Bolívar, Puerto Hualtaco y Puerto Jelí) y se extrapolaron los datos obtenidos para obtener estimaciones mensuales (Sparre y Venema, 1998).
- 2) Estimar periodicidad reproductiva y talla de madurez sexual.
Se obtuvieron muestras de 100 ejemplares de concha prieta por mes y por puerto de desembarque. Estas muestras fueron procesadas en el laboratorio para obtener datos biométricos, sexo y actividad reproductiva. Se utilizaron técnicas y modelación estadística (Faraway, 2006; Welch y Foucher, 1988) para evaluar las variaciones espaciales y temporales en la actividad reproductiva y estimar la talla de madurez sexual.
- 3) Estimar relaciones biométricas e índice de condición de los organismos.
De las muestras analizadas en laboratorio se midieron distintas dimensiones corporales en longitud (longitud antero-posterior, alto y ancho de las conchas), y peso (peso total y peso de la carne) para evaluar las variaciones espaciales y por sexo del crecimiento relativo de estas dimensiones con respecto a la longitud antero-posterior. El índice de condición se estimó a partir del cociente entre el peso de la carne y el peso total. Se hicieron análisis estadísticos para estimar las variaciones por sexo, puerto y mes del índice de condición (Faraway, 2006).

4) Estimar crecimiento y mortalidad de la concha prieta.

Las mediciones de longitud de los organismos obtenidos en las visitas de campo sirvieron para construir histogramas de frecuencias de tallas por mes. Estas frecuencias de tallas se analizaron para descomponerlas en sus componentes modales (Haddon, 2011; MacDonald y Du, 2012) y luego se procedió a estimar las progresiones modales y calcular los parámetros de crecimiento (Fabens, 1965). Una vez obtenidos los parámetros de crecimiento, se estimó la mortalidad total (Z) mediante una curva de captura basada en longitudes (Pauly, 1983; 1984). La mortalidad natural (M) se estimó mediante el método de Jensen (1996; 1997).

5) Evaluar el estado del recurso y sus niveles de explotación.

Para la evaluación del tamaño poblacional y la tasa de explotación actual se utilizó el análisis de cohortes basado en longitudes de Jones (1984), utilizando la modificación propuesta por Ehrhardt y Legault (1997). Como datos de entrada se utilizaron los desembarques totales, los parámetros de crecimiento, las tasas de mortalidad y la función de madurez previamente estimados. Se realizaron proyecciones mediante el modelo de Thompson y Bell basado en longitudes (Sparre y Venema, 1998) para estimar el comportamiento de la abundancia poblacional ante diversos niveles de mortalidad por pesca y estimar los puntos de referencia biológicos (Caddy y Mahon, 1995; Quinn y Deriso, 1999).

RESULTADOS OBTENIDOS

PAPER INDEXADO O ARTÍCULO CIENTÍFICO PUBLICADO

Es importante señalar que en el análisis y evaluación de pesquerías es necesario tener una serie mínima de datos temporales para la que el trabajo sea aceptable para publicación en una revista internacional indexada. En esta disciplina el tiempo mínimo admitido es de un año. En nuestro caso, se cubrió el período comprendido entre marzo 2014 y febrero 2015, lo cual

cumple con el mínimo necesario. Sin embargo, por el poco tiempo disponible desde el fin de la vinculación no ha sido posible enviar trabajos a publicación. A pesar de lo anterior, se han preparado 2 manuscritos para ser sometidos a revistas internacionales. El primero intitulado “Growth, mortality and exploitation of the black ark (*Anadara tuberculosa*) in southern Ecuador”, una vez revisado nuevamente, será enviado el próximo mes a la revista *Fisheries Research* (<http://www.journals.elsevier.com/fisheries-research/>), la cual es una prestigiosa revista exclusivamente dedicada a estudios de pesquerías sobre diferentes grupos taxonómicos y aspectos técnicos de la explotación pesquera. El manuscrito, con su abstract correspondiente, en idioma inglés se puede encontrar en el ANEXO 1. El segundo trabajo intitulado “Spatial and temporal variability in allometry, condition and reproduction of the black ark (*Anadara tuberculosa*) in the Jambeli Archipelago, southern Ecuador” también será enviado el próximo mes luego de revisarlo nuevamente, en este caso a la revista *Journal of Shellfish Research* (<http://www.bioone.org/loi/shre>), la cual es una reconocida revista dedicada a aspectos biológicos, poblacionales, acuicultura y explotación de moluscos y crustáceos. El manuscrito, con su respectivo abstract, en idioma inglés se puede encontrar en el ANEXO 2.

Finalmente, durante mi estancia en la Universidad Técnica de Machala, tuve la oportunidad de colaborar con la Dra. María José Sánchez-Muros, investigadora del Programa Prometeo del área de acuicultura, y un grupo del personal docente de la UTMACH. Esta colaboración se plasmó en un artículo intitulado “Valor nutritivo de diferentes materias primas para la alimentación del camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*)”, el cual fue sometido y se encuentra en revisión en la *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, la cual se encuentra indizada en los principales índices internacionales. Correspondencia reciente entre la autora principal y el editor de la revista, así como el texto completo de la publicación puede encontrarse en el ANEXO 3.

A continuación se presentan los resúmenes en español de los trabajos arriba mencionados.

- 1) Crecimiento, mortalidad y explotación de la pesquería de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el sur de Ecuador.

Jeremy Mendoza^(1,*) y Mauricio Yáñez⁽²⁾

¹Investigador Prometeo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador

*email: mendoza.jeremy@gmail.com

Resumen

La concha negra o concha prieta (*Anadara tuberculosa*) es la especie de bivalvo de mayor importancia comercial en Ecuador, donde es extraída manualmente en su hábitat natural entre las raíces y bajo la cubierta vegetal de los bosques de manglar. El Archipiélago de Jambelí en la Provincia de El Oro, en el sur de Ecuador, es una de las áreas de mayor explotación; produciendo en algunos años más del 50% de los desembarques totales en Ecuador. Desde marzo 2014 hasta febrero 2015 se instrumentó un programa de monitoreo de la pesquería en los principales puertos del archipiélago: Puerto Bolívar, Puerto Hualtaco y Puerto Jelí. Se hicieron visitas quincenales a cada uno de los puertos y se entrevistó a los pescadores, en sus faenas de desembarque, para obtener información sobre el número de conchas desembarcadas y los esteros donde faenaron. Adicionalmente, a una muestra de aproximadamente 200 conchas les fueron tomadas mediciones de longitud (mm) y peso (g) en cada visita. Los resultados muestran, con relación a las cifras de años anteriores, un aumento de los desembarques, con un estimado para el período de estudio de alrededor de 20 millones de individuos, correspondiente a 730 toneladas. Los parámetros de crecimiento, obtenidos a través de progresiones modales, indican un crecimiento rápido ($L_{\infty} = 80.4$ mm y $K = 1.62$). La tasa instantánea de mortalidad total se estimó en $Z = 7.85$ y la tasa de mortalidad natural se estimó en $M = 2.4$. Un análisis de cohortes basado en longitudes indica un reclutamiento al equilibrio de alrededor de 49 millones de individuos a una longitud de 29 mm, el número de sobrevivientes es de alrededor de 12 millones de individuos (273 toneladas) y el número de sobrevivientes adultos se estimó en 5,3 millones de organismos (135 toneladas). Proyecciones realizadas con un modelo de Thompson y Bell basado en

longitudes indican que, a los niveles actuales de mortalidad por pesca (F), la población de concha negra se encuentra sobreexplotada. Los niveles de agotamiento o reducción poblacional se encuentran en 0,30 y 0,22 para la biomasa y biomasa adulta, respectivamente, con relación a una población no explotada. Se requieren disminuciones en la mortalidad por pesca del orden de 50% para recuperar la población a niveles de 40% de la biomasa adulta, lo que corresponde con una mortalidad de referencia de $F_{0.2}$.

Palabras claves: *Anadara tuberculosa*, concha negra, concha prieta, pesquería de bivalvos, crecimiento, mortalidad, evaluación de recursos pesqueros.

2) Variaciones espacio-temporales en la alometría, condición y reproducción de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el Archipiélago de Jambelí, Ecuador.

Jeremy Mendoza^(1,*) y Mauricio Yáñez⁽²⁾

¹Investigador Prometeo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador

*email: mendoza.jeremy@gmail.com

Resumen

La concha prieta, *Anadara tuberculosa*, está ampliamente distribuida a lo largo de la costa occidental de América, donde vive enterrada en sedimentos fangosos en asociación con las raíces y cobertura vegetal de los bosques de manglar. En su área de distribución, la especie representa un importante recurso pesquero explotado por pescadores artesanales y de subsistencia. El Archipiélago de Jambelí, en el sur de Ecuador, es una de las áreas más importantes de bosques de manglar del país y sostiene una fracción importante de los desembarques de concha prieta. Desde marzo de 2014 hasta febrero de 2015, se obtuvieron muestras de conchas prietas (≈ 100 individuos) de pescadores y comerciantes en cada uno de

los principales sitios de desembarque del archipiélago: Puerto Bolívar, Puerto Hualtaco y Puerto Jelí. Cada organismo fue medido en longitud de la concha (SL), altura de la concha (SH), ancho de la concha (SW) en mm, y peso total (WT) y del tejido somático (WST) en gramos. Adicionalmente, el sexo y el estadio de madurez sexual se determinaron por medio de la examinación macroscópica de las gónadas y observaciones microscópicas de frotis del tejido gonadal. Se analizaron un total de 3.557 individuos, de los cuales 1.192, 1.195 y 1.170 correspondieron a Puerto Bolívar, Puerto Hualtaco y Puerto Jelí, respectivamente; y 738, 2.097 y 724 correspondieron a machos, hembras e indeterminados, respectivamente. Relaciones tradicionales de alometría fueron estimadas para todas las mediciones en función de SL y se utilizó el análisis de covarianza (Ancova) para estimar diferencias en alometría entre puertos, sexos y sus interacciones. El cociente WST/WT fue utilizado como un índice de condición y el Ancova se usó para estimar diferencias entre sexos, puertos y meses. Las diferencias en la razón de sexos y de la actividad reproductiva para puertos y meses se estimaron mediante modelos lineales generalizados. La proporción de individuos maduros e inmaduros de ambos sexos, en el intervalo de longitud de 38 mm a 44 mm, fue usada para estimar la longitud a la primera madurez (L_{50}). Los resultados mostraron que la concha prieta presentó una ligera alometría negativa para la relación SH-SL y no mostró diferencias entre sexos y puertos; y una alometría positiva para la relación SW-SL con pendiente más marcada para los individuos de sexo indeterminado. Las mayores diferencias en alometría se presentaron en las relaciones WT-SL y WST-SL que mostraron diferencias entre sexos y puertos, con mayores pendientes para los individuos de sexo indeterminado y para los individuos procedentes de Puerto Bolívar. El valor del índice de condición está entre los más altos reportados en el Pacífico oriental, y presentó valores mínimos en la época de mayor actividad reproductiva. La razón sexual presentó una predominancia de hembras con un promedio de 0,25 para la proporción de machos. La concha prieta, en el sur de Ecuador, se reproduce a lo largo del año y mostró la mayor actividad reproductiva en agosto-septiembre 2014 (época seca) y en febrero 2015 (época de lluvias). La longitud a la primera madurez se estimó en 40,9 mm (I.C. 36,4 – 42,0). Los resultados de este estudio se compararon con resultados previos obtenidos en Ecuador y en otros países del rango de distribución espacial.

Palabras claves: *Anadara tuberculosa*, alometría, índice de condición, reproducción,

3) Valor nutritivo de diferentes materias primas para la alimentación del camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*).

M^a José Sánchez-Murosa^{a,b,*}, Carolina de Haro^a, Jeremy Mendoza^b, Patricio Rentería^b, M^a José Farias^c, Lita Sorroza^b, y Roberto A. Santacruz-Reyes^b

^a Departamento de Biología y Geología. Universidad de Almería. 04120 Almería. España

^b Escuela de Acuicultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Machala. Km 5½ vía a Pasaje. Machala. Ecuador

^c Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Técnica de Machala. Km 5½ vía a Pasaje. Machala. Ecuador

*Autor correspondiente: Tel.: +34 950015002; fax: +34 950015476. E-mail address: mjmuros@ual.es

Resumen

En este trabajo se ha estudiado el valor nutritivo de 5 materias primas abundantes en la provincia de El Oro, Ecuador, como ingredientes novedosos en la alimentación de camarones. Las fuentes estudiadas han sido: subproducto de pollo, moringa, levadura, harina de camarón, harina de pescado y subproducto de la harina de banano. Las determinaciones realizadas han sido: proteína bruta, extracto etéreo, fibra bruta, cenizas, materiales extraíbles libres de nitrógeno, perfil de ácidos grasos, perfil de aminoácidos y digestibilidad de la proteína *in vitro*. Los resultados obtenidos indican que la harina de camarón y pollo presentan buenas cualidades como fuentes alternativas de proteína a la harina de pescado para la alimentación del camarón, mientras que la moringa presenta una capacidad más limitada para su inclusión en dietas. La harina de subproducto de la harina de banano sería un posible ingrediente a estudiar como fuente de hidratos de carbono, mientras que, la harina de pescado de producción artesanal muestra unas características nutricionales francamente malas por lo que sería importante un control de calidad de estas harinas.

1. CONTRIBUCIÓN AL PLAN DEL BUEN VIVIR

El presente proyecto se enmarca dentro del Objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir (2013-2017). Efectivamente, en cuanto al patrimonio marino-costero el plan menciona que “Los ecosistemas y la diversidad biológica de la zona marina y costera albergan un sinnúmero de recursos finitos que favorecen a pescadores artesanales y de mediana y gran industria”. Adicionalmente, en cuanto a la biocapacidad también se establece que “El Ecuador ha iniciado la transición hacia una sociedad basada en el conocimiento, la ciencia y la innovación, promoviendo el manejo sustentable y corresponsable de sus recursos finitos”. Y adicionalmente “En este sentido, las acciones emprendidas por actores públicos y privados deben estar encaminadas no solo a preservar las especies de plantas y animales, sino también a impulsar el desarrollo agropecuario y pesquero con responsabilidad ambiental. En este sentido, el Estado ecuatoriano ha aplicado políticas de protección a especies marinas amenazadas para promover una pesca más selectiva, estableciendo zonas o periodos de prohibición y limitando ciertas actividades pesqueras. Por otro lado, el literal m del numeral 7.2., sobre las políticas y lineamientos estratégicos de este objetivo establece como necesario “Fomentar la investigación y los estudios prospectivos sobre el uso sustentable y la conservación de la biodiversidad terrestre, acuática y marino-costera”.

En este sentido, el proyecto de investigación ha permitido conocer aspectos importantes de la explotación de la concha prieta en las áreas de manglar del Archipiélago de Jambelí en la Provincia de El Oro. Por un lado, el estudio de las relaciones biométricas y de la condición de los individuos parece indicar que existe más de una sola unidad poblacional en el archipiélago, lo cual requeriría establecer medidas de manejo de los recursos a una escala espacial más fina. Por otro lado, los resultados indican que el recurso concha prieta se encuentra sobreexplotado y se requieren medidas de manejo adicionales a la que se aplica actualmente fundamentada en una talla (longitud antero-posterior) mínima de captura de 45 mm.

En particular, se requeriría disminuir el esfuerzo de pesca, ya sea mediante vedas temporales en la pesquería y/o una disminución en el número de pescadores.

2. DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS ALCANZADOS

- 1) Manuscrito por publicar sobre el crecimiento, mortalidad y explotación de la pesquería de concha prieta en el Archipiélago de Jambelí (Anexo 1). En este trabajo se presentan resultados sobre las estimaciones de captura por esfuerzo, desembarques y esfuerzo de pesca que indican que ha habido un aumento de la producción de concha en comparación con años anteriores, a pesar que el esfuerzo de pesca se ha mantenido relativamente constante. Los indicadores parecen señalar que ha habido un aumento en la abundancia del recurso, probablemente asociado a factores de orden ambiental que han favorecido el reclutamiento de la especie. Apparently, estos factores no sólo estarían operando a nivel regional sino a lo largo de las costas ecuatorianas. Las estimaciones de crecimiento y mortalidad sirvieron para completar la información necesaria para evaluar el estado del recurso en la zona de estudio. A pesar del aumento aparente de la abundancia antes señalado, el recurso se encuentra sobreexplotado y se requieren disminuciones en la mortalidad por pesca del orden de 50%, con relación a los niveles actuales, para recuperar los niveles poblacionales.
- 2) Manuscrito por publicar sobre la alometría, condición y reproducción de la concha prieta en el Archipiélago de Jambelí (Anexo 2). Se estudiaron diversas relaciones morfométricas en la concha prieta para determinar si existen variaciones en función del sexo y de la localidad de pesca. Los resultados indican que los individuos de sexo indeterminado crecen proporcionalmente más en peso total y peso de la carne que los individuos machos y hembras. Como los individuos de sexo indeterminado incluye juveniles y adultos en fase de reposo sexual, este resultado indica que durante estas fases se dirige más energía al crecimiento corporal que durante las fases de maduración sexual. Por otro lado, existen diferencias entre el crecimiento relativo en peso y peso de la carne, entre los individuos desembarcados en los diferentes sitios de desembarque, lo cual está relacionado a una variabilidad espacial en estos

caracteres probablemente determinada por factores ambientales. Estos resultados indican que probablemente existe más de una unidad poblacional de conchas prietas en el Archipiélago de Jambelí. El índice de condición presentó sus menores valores en el período reproductivo de Agosto-Septiembre, durante la época de sequía, más no durante el período reproductivo de Febrero en época de lluvias, lo que indica que los costos metabólicos de la reproducción son mayores en la época de sequía. Por otro lado, no existen diferencias espaciales en el período reproductivo, lo que indica que los factores que lo determinan actúan por igual a lo largo de la zona de estudio. Finalmente, se estimó la talla de primera madurez sexual y la función que describe las proporciones de madurez por talla, lo cual sirvió como parámetro de entrada para las evaluaciones poblacionales realizadas en el artículo arriba mencionado.

- 3) El 15 y 16 de marzo de 2014 se atendió una invitación para participar como conferencista en el II Congreso Regional de Pesca Artesanal Región Piura y I Congreso Binacional de Pesca Responsable Perú – Ecuador, realizado en Lobitos, Perú. La conferencia presentada se intituló “La investigación y ordenación pesquera en el marco de la pesca responsable”. En la conferencia se hizo hincapié sobre la necesidad de realizar investigaciones y elaborar políticas conjuntas entre ambas naciones en el tema de los recursos pesqueros compartidos. Por otro lado, la reunión permitió conocer y contrastar los diferentes problemas que deben afrontar los pescadores artesanales de ambas naciones.
- 4) Se presentaron 2 trabajos en el VII Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura, en la Universidad Técnica de Machala, Ecuador del 18 al 21 de Noviembre de 2014. Dichos trabajos: “Relación longitud-peso y factor de condición de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el Archipiélago de Jambelí durante el periodo marzo-agosto 2014” y “Monitoreo de la pesquería de concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el Archipiélago de Jambelí en el periodo marzo-agosto 2014”, presentados conjuntamente con la contraparte institucional, Ing. Mauricio Yáñez, permitieron presentar avances sobre la investigación realizada. En dicho evento, se

me solicitó actuar como moderador de la mesa de trabajo “Recursos Pesqueros en Ecuador: Pesca Artesanal”.

- 5) En atención a una solicitud formulada por el Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UTMACH, durante el primer semestre del ciclo 2014-2015 fui docente de la asignatura “Pesquerías y sistemas de pesca”. Este es un curso de 48 horas dirigido a estudiantes del 9 ciclo de la carrera de ingeniería acuícola de la Universidad Técnica de Machala. Se elaboró el sílabo de la materia y se preparó el material audio-visual necesario para el curso.
- 6) Como parte de las actividades previstas en la matriz de investigación se impartió el curso “Introducción a la Modelación Estadística” para personal docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UTMACH. En total participaron 18 docentes que fueron seleccionados por tener asignadas horas de investigación y/o por estar realizando, o por realizar, estudios doctorales. El curso tuvo una duración de 42 horas y sirvió para revisar métodos clásicos en estadística e introducir métodos no tradicionales, en particular los modelos lineales generalizados. El curso también fue una oportunidad para introducir y enseñar el programa estadístico R, a través de la interfaz de usuario Rcmdr.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) Nuestros resultados indican que los desembarques y captura por esfuerzo han aumentado con relación a años anteriores. Este aumento en los desembarques y la captura por esfuerzo se presenta en los 3 principales puertos del Archipiélago de Jambelí. Este es un indicador de aumentos en la abundancia poblacional, a pesar de la elevada presión pesquera, y que este aumento no está espacialmente localizado. Es probable que esto se deba a factores ambientales favorables para la reproducción y reclutamiento de la especie en el conjunto del archipiélago. Se requiere darle

continuidad al monitoreo de la pesquería que realizaba el Instituto Nacional de Pesca en la Provincia de El Oro y que fue suspendido a inicios del año 2012.

- 2) La revisión de los trabajos publicados sobre la pesquería de concha prieta indica que, a pesar de los esfuerzos de los investigadores del INP, existe una riqueza de información que ha sido subutilizada desde el punto de vista científico y que permitiría conocer mejor la biología, ecología y estado del recurso en la costa norte y sur del Ecuador. Se requiere fortalecer y capacitar a los investigadores del INP en evaluación de recursos pesqueros, para sacar el máximo provecho de los datos generados, lo cual redundaría positivamente en la calidad de sus recomendaciones y en la productividad científica de la institución.
- 3) Según nuestros resultados alrededor del 35% de las conchas desembarcadas en el archipiélago están por debajo de la talla reglamentaria de 45 mm. Este porcentaje es mayor ($\approx 44\%$) en Puerto Hualtaco, donde la intensidad de pesca es mayor. Si bien la Subsecretaría de Recursos Pesqueros realiza controles en este Puerto, más no en Puerto Bolívar o Puerto Jelí, es evidente que los mecanismos de control son insuficientes. Se recomienda aumentar la frecuencia de los controles y reforzar la concientización de los pescadores y comerciantes de los beneficios de la medida.
- 4) Nuestros resultados indican que existe una estructura poblacional compleja de la concha prieta en el archipiélago, que probablemente responde al concepto de metapoblaciones (subpoblaciones interconectadas) frecuentemente observado en poblaciones de moluscos bivalvos. Se requieren de estudios morfométricos, genéticos y de parámetros poblacionales a menor escala espacial, para evaluar la complejidad de la estructura poblacional.
- 5) Los estimados de crecimiento y mortalidad obtenidos en este estudio, mediante análisis de frecuencias de tallas, indican elevadas tasas de crecimiento y mortalidad, lo cual implica que el recurso tiene una capacidad de recuperación mayor al que generalmente se le ha otorgado. Sin embargo, el análisis del crecimiento en diferentes

estudios, tanto en Ecuador como en otros países del área de distribución, ha arrojado valores muy disímiles. Se requiere uniformar los métodos de análisis de frecuencias de tallas y estudiar el crecimiento de la concha de manera directa (anillos de crecimiento en la concha), para mejorar el conocimiento sobre este parámetro clave.

