



Status of the American oyster *Crassostrea virginica* (Mollusca: Ostreidae) resource in Cauto river, Cuba

Estado del recurso ostra Americana *Crassostrea virginica* (Mollusca: Ostreidae) en el río Cauto, Cuba

Betanzos-Vega, A.¹, Mazón-Suástegui, J. M.^{2*}, Puga Millán, R.¹, Avilés-Quevedo, M. A.³, Formoso García, M.¹.

¹Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP). Calle 246 No. 503 entre 5ta. Avenida y Mar, reparto Barlovento, Municipio Playa. La Habana, Cuba, C. P. 19100.

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR). Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, B.C.S. México. C. P. 23096.

³Investigador Independiente, Bahía Concepción 116, Fracc. Sudcalifornia, La Paz, Baja California Sur, México. C. P. 23080.

ABSTRACT

The phenotypic identification of *Crassostrea virginica*, Gmelin (1791), as a natural resource in the Cauto River, Cuba, occurs in 2016. The species is part of the commercial catch in the southeastern region of Cuba since 2007. Fishing is free, without reproductive prohibition regulations and the same legal minimum catch size (40 mm) of mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae*, Guilding (1828) is applied. The production of both species is not differentiated in the fisheries statistics of Cuba. This makes it difficult to evaluate and manage the entire oyster resource, so it was a first stock assessment and fishery production of *C. virginica* in the Cauto River. The annual total catch data 2010-2015 were obtained from fishing companies and population sampling and exploration was carried out, determining the total area of banks, the abundance of oysters in number and weight, and the mean population size. The population mean size decreased from 68.30 ± 18.22 mm in 2011 to 42.6 ± 11.70 mm in 2014, and abundance was significantly reduced in 2013 and 2014 compared to 2011 and 2012, with signs of exhaustion in the population, which needed a catching total banning. As a result of this administrative strategy, a population

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: August 14th 2017.

Accepted/Aceptado: December 4th 2017.

Available on line/Publicado: September 20th 2018.

RESUMEN

La identificación fenotípica de *Crassostrea virginica*, Gmelin (1791), como recurso natural en el río Cauto, Cuba, ocurre en 2016. La especie forma parte de la captura comercial en la región sudoriental de Cuba desde 2007. La pesca es libre, sin regulaciones por veda reproductiva y se aplica el mismo tamaño legal mínimo de captura (40 mm) establecido en Cuba para la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae*, aplicado por Guilding (1828). La producción de ambas especies no se diferencia en las estadísticas pesqueras de Cuba. Esto hace difícil evaluar y manejar todo el recurso ostrícola, por lo que se hizo una primera evaluación de la población y de la pesquería de *C. virginica* en el río Cauto. Los datos anuales de captura 2010-2015 se obtuvieron de las empresas pesqueras y se realizó muestreo y exploración de la población, determinando el área total del banco, la abundancia de ostras en número y peso, y el tamaño medio de la población. La talla media poblacional disminuyó de 68.30 ± 18.22 mm en 2011 a 42.6 ± 11.70 mm en 2014, y la abundancia se redujo significativamente en 2013 y 2014 en comparación con 2011 y 2012, con indicios de agotamiento en la población, lo que hizo necesaria una veda total de captura. Como resultado de esta estrategia administrativa, un muestreo poblacional en diciembre de 2016 indicó un ligero aumento en la abundancia y talla, pero sin alcanzar niveles de abundancia para una captura máxima sostenible. Se proponen medidas regulatorias para el manejo de la pesquería de *C. virginica* en Cuba.

*Corresponding Author:

José Manuel Mazón-Suástegui, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR). Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, C. P. 23096, La Paz, Baja California Sur, México. Phone: +52(612) 123 8417. E-mail.: jmazon04@cibnor.mx

indicated a slight increase in abundance and size but did not reach levels of abundance for a maximum sustainable catch. Regulatory measures for the management of the *C. virginica* fishery in Cuba are proposed.

KEY WORDS

Fishery; bivalves; oysters; Caribbean islands.

Introduction

The Caribbean oyster or mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), was considered for a long time the only oyster native to the insular Caribbean (Jory and Iversen, 1985; Creswell, 2011). The oyster production in Cuba exceeded 3,000 t during the seventies, with contributions of aquaculture of up to 50 % (Frias and Rodríguez, 1991). Nevertheless, during the last decade, the national production has been lower than 1,500 t yearly and a fraction lower than 20 % comes from oyster farming. The mangrove oyster *C. rhizophorae* in Cuba shows a reduction in its abundance and growth in some natural zones, due to the river damming and reduction in the levels of primary productivity (Mazón-Suástegui *et al.*, 2007).