- 6) Durante el período de estudio no se observaron diferencias espaciales en la actividad reproductiva de la concha prieta en el archipiélago de Jambelí, es decir que los factores determinantes de la reproducción aparentemente actúan sobre el conjunto del archipiélago. Este resultado puede ser útil, si se toma en consideración el establecimiento de vedas reproductivas en futuras normas técnicas de la administración pesquera.
- 7) La talla media de primera madurez (L_{50}) se estimó en 40.9 mm con un intervalo de confianza al 95% comprendido entre 36.3 mm y 42 mm. Se recomienda mantener la talla de primera captura en la pesquería de 45 mm establecida en la normativa vigente.
- 8) La evaluación del recurso indica que la población de concha prieta en el Archipiélago de Jambelí se encuentra sobreexplotada. Los niveles de biomasa y biomasa adulta se encuentran actualmente alrededor de 0.30 y 0.22, respectivamente, de los niveles poblacionales en ausencia de pesca. Los puntos de referencia biológicos comúnmente aceptados es que estos niveles se encuentren alrededor de 0.5 y 0.40, respectivamente. Para recuperar los niveles poblacionales se requiere que los niveles de mortalidad por pesca se reduzcan entre 35% y 50% de los niveles actuales. Se requiere instrumentar políticas para reducir la mortalidad por pesca en la pesquería. Las opciones disponibles serían establecer cuotas de captura, vedas temporales y/o reducir el número de pescadores participantes. La primera opción (cuotas de captura) es muy difícil de poner en práctica y supervisar. La veda temporal es quizás la más fácil de establecer y controlar, pero tendría que ser por periodos muchos más largos de los establecidos en la normativa anterior (45 días entre febrero y marzo), lo cual afectaría el ingreso de los pescadores participantes en la pesquería. En mi opinión deben establecerse medidas, a mediano y largo plazo, para reducir el número de pescadores participantes mediante, por ejemplo, planes de empleo para los jóvenes en las comunidades

pesqueras. De ser consideradas, este tipo de medidas pudieran concentrarse en Puerto Hualtaco, donde el número de pescadores independientes y la intensidad de pesca son mayores.

LIMITACIONES

Existen varios supuestos sobre los cuales se sustentan los métodos utilizados y los resultados obtenidos. En lo que se refiere a los resultados sobre la variabilidad espacial de los aspectos biométricos y reproductivos, la premisa principal es que no hay solapamiento espacial entre los diferentes esteros utilizados por los pescadores que operan desde los diferentes puertos. El análisis de información previa obtenida por el INP y la presente investigación confirman que este supuesto está bien fundamentado, ya que efectivamente el solapamiento es bastante leve. Sin embargo, es posible que existan diferencias espaciales en los caracteres de los organismos a escalas aún más pequeñas, lo cual no podría ser detectado por nuestro estudio. Es decir, que se pudiera estar subestimando la variabilidad espacial en los caracteres estudiados.

Otro aspecto importante es de las tasas de crecimiento estimadas en este estudio, que indican un crecimiento en longitud y peso relativamente rápido. El crecimiento promedio individual es una variable fundamental en los modelos poblacionales, puesto que de él dependen, por un lado, los incrementos de biomasa de los individuos que conforman la población explotada y, por otro lado, la tasa de mortalidad natural y la capacidad de la población para sostener una explotación intensiva. Hay una relación directa entre crecimiento y mortalidad: mientras más rápido es el crecimiento mayor es la mortalidad. Las especies o poblaciones de crecimiento rápido y elevada mortalidad son menos vulnerables a la explotación pesquera, en comparación con las especies que presentan un crecimiento lento. En todo caso, la evaluación poblacional realizada indica que el recurso concha se encuentra sobreexplotado, de ser el crecimiento real menor al estimado, se estaría subestimando el nivel de sobreexplotación.

Otro aspecto a tener en consideración es el supuesto de equilibrio en el modelo de análisis de cohortes por longitudes utilizado para evaluar el recurso. Este supuesto requiere que el

reclutamiento, crecimiento y la mortalidad se hayan mantenido constantes durante el paso de las diferentes clases de edad o cohortes, presentes en la población, a través de la pesquería. Aquí nuevamente juega un papel clave la estimación del crecimiento. Si el crecimiento es lento entonces se tendrá varias clases de edad presentes en la pesquería y, como regla general, se requeriría promediar las frecuencias de tallas de varios años para simular una situación de equilibrio. Sin embargo, si el crecimiento es rápido, es válido utilizar resultados obtenidos durante periodos de tiempo más cortos como en el presente estudio.

En otro orden de ideas, un aspecto que es importante destacar es que la explotación de conchas en el Ecuador comprende 2 especies: la concha prieta o hembra (*Anadara tuberculosa*) y la concha mica o macho (*Anadara similis*). En el Archipiélago de Jambelí las especies se desembarcan de manera conjunta, pero la proporción de concha macho es bastante baja y tiene menor interés comercial que la concha prieta. Por la dinámica que se presenta en el momento del desembarque se hace difícil poder separar ambas especies. Por las observaciones realizadas en este estudio, en comparación con años anteriores, la proporción de concha macho es menor. Esto probablemente se deba al aumento mencionado en la abundancia de la concha hembra, lo que incide en una disminución del interés de los pescadores en desembarcar este estudio. Por estos motivos no fue posible realizar una evaluación de la explotación de la concha macho, como se había propuesto inicialmente.

Finalmente, es importante señalar que en la Universidad Técnica de Machala no existe un área de investigación en análisis y evaluación de pesquerías. Las actividades relacionadas con el sector pesquero se realizan a través de proyectos de vinculación con las comunidades pesqueras y de asesoramiento, especialmente en lo que se refiere a la elaboración y seguimiento de los planes de manejo en las custodias de manglar. Sin duda, hay un campo de investigación por desarrollar, en el cual la Universidad Técnica de Machala podría jugar un papel importante.

BIBLIOGRAFÍA

Alava, J.J., A. Lindop y J. Jacquet. 2015. Marine Fisheries Catch Reconstructions for Continental Ecuador: 1950-2010. University of British Columbia, Fisheries Centre. Working Paper Series No. 2015-34. 25 pp.

Beitl, C. M. 2011. Cockles in custody: The role of common property arrangements in the ecological sustainability of mangrove fisheries on the Ecuadorian coast. *International Journal of the Commons*. 5(2): 485–512.

Beitl, C. 2014. Adding Environment to the Collective Action Problem: Individuals, Civil Society, and the Mangrove-Fishery Commons in Ecuador. *World Development* Vol. 56, pp. 93–107.

Borda, C. A. y R. Cruz. 2004. Crecimiento y tasa de mortalidad del bivalvo *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico Colombiano. *Revista de Investigaciones Marinas*. 25, 177-184.

Caddy, J. F. and R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. *FAO Fish. Tech. Pap.* 347. FAO, Rome. 83 p.

Cadrin, S.X. 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 10: 91–112.

Ehrhardt, N y C. Legault, 1997. Crustacean stock assessment techniques incorporating uncertainty. *FAO Fish. Rep.* 544 Suppl.: 111-131.

Fabens, A.J., 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth*, 29:265-289.

FAO. 2011a. *Review of the state of world marine fishery resources*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 569. Rome, FAO. 2011. 334 pp.

FAO. 2011b. Perfiles de Pesca y Acuicultura por Países. Ecuador (2011). Hojas de datos de perfiles de los países. En: *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO* [en línea]. Roma. Actualizado 1 Enero 2011. <http://www.fao.org/fishery/facp/ECU/es>.

FAO. 2014. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2012 (FishstatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online or CD-ROM]. Rome. Updated 2014. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>

Faraway, J., 2006. Extending the linear model with R. Generalized linear, mixed effects and non-parametric regression models. Chapman & Hall, Boca Ratón. 329 p.

Flores, L. y E. Mora. 2011. Evaluando variaciones en la talla de *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en el Archipiélago de Jambelí: hay indicios de sobrepesca? *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*.

Froese, R. 2004. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries*. 5:86-91.

Froese, R. y C. Binohlan. 2000. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *Journal of Fish Biology*. 56: 758-773.

Haddon, M. 2011. Modelling and quantitative methods in fisheries. 2nd Edition. CRC Press, Boca Raton. 449 p.

Jensen, A.L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 820-822.

Jensen, A.L. 1997. Origin of the relation between K and L_{inf} and synthesis of relations among life history parameters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 987-989.

Jones, R. (1984). The use of length composition data in fish stock assesment (with notes on VPA and Cohort analysis). *FAO Fish Tech.Pap.* (256): 118p.

Mackenzie, C.L., 2001. The fisheries for mangrove cockles, *Anadara* spp., from México to Perú, with descriptions of their habitat and biology, the fishermen's lives and the effects of shrimp farming. *Mar. Fish. Rev.*, 63 (1): 1-39.

MacDonald, P. y J. Du 2012. Mixdist: Finite Mixture Distribution Models. R package versión 0.5-4. <http://CRAN.R-project.org/package=mixdist>.

Martínez, J. 1987. Recursos pesqueros que sustentan la pesca artesanal en el Ecuador pp. 11-20. En: ESPOL, CEPLAES, ILDIS. La pesca artesanal en Ecuador. Guayaquil, Ecuador. 288 p.

Mora, E. y J. Moreno, 2009. La pesquería artesanal del recurso concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en la costa Ecuatoriana en el 2004. *Bol. Cient. Tec., INP-Ecuador*, 20 (1):1-16.

Mora, E., J. Moreno y V. Jurado, 2009. La pesquería artesanal del recurso concha en las zonas de Esmeraldas y El Oro, durante el 2008. *Bol. Cient. Tec., INP-Ecuador*, 20 (2): 17-36.

Mora E, J. Moreno y V. Jurado (2011) Un análisis de la pesquería del recurso concha en el Ecuador durante el 2010. *Bol. Cient. y Tec. INP-Ecuador* 21(2): 1-13.

Mora E, J. Moreno, V. Jurado y L. Flores (2010) La pesquería de la concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en el 2009: indicadores pesqueros y condición reproductiva en la zona sur y norte de Ecuador. Bol. Cient. y Tec. INP-Ecuador. 20(8): 35-48.

Mora E, L. Flores, J. Moreno y G. Gilbert (2012) La pesquería de la concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en los principales puertos de desembarque de Ecuador en el 2011. Bol. Cient. Tec., INP-Ecuador. 22(3): 1-16.

Pauly, D. (1983): Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part I). ICLARM Fishbyte. 1(2): 9-13.

Pauly, D. (1984): Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). ICLARM Fishbyte. 2(1): 17-19.

Quinn, T. J. II y R. B. Deriso. 1999. Quantitative fish dynamics. Oxford University Press. Oxford. 542 p.

Sparre, P y S.C. Venema, 1998. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 Manual. FAO Fish. Tech Pap. 306/1. Rev. 2.

Welch, D.W. y R. P. Foucher, 1988. A maximum likelihood methodology for estimating length-at-maturity with application to Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) population dynamics. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 45:333-343.

FIRMA DEL INVESTIGADOR /DOCENTE	(rúbrica)
FIRMA CONTRAPARTE INSTITUCIONAL 1	(rúbrica)
FIRMA CONTRAPARTE INSTITUCIONAL 2	(rúbrica)

ANEXOS

ANEXO 1. Manuscrito sobre el crecimiento, mortalidad y explotación de la concha prieta *Anadara tuberculosa* en el Archipiélago de Jambelí.

Growth, mortality and exploitation of the black ark (*Anadara tuberculosa*) in southern Ecuador.

Jeremy Mendoza ^(1,*) and Mauricio Yáñez²

¹Prometeo Program. Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) and Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador
*corresponding author: mendoza.jeremy@gmail.com

Abstract

The black ark (*Anadara tuberculosa*) is the most important commercial species of bivalve in Ecuador, where it is manually extracted within its mangrove habitat. The Jambeli Archipelago in El Oro province in southern Ecuador is one the areas of major fishery exploitation, in some years representing more than 50% of total landings in Ecuador. From March 2014 to February 2015 a monitoring program was set in the main fishing ports in the archipelago: Puerto Bolívar, Puerto Hualtaco and Puerto Jeli. Fortnightly visits were made to each port and fishers were interviewed to obtain information on the number of cockles landed and fishing sites visited. Additionally, a sample of approximately 200 cockles was measured for length (mm) and weight (g) in each visit. Results show that, in relation to previous years, there is an increase in landings with an estimate for the study period of slightly under 20 million individuals (730 t). Growth parameters from modal progression analysis indicate fast growth ($L_{\infty} = 80.4$ mm and $K = 1.62$). Total mortality was estimated at $Z = 7.85$ and natural mortality was estimated at $M = 2.4$. A length based cohort analysis

indicates that equilibrium recruitment at 29 mm is just above 49 million individuals, number of survivors is just above 12 million individuals (273 t) and mature survivors stand at 5.3 million (135 t). Projections based on a Thompson and Bell length-based model indicate that at current mortality levels the cockle population is overexploited with depletion at 0.30 and 0.22 for biomass and spawning biomass, respectively. Reductions in fishing mortality of about 50% are required in order to attain the 40% spawning biomass reference point, which corresponds with an $F_{0.2}$ target reference mortality.

Key words: *Anadara tuberculosa*, black ark, pustulose ark, bivalve fishery, growth, mortality, stock assessment

Introduction

The black ark, *Anadara tuberculosa*, also known as pustulose ark or mangrove cockle, lives buried in muddy sediments in association with the roots and canopy of mangrove forests. It is widely distributed along the eastern Pacific coast of America from Baja California, Mexico, to the southern limit of mangrove forests in northern Peru (MacKenzie, 2001). Along its distributional range *A. tuberculosa* is exploited manually by subsistence and small scale fishers during low tides, and represents one of the main fishery resources within mangrove habitats in the region.

Along the Ecuadorian coast, exploitation of black arks is an ancient activity that expanded during the late 1980s and early 1990s (Alava et al, 2015). At present the fishery is particularly developed in the provinces of Esmeraldas and El Oro, in northern and southern Ecuador, respectively. Mora et al. (2012) estimated that 25.3×10^6 individuals were landed in the main landing sites along the Ecuadorian coast, which represented an increase of approximately 50% in relation to landings in 2010 (Mora et al. 2011). The Jambeli Archipelago in the province of El Oro in southern Ecuador is one of the major production areas and, in some years, may account for over 50% of national production (Mora et al. 2009). The Ecuadorian Fisheries Institute (Instituto Nacional de Pesca – INP) had a fishery monitoring program for this fishery in the archipelago for several years between 2004 and early 2012, however full monthly coverage by year was only attained in 2004, 2010 and 2011.

Present fishing regulations in Ecuador establish a minimum size of 45 mm in landings of black arks since 2008. The previous regulation enacted in 2001, also included a 45 day closed season from mid-February to late March. Additionally, since the year 2000 the Ecuadorian government has established a mangrove forest co-management arrangement with fisher's associations, which award 10 year renewable concessions ("custodias") on delimited areas of mangrove forests. These concessions require that a management plan be drawn for fishery resources, including black arks, within the delimited areas (Beitl, 2011). According to the Ecuadorian Ministry of the Environment, approximately 43% of Ecuador's 160.000 ha of mangrove forests are under this co-management regime.

Along its distributional range, growth estimates based on analysis of length frequency distributions have been the most studied aspect of black ark populations. Growth rates and parameters of the von Bertalanffy equation have been estimated in Mexico (Baqueiro et al., 2002; Felix-Pico et al., 2009), Costa Rica (Stern-Pilot & Wolff, 2006), Colombia (Squires et al. 1975; Borda & Cruz, 2004; Lucero et al. 2012) and Ecuador (Flores, 2010; Flores, 2011; Flores et al. 2014).

However, as is common with many small scale fisheries, there are few studies of mortality and exploitation levels of *A. tuberculosa* in the eastern Pacific (Cruz & Borda, 2003; Stern-Pilot & Wolff, 2006; Felix-Pico et al. 2009; Lucero et al. 2012). In Ecuador, Flores & Mora (2011) used length based indicators *sensu* Froese (2004) to assess exploitation levels of black arks in southern Ecuador.

Due to lack of formal assessments and knowledge on the status of this fishery resource, the aim of this study is to estimate total landings, growth and mortality; in order to assess the present status of the fishery for black arks in southern Ecuador using length-based stock assessment methods.

Materials and Methods

The Jambeli archipelago is a large estuarine area of approximately 300 km² in southern Ecuador covered by mangrove forests. The archipelago is formed by six main islands and twelve minor ones. The archipelago is separated from the mainland by the Estero Grande

channel and numerous tidal channels are present. There are three main landing sites in the archipelago: Puerto Bolivar, Puerto Jeli and Puerto Hualtaco.

Sampling

Fortnightly visits were made to the three main landing sites in the archipelago. Considering that fishing operations are conditioned on tidal cycles, sampling hours were determined from information provided by key informants from fishers' associations in each of these communities, and from tide tables for Puerto Bolivar elaborated by the Ecuadorian Navy Oceanographic Institute (INOCAR).

During landing hours, the numbers of fishers was recorded and from direct interviews we obtained data on number of black arks and the specific channel (i.e. fishing site) from which the organisms were extracted. At each landing site, the mean number of cockles per fisher times the number of fishers operating that day gave an estimate of daily landings. Considering that fishing operations are carried on 6 days per week, we used this figure to calculate fortnightly landings per landing site. Daily fishing effort was estimated as the total number of fishers operating per day; while fortnightly fishing effort was calculated by multiplying daily effort times the number of fishing days per fortnight. For certain fortnights, in which holidays occurred (Christmas day, new year, local and religious holidays, for example), the number of fishing days was reduced accordingly. Monthly data for landings and fishing effort per landing site were obtained by summation of fortnightly estimates.

Length (antero-posterior length in mm) and weight (total weight in grams) samples were obtained on each visit by randomly selecting cockles from fishers and black ark vendors. Length frequency histograms were constructed by month per landing site and for the whole area.

Statistical analysis

As is frequent with catch per effort data, length frequency histograms of black arks per fisher showed a skewed distribution, therefore these data were log transformed for further analysis.

In order to assess the influence of tidal cycle on fishing success the tide on each landing day was recorded as a 2 level factor (neap tide and spring tide).

In order to estimate differences in black arks per fisher as a function of tidal cycle and landing sites we used a linear mixed effects model (Zuur et al. 2009). Tidal cycle and landing sites with their interactions were used as fixed effects, while fishing sites (i.e. channels) nested in months were included as random intercept effects. For linear mixed effects modelling we used package nlme (Pinheiro et al. 2014) from R statistical language (R Development Core Team, 2014).

Growth and mortality

Growth was estimated from modal progression analysis. Decomposition of monthly length frequency histograms into their separate components was done using the package mixdist (Macdonald and Du, 2012) in R, assuming normality of individual components. Parameter estimates of L_{∞} and K from the von Bertalanffy growth equation were obtained from growth increment estimates using the method proposed by Fabens (1965).

$$\Delta L = (L_{\infty} - L_t) (1 - e^{-K\Delta t})$$

$$\Delta L = (L_{t + \Delta t} - L_t)$$

Where, ΔL is increase in length from initial length L_t during time interval Δt . Time intervals in days are transformed to yearly fractions by dividing by 365.25 in order to estimate K on a yearly basis.

A length converted catch curve (Pauly, 1983;1984) was used to estimate total mortality (Z) from estimates of L_{∞} and K in conjunction with the aggregated (month and landing sites) length frequency distribution. An estimate of natural mortality (M) was obtained from $M = 1.5 K$ (Jensen, 1996; 1997).

Assessment

Total catch in numbers per 2 mm length classes, growth parameter estimates, natural mortality estimate, fraction mature at length (Yanez & Mendoza, manuscript) and the length-weight relation for all landing sites combined, were used to estimate recruitment in numbers at 28 mm, total numbers surviving, biomass and spawning biomass using an equilibrium cohort analysis (Jones, 1983). In order to estimate the F/Z ratio at the maximum length group, we used the approach proposed by Ehrhardt & Legault (1997) who suggested using external information (i.e. biomass or estimates of F) to tune the length cohort analysis. As no external information of this type was available, we tuned the F vector of the length cohort analysis to the F vector (Z-M) of the length converted catch curve for the corresponding length intervals.

Changes in catch in weight, catch in numbers, average length, average weight, number of survivors, biomass and spawning biomass at different levels of fishing mortality in relation to current mortality, were estimated using a length based version (Sparre & Venema, 1998) of the Thompson & Bell (1934) model.

Results

Fishery data

During the study period a total of 6616 samples of fisher landings were obtained, from these 1693 corresponded to Puerto Bolivar, 4275 to Puerto Hualtaco and 648 to Puerto Jeli. These samples represented on average 83% of all landings on the days sampled for Bolivar and Hualtaco, and 78% for Jeli. Numbers of fishers operating on any day was higher in Hualtaco, with a mean of 233 and a range from 136 to 305, fisher numbers was intermediate in Bolivar with a mean of 91 (range=61 to 125) and less in Jeli, with a mean of 38 (range=29 to 56).

Total landings for the study period were estimated at 19,852,011 individuals, from these 59%, 31% and 10% corresponded to Hualtaco, Bolivar and Jeli, respectively. Landings in the archipelago showed a fluctuating increasing trend from March 2014, when landings were estimated at just below 1.5 million individuals, to observed maximum values in December 2014 and January 2015, when landings exceeded 2 million individuals (Fig. 1). Total fishing

effort remained high from June to October, when values exceeded 9,500 fishers/month, and reached their maximum values in December and January, at about 11,000 fishers/month (Fig. 2). Hualtaco, Bolivar and Jeli accounted for 65%, 25% and 10% of total effort, respectively.

Results showed that monthly catch per effort presented higher and more variable values in Bolivar, than in Hualtaco and Jeli (Fig. 3). Median number of arks per fisher in Bolivar were usually around 200, except for April (267), June (150) and October (188). In Hualtaco most values were about 150 arks per fisher, except in May (120), September (109) and December-January (170); while in Jeli median values ranged between 102 in May to maxima of 200 in June, July and December. Comparison of median number of arks per fisher at each landing site, during neap and spring tides, were very similar in Bolivar and Hualtaco, albeit more variable during spring tides. In Jeli median value and spread of observations was higher during spring than during neap tides (Fig. 4).

The linear mixed model fit to the data of the natural logarithm of catch per effort as a function of tides and landing sites (table 1), showed that partial coefficients (pc) of mean log of arks per fisher were significantly lower in Hualtaco (pc=-0.31, $P < 0.0001$) and Jeli (pc=-0.34, $P < 0.0001$) when compared to Bolivar, but not different among themselves. Additionally, there were no significant differences in means of log arks per fisher in Bolivar (pc=0.07, $P=0.09$) and Hualtaco (pc=0.09; $P=0.09$) between neap and spring tides. However, this effect was significant in Jeli (pc=0.21; $P=0.003$). As for random effects months accounted for a standard deviation (sd) of 0.07, fishing sites within months had a sd = 0.20 and the residual sd=0.38. Analysis of variance components (Crawley, 2007) showed that months accounted for only for 2.2% and fishing sites within months accounted for 21.5% of total variance.

Growth and mortality

A total of 12,929 individuals were measured for length and weight data. Monthly samples ranged from a minimum of 668 individuals in March 2014 to a maximum of 1312 in January 2015. Length samples ranged from 35.5 mm to a maximum of 78.3 mm, while weight measurements ranged from a minimum of 12.5 g to a maximum of 168.7 g. Length frequency

histograms show a main mode between 44 mm to 50 mm, and in some instances secondary modes are present between 55 mm to 70 mm (Fig. 5).

The weight-length relationship for the whole data indicated that growth was isometric with an exponent equal to 2.98 (C.I. 2.96-3.00). However, an analysis of covariance using landing sites as a factor showed a significantly higher intercept ($p=0.69$, $P=1.02 \times 10^{-12}$) and lower slope ($p=-0.18$, $P=8.8 \times 10^{-13}$) for Puerto Jeli, with no significant differences between Bolivar and Hualtaco.

After decomposition of length frequency distributions we were able to identify 20 data triplets of initial length, growth increment and time intervals. Initial estimates of $L_{\infty} = 77.8$ mm (C.I. 67.8 mm – 111.1 mm) and $K=1.70$ (C.I. 0.73 – 2.74) were obtained from Fabens' equation using non-linear least squares. However, as variance heterogeneity in residuals indicated model misspecification, we refitted the model using generalized non-linear least squares with the variance as a power function using package (nlme) in R. This allowed for an improved fit and point parameter estimates of $L_{\infty}= 80.4$ mm (C.I. 75.9-84.9) and $K=1.62$ (C.I. 1.16 – 2.07) were similar to those obtained by non-linear least squares, but with narrower confidence intervals.

The length converted catch curve was applied to length intervals between 47 mm and 75 mm, with the exclusion of the 77 mm length class due to proximity to L_{∞} , using the point estimates of L_{∞} and K obtained through generalized least squares. We obtained a very high estimate of $Z = 7.85$ (C.I. 7.13 – 8.55). Estimate of M from Jensen's equation equaled 2.43, which resulted in an overall value of $F=5.42$ for the length classes considered.

Assessment

Results of the length based cohort analysis indicated that number of recruits at 29 mm was estimated at approximately 49.3×10^6 individuals, the number of survivors, for length classes between 29 mm and 79 mm, was estimated at 12.1×10^6 of which 5.6×10^6 were adults, total biomass and adult biomass were estimated at 273 t and 170 t, respectively. The present catch in numbers of 19.8×10^6 individuals corresponded to 730 t.

Projections with the length-based Thompson and Bell model showed that current catches (F multiplier equals 1) were close to the MSY level (Fig. 6A), but as is common in populations with high natural mortality a rather flat curve is observed. Current biomass was at 0.30 virgin biomass and spawning biomass at 0.22 virgin spawning biomass. The $F_{0.1}$ reference point was at 0.65 times the present fishing pattern, while the F multiplier corresponding to 40% virgin biomass ($F_{40\%}$) was equal to 0.5 current levels, which was close to an $F_{0.2}$ reference point. Current average length and weight of survivors equaled 42.5 mm and 21.7 g, respectively. More conservative projections (Fig. 6B), based on the lower confidence interval bounds of growth parameters (L_{∞} = 84.9 mm and K =1.16) and the resulting natural mortality (M =1.75), showed that biomass depletion was at 0.23 and spawning biomass depletion at 0.15. The $F_{0.1}$ reference point was at 0.55 and $F_{40\%}$ at 0.35 current levels of fishing mortality. Under this scenario mean length and weight of survivors was estimated at 41.9 mm and 20.8 g, respectively.

Discussion

The Fishery

Previous studies by INP have estimated black ark landings within the archipelago. In 2004, Mora & Moreno (2009) estimated total landings at 12.3×10^6 ; in 2009, over a 9 month sampling period, total landings were estimated at 8×10^6 individuals; in 2010 landings were estimated at 10×10^6 (Mora et al. 2011), and in 2011 landings increased slightly to 11.6×10^6 individuals (Mora et al. 2011). In this study, for a yearly period between March 2014 and February 2015, landings reached 19.8×10^6 individuals, an important increase over previous years. Sampling strategies have been very much the same in these different studies, and the main difference with our own was sampling frequency (i.e, monthly in studies by INP and fortnightly in the present study). Even though, INP discontinued monitoring the fishery in early 2012, the program has continued in northern Ecuador. According to INP statistics, in this area landings in 2011 and 2013 were about 17.5×10^6 individuals in the 2 main landing sites (San Lorenzo and Muisne) and increased significantly to 25.9×10^6 in 2014.

Catch per effort in our study represent the highest values reported for *A. tuberculosa* in southern Ecuador in recent years. Overall mean catch per effort was estimated at 177 and means per landing sites varied between 217, 162 and 177 for Bolivar, Hualtaco and Jeli, respectively. These values contrast with previous estimates, particularly compared to minima observed in 2009 of 102, 95 and 110 for Bolivar, Hualtaco and Jeli, respectively (Mora et al, 2010). These changes in catch per effort are not localized to southern Ecuador; as pointed out by Mora et al (2012) catch per effort in the northern province of Esmeraldas also showed an increase in 2011; after minimum values observed in 2008 of 100 and 120 in the main landing sites of Muisne and San Lorenzo, respectively. Recent data collected by INP show further increases in Esmeraldas as mean catch per effort attained 145 and 192 in Muisne and San Lorenzo, respectively, during 2014.

These increases in catch per effort are not related to reductions in fishing effort. On the contrary, at least in southern Ecuador numbers of fishers has remained more or less stable in Bolivar and Jeli, and even increased in Hualtaco when compared to previous years. Also, there is no evidence of changes that may have occurred in fishing practices (i.e, time spent fishing). These results appear to indicate increased recruitment to the fishery in recent years, and that these changes seem to be occurring at a large scale along the Ecuadorian coast.

To some extent, it is likely that better fishing practices related to co-management through concessions of mangrove areas may have improved fishing success in some areas (Beitl, 2011). For example, many fishers in Bolivar and Jeli are grouped in associations that manage concessions, as opposed to Hualtaco where most of the fishers are independent. Increases in catch per effort have been larger in Bolivar and Jeli, but better fishing practices do not explain observed increases in Hualtaco, unless this area serves as a sink for recruitment from other areas in the archipelago. It is likely that environmental forcing may be affecting black ark recruitment and abundance along the Ecuadorian coast, but data was insufficient to test this hypothesis.

Growth and mortality

Many estimates of growth rates and of parameters of the von Bertalanffy growth equation have been made along the eastern Pacific, mainly in Mexico, Costa Rica, Colombia and Ecuador. For example, from examination of length frequency distributions, Squires et al. (1975) in Colombia concluded that black arks grow slowly at about 1 mm per month, whereas in Mexico, Baqueiro et al (1982) using the same technique estimated that growth was between 4 mm to 6 mm per month.

Flores (2011) and Lucero et al (2012) presented published and unpublished results on growth parameters obtained by different authors in the distributional range of *A. tuberculosa* and in Colombia, respectively. Parameter estimates showed a wide range, especially for K (0.09 to 1.59 on a yearly basis) and much less so for L_{∞} (59.9 mm– 94.5 mm).

Most studies on parameter estimates of L_{∞} and K have relied on automatic search methods, such as ELEFAN I (Pauly & David, 1981) and the method of Shepherd (1987), as modified by Pauly & Arreguin-Sanchez (1995), which are incorporated as routines in the FAO FISAT II fisheries analysis package (Gayaniilo et al, 2005).

Our point estimates (L_{∞} =80.4 and K= 1.62) are comparable to those obtained by Felix-Pico et al (2009) in Mexico (L_{∞} =81.2 mm and K = 1.85) and Borda & Cruz (2004) in Colombia (L_{∞} =81.2 and K= 1.17). However, these authors did not report confidence intervals for parameter estimates.

In southern Ecuador, Flores et al (2014) used an extensive data base to estimate growth parameters for black arks for several years and landing sites. They used the response surface analysis method of the modified Shepherd's routine in FISAT II to estimate the best combination of L_{∞} and K for each data set. Their L_{∞} estimates ranged from 70.9 mm to 93.5 mm and their K estimates ranged from 0.22 to 0.80, which was not very different from the parameter space imposed (0.20 – 0.80) on the automatic search method. We agree with Flores (2011) in that direct ageing methods are required to better understand growth of *A. tuberculosa* within its distributional range.

Assessment

Few studies have tried to assess status of black arks in the eastern Pacific. For example, Stern-Pilot & Wolff (2006) estimated exploitation ratios (F/Z) between 0.61 and 0.79 in different sites in the Gulf of Nicoya, Costa Rica; and Borda & Cruz (2004) estimated F/Z at 0.71 in Tumaco Inlet, Colombia, which indicated overfishing. Also, Cruz & Borda (2003) used surplus production and length-based assessment techniques to assess the fishery in Tumaco Inlet, Colombia; and concluded that, under conditions prevailing in the 1996-2000 period, substantial fishing mortality reductions were necessary in order attain MSY levels of approximately 460 t. In southern Ecuador, Flores & Mora (2011) used length based indicators and concluded that black arks in the area were overfished.

Our results indicate that black arks in the Jambeli Archipelago are overexploited and that substantial reductions in fishing mortality (i.e. effort) are required to rebuild biomass to sustainable levels. An $F_{0.1}$ management strategy would require mortality reductions in the order of 35%, while an $F_{40\%}$ management strategy based on spawning biomass would require reductions in the order of 50%.

Acknowledgements

We appreciate the financial support received by J.M. from the Prometeo Program of SENESCYT, Ecuador during the research project. Field and laboratory support from V. Zimmer and M.J. Sánchez-Muros is warmly recognized. Fishers organizations and their representatives T. Cruz, V. Cuenca, R. Cruz, J. Soriano provided timely information and assistance. We are grateful to F. Renteria and C. Chamba in Puerto Hualtaco, V.Cuenca in Puerto Bolivar and B. Zhicay and N. Zhicay in Puerto Jeli for facilitating our field work. We thank all mangrove cockle fishers for their willingness to provide information after a hard days work.

References

Beitl, C. M. 2011. Cockles in custody: The role of common property arrangements in the ecological sustainability of mangrove fisheries on the Ecuadorian coast. *International Journal of the Commons*. 5(2): 485–512.

Borda, C. A. and R. Cruz. 2004. Crecimiento y tasa de mortalidad del bivalvo *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico Colombiano. Revista de Investigaciones Marinas. 25, 177-184.

Crawley, M.J. 2007. The R Book. John Wiley & Sons. Chichester, England. 942 p.

Cruz, R. and C.A. Borda. 2003. Estado de explotación y pronóstico de la pesquería de la langosta *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. Revista de Investigaciones Marinas. 24: 221-230.

Ehrhardt, N. and C. Legault. 1997. Crustacean stock assessment techniques incorporating uncertainty (pp. 111-131). FAO Fisheries Report. No. 544, Suppl. Port of Spain, FAO. 248p.

Fabens, A.J. 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. Growth, 29: 265-289.

Félix-Pico, E. F., M. Ramírez-Rodríguez, and O. Holguín-Quiñones. 2009. Growth and Fisheries of the Black Ark *Anadara tuberculosa*, a Bivalve Mollusk, in Bahía Magdalena, Baja California Sur, Mexico. North American Journal of Fisheries Management. 29: 231-236.

Flores, L. 2010. Tasa de crecimiento de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Bivalvia: Arcidae) en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas-Mataje (REMACAM): un análisis basado en sistemas de cajas suspendidas. Revista de Ciencias del Mar y Limnología, 4, 89-98.

Flores, L. 2011. Growth estimation of mangrove cockle (*Anadara tuberculosa*): application and assessment of length based methods. Revista de Biología Tropical. 59 (1), 159-175.

Flores, L. and E. Mora. 2011. Evaluando variaciones en la talla de *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en el Archipiélago de Jambelí: Hay indicios de sobrepesca? Revista de Ciencias del Mar y Limnología. 5(1), 33-49.

Froese, R. 2004. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. Fish and Fisheries. 5: 86-91.

Gayanilo, F.C. Jr., P. Sparre and D. Pauly. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8, Revised version. Rome, FAO. 2005. 168 p.

Jensen, A.L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 820-822.

Jensen, A.L. 1997. Origin of the relation between K and L_{inf} and synthesis of relations among life history parameters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 987-989.

Jones, R. 1984. Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). FAO Fisheries Technical Paper. No. 256. Rome, FAO. 118p.

Lucero, C., J. Cantera and R. Neira, R. 2012. Pesquería y crecimiento de la piangua (Arcoidae: Arcidae) *Anadara tuberculosa* en la Bahía de Málaga del Pacífico colombiano, 2005-2007. Revista de Biología Tropical. 60(1), 203-217.

Macdonald, P. and with contributions from Juan Du. 2012. mixdist: Finite Mixture Distribution Models. R package version 0.5-4. <http://CRAN.R-project.org/package=mixdist>

MacKenzie, C. L. 2001. The fisheries for mangrove cockles, *Anadara* spp., from Mexico to Peru, with descriptions of their habitats and biology, the fishermen's lives, and the effects of shrimp farming. Mar. Fish. Rev. 63 (1): 1-39.

Mora, E., J. Moreno, L. Flores and G. Gilbert. 2012. La pesquería del recurso concha *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en los principales puertos de desembarque de Ecuador en el 2011. Boletín Científico-Técnico, 22(3): 1-16.

Mora, E., J. Moreno and V. Jurado. 2011. Un análisis sobre la pesquería de la concha prieta en Ecuador, año 2010. Boletín Científico y Técnico, 21(2), 1-13.

Mora, E. and J. Moreno. 2009. La pesquería artesanal del recurso concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en la costa ecuatoriana durante el 2004. Boletín Científico y Técnico. 20 (1): 1-16.

Mora, E., J. Moreno, V. Jurado and L. Flores, 2010. La pesquería de la concha prieta (*Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*) en el 2009: indicadores pesqueros y condición reproductiva en la zona norte y sur de Ecuador. Boletín Científico-Técnico, 20(8): 35-49.

Pauly, D. (1983): Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part I). ICLARM Fishbyte. 1(2): 9-13.

Pauly, D. (1984): Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). ICLARM Fishbyte. 2(1): 17-19.

Pauly, D. and F. Arreguín-Sánchez. 1995. Improving Shepherd's length composition analysis (SLCA) method for growth parameter estimations. NAGA. The ICLARM Quarterly. 18: 31-33.

Pauly, D. and N.C. David. 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length frequency data. Meeresforschung. 28: 205-211.

Pinheiro J, D. Bates, S. DebRoy, D. Sarkar and R Core Team. 2014. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models_. R package version 3.1-118, <URL: <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>>.

Shepherd, J.G. 1987. A weakly parametric method for the analysis of length composition data, p. 113-19. *In* D. Pauly and G.P. Morgan (Eds). Length-based method in fisheries research, ICLARM Conf. Proc. 13, Manila.

Sparre, P. and S. Venema, 1998. Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. Part 1 Manual. FAO, Roma.

Squires, H. J., M. Estevez, O. Barona and O. Mora. 1975. Mangrove cockles, *Anadara spp.* (Mollusca: Bivalvia) of the Pacific coast of Colombia. The Veliger. (18): 57-68.

Stern-Pirlot, A. & Wolff, M. (2006). Population dynamics and fisheries potential of *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) along the Pacific coast of Costa Rica. Revista de Biología Tropical. 54 (1): 87-97.

Table 1. Results of linear mixed model of log (Number of arks/fisher/day) of *Anadara tuberculosa* as a function of tide, landing site and their interactions. The intercept corresponds to Puerto Bolivar in neap tides.

	Estimate	Standard Error	t value	P
Intercept	5.23	0.032	160.7	<0.00001
Spring tide	0.066	0.038	1.71	0.087
Puerto Hualtaco	-0.312	0.036	8.69	<0.00001
Puerto Jeli	-0.338	0.053	6.35	<0.00001
Hualtaco-Spring Tide	0.090	0.052	1,71	0.087
Jeli - Spring Tide	0.210	0.071	2.94	0.003

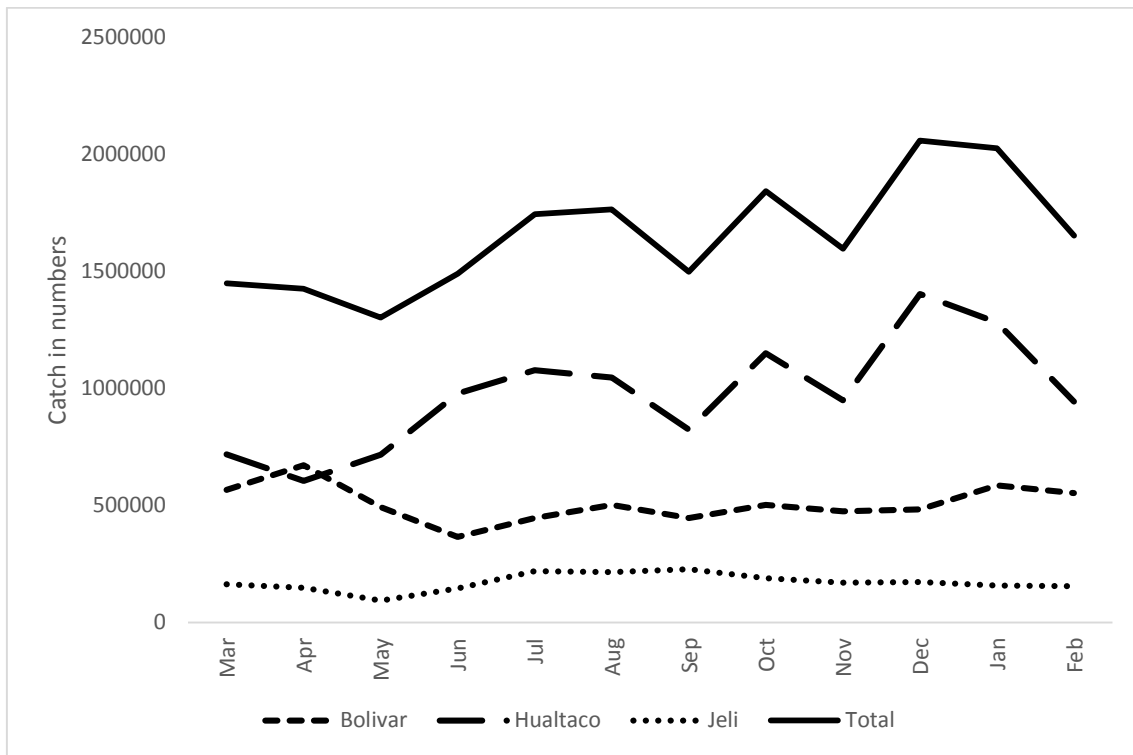


Figure 1. Landings in numbers in the fishery for *Anadara tuberculosa* by month, landing site and totals in the Jambeli Archipelago from March 2014 to February 2015.

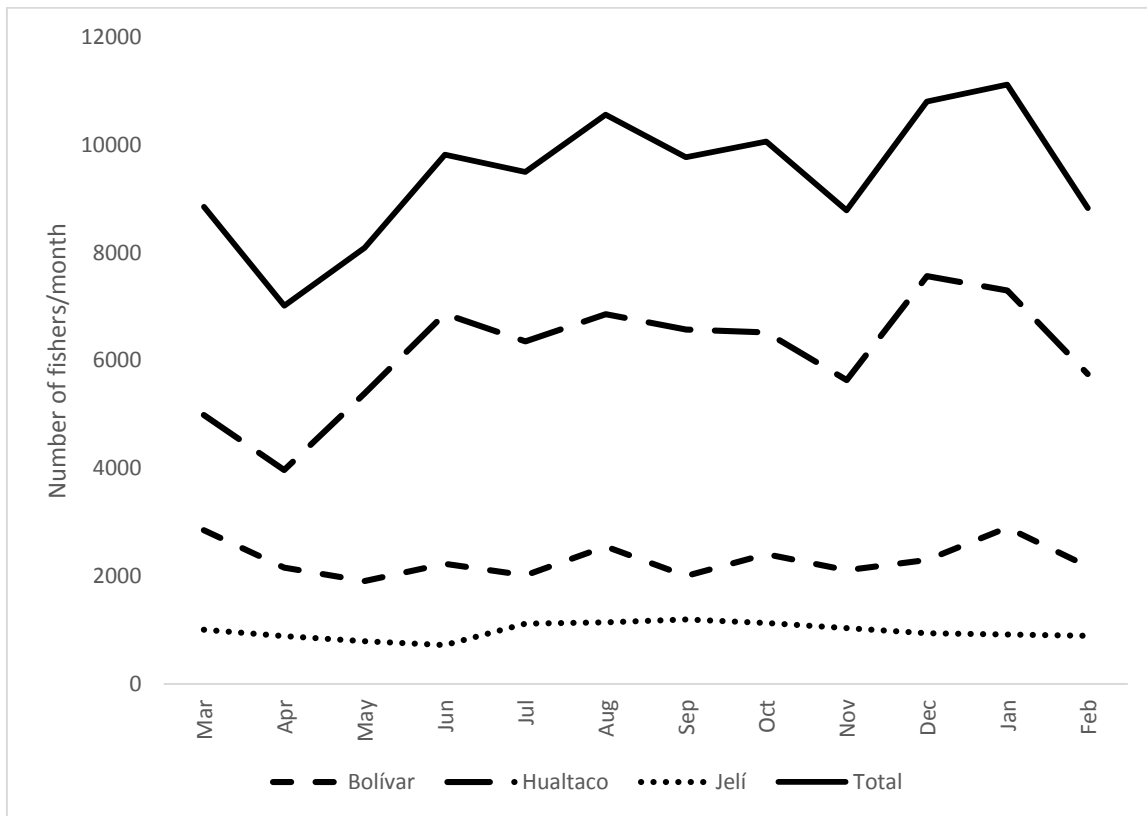


Figure 2. Fishing effort in number of fishers/month in the fishery for *Anadara tuberculosa* by month, landing site and totals in the Jambeli Archipelago from March 2014 to February 2015.

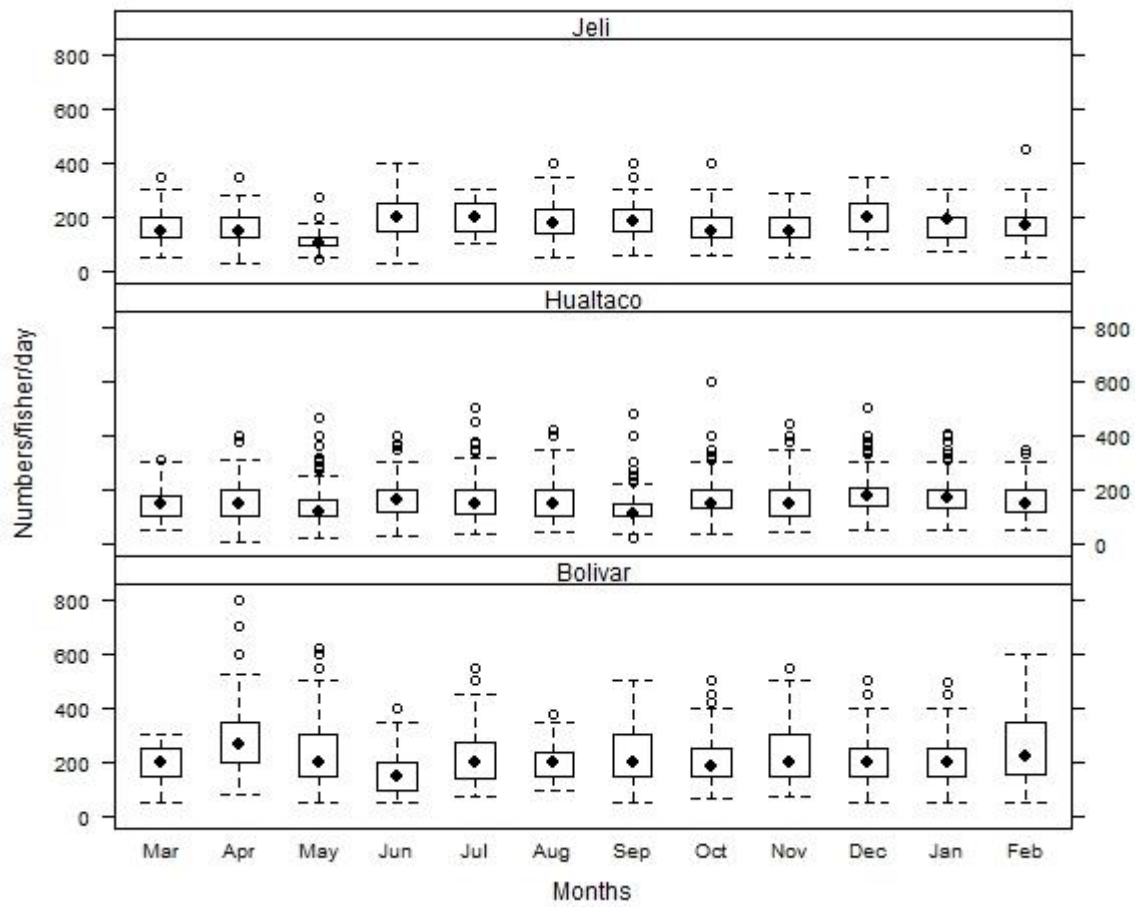


Figure 3. Catch per effort in number of arks/fisher/day in the different landing sites per month in the fishery for *Anadara tuberculosa* in the Jambeli Archipelago from March 2014 to February 2015.

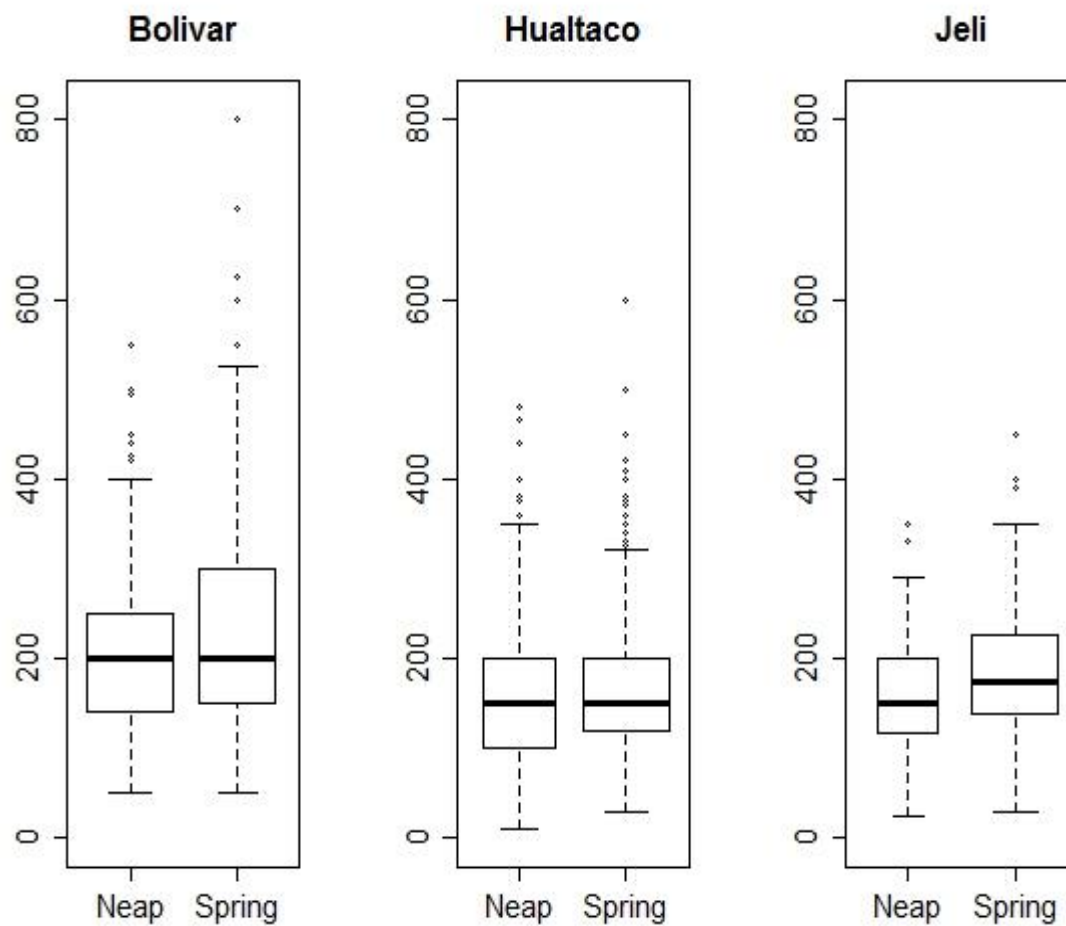


Figure 4. Catch per effort in number of arks/fisher/day in the fishery for *Anadara tuberculosa* by landing site and tide in the Jambeli Archipelago from March 2014 to February 2015. Size of boxes is proportional to number of observations.

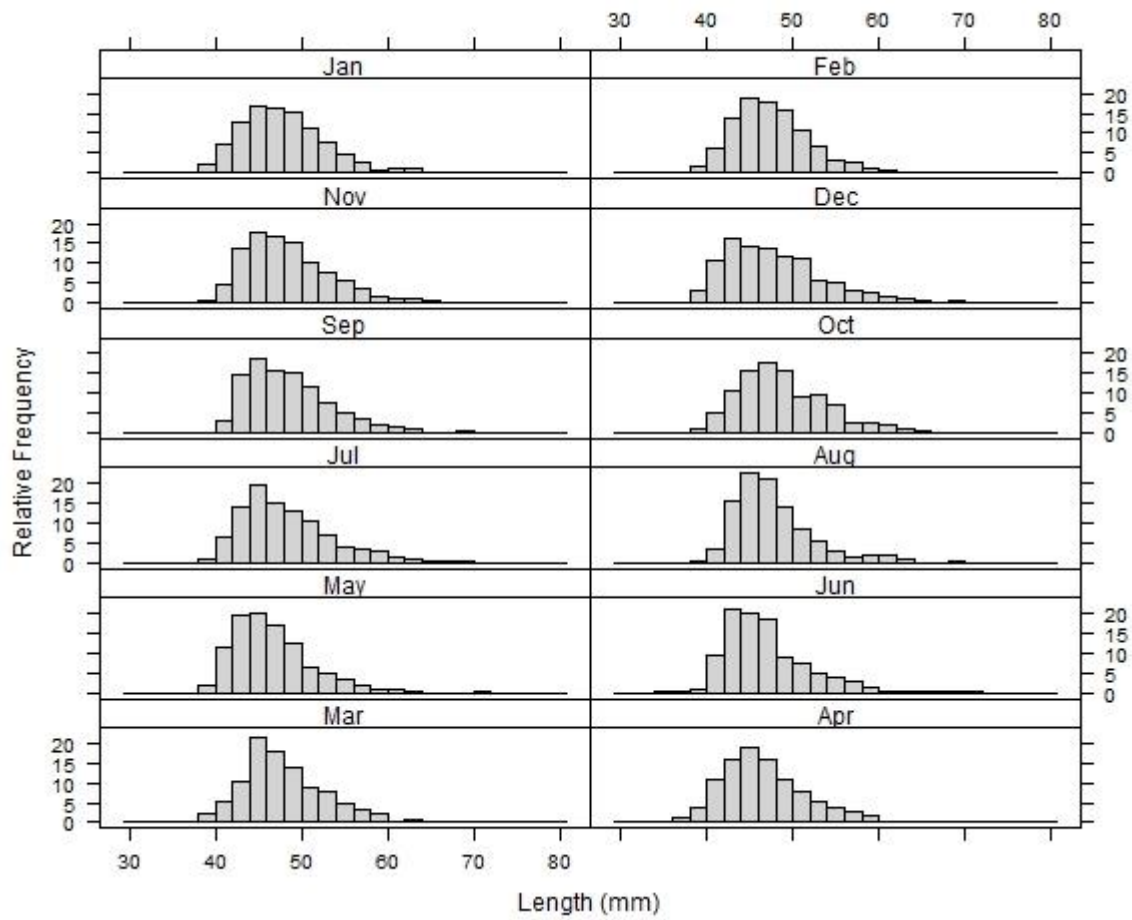


Figure 5. Length frequency histograms of *Anadara tuberculosa* sampled from the fishery in the Jambeli Archipelago from March 2014 to February 2015.

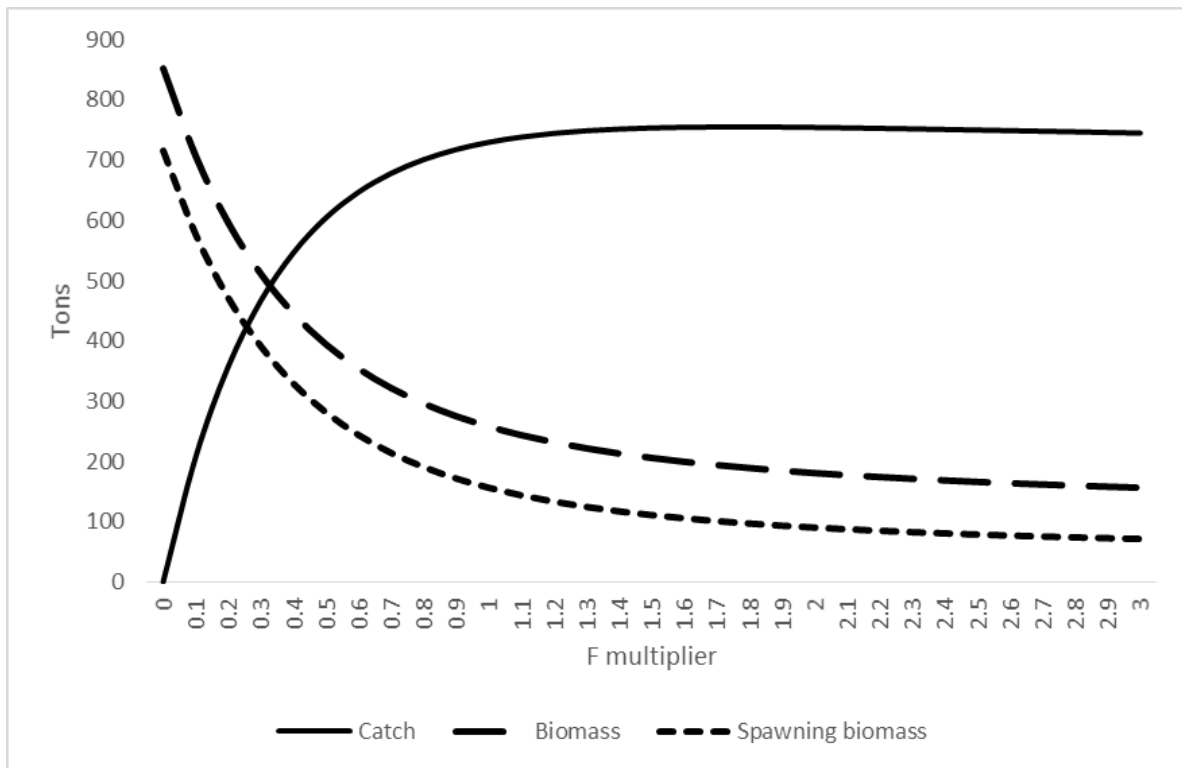


Figure 6A. Projections of catch, biomass and spawning biomass at different levels of fishing mortality for the fishery of *Anadara tuberculosa* in the Jambeli Archipelago. Mean scenario based on $L_{\infty}= 80.4$ mm, $K= 1.62$ and $M= 2.4$. Current situation is at F multiplier=1.

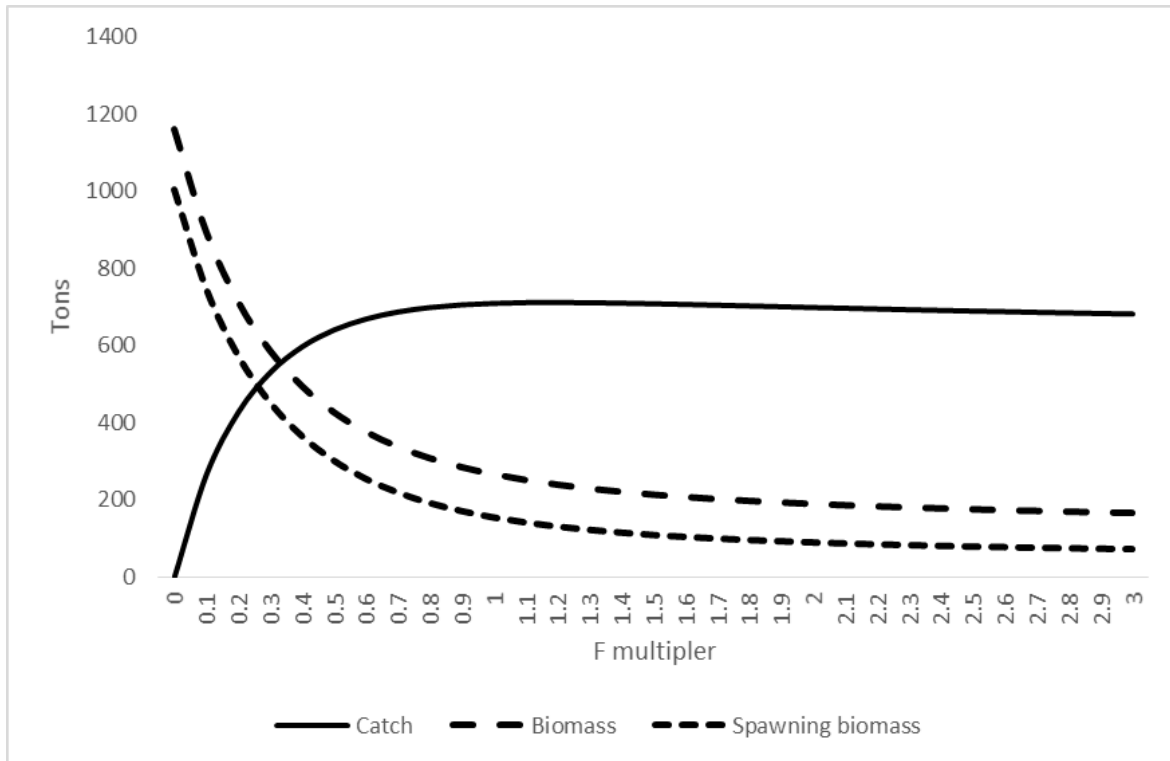


Figure 6B. Projections of catch, biomass and spawning biomass at different levels of fishing mortality for the fishery of *Anadara tuberculosa* in the Jambeli Archipelago. Conservative scenario based on L_{∞} = 85.0 mm, K = 1.16 and M = 1.7. Current situation is at F multiplier=1.

ANEXO 2. Manuscrito sobre variaciones espacio-temporales en la alometría, condición y reproducción de la concha prieta *Anadara tuberculosa* en el Archipiélago de Jambelí.

Spatial and temporal variability in allometry, condition and reproduction of the black ark (*Anadara tuberculosa*) in the Jambeli Archipelago, southern Ecuador.

Jeremy Mendoza^{1,*} and Mauricio Yáñez²

¹Prometeo Program. Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) and Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador
*corresponding author: mendoza.jeremy@gmail.com

Abstract

The black ark, *Anadara tuberculosa*, is a widely distributed along the western coast of America, where it lives buried in muddy sediments in association with the roots and canopy of mangrove forests. Along its distributional range the species is an important fishery resource exploited by small scale and subsistence fishers. The Jambeli Archipelago in southern Ecuador is one of the most important areas of mangrove forests in the country, and sustains a significant portion of fishery landings of black arks. From March 2014 to February 2015 monthly samples of black arks (≈ 100 individuals) were obtained from fishers and vendors in each of the three main landing sites (Puerto Bolivar, Puerto Hualtaco and Puerto Jeli) in the archipelago. Each individual was measured for shell length (SL), shell height (SH), shell width (SW) in mm, and total weight (WT) and soft tissue weight (WST) in grams. Additionally, sex and maturity stage was determined from macroscopic examination of gonads and microscopic observation of smears of gonadal tissue. A total of 3557 individuals were analyzed, of which 1192, 1195 and 1170 corresponded to Bolivar, Hualtaco and Jeli, respectively; and 738, 2097 and 724 corresponded to male, female and indeterminate sex,

respectively. Traditional allometric relations were estimated for all measurements as a function of SL, and analysis of covariance (ancova) was used to estimate differences in allometry between landing sites, sexes and their interactions. The WST/WT ratio was used as a condition index and ancova was used to estimate differences between sexes, landing sites and months. Differences in sex ratios and reproductive activity for landing sites and months were estimated using generalized linear models (glm). The proportion of immature and mature individuals of both sexes, in the 38 mm to 44 mm length classes, was used to estimate length at maturity (L_{50}). Results showed that black arks presented a slight negative allometry for the SH-SL relation, without differences between sexes and landing sites, and a positive allometry for the SW-SL relationship with a higher slope for indeterminate sex. The main differences in allometry were found in the WT-SL and WST-SL relations, which showed differences between sexes and landing sites, with higher slopes for individuals of indeterminate sex and from individuals from Bolivar landing site. The condition index estimates are among the highest reported for the eastern Pacific and presented minimum values during the spawning season. Sex-ratio showed a predominance of females with a mean proportion of males of 0.25. Black arks in southern Ecuador reproduce year round and presented maximum reproductive activity in August-September 2014 (dry season) and February 2015 (rainy season). The length at first maturity L_{50} was estimated at 40.9 mm (C.I. 36.4 – 42.0). Results in this study were compared with previous studies in southern Ecuador and in the species range.

Key words: *Anadara tuberculosa*, allometry, length-weight relationship, condition index, reproductive activity.

Introduction

The black ark, *Anadara tuberculosa*, also known as the pustulosa ark or mangrove cockle inhabits mangrove areas, where it lives buried in the muddy substrate between 5 cm to 30 cm, among the roots or under the canopy of mangrove forests. The species is widely distributed in the eastern Pacific Ocean from Baja California in Mexico to northern Peru. Within its range the species is an important fishery resource for small scale and subsistence fishers. Black arks are exploited manually during low tides in daylight hours. The Jambeli Archipelago in Ecuador is located in the southernmost range of mangrove systems in western

America (MacKenzie, 2001) and represents one of the main fishery areas for this species in Ecuador (Mora et al., 2010).

Bivalve shells are known to present phenotypic plasticity in their morphometry in relation to sex, habitat and different environmental conditions. Several authors have analyzed morphometric relationships of *A. tuberculosa* along the species range (Squires et al., 1975; Cruz & Palacios, 1983; Ordinola et al., 2010), but these studies have dealt mainly with the allometric relationship between weight and length. However, to our knowledge, comparisons of different allometric relationships between sexes and different sampling sites have not been made for this species within its distributional range.

Several methods have been used to study physiological condition in bivalves (Lucas & Beninger, 1985). These methods are used to measure the “health” or physiological condition of a population in relation to changes in the environment. Despite its shortcomings (Walne, 1976) the ratio of wet soft tissue to total shell weight is the easiest to measure and the most commonly used in previous studies of the species in the eastern Pacific (Squires et al., 1975; Cruz, 1982; Silva-Benavides & Bonilla-Carrion, 2001; Jordan & Gomez, 2006; Lucero et al., 2013).

Reproduction of *Anadara tuberculosa* has received attention from several authors in different countries: Mexico (Baqueiro et al., 1982; Garcia-Dominguez et al., 2008), Costa Rica (Cruz, 1984), Colombia (Squires et al., 1975; Borda & Cruz, 2004; Lucero et al., 2012, 2013) and Ecuador (Mora and Moreno, 2009; Mora et al., 2009; Mora et al. 2010). Most of these studies have been of a local nature, except for the work of Lucero et al (2013) and the studies by Mora and her colleagues, which covered mangrove systems along the coasts of Colombia and Ecuador, respectively. However, their analyses were descriptive and no attempt was made to statistically assess spatial and temporal variability in reproductive activity.

Length at first maturity (L_{50}) is usually defined in the fisheries literature as the length at which 50% of all individuals in a population or stock have reached sexual maturity; and is frequently used as a biological reference point to establish technical measures such as length at first capture (Caddy & Mahon, 1995). Few studies have been published on estimates of L_{50} in the species range. In Colombia, Borda & Cruz (2004) used maturity fractions, while

Lucero et al. (2012, 2013) used cumulated frequencies of mature individuals to estimate maturity ogives; also, Flores & Mora (2011) used empirical relationships to estimate L_{50} in the Jambeli Archipelago in southern Ecuador.

Our aim in this study is to analyze variations in allometry, condition and reproductive activity as function of sex, space and time, as well as estimate the length at sexual maturity of the black ark in the Jambeli Archipelago in southern Ecuador.

Materials and Methods

The Jambeli archipelago is located in southern Ecuador and occupies an area of approximately 300 km². The archipelago is formed by 6 main islands and 12 minor ones. A main channel (Santa Rosa) separates the archipelago from the mainland and many smaller tidal channels are present throughout this estuarine area, where fishers exploit this bivalve species.

Monthly samples of 100 individuals were obtained from fishers and black ark vendors in each of the three main fishing ports of the archipelago: Puerto Bolivar, Puerto Hualtaco and Puerto Jeli. Puerto Bolivar is located in the northern portion of the archipelago and Puerto Hualtaco in its southern limit, while Puerto Jeli is located in the mid-section, but closer to Puerto Bolivar. The greatest number of fishers is located in Hualtaco and the smallest number in Jeli. There is little overlap between channels visited by fishers from these ports during their fishing operations (Mora et al. 2009; 2010).

Once in the laboratory each individual was measured for antero-posterior length (SL), shell height (SH) and shell width (SW) with a digital caliper (0.01 mm precision). Additionally, total weight (WT) and weight of somatic tissue (WST) were measured with a portable electronic balance (0.1 g precision). We used the ratio WST/WT (proportion meat weight) as an index of condition and for comparison with other studies in the species range. Sex and sexual maturity stage was determined from macroscopic observations of the gonads and from microscopic inspection of smears of gonadal tissue.

In order to check for possible spatial variations in allometric relations we used the basic allometric relationship $Y = aSL^b$, after log transformations of Y and SL, to analyze changes

in body proportions as function of shell length. In this study Y corresponds to SH, SW, WT and WST. Additionally, we used analysis of covariance (Ancova) to analyze sexual, spatial and temporal variations for the following relationships:

$$\log(\text{SH}) \sim \log(a) + b \times (\log(\text{SL})) * \text{Sex} * \text{Ports}$$

$$\log(\text{SW}) \sim \log(a) + b \times (\log(\text{SL})) * \text{Sex} * \text{Ports}$$

$$\log(\text{WT}) \sim \log(a) + b \times \log(\text{SL}) * \text{Sex} * \text{Ports}$$

$$\log(\text{WST}) \sim \log(a) + b \times \log(\text{SL}) * \text{Sex} * \text{Ports}$$

Where, a and b are the allometric coefficients to be estimated from the data, Sex is a three level factor corresponding to female, male and indeterminate individuals, and Ports is a three level factor for the landing sites. The asterisk sign (*) accounts for interactions between the continuous and categorical variables. Ancova was also used to analyze the spatial and temporal variations of the condition index (WST/WT) as function of SL, sex, landing sites and months.

Variability in sex ratio, or more exactly in proportion of male individuals, per month and landing site was analyzed with a generalized linear model under a binomial distribution and a logit link. Due to the low number of observations (12 months x 3 landing sites), only the main effects of factors was considered. The same procedure was used in order to assess spatial and time effects on the sum of the number of mature and spawning individuals as an indicator of reproductive activity.

We used a logistic function in order to estimate the length at first maturity (i.e. length at which 50% of individuals are mature). The proportion mature was modeled as:

$$M_f = \frac{1}{1 + \exp^{-a(L_i - b)}}$$

Where, M_f is the proportion of mature individuals, a represents the change in slope as a function of length intervals (L_i) and b represents the length at which 50% of individuals are mature. Parameter estimates for a and b and their confidence intervals were obtained by maximizing the log-likelihood function and assuming a binomial error distribution (Welch and Foucher, 1988).

In all cases, model adequacy was checked by visual inspection of residuals for variance heterogeneity and normality. The R statistical language (R Core Team, 2014) was used for all statistical analysis. We made extensive use of the multcomp (Hothorn et al., 2008) and effects (Fox, 2003) packages in R for model analyses and interpretation.

Results

A total of 3557 individuals were analyzed, of which 1192, 1195 and 1170 corresponded to Bolivar, Hualtaco and Jeli, respectively; and 738, 2097 and 724 corresponded to male, female and indeterminate, respectively. Length frequency distributions by landing site and sex show similar length ranges. However, modes at Hualtaco and for indeterminate sex are centered at slightly lower values (fig. 1).

Allometry

Figure 2 presents the allometric relationships for the whole data set. There is a slight negative allometry ($b=0.979$) for the relation between SH and SL, a positive allometry ($b=1.13$) between SW and SL, there is an isometric relationship between WT and SL ($b=2.966$), and a negative allometry between WST weight and SL ($b=2.803$). Details of regression results are presented in tables 2-5.

Results of regressions of SH as a function SL for different data groups (all data, sexes and landing sites) are presented in table 1. There is a slight negative allometry for all sexes and landing sites, except for indeterminate sex that shows and isometric relation. Covariance analysis of the relationship of SH as of function of main effects and interactions between SH, sex and landing site, showed no significant three way interactions or two-way interactions. However, main effects of sex ($F=9.42$; $P = 8.45 \times 10^{-5}$) and landing site ($F=54.4$; $P < 2 \times 10^{-16}$) were statistically significant. Males ($pc=-0.005$, $P=0.004$) and indeterminate sex ($pc=-$

0.006, $P=0.002$) had slightly lower intercepts than females, but were not significantly different among themselves. Additionally, Hualtaco presented a lower intercept ($pc=-0.0.17$, $P < 2 \times 10^{-16}$) than Bolivar and Jeli.

Bivariate relationships of SW as a function of SL for different data groups are presented in table 2. All data groups show positive allometry, with slightly lower slopes for male individuals and those from Jeli. The Ancova model did not present significant three way interactions, but there was a significant two way interaction between SL and sex ($F=5.70$, $P=0.0003$). A reduced model with only main effects and two-way interactions showed lower intercept ($pc=-0.193$; $P=0.018$) and higher slope ($pc=0.05$; $P=0.018$) for indeterminate individuals.

Estimates of intercept and slope for bivariate relations of WT as a function of SL for different data groups are presented in table 3. Females and males show a slight negative allometry, which is more pronounced for individuals from Jeli. Samples from Bolivar and indeterminate sex individuals show positive allometry. Analysis of covariance of WT as a function of SL, sex and landing site did not indicate significant three way interactions, but two way interactions were significant for length and landing site ($F=24.88$; $P = 1.9 \times 10^{-11}$) and for length and sex ($F=10.68$; $P = 0.00002$). A reduced model with two-way interactions showed significant effects of the 2 main factors and for the interactions between SL and sex and SL and landing site. Indeterminate sex had a lower intercept ($pc= -0.720$; $P=0.0001$) and higher slope ($pc= 0.194$; $P= 0.00006$) than females and males. Hualtaco presented a higher intercept ($pc= 0.48$; $P= 0.01$) and lower slope ($pc= -0.131$; $P= 0.009$) than Bolivar, and this effect was more pronounced in Jeli which presented a higher intercept ($pc= 1.360$; $P= 6.7 \times 10^{-13}$) and lower slope ($pc= -0.348$; $P= 1.3 \times 10^{-12}$) in comparison to Bolivar and Hualtaco.

Slope and intercept estimates for bivariate relations between WST and SL for different data groups are presented in table 4. Indeterminate sex individuals and those from Bolivar show an isometric relationship, while all other groups show negative allometry. The degree of negative allometry appears more pronounced in Hualtaco and Jeli than for female and male individuals. Ancova did not show a significant three way interaction. However, main effects and two-way interactions between SL-sex and SL-landing sites were significant. Indeterminate sex had a lower intercept ($pc= -1.262$; $P=0.0000002$) and higher slope ($pc=$

0.340; $P = 5.7 \times 10^{-8}$) than female and male individuals. Hualtaco presented higher intercept ($pc = 1.369$, $P = 3.5 \times 10^{-8}$) and lower slope ($pc = -0.382$; $P = 3.4 \times 10^{-9}$) in comparison to Bolivar. Jeli had also higher intercept ($pc = 1.451$; $P = 3 \times 10^{-9}$) and lower slope ($pc = -0.386$; $P = 1.1 \times 10^{-9}$) than Bolivar, but was not different from Hualtaco.

Condition Index

The proportion of soft tissue presented fluctuations in relation to landing sites and months (Fig. 3). In general, the overall mean from Bolivar is higher (0.301) than in Jeli (0.283) and Hualtaco (0.277). Also, there appears to be more coherence in monthly trends in Bolivar and Jeli than in Hualtaco. Bolivar and Jeli tend to show higher values in the first and last months of the study period, with slightly lower values between the months of June and September. Males had an overall larger mean (0.30) of proportion of soft tissue than females and indeterminate sex (0.28 for both). Males reached their higher values (> 0.31) in April, November, December and February, while minimum values (< 0.29) in July through September (Fig. 4). Females showed maxima (> 0.29) in April, December and February and a minimum (0.26) in August. A somewhat different pattern was observed for indeterminate sex that showed maxima (> 0.29) in July and through October-January and minima (< 0.27) in March and August.

An analysis of covariance relating proportion of fresh tissue as a function of SL, landing site, sex and month did not show any significant four-way or three-way interactions. A reduced model, which included only two way interactions, showed significant contributions of all main factors and all two way interactions, except for the month:sex interaction. Regarding main effects, results show a small negative effect of SL ($pc = -0.0015$, $P = 3.7 \times 10^{-13}$), no significant differences between landing sites, a negative effect of indeterminate sex in relation to females ($pc = -0.032$, $P = 0.003$), and positive effects for the months of April ($pc = 0.031$, $P = 1.6 \times 10^{-11}$), November ($pc = 0.025$, $P = 4.5 \times 10^{-9}$), December ($pc = 0.019$, $P = 6.1 \times 10^{-6}$) and February ($pc = 0.035$, $P = 4.9 \times 10^{-15}$), while significant negative effects were observed for June ($pc = -0.024$; $P = 2.5 \times 10^{-8}$), August ($pc = -0.021$, $P = 1.4 \times 10^{-6}$) and September ($pc = -0.20$, $P = 6.3 \times 10^{-8}$). There is a smaller slope in Jeli ($pc = -0.0009$, $P = 0.001$) in comparison to Bolivar and Hualtaco, and larger slopes for indeterminate ($pc = 0.0008$, $P = 0.0005$) and male ($pc = 0.0008$, $P = 0.004$) individuals in comparison to females, but

indeterminate and male were not different among themselves. There are 22 coefficients in the model for the landing site-month interaction and we will not dwell on these, except to mention simultaneous significant positive changes in soft tissue proportion in Hualtaco and Jeli, in relation to Bolivar that occurred in June, September and January.

In order to analyze the effect of maturity stage on the proportion of soft tissue we used a subset of the data that contained only male and female individuals. We used an analysis of variance of the main effects of sex, landing site, maturity stage and month. Males showed a higher mean than females ($p=0.015$; $P < 2.16 \times 10^{-16}$), means in Hualtaco ($p=-0.021$; $P < 2.16 \times 10^{-16}$) and Jeli ($p=-0.017$; $P < 2.16 \times 10^{-16}$) were lower than in Bolivar, and different among themselves, mature individuals had a higher mean ($p=0.008$; $P=3.3 \times 10^{-9}$) than maturing and spawning/spent, and significant positive values for the months of April and November-February and a significant negative value for August.

Reproduction and Length at first maturity (L_{50})

Sex-ratio showed a predominance of females for the overall sample and for each landing site. The overall mean proportion of males was 0.25 which represents 3.77 females per male, while the proportion of males was 0.26 in Bolivar, 0.21 in Hualtaco and 0.29 in Jeli. The proportion of males only exceeded 0.30 in Bolivar in March (0.34) and August (0.36), in September (0.304) in Hualtaco, and in August (0.48), September (0.44) and January (0.39) in Jeli (Fig. 3). Only the values in Jeli in August ($X^2=0.17$; $P=0.67$) and September ($X^2=0.98$; $P=0.32$) were not statistically different from $p=0.5$.

A generalized linear model with a binomial distribution and logit link of the number of males as successes and the number of females as failures, as a function of the main effects of the different landing sites and months showed a significant lower proportion of males in Hualtaco and a significantly higher proportion of males in August. However, after correcting for overdispersion with a quasibinomial model (dispersion parameter = 2.48) there were no significant coefficients in the model.

During the 12 months of the study period all sexual maturity stages were present in varying proportions (Fig. 6). The overall monthly proportion of mature and spawning individuals was relatively low during March (0.24) and April (0.19) at the start of the study. This proportion

increased during the following months and reached relatively high values during the months of September (0.58) and October (0.52), and reached its maximum value (0.79) in February 2015.

A binomial generalized linear model with a logit link of the proportion of mature and spawning individuals as a function of landing sites and months as main factors, showed highly significant coefficients for most levels. However, the ratio of residual deviance (297.12) and degrees of freedom (22) was indicative of a high level of overdispersion. A quasibinomial model was then fit to the data, which reduced the number of significant coefficients. As there were no significant effects of landing sites in the model, a reduced quasibinomial model was fit with only months as the main factor. Significant positive effects were estimated for the months of September ($P=0.033$), October ($P=0.022$) and February ($P=0.0025$), which correspond to model estimated proportions of 0.59 in September, 0.62 in October and 0.79 in February.

An increasing proportion of mature and spawning individuals as a function of length was only observed for length classes between 38 mm and 44 mm. These pairs of values were used to calculate parameters of the maturity ogive (Fig. 7A), which resulted in an estimate of slope a of 0.146 (C.I. 0.043-0.250) and L_{50} of 40.9 mm (C.I. 36.5-42.0). The relatively small number of observations (14), from a total number of observations of 788, at 39 mm gave little weight to this value in the estimation procedure. The resulting length maturity ogive is presented in figure 7B.

Discussion

Allometry

In *A. tuberculosa* studies on allometric relationships has been a neglected subject. To our knowledge, only length-weight relationships and the proportion of soft tissue in relation to length have been studied along its distributional range. Measurements for traditional allometric relationships are relatively easy to obtain and may provide insights in population biology and ecology. Differences in allometry account for phenotypic plasticity and genetic variability in populations, and may be useful in stock identification for exploited species

(Cadurin, 2000). However, many environmental factors may explain changes in allometry or shell shape (Allunno-Bruscia et al 2001; Caill-Milly et al 2012; 2014).

Regarding allometric relationships between shell height as a function of length, our results show that changes in height are only slightly negative allometric for all groups, except for indeterminate sex that shows isometry. However, covariance analysis showed that there were no differences in slopes between groups. It would appear then that irrespective of sex or landing site, shells tend to become slightly more elongate as they increase in size.

In relation to the width - length relationship all groups presented positive allometry, while the ancova analysis only showed lower intercepts and higher slopes for indeterminate sex. Shell shape of *A. tuberculosa* becomes rounder or more globular as they increase in length, and this increase is slightly more pronounced for indeterminate sex.

The ancova analysis of the total weight - length relation shows differences between sex and landing sites. Indeterminate sex had lower intercept and higher slope (positive allometry) than males and females, while Bolivar presented positive allometry, Hualtaco isometry, and Jeli negative allometry. Therefore, shells of black arks become heavier as they grow for individuals of indeterminate sex and those from Bolivar landing site.

The relation between soft tissue weight and length showed difference between sexes and landing sites. Indeterminate sex and samples from Bolivar showed a higher proportion of soft tissue. These results were in line with those obtained from the total weight – length relationship.

Length-weight relations have been the most commonly studied relation for *A. tuberculosa* in its distributional range. Cruz & Palacios (1983) estimated a negative allometry ($b=2.76$) with no differences between males and females in Costa Rica; in Colombia Borda & Cruz (2004) reported an apparently positive allometric coefficient ($b=3.19$) and Lucero et al. (2012) reported an isometric relationship ($b=2.82$), while Felix-Pico et al. (2009) reported an isometric growth in weight ($b=3.09$) for Mexico.

In summary, for *A. tuberculosa* in the Jambeli Archipelago, the main differences in allometry were related to relative growth in shell weight and somatic tissue weight. Indeterminate sex,

which includes juveniles and resting individuals, grow proportionately larger than males and females, which are in the process of gamete development and emission. It would appear then that during the juvenile and resting stages, energy is directed to shell and somatic growth. On the other hand, individuals landed in Bolivar also show proportionately larger increases in shell and somatic tissue than individuals from Hualtaco and Jeli. This seems to indicate that environmental conditions in the fishing sites (i.e. channels) frequented by fishers that land in Bolivar, are more favorable for shell and somatic growth. However, there was no environmental information available in the area to try to relate these differences with the hydrology and/or habitat conditions within the Jambeli Archipelago.

Condition Index

Our results indicate that the proportion of soft tissue did not show any spatial variations within the study area, except for a smaller slope in Jeli in relation to Bolivar and Hualtaco, which is consistent with the results obtained from the total weight-length relationship. However, there were significant differences between sexes and months. Males and indeterminate sex present higher values than females, albeit in a small amount, while monthly values were lower in the months from June to September.

In other studies on *A. tuberculosa* estimates showed lower values for the proportion of soft tissue. For example, Cruz & Palacios (1983) in Costa Rica found the highest mean value at 0.21 for individuals in the 42-47 mm length class, and the lowest (0.17) for individuals in the 54-60 mm length class, with a maximum in March and a minimum in August. Also, in Costa Rica, Silva-Benavides & Bonilla-Carrion (2001) found an overall mean value of 0.17, with a minimum in March (0.13) and a maximum in October (0.21) 1998, and partially attributed these small values to the reduced precipitation due to El Niño conditions prevailing in that year. Soft tissue proportion in Colombia (Squires et al., 1975) was usually around 0.2 for black arks and minima were observed in May, June and October. Also in Colombia, Lucero et al. (2012) reported that males had slightly higher values (0.21) than females (0.19) and that minima were observed in March (0.18) and September (0.17). In a more extensive study that covered different localities along the Pacific coast of Colombia, Lucero et al. (2013) reported an overall mean proportion of soft tissue of 0.21 with significant differences among localities, ranging from 0.25 in the south (Tumaco) to 0.19 in Pizzaro in the northern coast. However,

Jordan & Gomez (2006), in Panama, estimated relatively high mean values between 0.30 and 0.34 during their study period (September 2003-February 2004).

Reproduction and length at first maturity (L_{50})

Sex-ratios in this study showed a predominance of females (3.77:1), corresponding to a mean male proportion of 0.25. Predominance of females has been previously reported for this species by Flores & Licandeo (2010), who estimated an average of 2.6 females for every male in north Ecuador, with values ranging from 5.9 to 1.2; while in Colombia, Lucero et al. (2012) reported a predominance of females of 1.6:1 in one locality (Bahia de Malaga) and a mean of 2.6:1 over several localities along the Pacific coast. However, in Costa Rica (Cruz, 1984; Silva-Benavides & Bonilla-Carrion, 2001) and in Panama (Jordan & Gomez, 2006) did not find significant differences in male to female proportions.

Protandric hermaphroditism has been postulated as a possible cause of differential sex-ratios in species of *Anadara*. For example, Manjarres-Villamil et al. (2013) using histological techniques, found 4.3% of hermaphrodites in *A. similis*, and proposed that protandric sex reversal may explain predominance of females. Also, Afiati (2007), in *A. granosa* and *A. antiquata* from the western Pacific, found 1.5% and 1% of hermaphrodites and considered that protandric hermaphroditism explained differences in sex ratio. However, despite the relatively large number of studies on reproduction of *A. tuberculosa*, hermaphroditic individuals have not been reported, and length frequency distributions do not show a predominance of females at larger sizes. Hence, the mechanism of unbalanced sex-ratios in some populations of this species remains unknown.

The black ark showed a continuous reproductive cycle during the study period with significant peaks in August-September 2014 and February 2015, without any statistical differences among landing sites. In previous studies in the Jambeli Archipelago, spawning peaks have been observed in January-March in 2004 (Mora & Moreno, 2009), and between June and August in 2008 (Mora et al, 2009).

The reproductive periodicity of *A. tuberculosa* has been studied by several authors in the eastern Pacific. Baqueiro (1982) in Mexico found peak spawning events in April, August and January, more recently Garcia-Dominguez et al. (2008) found increased spawning from

January to March and from September to December. In Costa Rica (Cruz, 1984) found that spawning occurred between June and August, and to a lesser extent in April. In Colombia, Borda & Cruz (2004) found that mature females were proportionately more important in November and February, Lucero et al. (2012) found a high proportion of mature females in April, while Lucero et al. (2013) described differences among five localities along the Pacific coast; according to their results there was an overall higher percentage of mature females between December and March and that spawning activity was greater from July to December.

In this study, we tried different combinations of landing sites, months and sexes in order to examine which combination presented adequate proportions of maturity at length for the estimation of length at maturity. This led us to use the proportion of all female and male individuals in the range 38-44 mm, which gave the only reasonable arrangement of proportion mature at length. Length at maturity (L_{50}) in this study was estimated at 40.9 mm (C.I. 36.4 – 42.0). In Colombia, Borda & Cruz (2004) estimated L_{50} at 44 mm, Lucero et al. (2012) estimated L_{50} at 39.5 mm, while Lucero et al. (2013) estimated L_{50} at 5 different localities along the Colombian coast, with an average value of 46.1 mm for all study sites with a range between 42.3 mm in the south to 49.7 mm in the north. However, these estimates are likely to be positively biased, as they are based on cumulative frequencies of mature individuals at length, without considering the proportion of immature individuals. Additionally, Flores et al. (2014) used estimates of L_{50} and L_{∞} (asymptotic size from the von Bertalanffy growth equation) from the literature on *Anadara* spp to empirically estimate, using linear regression, L_{50} for the period 2004-2011 for same landing sites in southern Ecuador used in this study; their estimates ranged from 33.9 mm to 45.2 mm.

Acknowledgements

We appreciate the financial support received by J.M. from the Prometeo Program of SENESCYT, Ecuador during the research project. Field and laboratory support from V. Zimmer and M.J. Sánchez-Muros is warmly recognized. Fishers' organizations and their representatives T. Cruz, V. Cuenca, R. Cruz, J. Soriano provided timely information and assistance. We are grateful to F. Renteria and C. Chamba in Puerto Hualtaco, V. Cuenca in Puerto Bolivar and B. Zhicay and N. Zhicay in Puerto Jeli for facilitating our field work. We

thank all mangrove cockle fishers for their willingness to provide information after a hard day's work.

References

Allunno-Bruscia, M., E. Bourget and M. Frechette. 2001. Shell allometry and length-mass-density relationship for *Mytilus edulis* in an experimental food-regulated situation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 219: 177-188.

Caddy, J. F. and R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. *FAO Fish. Tech. Pap.* 347. FAO, Rome. 83 p.

Caill-Milly, N., N. Bru, K. Mahe, C. Borie and F. D'Amico. 2012. Shell shape analysis and spatial allometry patterns of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in a mesotidal coastal lagoon. *J. Mar. Biol.* doi:10.1155/2012/281206.

Caill-Milly, N., N. Bru, M. Barranger, L. Gallon, F. D'Amico. 2014. Morphological trends of four manila clam populations (*Venerupis philippinarum*) on the French Atlantic coast: identified spatial patterns and their relationship to environmental variability. *Journal of Shellfish Research.* 33 (2): 355–372.

Cadrin, S.X. 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries.* 10: 91–112.

Cruz R. A. 1984. Algunos aspectos de la reproducción en *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 32: 45-50.

Cruz, R.A. and J.A. Palacios. 1983. Biometria del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 31 (2): 175-179.

Flores, L. and E. Mora, 2011. Evaluando variaciones en la talla de *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en el archipiélago de Jambelí: hay indicios de sobrepesca? *Revista de Ciencias del Mar y Limnología.* 5 (1):33-49.

Fox, J. 2003. Effect Displays in R for Generalised Linear Models. *Journal of Statistical Software*, 8(15), 1-27. URL <http://www.jstatsoft.org/v08/i15/>.

García-Domínguez F.A., A. De Haro Hernández, A. García-Cuellar, M. Villalejo-Fuerte & S. Rodríguez-Astudillo. 2008. Ciclo reproductivo de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Arcidae) en Bahía Magdalena, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43: 143-152.

Hothorn, T, F. Bretz and P. Westfall. 2008. Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal* 50(3), 346--363.

Jordan, L. Y. and J. A. Gomez. 2006. Evaluacion biologica de *Anadara tuberculosa*, Golfo de Montijo, Republica de Panama. *Tecnociencia* 8 (2): 191:205.

Lucas, A. and P.G. Beninger. 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*. 44:187-200.

Lucero, C. H., J. Cantera, D. L. Gil, O. Muñoz, L. A. Zapata, N. Cortes, W. O. Gualteros and A. Manjarres. 2013. Análisis espacio temporal de la biología reproductiva y el reclutamiento de *Anadara tuberculosa* en la costa del Pacífico colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* Vol. 48 (2): 321-334.

Lucero C.H., J. Cantera and R. Neira. 2012. Pesquería y crecimiento de la piangua (Arcoida: Arcidae) *Anadara tuberculosa* en la Bahía de Málaga del Pacífico colombiano, 2005-2007. *Revista de Biología Tropical* 60: 203-217.

MacKenzie, C.L., 2001. The fisheries for mangrove cockles, *Anadara* spp., from Mexico to Peru, with descriptions of their habitats and biology, the fishermen's lives, and the effects of shrimp farming. *Mar. Fish. Rev.* 63 (1): 1-39.

Manjarres-Villamil, A. E., C. H. Lucero-Rincon, W. O. Gualteros, J. R. Cantera-Kintz and D.L. Gil-Agudelo. 2013. Abundancia y madurez sexual de *Anadara similis* en el manglar de Luisico, Bahia Malaga, Pacifico Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 4 (2): 215-231.

Mora, E. and J. Moreno. 2009. La pesquería artesanal del recurso concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en la costa ecuatoriana durante el 2004. *Boletín Científico y Técnico*. 20(1): 1-16.

Mora, E., J. Moreno and V. Jurado. 2009. La pesquería artesanal del recurso concha en las zonas de Esmeraldas y El Oro, durante el 2008. *Boletín Científico y Técnico*, 20(2):17-36

Ordinola, E., P. Montero, S. Aleman and J. Llanos. 2010. El bivalvo concha negra, *Anadara tuberculosa* (Sowerby), en los manglares de Tumbes, Perú. Febrero 2007. *Inf. Inst. Mar Peru*. 37 (3-4): 115-126.

Silva-Benavides A.M. and R. Bonilla-Carrion. 2001. Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* y *A. similis* (Mollusca: Bivalvia) en el manglar de Purruja, Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 49: 315-320.

Squires, H.J., M. Estevez, O. Barona and O. Mora. 1975. Mangrove cockles *Anadara* spp from the Pacific coast of Colombia. *The Veliger*, 18 (1): 57-68.

Welch, D. W. and R. P. Foucher. 1988. A maximum likelihood methodology for estimating length-at-maturity with application to Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) population dynamics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45:333-343.

Table 1. Estimates of intercept (a) and slope (b) of bivariate log-log linear relations between shell height as a function of shell length for all data, sexes and landing sites in the Jambeli Archipelago. Values in parenthesis are 95% confidence intervals.

Data	a	b	R ²
All	-0.218 (-0.272 - -0.164)	0.979 (0.965- 0.993)	0.838
Female	-0.196 (-0.269 - -0.124)	0.974 (0.955-0.993)	0.832
Male	-0.150 (-0.283 - -0.018)	0.961 (0.927-0.996)	0.803
Indeterminate	-0.289 (-0.395- -0.182)	0.996 (0.968-1.024)	0.873
Bolivar	-0.130 (-0.215 - -0.044)	0.958 (0.936-0.980)	0.858
Hualtaco	-0.180 (-0.285 - -0.074)	0.966 (0.939-0.994)	0.798
Jeli	-0.198 (-0.292 - -0.105)	0.975 (0.951- 0.999)	0.843

Table 2. Estimates of intercept (a) and slope (b) of bivariate log-log linear relations between shell width as a function of shell length for all data, sexes and landing sites in the Jambeli Archipelago. Values in parenthesis are 95% confidence intervals.

Data	a	b	R ²
All	-1.078 (-1.145- -1.010)	1.130 (1.112 – 1,147)	0.818
Female	-1.054 (-1.144 - -0.965)	1.124 (1.100 – 1.147)	0.811
Male	-0.891 (-1.049- -0.732)	1.082 (1.041 – 1.123)	0.783
Indeterminate	-1.252 (-1.388- -1.116)	1.175 (1.140 – 1.211)	0.855
Bolivar	-1.157 (-1.266- -1.047)	1.150 (1.122 – 1.179)	0.841
Hualtaco	-1.041 (-1.165- -0.917)	1.120 (1.088 – 1.153)	0.794
Jeli	-0.994 (-1.118- -0.870)	1.109 (1.077 – 1.141)	0.798

Table 3. Estimates of intercept (a) and slope (b) of bivariate log-log linear relations between total weight as a function of shell length by sexes and landing sites in the Jambeli Archipelago. Values in parenthesis are 95% confidence intervals.

Data	a	b	R ²
All	-8.311 (-8.467- -8.154)	2.966 (2.926 – 3.007)	0.852
Female	-8.170 (-8.373- -7.968)	2.929 (2.876 – 2.982)	0.850
Male	-8.034 (-8.410- -7.658)	2.894 (2.796 – 2.992)	0.821
Indeterminate	-8.832 (-9.159- -8.505)	3.105 (3.020 – 3.190)	0.877
Bolivar	-8.803 (-9.042- -8.563)	3.094 (3.032 – 3.156)	0.899
Hualtaco	-8.396 (-8.661- -8.130)	2.984 (2.915 – 3.054)	0.856
Jeli	-7.400 (-7.711- -7.089)	2.734 (2.653 – 2.815)	0.792

Table 4. Estimates of intercept (a) and slope (b) of bivariate log-log linear relations between soft tissue weight as a function of shell length for all data and for sexes and landing sites in the Jambeli Archipelago. Values in parenthesis are 95% confidence intervals.

Data	a	b	R ²
All	-8.937 (-9.144- -8.730)	2.803 (2.749 – 2.856)	0.746
Female	-8.568 (-8.826- -8.309)	2.703 (2.636 – 2.770)	0.749
Male	-9.101 (-9.614- -8.587)	2.856 (2.722 – 2.989)	0.705
Indeterminate	-9.734 (-10.176- -9.291)	3.010 (2.895 – 3.126)	0.785
Bolivar	-9.562 (-9.913- -9.212)	2.978 (2.888 – 3.069)	0.777
Hualtaco	-8.277 (-8.637- -7.917)	2.616 (2.522 – 2.710)	0.713
Jeli	-8.062 (-8.398- -7.726)	2.577 (2.490 – 2.664)	0.743

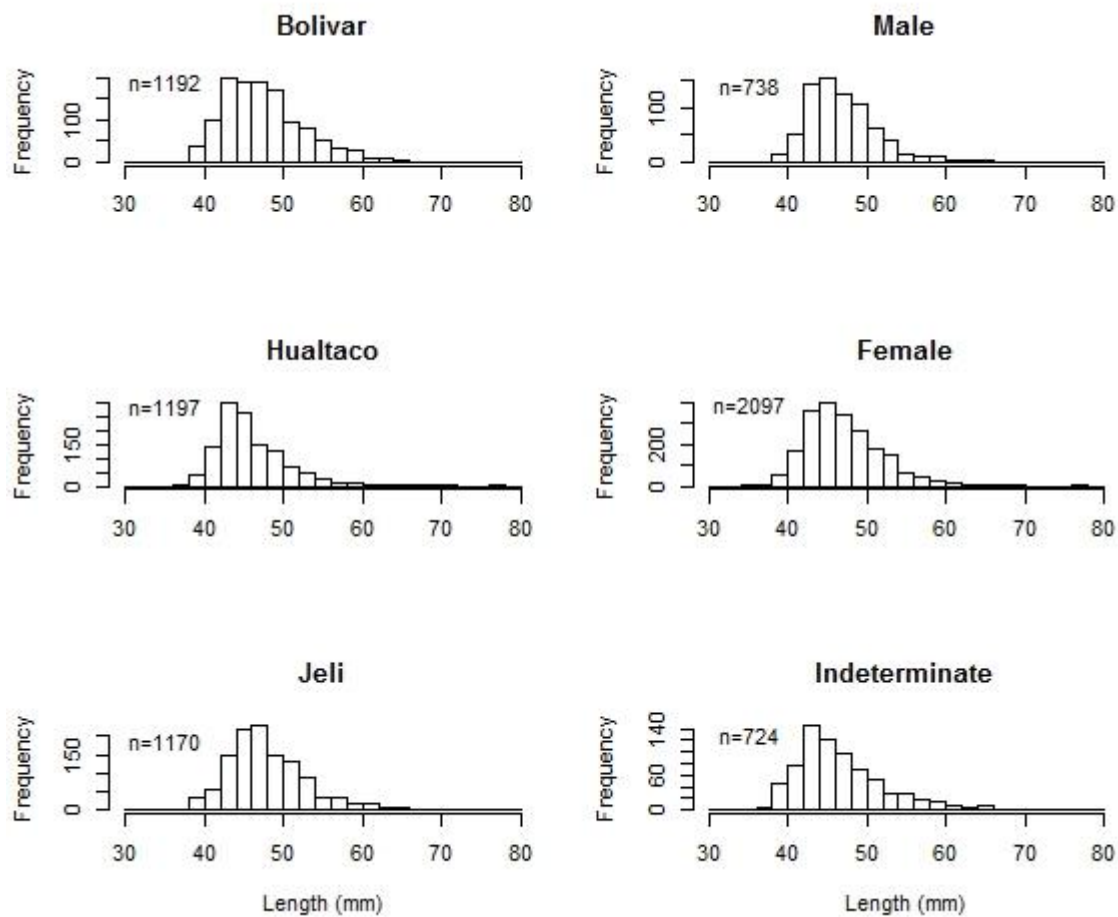


Figure 1. Length frequency histograms (2 mm class intervals) of individuals of *Anadara tuberculosa* by landing site (left column) and sex (right column) sampled in the Jambeli archipelago from March 2014 to February 2015.

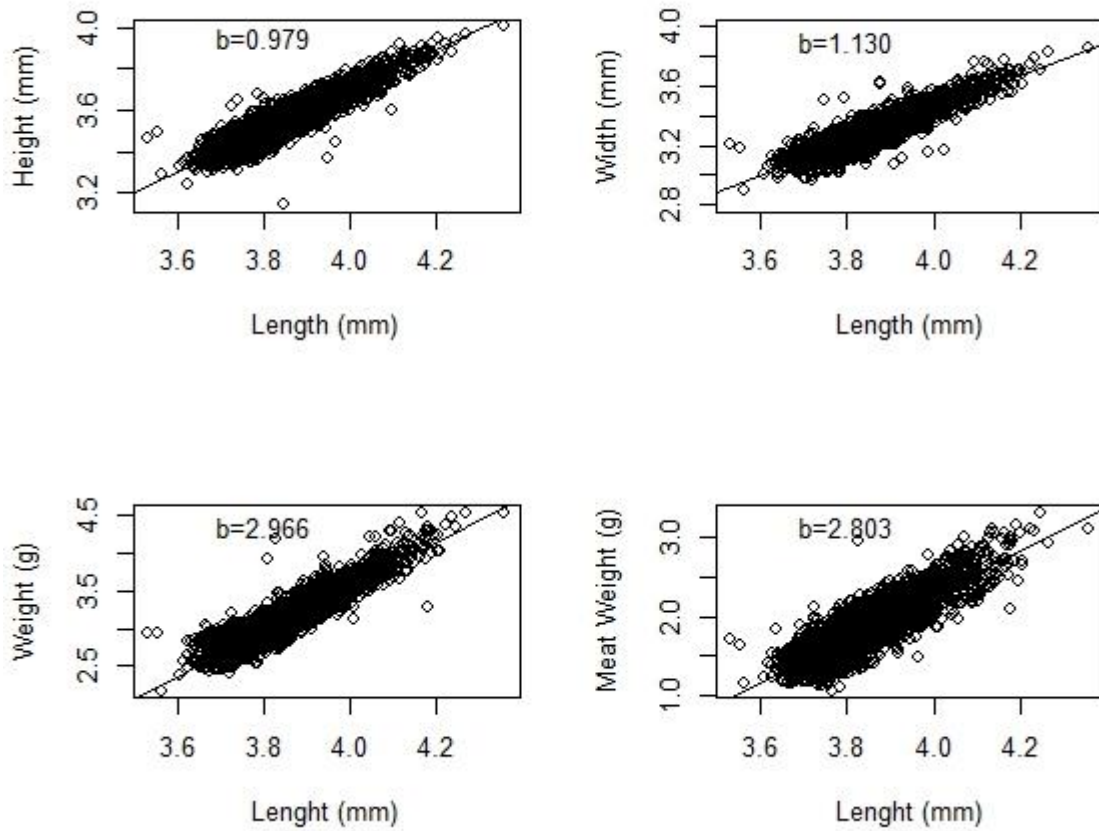


Figure 2. Bivariate relations for the whole data set of log transformed height, width, total weight and soft tissue weight as a function of log length for individuals sampled in the Jambeli Archipelago.

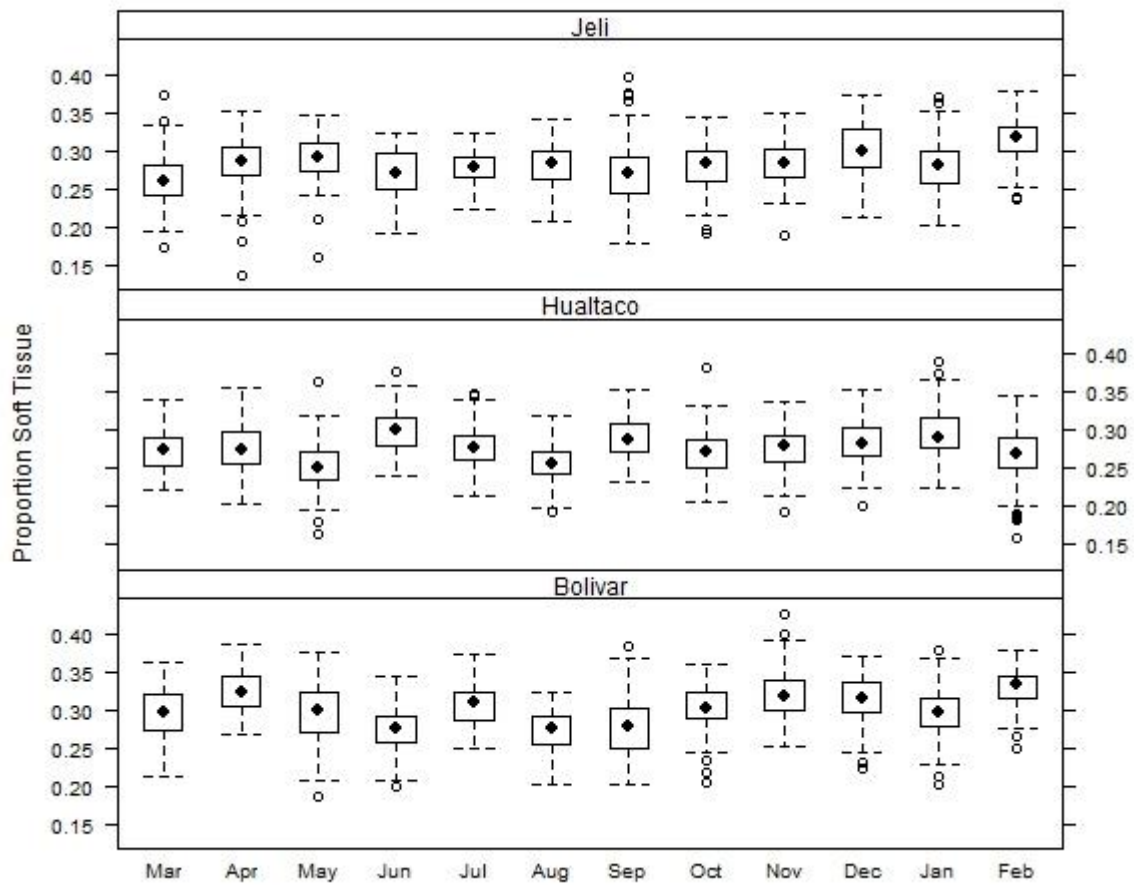


Figure 3. Box and whisker plots of proportion of soft tissue in individuals of *Anadara tuberculosa* sampled in the Jambeli archipelago by landing site and month during the period March 2014 to February 2015.

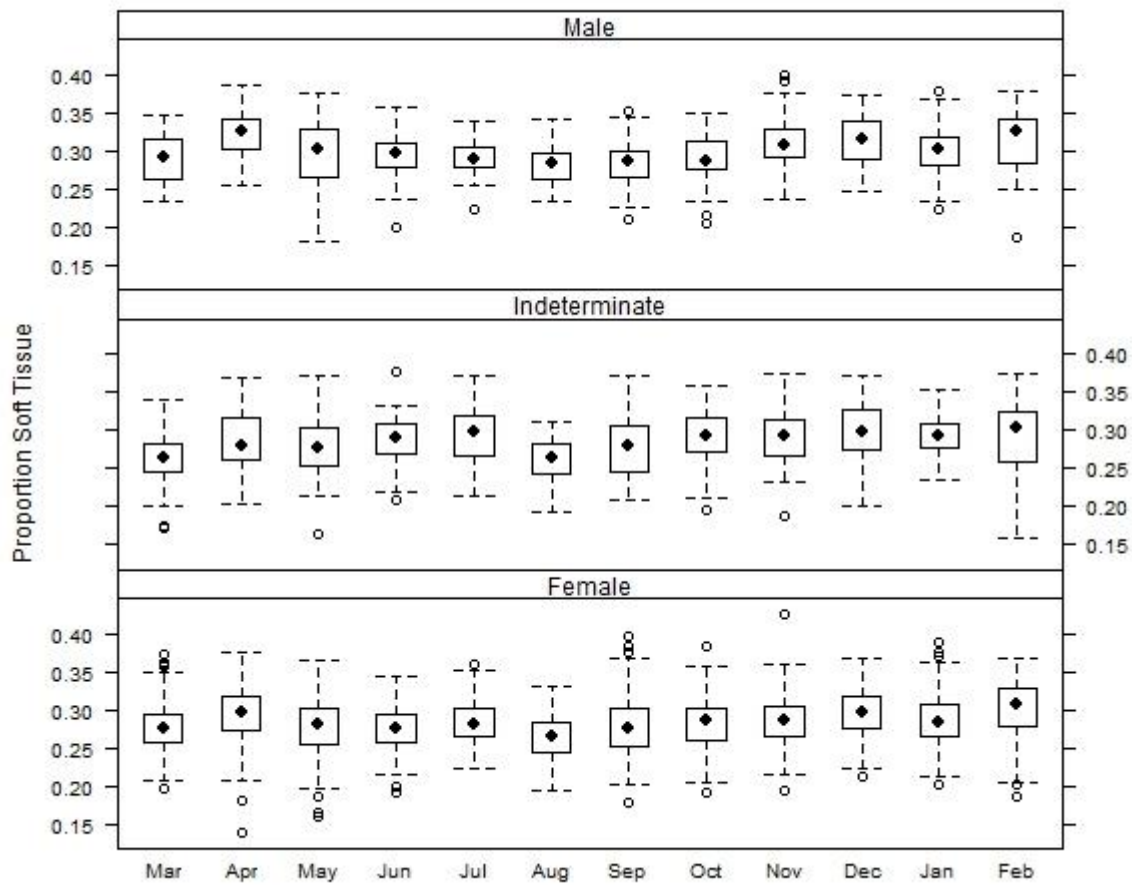


Figure 4. Box and whisker plots of proportion of soft tissue in individuals of *Anadara tuberculosa* sampled in the Jambeli archipelago by sex and month during the period March 2014 to February 2015.



Figure 5. Proportion of male (black) and female (grey) individuals of *Anadara tuberculosa* by landing site and month in the Jambeli Archipelago from March 2014 to February 2015.

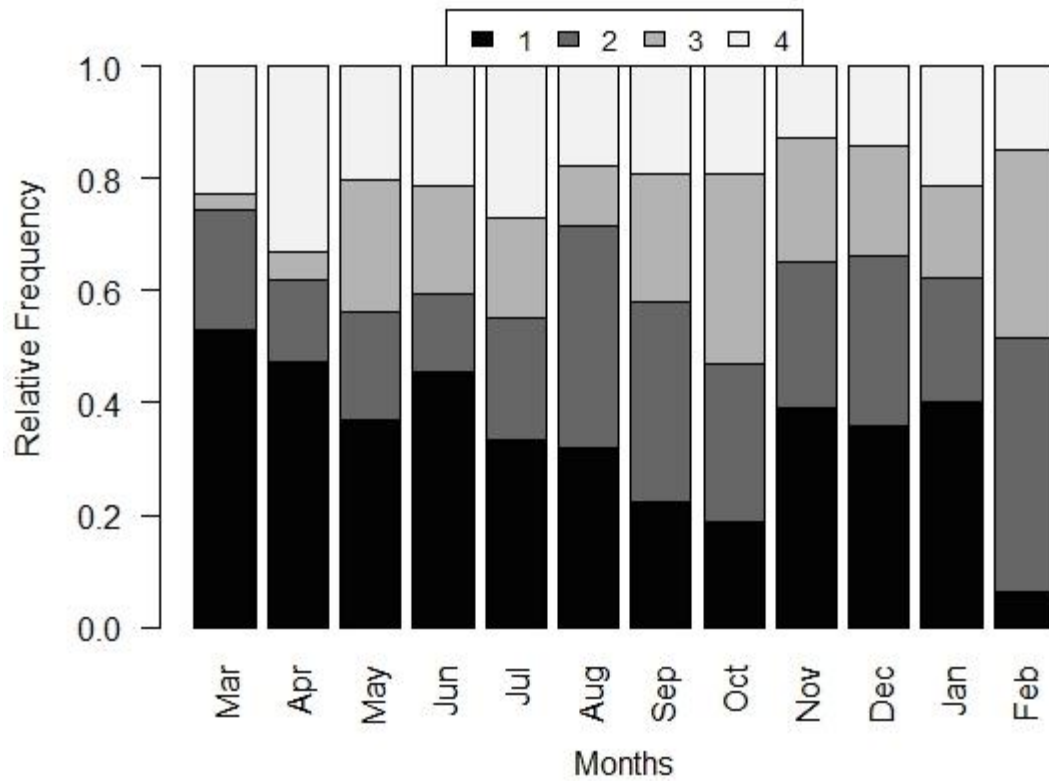


Figure 6. Relative proportions of different sexual maturity stages of *Anadara tuberculosa* in the Jambeli Archipelago, southern Ecuador from March 2014 to February 2015. Legend: 1) Maturing; 2) Mature; 3) Spawning/Spent; 4) Indeterminate.

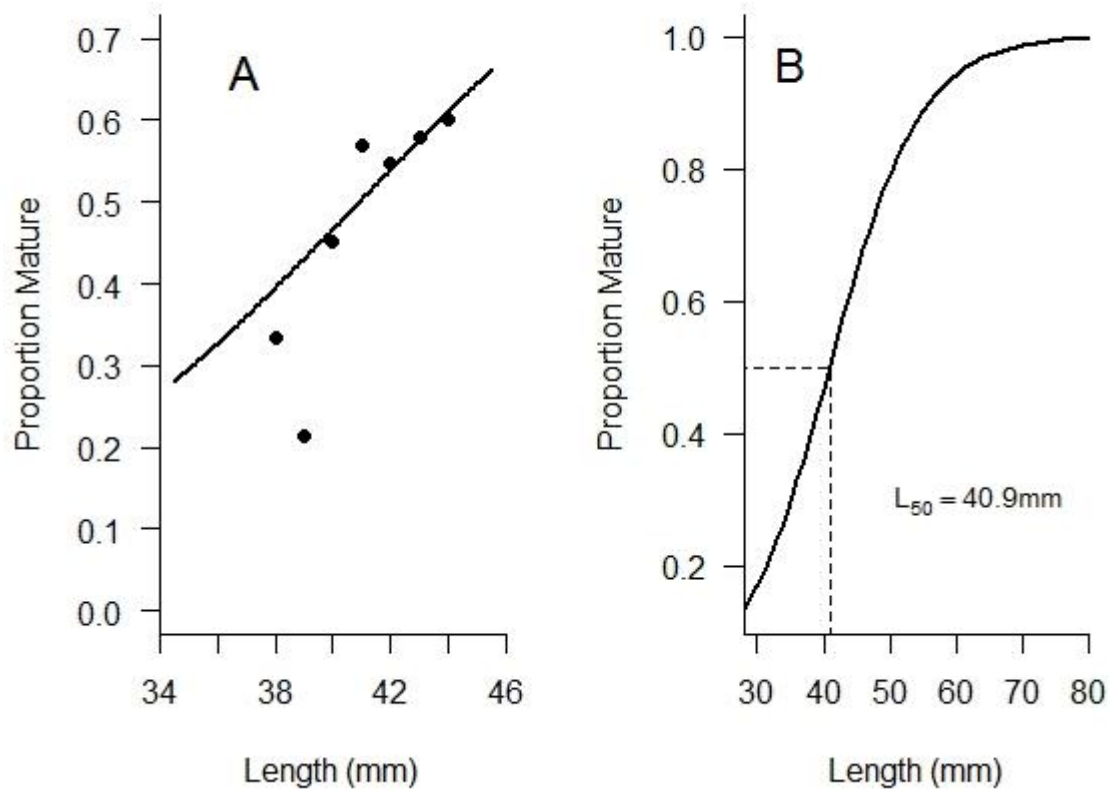


Figure 7. Range of data points used for estimating maturity at length (A) and estimated maturity ogive and length at first maturity (B) for *Anadara tuberculosa* in the Jambeli Archipelago.

ANEXO 3. Correspondencia con el editor de la revista y manuscrito sobre el Valor nutritivo de diferentes materias primas para la alimentación del camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*).

De: Maria José Sánchez Muros [mailto:mjmuros24@gmail.com]

Enviado el: jueves, 15 de enero de 2015 10:27

Para: secretaria.rbmo@yahoo.com

Asunto: Re: sumision articulo

Estimado Editor:

A final de Septiembre le enviamos el articulo titulado "Valor nutritivo de diferentes materias primas para la alimentación del camarón blanco del pacifico (*Litopenaeus vannamei*) y quisieramos confirmar que se habia recibido correctamente.

Sin otro particular reciba un cordial saludo

M^a José Sánchez-Muros

----- Mensaje reenviado -----

De: **Secretaria RBMO** <secretaria.rbmo@gmail.com>

Fecha: 2 de marzo de 2015, 22:08

Asunto: RE: sumision articulo

Para: Maria José Sánchez Muros <mjmuros24@gmail.com>

Estimada Dra. Sánchez:

En nuestro retorno de las vacaciones le respondo su consulta y le confirmo que su manuscrito aún se encuentra en evaluación. Aunque se ha demorado su resultado estamos agilizando el proceso de la entrega de informes de parte de los evaluadores.

Saludos cordiales,

Pamela Contreras Bravo
Secretaria RBMO
Universidad de Valparaíso
Viña del Mar - Chile
Of. 56-32-2507845
Cel. 76030934
www.revbiolmar.cl
@revbiolmar

Valor nutritivo de diferentes materias primas para la alimentación del camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*).

Nutritional value of different raw materials for feeding Pacific whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

M^a José Sánchez-Muros^{ab*}, Carolina de Haro^a, Jeremy Mendoza^b, Patricio Renteria^b, M^a José Farias^c, Lita Sorroza^b, y Roberto A. Santacruz-Reyes^b

^aDepartamento de Biología y Geología. Universidad de Almería. 04120 Almería. España

^bEscuela de Acuicultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Machala. Km 5½ vía a Pasaje. Machala. Ecuador

^cFacultad de Ciencias Químicas. Universidad Técnica de Machala. Km 5½ vía a Pasaje. Machala. Ecuador

*Autor correspondiente: Tel.: +34 950015002; fax: +34 950015476. E-mail address: mjmuros@ual.es

Palabras Clave: camarón, subproductos, composición bromatológica, digestibilidad in vitro.

Resumen

En este trabajo se ha estudiado el valor nutritivo de 5 materias primas abundantes en la provincia de El Oro, Ecuador, como ingredientes novedosos en la alimentación de camarones. Las fuentes estudiadas han sido: subproducto de pollo, moringa, levadura, harina de camarón, harina de pescado y subproducto de la harina de banano. Las determinaciones realizadas han sido: proteína bruta, extracto etéreo, fibra bruta, cenizas, materiales extraíbles libres de nitrógeno, perfil de ácidos grasos, perfil de aminoácidos y digestibilidad de la proteína *in vitro*. Los resultados obtenidos indican que la harina de camarón y pollo presentan buenas cualidades como fuentes alternativas de proteína a la harina de pescado para la alimentación del camarón, mientras que la moringa presenta una capacidad más limitada para su inclusión en dietas. La harina de subproducto de la harina de de banano sería un posible ingrediente a estudiar como fuente de hidratos de carbono, mientras que, la harina de pescado de producción artesanal muestra unas características nutricionales francamente

malas por lo que sería importante un control de calidad de estas harinas.

Abstract

We studied the nutritional value of 5 abundant raw materials in El Oro province, Ecuador, as new ingredients in shrimp feeding. Sources studied were chicken byproducts, moringa, yeast, shrimpmeal, fishmeal and banana meal byproducts. For each source raw protein, ethereal extract, raw fiber, ashes, nitrogen free extractable materials, fatty acid profile, aminoacid profile, and in vitro protein digestability. Results obtained indicate that shrimp meal and chicken byproducts show good qualities as alternate sources of protein for feeding shrimp, while moringa shows a more limited capacity for its inclusion in shrimp diets. The banana byproducts meal appears as a possible ingredient to be studied as a source of carbohydrates, while the artisanally produced fishmeal shows bad nutritional characteristics and therefore quality controls are needed.

Introducción

La producción de alimentos se ha identificado como uno de los factores que contribuyen a la ocupación de tierra, acidificación del suelo, cambio climático, consumo de energía y agua dulce (Mungkung et al. 2013). Las necesidades nutritivas en el cultivo de peces y crustáceos incluyen gran cantidad de proteína de alta calidad (Manzano-Agugliaro *et al.* 2012). Desde un punto de vista nutricional las fuentes de proteína usadas para la alimentación animal deben tener gran cantidad de proteína, un perfil de aminoácidos adecuado, alta digestibilidad, una buena palatabilidad y no deben contener factores anti nutricionales (Barrows *et al.* 2008). Las harinas de pescado y soja presentan buenas cualidades nutritivas y son las fuentes proteicas más usadas en la alimentación animal, sin embargo son dos productos que producen gran impacto ambiental.

La utilización masiva de harinas de origen vegetal conlleva numerosos problemas medioambientales como desforestación de áreas de importante valor biológico (Carvalho 1999, Osava 1999), alto consumo de agua (Steinfeld *et al.* 2006), utilización de pesticidas y fertilizantes (Carvalho 1999) y uso de variedades transgénicas (Garcia & Altieri 2005), en el caso de la soja. Por otra parte, la harina de pescado es un recurso extraíble que depende de la

pesca, y actualmente el deterioro del medio marino y agotamiento de los caladeros hace que sea un recurso económicamente y ambientalmente insostenible.

Esta situación revela la importancia de buscar nuevas fuentes renovables de proteína para la alimentación animal, especialmente para la acuicultura ya que los organismos acuáticos, como el camarón y los peces marinos, tienen altos requerimientos proteicos (Manzano-Agugliaro *et al.* 2012).

En la provincia de El Oro, la segunda fuente de ingresos es la producción de camarón, *Litopenaeus vannamei* Boone 1931, por lo tanto este problema se hace especialmente importante. El camarón es un producto de alto valor nutritivo y económico, de uso ampliamente extendido en mercados internacionales. Aproximadamente el 95% de la producción de camarón utiliza dietas con un contenido de harina de pescado entre el 25-50%, ya que es la fuente proteica con mejor valor nutritivo y se considera esencial para el cultivo de esta especie. Sin embargo, la harina de pescado es el ingrediente más caro de la dieta, lo que supone que los gastos de alimentación sean del 40-60% del capital circulante (Tan *et al.* 2005). Generalmente las dietas de camarón se suplementan con microalgas (Boonyaratpalin *et al.* 2001, Supamattaya *et al.* 2005, Ju *et al.* 2009), macroalgas (Yeh *et al.* 2006), probióticos (Ziaei-Nejad *et al.* 2006, Wang 2007, Yang *et al.* 2010), prebióticos (Zhang *et al.* 2012) y perifiton (Anand *et al.* 2013) con el objeto de mejorar el crecimiento, la respuesta inmunológica y la actividad de las enzimas digestivas, pero no como sustitutos de la harina de pescado.

Debido a su bajo precio numerosas fuentes de origen vegetal han sido evaluadas como: harina de soja (Lim & Dominy 1990, Piedad-Pascual *et al.* 1990, Tidwell *et al.* 1993, Sudaryono *et al.* 1995), extractos solubles de la harina de algodón (Lim 1996), harina de altramuza (Sudaryono *et al.* 1999), varias legumbres como caupí, frijol, mungo verde, (Eusebio 1991, Eusebio & Coloso, 1998), harina de hojas de papaya y de camote (Penaflorida 1995). Sin embargo, casi todas ellas resultan deficientes en aminoácidos esenciales (especialmente lisina y metionina), y además presentan factores anti nutricionales y poca digestibilidad, por lo que su inclusión en dietas para camarón resulta limitada.

Las fuentes de origen animal tales como la harina de huesos, subproductos de matadero de

pollos, harina de carne entre otros, tienen un nivel alto de proteínas (45-65% de proteína) y buena digestibilidad, además son una buena fuente de aminoácidos esenciales (Webster *et al.* 1992, Webster *et al.* 1995, Refstie *et al.* 1997, Refstie *et al.* 1998), sin embargo, su perfil lipídico no es adecuado para los organismos acuáticos.

Por otra parte, la sustitución de harina de pescado en dietas para *Litopenaeus vannamei* ha tenido un éxito relativo como lo sugiere Lim (1996) donde demuestra que el extracto de harina de algodón solo puede sustituir hasta el 40% de la harina de pescado en la dieta, niveles mayores afectan al crecimiento de los animales probablemente debido a la presencia de gosipol, aunque resultados similares se han obtenido con la sustitución de soja (Lim & Dominy 1990). Sin embargo, en condiciones de cultivo intensivo, Davis & Arnold (2000) demuestran que el 80% de la harina de pescado puede ser sustituida por una mezcla de harina de soja, harina de subproducto de aves y huevos sin que afecte al crecimiento del camarón. Samocha *et al.* (2004) logran un porcentaje de sustitución del 100% usando harina de subproductos de pollería con soja extrusionada; en camarón mantenido en condiciones de cultivo intensivas. Estos resultados indican que es posible la sustitución de la harina de pescado en porcentajes altos con una adecuada mezcla de fuentes proteicas.

En base a todo lo expuesto anteriormente, el objetivo de este trabajo es determinar el valor nutricional de varias materias primas económicamente y/o medioambientalmente rentables, que puedan ser incluidas en los balanceados para camarón. Para ello se ha analizado la composición proximal, perfil lipídico, aminoacídico y digestibilidad *in vitro* del subproducto de la harina de banano, subproducto de pollo, harina de camarón, levadura, hojas de moringa y harina de pescado artesanal.

Materiales y Métodos

Las harinas de subproducto de pollo (fundamentalmente piel y vísceras) y de moringa se obtuvieron por desecación en estufa a 50°C hasta peso constante. Una vez desecada la materia prima se tritura en un molinillo de aspas.

La levadura es de fuente comercial (levadura de panadero). Las harinas de camarón y pescado fueron suministradas por pequeños comercios de Machala (Ecuador) y son de producción artesanal. El subproducto de la harina de banano fue suministrado por la Facultad de Ciencias

Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala (Ecuador), como subproducto de la fabricación de harina de banano.

La composición proximal fue determinada de acuerdo al método descrito por Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). La materia seca fue determinada por gravimetría, después de secar la muestra a 105 ± 0.5 °C hasta peso constante. Las cenizas se determinaron por combustión de la muestra a 500°C en un horno mufla. El contenido de proteína se analizó como proteína cruda ($N \times 6.25$) por el método de Kjeldahl, y el contenido en lípidos por extracción con éter etílico (técnica de Soxhlet). Todos los análisis se realizaron por triplicado. Los materiales extractivos libres de nitrógeno (MELN) se determinaron por diferencia entre 100 y la sumatoria de los demás principios inmediatos

El perfil de aminoácidos de las diferentes harinas analizadas se realizó en el servicio de Química de Proteínas del Centro de Investigaciones Biológicas (CSIC, Madrid, España), siguiendo el método desarrollado por Spackman *et al.* (1958) vía flujo continuo de cromatografía (Biochrom 30 series). El triptófano y la cisteína no se detectan por este método. La asparaguina y glutámico son desaminados y detectados como ácido glutámico y aspártico respectivamente. Los análisis se realizaron por triplicado.

Para la determinación de los ácidos grasos, todas las muestras fueron trasmetiladas por el método descrito por Lepage y Roy (1984), con las modificaciones menores descritas por Venegas-Venegas *et al.* (2011): 1 ml del reactivo de trans-esterificación (metanol/cloruro de acetilo 20:1, v v⁻¹) se añadió a 50 mg de cada muestra. La fase de hexano se recolectó mediante cromatografía gas-liquido (GLC). Los análisis se realizaron por triplicado

Para el estudio de la digestibilidad de la proteína *in vitro* de las diferentes harinas, se cuantificó la liberación de aminoácidos durante la hidrólisis de la proteína por proteasas intestinales, según el método descrito por Church *et al.* (1983) modificado para camarón: se determinó a pH 7,5 y a 25°C de temperatura. La hidrólisis de la proteína se llevó a cabo adicionando 50 Unidades de actividad proteolítica y se expresa como gramos de aminoácidos liberados por 100 gramos de materia seca.

Las diferencias en digestibilidad al cabo de 120 min se compararon mediante una prueba “*t*” de Student, utilizando la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples.

Resultados

En la Tabla 1 se refleja la composición proximal de las harinas analizadas, expresada en materia seca. Como se observa, la mayor cantidad de cenizas corresponde a la harina de pescado y de camarón, con un 29,19% y un 23,26% respectivamente. El menor porcentaje corresponde a la harina de pollo (3,53%), subproducto de la harina de banano (4,13%) y levadura (6,76%). La moringa presenta un porcentaje de cenizas medio (12,25%). El mayor porcentaje de fibra bruta corresponde a la harina de pescado (26,31%), harina de camarón (12,56%), moringa (10,95%), y prácticamente nulo en la levadura y en la harina de pollo.

Los niveles mayores de extracto etéreo (36,96%) se han obtenido en la harina de pollo y es, dependiendo de las harinas, del orden de tres o cuatro veces mayor, mientras que en el subproducto de la harina de banano, el nivel de lípidos es prácticamente nulo.

En la harina de camarón, levadura y pollo, el porcentaje de proteína bruta supera el 50%, aproximadamente el doble de la concentración obtenida para la moringa, y cuádruple de lo obtenido en la harina de pescado, mientras que el subproducto de la harina de banano no superó el 6% de proteína bruta.

Respecto a las MELN, el banano mostró el porcentaje más elevado (88,76%), seguido de la moringa (41,08%), levadura y la harina de pescado (26,83 y 24,44% respectivamente). Los subproductos de pollo y la harina de camarón mostraron niveles inferiores al 3%.

El análisis de la composición de aminoácidos revela que la levadura y la harina de pollo tienen el mejor balance aminoacídico, seguido por la harina de moringa y pollo (Tabla 2). En cuanto al nivel de aminoácidos expresado en porcentaje de materia seca, los mejores porcentajes corresponden a la harina de camarón (21,02%) y pollo (32,08%) y especialmente bajo en banano (0,42%). Respecto al nivel de aminoácidos esenciales (Tabla 2), los valores mayores de treonina, valina, metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina, histidina, tirosina y arginina corresponden a la harina de pollo, seguida de harina de camarón. Las harinas de levadura, moringa, pescado y banano presentan niveles muy bajos de aminoácidos, aunque

en el caso de la moringa y levadura, está muy bien balanceada la proporción de aminoácidos esenciales y no esenciales.

Respecto a los ácidos grasos (Tabla 3), la levadura es la que presenta menor cantidad de ácidos grasos saturados (17,4%), seguida por la harina de camarón (24,5%), sin embargo, presenta la mayor cantidad de monosaturados (70,9%), seguida de la harina de pollo (50,9%) y camarón (34,0%), frente alrededor del 14% que presenta la harina de moringa y banano. Respecto a los ácidos grasos polinsaturados, hay que destacar el alto porcentaje que presenta la harina de camarón (40,5%), moringa (45,2%) y banano (50,5%), frente a la levadura y pollo. Si bien en los casos del banano y moringa, estos mayoritariamente corresponden a ácidos grasos de la serie n-6, mientras que en el camarón, el mayor porcentaje corresponde a la serie n-3. Respecto a la serie n-6, destaca el alto porcentaje de ácido linoleico (18:2n-6) obtenido en moringa (37,1%), seguido de harina de camarón y banano, ambas aproximadamente con un 21% del total de ácidos grasos analizados, frente al 13,4% obtenido en pollo, mientras que en levadura no se han detectado. El contenido en ácido linolénico (18:3n-3) solo se ha detectado en moringa y en camarón, en ambos casos en porcentaje muy bajo (1,1 y 0,6%, respectivamente), mientras que en harina de banano, pollo y levadura no se ha detectado. En general todas la harinas analizadas presenta un nivel bajo de ácido eicosapentanoico (EPA), presentando la harina de banano un porcentaje de 1,8 que es el mayor porcentaje obtenido de las harinas analizadas. Las harinas de camarón y pollo, junto con la levadura presentaron niveles bajos (0,7, 0,5 y 0,2% del total de ácidos analizados), siendo nulo el porcentaje obtenido en moringa. En el caso del ácido docosahexaenoico (DHA), el mayor porcentaje se obtiene en la harina de moringa (2,1%) frente al 0,5% obtenido en la harina de camarón, el 0,6% que presenta la harina de banano, el 0,8% de la levadura o el 1% de la harina de pollo.

La digestibilidad *in vitro* de la proteína se ha determinado con hepatopáncreas de camarón. Como se observa en la Figura 1, en los primeros 15 minutos de la reacción se produce la liberación de los aminoácidos y, prácticamente se estabiliza a los 30 minutos de reacción. En cuanto a la liberación de aminoácidos de la proteína a 120 minutos, todas las materias primas muestran diferencias significativas entre sí, siendo la proteína de la harina de camarón la más digerible, seguida por los subproductos del pollo > moringa > levadura > pescado > banano.

Discusión

La mayoría de los peces, especialmente los marinos, así como el camarón, requieren una cantidad importante de proteína en la dieta que, además, ha de ser de buena calidad. La harina de pescado, por su buena calidad nutritiva, es el componente mayor de los alimentos usados en acuicultura. Generalmente se añade a los balanceados utilizados en la alimentación animal para aumentar el crecimiento y mejorar la palatabilidad, así como la digestión y absorción de nutrientes (Mile & Chapman 2006). De hecho se calcula que aproximadamente el 30% del total de las capturas de peces se convierten en harina y aceite de pescado destinados a la alimentación animal (Ogunji *et al.* 2006). En búsqueda de materias primas para la formulación de piensos en acuicultura, la harina de pescado se establece como patrón, y se busca que los nuevos ingredientes tengan una composición comparable a la harina de pescado. En este trabajo se han analizado diferentes subproductos abundantes en la provincia de El Oro (Ecuador), como nuevos ingredientes en la alimentación de camarón, *Litopenaeus vannamei*, como: son la harina de camarón, la de moringa, la de subproductos del pollo, el subproducto de la harina de banano y, levadura, así como una harina de pescado de producción artesanal. Los resultados de la composición proximal muestran que tanto la harina de camarón, como la de residuos de pollería y la levadura, tienen un buen porcentaje de proteínas, aunque siempre inferior a las descritas para la harina de pescado, con un porcentaje medio del 67-73% (OESA 2009, Barroso *et al.* 2014). Llama la atención el contenido tan bajo de proteínas (13, 96%) que presenta la harina de pescado de fabricación artesanal, frente a los niveles estándar (67-73%) de las harinas comerciales (OESA 2009, Barroso *et al.* 2014). El perfil aminoacídico de la proteína es otro aspecto importante de la calidad de la proteína, el balance de aminoácidos esenciales y no esenciales es un criterio de calidad de la proteína. En el caso de las fuentes analizadas, son la harina de levadura, moringa y pollo las que presentan un balance mejor de aminoácidos esenciales/no esenciales. Sin embargo, en las dos primeras el nivel de aminoácidos en relación a la materia seca es realmente bajo. La harina de pollo, por el contrario, muestra un nivel aceptable de aminoácidos; de hecho, los subproductos de pollo por su composición nutritiva, se consideran un buen sustituto de la harina de pescado en dietas para camarón, con un elevado nivel de

proteína y perfil adecuado de aminoácidos (Cheng *et al.* 2002), esto permite un elevado grado de sustitución pero no permite una alta sustitución debido al bajo contenido en isoleucina, lisina, metionina y triptófano (Cheng *et al.* 2002). Según nuestros resultados, el nivel de estos aminoácidos es mayor en la harina de pollo que en la harina de pescado, si bien hay que considerar que esta harina al tener un nivel bajo de proteínas hace pensar que está adulterada, sospecha que además se confirma con los niveles de MELN, que según nuestros resultados suponen un 24% del total de componentes, mientras que en la harina de pescado de buena calidad estarían entre 0- 0,8% (OESA 2009, Barroso *et al.* 2014).

La moringa muestra un nivel de proteínas que coincide con lo descrito por otros autores, al igual como en lípidos y fibra (Richter *et al.* 2003). Sin embargo, en nuestro caso presenta un menor porcentaje de aminoácidos esenciales, muy por debajo de los requerimientos descritos para *Penaeus monodon* Fabricius, 1798 (Shiau 1998). No obstante, la existencia de fenoles, taninos, ácido fítico y saponinas, hacen que esta inclusión en dietas para peces a niveles superiores al 12% depriman el crecimiento y bajen los índices nutritivos (Richter *et al.* 2003).

Respecto a la levadura, el porcentaje de aminoácidos que presenta en función de la materia seca resulta muy bajo con respecto a la harina de pescado comercial (Richter *et al.* 2003, Barroso *et al.* 2014) y con los niveles obtenidos por otros autores (Ye *et al.* 2012). No obstante, el nivel de proteína bruta es alto lo que parece indicar que contenga una alta cantidad de nitrógeno por destrucción de la proteína. No hemos encontrado bibliografía que estudie el efecto de la sustitución de la harina de pescado solo por levadura sobre el crecimiento del camarón. Sin embargo, los datos obtenidos en *Salvelinus namaycush* Walbaum in Artedi, 1792. sustituyendo el 50% del nitrógeno dietario por *levadura*, no muestran diferencias significativas respecto a los alimentados con harina de pescado, solo en el caso de que la pared celular fuera rota mediante la exposición con solución salina (Rumsey *et al.* 1990).

El alto porcentaje de proteína de la harina de camarón indica que puede ser una buena fuente de proteína para el camarón, presentando valores mayores a los obtenidos por Ye *et al.* (2012). Sin embargo, el nivel de aminoácidos es menor que el obtenido por estos mismos autores, y en cualquier caso menores que los que presenta la harina de pescado de buena calidad (Ye *et al.* 2012) y más altos que los obtenidos en la harina de pescado artesanal

utilizada en este trabajo.

La harina de subproducto de la harina de banano presenta un porcentaje muy bajo de proteína por lo que difícilmente puede ser utilizada como fuente alternativa a la harina de pescado, además presenta un balance aminoacídico bajo, con una carencia total de aminoácidos azufrados. Sin embargo presenta una cantidad muy elevada de MELN (88,76%, Tabla 1), que *a priori* sería un buen sustituto de la fuente de hidratos de carbono, generalmente cereales.

Los lípidos también son un componente importante de los ingredientes utilizados en la alimentación del camarón, ya que proveen de ácidos grasos esenciales, HUFAS, colesterol y fosfolípidos. Sin embargo, el camarón no requiere niveles altos. En las dietas comerciales se recomienda incluir alrededor de un 6%-7,5 %, 10% como máximo de lípidos (Akiyama *et al.* 1991). La inclusión de la harina de pescado en la dieta aporta una cantidad de aceite de pescado que satisface las necesidades de ácidos grasos esenciales, especialmente los altamente insaturados (HUFAS), colesterol y fosfolípidos. La sustitución de la harina de pescado por otras fuentes proteicas disminuye el aporte de estos lípidos esenciales para el camarón, por lo que es importante determinar no solo el nivel de lípidos aportado por una nueva fuente proteica, si no también estudiar la calidad de los lípidos que la componen.

De las fuentes estudiadas, la harina de residuos de pollo es la que presenta un nivel mayor de lípidos (Tabla 3), lo que limitaría su nivel de inclusión. Excepto el subproducto de la harina de banano que presenta un porcentaje muy bajo (0,61%), en el resto de la fuentes determinadas el porcentaje de lípidos obtenidos varía entre 6,10-11,43% que serían niveles similares a los que presenta una harina de pescado comercial. Se ha demostrado que el camarón tiene una habilidad limitada de sintetizar *de novo* ácidos grasos de las series n-6 y n-3 incluidos los ácidos grasos poliinsaturados linoleico (18:2n-6) y linolénico (18:3n-3). Además, tienen poca capacidad de elongar y de saturar estos ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS) a ácidos grasos altamente insaturados (HUFAS) como el ácido araquidónico (20:4n-6), eicosapentaenoico (20:5n-3, EPA) y docosahexaenoico (22:6n-3, DHA) (Kanazawa *et al.* 1977, 1978, 1979 a y b; Kayama *et al.* 1980), por lo que se consideran ácidos grasos esenciales indispensables de aportar en la dieta. Los niveles de 18:3n-3 se han establecido en un contenido del 1% de la dieta en *Penaeus aztecus* Ives, 1891 (Shewbart &

Mies, 1973). Read (1981) encuentra que la adición de los ácidos grasos 18:2n-6 y 18:3n-3 en la dieta de *Penaeus indicus* Milne Edwards, 1837 mejora el crecimiento y la supervivencia. Guary *et al.* (1976) encuentran los mejores crecimientos en *Penaeus japonicus* Bate, 1888 con dietas con niveles altos de 18:3n-3 que con dietas con niveles altos de 18:2n-6. Fenucci *et al.* (1981) indican que la proporción adecuada es de 1,18 y 1,00 para ácidos grasos n3, y 1,00 para 18:2n-6 en *Penaeus stylirostris* Stimpson 1874

De estos ácidos grasos, el mayor porcentaje de 18:2n-6 aparece en la moringa, si bien el porcentaje es alto en todas las fuentes respecto a la harina de pescado comercial (1,1 del total de ácidos grasos (Barroso *et al.* 2014)), excepto para la levadura, en la que no se ha detectado. Sin embargo, el 18:3n-3 solo aparece en camarón y moringa y en proporciones bajas, o sea que la inclusión de cualquiera de estas fuentes tendría que ser completada con aceites ricos en ácidos grasos linoleico y linolénico.

Como era de esperar las concentraciones de HUFAS son bajas en todas las harinas analizadas, especialmente de EPA y DHA, siendo estos dos ácidos grasos definidos como esenciales para el género *Penaeus* (Kanazawa *et al.* 1977, 1978, 1979 a y b). Los requerimientos de los HUFAS n-3 parece se han establecido en 0,5% aunque podrían ser menores (González-Félix *et al.* 2002). La inclusión de harina de pescado en el balanceado cubre sobradamente las necesidades de estos ácidos grasos, sin embargo, cuando un alto porcentaje de esta es sustituida por otra fuente proteica pueden aparecer deficiencias de estos ácidos grasos. En las harinas analizadas, el porcentaje de estos ácidos grasos es bajo frente a la harina de pescado, por lo que su inclusión en la dieta deberá ser compensada con la adición de HUFAS.

La digestibilidad de la proteína es otro de las propiedades de la harina que debe ser considerada como criterio de calidad. En este trabajo se ha analizado la digestibilidad *in vitro* de la proteína, y muestra una alta digestibilidad para la harina de camarón y subproductos del pollo. Resultados similares obtienen Ye *et al.* (2012) cuando analizan la digestibilidad de la proteína *in vivo* de estas harinas. Sin embargo, estos mismos autores encuentran una digestibilidad similar para la levadura, mientras que nuestros resultados indican una digestibilidad de la proteína sensiblemente inferior a la harina de camarón y subproductos del pollo. No obstante, esta baja digestibilidad de la levadura coincide con los datos de digestibilidad *in vitro* de la proteína obtenidos por Lan & Pan (1993).

Se destaca la alta digestibilidad obtenida para la moringa. Los experimentos realizados alimentando tilapia con balanceados dónde se sustituye la harina de pescado por harina de hojas de moringa muestra que ésta, a niveles superiores del 12%, produce una disminución en el crecimiento de los animales (Richter *et al.* 2003). Estos autores lo atribuyen a un efecto del filtrado que reduce la digestibilidad de la proteína por formación de un complejo ácido fítico-proteína, lo que produce un daño en el ciego pilórico que deprime la absorción de nutrientes (Francis *et al.* 2001). Al determinar la digestibilidad de la proteína *in vitro* se evita el efecto que produce el ácido fítico sobre el ciego pilórico, esto pudiera ser la causa de obtener buena digestibilidad de la proteína en esta fuente.

La baja digestibilidad de la harina de pescado artesanal, así como la de banano, puede estar más relacionada con el bajo nivel de proteína y, con el hecho de que los datos estén expresados por 100g de materia seca que hace que se libere una baja cantidad de aminoácidos.

En resumen podemos decir que de las fuentes estudiadas, la harina de camarón y pollo presentan buenas cualidades como fuentes alternativas de proteína a la harina de pescado para la alimentación del camarón, mientras que la moringa presenta una capacidad más limitada para su inclusión en dietas para estos animales. Respecto a la harina de subproducto de la harina de banano, sería un posible ingrediente a estudiar como fuente de hidratos de carbono y por tanto sustituto de los cereales, con una posible ventaja económica por ser un subproducto de la fabricación de la harina de banano. Por último, destacar que la harina de pescado de producción artesanal muestra unas características nutricionales francamente malas por lo que sería importante un control de calidad de estas harinas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), Programa Prometeo (Ecuador).

Bibliografía

AOAC. 2000. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, AOAC International, Gaithersburg, USA.

Anand PSS, MPS Kohli, R Dam, S Sundaray, J K Kumar, S Sinha, A Pailan & GH Sukham. 2013. Effect of dietary supplementation of periphyton on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 392–395: 59–68

Barroso F G, C de Haro, M J Sánchez-Muros, E Venegas, A Martínez-Sánchez & C Pérez-Bañón. 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422–423: 193–201.

Barrows F T, D Bellis, A Krogdahl, J T Silverstein, E M Herman, W M Sealey, M B Rust & D M Gatlin III. 2008. Report of Plant Products in Aquafeeds Strategic Planning Workshop: An integrated interdisciplinary roadmap for increasing utilization of plant feedstuffs in diets for carnivorous fish. *Reviews in Fisheries Science* 16: 449-455.

Boonyaratpalin M, S Thongrod, K Supamattaya, G Britton & L E Schlipalius. 2001. Effects of β -carotene source, *Dunaliella salina*, and astaxanthin on pigmentation, growth, survival and health of *Penaeus monodon*. *Aquaculture Research* 32 : 182–190.

Carvalho R. 1999. A Amazônia rumo ao ‘ciclo da soja’. *Amazônia Papers* No. 2. São Paulo, Brazil: Programa Amazônia, Amigos da Terra: 8 pp. URL <http://www.amazonia.org.br>.

Cheng Z J, K C Behnke & Dominy W G 2002. Effects of Poultry By-Product Meal as a Substitute for Fish Meal in Diets on Growth and Body Composition of Juvenile Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Applied Aquaculture* 12 (1):71-83, DOI: 10.1300/J028v12n01_04.

Church F C, H E Swaisgood, D H Porter & Catignani G L 1983 Spectrophotometric assay using o-phthaldialdehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins. *Journal of Dairy Science* 66: 1219-1227.

Davis D A & C R Arnold. 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 185: 291– 298.

Eusebio P. 1991. Effect of dehulling on the nutritive value of some leguminous seeds as protein sources for tiger prawn, *Penaeus monodon*, juveniles. *Aquaculture* 99 : 297– 308.

Eusebio P & R M Coloso. 1998. Evaluation of leguminous seed meals and leaf meals as plant protein sources in diets for juvenile *Penaeus indicus*. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 50: 47–54.

FAO. 2012. Report of the sixth session of the Sub-Committee on Aquaculture, 26-30 March 2012. <http://www.fao.org/docrep/016/i2765t/i2765t.pdf> FAO, Cape Town, South Africa.

Fenucci J L, A L Lawrence & Z P Zein-Eldin. 1981. The effects of fatty acid and shrimp meal composition of prepared diets on growth of juvenile shrimp, *Penaeus stylirostris*. *Journal World Mariculture. Society* 12: 315-324.

Francis G, H P S Makkar & K Becker. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199 : 197–227.

Garcia M A, & M A Altieri. 2005. Bulletin of Science Technology Society August 25: 335-353. Transgenic Crops: Implications for Biodiversity and Sustainable Agriculture. Bulletin of Science, Technology & Society 25: 335-353.

González-Félix M. L & M Perez-Velazquez. 2002. Currentmstatus of lipid nutrition of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. In:Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.

Guary J C, M Kayama, Y Murakami & H J Ceccaldi. 1976. The effects of a fat-free diet and compounded diets supplemented with various oils on molt, growth and fatty acid composition of prawn, *Penaeus japonicus* Bate. Aquaculture 7: 245-254.

Ju, Z.Y, I P Forster & W G Dominy. 2009. Effects of supplementing two species of marine algae or their fractions to a formulated diet on growth, survival and composition of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture 292: 237–243.

Kanazawa A, S Teshima, M Endo & M Kayama. 1978. Effects of eicosapentaenoic acid on growth and fatty acid composition of the prawn, *Penaeus japonicus*. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ. 27: 35–40.

Kanazawa A, S Teshima, S Tokiwa & H J Ceccaldi. 1979a. Effects of dietary linoleic and linolenic acids on growth of prawn. Oceanol. Acta 2 (1) : 41–47.

Kanazawa A, S Tokiwa, S Kayama, M Hirata & M Hirata. 1977. Essential fatty acids in the diet of prawn: I. Effects of linoleic and linolenic acids on growth. Bulletin of Japan Society of Scientific Fisheries 43: 1111–1114

Kanazawa A, S Teshima, S Tokiwa, M Endo & F A Abdel Razek. 1979b. Effects of short-necked clam phospholipids on the growth of prawn. Bulletin of Japan Society of Scientific Fisheries 45: 961–965.

Kayama M, M Hirata, A Kanazawa, S Tokiwa, M Saito. 1980. Essential fatty acids in the diet of prawn-III. Lipid metabolism and fatty acid composition. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 46: 483-488

Lan C. C. & B S Pan. 1993. In-vitro digestibility simulating the proteolysis of freed protein in the midgut gland of grass shrimp (*Penaeus monodon*). Aquaculture 109: 59-70

Lepage G. & C C Roy. 1984 Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extraction or purification. The Journal of Lipid Research 25: 1391–1396.

Lim C. 1996. Substitution of cottonseed meal for marine animal protein in diets for *Penaeus vannamei*. Journal of the World Aquaculture Society 27: 402– 409.

Lim C. & W Dominy. 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 87: 53– 64.

Manzano-Agugliaro F, M J Sanchez-Muros, F G Barroso, A Martínez-Sánchez, S Rojo & C Pérez-Bañón. 2012. Insects for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16: 3744-3753

Mile RD. FA Chapman. 2006. The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets. The fish site.

Mungkung R, J Aubin, TH Prihadi, J Slembrouck, HMG Van der Werf, M Legendre. 2013. Life Cycle Assessment for environmentally sustainable aquaculture management: a case study of combined aquaculture systems for carp and tilapia. *Journal of Cleaner Production* 57: 249-256.

Penaflorida VD. 1995. Growth and survival of juvenile tiger shrimp fed diets where fish meal is partially replaced with papaya (*Carica papaya* L.) or camote (*Ipomea batatas* Lam.) leaf meal. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 47: 25–33.

Piedad-Pascual F. EM. Cruz, & A E.M., Sumalangcay Jr. 1990. Supplemental feeding of *Penaeus monodon* juveniles with diets containing various levels of defatted soybean meal. *Aquaculture* 89: 183– 191.

OESA. 2009. La nutrición y la alimentación en piscicultura. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Ed fundación OESA. Madrid España.

Ogunji JO, W Kloas, M. Wirth, C Schulz & Rennert, B., 2006. Housefly Maggot Meal (Magleal): An Emerging Substitute of Fishmeal in Tilapia Diets. Conference on International Agricultural Research for Development; Deutscher Tropentag, Bonn, Germany.

Osava M. 1999. ENVIRONMENT-BRAZIL: Soy Production Spreads, Threatens Amazon. <http://www.ipsnews.net/1999/09/environment-brazil-soyproduction-spreads-threatens-amazon/>, Inter Press Service

Read GHL. 1981. The response of *Penaeus indicus* (Crustacean : Penaeid) to purified and compounded field of varying fatty acid composition. *Aquaculture* 24: 245-256.

Refstie S, SJ Helland & T Storebakken. 1997. Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 153 : 263-272.

Refstie S, T Storebakken, AJ Roem. 1998. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens. *Aquaculture* 162: 301-312.

Richter N, P Siddhuraju , & Becker K. 2000. Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) *Aquaculture* 217: 599– 611.

Rumsey GL, SG Hughes & JL Kinsella. 1990. Use of Dietary Yeast *Saccharomyces cerevisiae* Nitrogen by Lake Trout. Journal of the World Aquaculture Society 21: 205–209. doi: 10.1111/j.1749-7345.1990.tb01024.x.

Samocha T, Davis DA, Saoud IP & DeBault K. 2004. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white

shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 231: 197–203

Shewbart KL & WL Mies. 1973. Studies on nutritional requirements of brown shrimp—the effect of linolenic acid on growth of *Penaeus aztecus*. Proceeding World Mariculture Society 4: 227–287.

Shiau SY. 1998. Nutrient requirements of penaeid shrimps. Aquaculture 164: 77–93.

Spackman DH, WS Stein. & S Moore. 1958 Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. Analytical Chemistry 30: 1990-1206.

Steinfeld H, P. Gerber, T Wassenaar, V Castel, M Rosales & CPRF Haan. 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/>. FAO, Rome, Italy.

Sudaryono A, E Tsvetnenko, J Hutabarat & A Supriharyono. 1999. Lupin ingredients in shrimp (*Penaeus monodon*) diets: influence of lupin species and types of meals. Aquaculture 17: 121–133.

Supamattaya K, S Kiriratnikom, M Boonyaratpalin & L Borowitzka 2005. Effect of a *Dunaliella* extract on growth performance, health condition, immune response and disease resistance in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). Aquaculture 248, 207–216.

Tan B, M Kangsen, Z Shixuan, Z. Qicun, L Lihe & Y Yu. 2005. Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Research 36: 439–444.

Tidwell JH, CD Webster, DH Yancey & LR D'Abramo. 1993. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and distillers' by-products in diets for pond culture of the freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Aquaculture 118: 119–130.

Venegas-Venegas E, MA Rincón-Cervera & JL Guil-Guerrero. 2011 Triarachidonoyl glycerol purification process. Journal of the American Oil Chemists' Society 88: 323-328.

Ye DJ, HX Lui, JH Kong, K Wang, YZ Sun, CX Zhang, SW Zhai & K Song. 2012. The evaluation of practical diet on a basis of digestible crude protein, lysine and methionine for *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Nutrition 18:651-661.

Yeh ST, CS Lee & JC Chen. 2006. Administration of hot-water extract of brown seaweed *Sargassum duplicatum* via immersion and injection enhances the immune resistance of white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Fish Shellfish Immunology 20: 332–345.

Yang SP, ZH Wu, JC Jian, & XZ Zhang. 2010. Effect of marine red yeast *Rhodospiridium paludigenum* on growth and antioxidant competence of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 309: 62–65.

Wang YB. 2007. Effect of probiotics on growth performance and digestive enzyme activity of the shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 269: 259–264.

Webster CD, LS Goodgame-Tiu & JH Tidwell. 1995. Total replacement of fish meal by soy bean meal, with various percentages of supplemental Lmethionine, in diets for blue catfish, *Ictalurus furcatus* (Lesueur). *Aquaculture Research* 26: 299-306.

Webster CD, DH Yancey & JH Tidwell. 1992. Effect of partially or totally replacing fish meal with soybean meal on growth of blue catfish (*Ictalurus furcatus*). *Aquaculture* 103: 141-152.

Ziaei-Nejad S, MH Rezaei, GA Takami, DL Lovett, AR Mirvaghefi & M Shakouri. 2006. The effect of *Bacillus* spp. bacteria used as probiotics on digestive enzyme activity, survival and growth in the Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus*. *Aquaculture* 252: 516–524.

Zhang J, Y Liu, L Tian, H Yang, G Liang & D Xu. 2012. Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth performance, gut morphology and stress tolerance of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish Shellfish Immunology* 33: 1027–1032.

Tabla1. Composicion proximal de la materias primas (expresado en gramos 100 g⁻¹ de materia seca). MELN (Materiales extractibles libres de Nitrógeno).

	Subproductos					
	amarón	moringa	levadura	pescado	banano	pollo
Cenizas	23,26	12,25	6,76	29,19	4,13	3,53
Fibra Bruta	12,56	10,95	0,04	26,31	0,63	0,00
Extracto Etereo	11,43	9,82	8,95	6,10	0,61	36,96
Protenia Bruta	50,34	25,89	57,42	13,96	5,87	56,57
MELN	2,42	41,08	26,83	24,44	88,76	2,94
Humedad	8,98	6,12	69,82	7,96	13,95	27,41

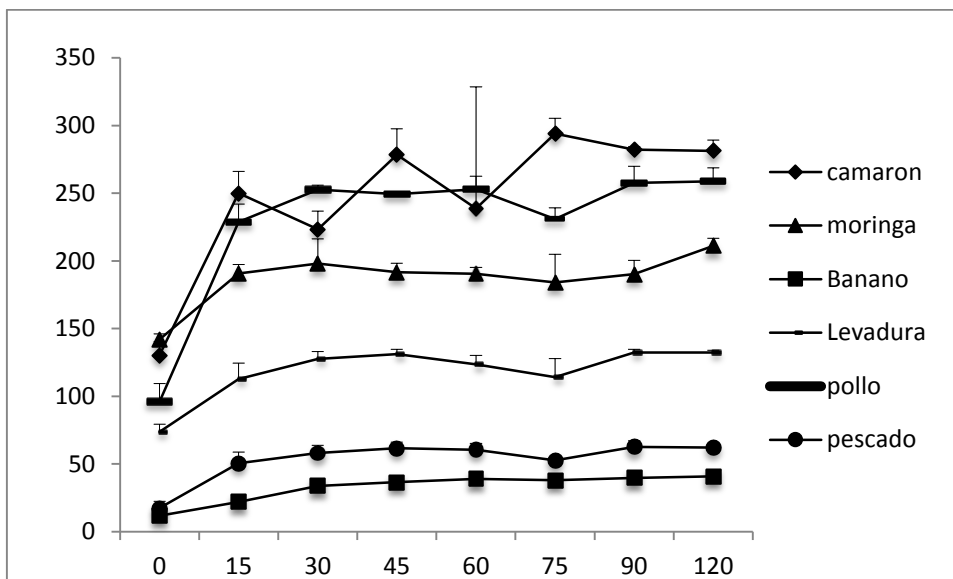
Tabla 2. . Composicion de aminoácidos expresados como g100 g⁻¹ de materia seca.
AAE/AANE balance de aminoácidos esenciales/ aminoácidos no esenciales. Los valores son media de tres réplicas.

	Subproducto					
	camarón	moringa	levadura	pescado	banano	pollo
Asp	2,44	0,86	0,12	0,18	0,09	2,68
Thr	0,57	0,24	0,06	0,04	0,01	0,94
Ser	1,05	0,41	0,03	0,07	0,02	1,33
Glu	2,38	0,83	0,12	0,21	0,05	3,62
Gly	1,45	0,61	0,06	0,18	0,03	2,24
Ala	1,50	0,69	0,09	0,18	0,04	2,21
Cys	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Val	0,74	0,35	0,07	0,07	0,02	1,15
Met	0,27	0,09	0,01	0,01	0,00	0,71
Ile	0,45	0,22	0,06	0,03	0,01	0,76
Leu	1,07	0,54	0,09	0,06	0,01	1,85
Nleu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tyr	0,36	0,13	0,03	0,01	0,00	0,72
Phe	0,80	0,40	0,05	0,04	0,01	1,02
His	0,37	0,14	0,03	0,02	0,03	0,54
Lys	1,00	0,26	0,11	0,08	0,02	1,97
Arg	1,03	0,24	0,05	0,02	0,00	1,32
Pro	0,90	0,37	0,05	0,08	0,01	1,33
AAE/AANE	0,39	0,50	0,60	0,27	0,32	0,46

Tabla 3. .- Perfil de ácidos grasos de las materias primas expresado en porcentaje del total de ácidos grasos. Los valores son media de tres réplicas.

Ácidos grasos	Subproductos				
	Camarón	Moringa	Banano	Levadura	Pollo
12:0	nd	2,9	1,1	nd	0,3
14:0	1,0	2,3	0,6	0,5	1,2
15:0	2,9	1,4	2,1	0,7	0,2
16:0	19,6	27,2	27,5	11,9	26,0
16:1n7	2,2	5,4	4,0	38,6	6,2
18:0	1,0	3,8	1,4	4,3	2,4
18:1n9	7,4	2,7	3,0	32,0	44,2
18:1n7	21,7	5,6	5,8	nd	nd
18:2n6	21,2	37,1	21,3	nd	13,4
18:3n6	0,9	nd	6,5	nd	0,4
18:3n3	0,6	1,1	nd	nd	nd
18:4n3	0,9	nd	0,7	nd	0,3
20:1n9	2,7	nd	0,6	nd	0,5
20:4n6	2,7	nd	nd	nd	2,1
20:4n3	5,3	nd	nd	nd	nd
20:5n3	0,7	nd	1,8	0,2	0,5
22:1n11	nd	1,0	0,6	0,3	nd
22:4n6	0,5	nd	1,3	0,6	0,4
22:5n6	0,8	4,9	14,7	6,7	0,3
22:5n3	6,4	nd	3,6	2,4	0,3
22:6n3	0,5	2,1	0,6	0,8	1,0
Otros	1,1	2,6	2,6	1,1	0,6
saturados	24,5	37,6	32,7	17,4	30,1
monosaturados	34,0	14,7	14,0	70,9	50,9
poliinsaturados	40,5	45,2	50,5	10,7	18,7

n-6	26,1	42,0	43,8	7,3	16,6
n-3	14,4	3,2	6,7	3,4	2,1
% de aceite	8,6	3,7	0,7	5,3	37,6



	B	C	L	M	Pe
C	3.0e-11				
L	1.7e-07	1.4e-09			
M	3.8e-10	2.0e-06	2.5e-07		
Pe	0.043	3.0e-11	7.3e-07	4.7e-10	
Po	3.2e-11	0.029	2.3e-09	2.7e-05	2.9e-11

Valores de p ajustados por el método de Bonferroni

Figura 1. Curva de digestibilidad de la proteína en función del tiempo. Los valores son media de tres réplicas

ANEXO 4. Carta de conformidad Universidad Técnica de Machala



Machala, 10 de marzo de 2015

Señor
Cristian Coronel Zúñiga
Gerente Programa Prometeo
SENESCYT
Ciudad

En referencia a la vinculación del Dr. Jeremy James Mendoza como Prometeo para el periodo del 17/02/2014 al 16/02/2015 en el proyecto de trabajo denominado Evaluación de la Pesquería de concha Prieta (*Anadara tuberculosa*) y concha mica (*Anadara similis*) en la Provincia de El Oro, Ecuador, me permito informar lo siguiente:

- a. El Dr. Jeremy James Mendoza ha venido desempeñándose como Investigador I y ha completado las actividades descritas a continuación**

Componente	Actividad
INVESTIGACIÓN	Muestreos de campo quincenales de la pesquería de conchas en los principales puertos de la región: Puerto Bolívar, Puerto Hualtaco y Puerto Jelí, para obtener información de desembarques y muestras biológicas de los organismos. Trabajo de laboratorio para análisis de muestras de conchas para estudios de biometría y reproducción. Análisis y modelación estadística de los datos obtenidos. Evaluación de la pesquería de concha prieta.
	El Dr. Mendoza colaboró estrechamente con su contraparte institucional, Ing. Mauricio Yánez,

CAPACITACIÓN CIENTÍFICA EN EL ÁREA PERTINENTE A SU ESPECIALIDAD (Teórico y formativo)	tanto en el campo como en el laboratorio, lo cual permitió aumentar las capacidades institucionales en esta materia. Por otro lado, el Dr. Mendoza impartió un curso de modelación estadística (40 horas) al personal docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.
ASESORIA EN LA ELABORACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS	El Dr. Mendoza estableció contactos con el Instituto Nacional de Pesca, en lo referente al monitoreo y evaluación de la pesquería de conchas en la Provincia de El Oro. La información generada por la investigación del Dr. Mendoza es muy útil para el manejo de la pesquería de conchas en la provincia.
DOCENCIA	Atendiendo a una solicitud del Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, el Dr. Mendoza impartió el curso “Pesquerías y sistemas de pesca” (48 horas) a los estudiantes del 9 ciclo de la carrera de ingeniería en acuicultura durante el primer semestre del año lectivo 2014-2015.
ASESORÍA Y DISEÑO DE PROGRAMAS DE POSTGRADO	Originalmente, estaba previsto que el Dr. Mendoza ayudará en el diseño de programas de postgrado en el área de recursos naturales. Sin embargo, el cambio de calificación de la universidad, antes de hacerse efectiva su vinculación, no permitió que se desarrollará este componente.
GESTIÓN DE RECURSOS NACIONALES E INTERNACIONALES	NA
RELACIONAMIENTO ESTRATÉGICO INTERINSTITUCIONAL A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL	Como ya se mencionó el Dr. Mendoza estableció contactos con el INP en materia de evaluación de pesquerías de conchas en El Oro. Por otra parte, el Dr. Mendoza fue miembro del Comité Organizador del VII FIRMA, realizado en nuestra universidad del 18 al 21 de Noviembre de 2014. En el desarrollo de su investigación el Dr. Mendoza trabajó en relación con las asociaciones de pescadores agrupadas en la Unión de Organizaciones de Productores Pesqueros de El Oro (UOPPAO).

b. La experiencia obtenida en la institución (Incluir un breve detalle)



La Universidad Técnica de Machala mantiene relaciones y convenios con las asociaciones de pescadores de la Provincia de El Oro y se han estudiado, a través de tesis de grado, algunos aspectos biológicos de los recursos pesqueros. Sin embargo, según lo manifestado por el Dr. Mendoza, no había experiencia y formación suficientes en el área de evaluación de recursos pesqueros.

c. Capacidades adquiridas en la institución (Incluir un breve detalle)

Se obtuvieron capacidades en monitoreo, análisis y evaluación de pesquerías y el Dr. Mendoza está dispuesto a seguir colaborando con la institución en esta área. Por otro lado, el Dr. Mendoza capacitó a un grupo de 18 docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, a través de un curso de modelación estadística.

d. Dificultades percibidas (Incluir un breve detalle)

El Dr. Mendoza tuvo pocos requerimientos de materiales y equipos durante el desarrollo de la investigación. Sin embargo, por estar la universidad en período vacacional, el comienzo de los análisis de muestras en laboratorio tardó algunas semanas y hubo una acumulación de trabajo que afortunadamente pudo solventarse. Por otro lado, el Dr. Mendoza manifestó que la demora en los trámites burocráticos para aprobar el curso de modelación estadística retrasó el inicio del mismo, e impidieron que el curso fuera impartido a un mayor número de docentes.

e. Detalle de insumos adquiridos por el Prometeo en beneficio y custodia de la institución

Cantidad	Detalle del insumo	Persona o área asignada al cuidado de los insumos
	NA	
	NA	
	NA	
	NA	



Pongo en conocimiento que los insumos adquiridos por medio de los fondos asignados al Dr. Jeremy James Mendoza durante su vinculación como Prometeo, quedan bajo el cuidado y responsabilidad de nuestra institución.

f. Recomendaciones (Incluir un breve detalle)

Según las recomendaciones del Dr. Mendoza, es necesario coordinar con las autoridades universitarias mecanismos para que los laboratorios estén disponibles durante todo el año, y agilizar los trámites burocráticos para la organización de cursos de capacitación.

Al finalizar el periodo de vinculación del Dr. Jeremy James Mendoza, manifestamos nuestra conformidad con los resultados y productos presentados en el informe final suscrito por el mismo.

Atentamente,

Favián Maza Valle
Director de Planificación-UTMach
Contraparte oficial de la Institución de Acogida. (Firma)