Although American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) had been reported towards the south central of Cuba, micro-located in a specific area of the Cienfuegos bay (Fernández-Milera and Argüelles, 1978), this species had not been part of the commercial catching. In 2007 natural oyster banks were discovered in subtidal habitat of the Cauto river, southeastern region of Cuba, and later, in 2012, in the basin of the river Cuyaguaje on the southwest of Cuba, although at a lower scale. The species discovered on the Cauto river was named by the fishermen "ostra de fondo" (bottom oyster), and recently identified phenotypically as American oyster *C. virginica* and registered as a natural resource in commercial use (Betanzos-Vega *et al.*, 2016).

The American oyster (*C. virginica*) which is making subtidal natural banks in the Cauto river, presents the largest medium size, total weight and efficiency in meat (%) than the mangrove oyster (*C. rhizophorae*) which inhabits in an inter-tidal environment. Therefore, *C. virginica* is considered an emerging species for aquaculture in Cuba and the insular Caribbean (Betanzos-Vega *et al.*, 2016). In Cuba, the fishing zones are assigned for their use to state companies,

PALABRAS CLAVE

Pesquería; bivalvos; ostras; Caribe insular.

Introducción

La ostra del Caribe u ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), fue considerada por muchos años como la única ostra nativa del Caribe insular (Jory y Iversen, 1985; Creswell, 2011). La producción ostrícola en Cuba superó las 3,000 t durante la década de los setenta, con aportes por acuicultura de hasta el 50 % (Frias y Rodríguez, 1991). No obstante, durante la última década, la producción nacional ha sido inferior a 1,500 t anuales y una fracción menor al 20 % proviene de la ostricultura. La ostra de mangle *C. rhizophorae* presenta en Cuba una reducción en su abundancia y crecimiento en algunas zonas naturales, debido al represamiento de los ríos y reducción en los niveles de productividad primaria (Mazón-Suástegui *et al.*, 2007).

Aunque la ostra Americana *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) se había reportado para al centro sur de Cuba, micro-localizada en un área específica de la bahía de Cienfuegos (Fernández-Milera y Argüelles, 1978), esta especie no había formado parte de la captura comercial. En 2007 se descubrieron bancos ostrícolas naturales en hábitat submareal en el río Cauto, región suroriental de Cuba, y posteriormente en 2012, en la cuenca del río Cuyaguaje al suroccidente de Cuba, aunque en menor magnitud. La especie descubierta en el río Cauto fue denominada por los pescadores "ostra de fondo", y recientemente fue identificada fenotípicamente como la ostra Americana *C. virginica* y registrada como recurso natural en explotación comercial (Betanzos-Vega *et al.*, 2016).

La ostra Americana (*C. virginica*) que se encuentra formando bancos naturales submareales en el río Cauto, presenta mayor talla media, peso total y rendimiento en carne (%) que la ostra de mangle (*C. rhizophorae*) que habita en ambiente inter-mareal. Es por ello que *C. virginica* se considera una especie emergente para la acuicultura en Cuba y en el Caribe insular (Betanzos-Vega *et al.*, 2016). En Cuba, las zonas de pesca están asignadas para su explotación a empresas del estado, según ordenación territorial (DRP/MIP, 1989), con cuotas permisibles y vedas específicas, acordes a los recursos pesqueros disponibles, y esto incluye a los bancos naturales de

according to spatial planning (DRP/MIP, 1989), with permissible fees and specific closed seasons, according to the available fishing resources, and this includes the banks of natural mangrove oyster *C. rhizophorae*. The extraction of *C. virginica* in the Cauto river is performed with the participation of various fishing companies located in the southeast region of Cuba, with unrestricted access to that natural resource, due to the lack of regulations regarding specific spatial planning for American oyster.

Currently, the oyster catching is not distinguished by species in the national statistics of Cuba (ONEI, 2015), because the involved companies extract concurrently mangrove and bottom oyster, and register the catching as "oyster", without further detail or specification. The plans or fees of annual catching are established in a general way for the resource "oyster", without distinguishing a species from another, applying the minimum legal size (40 mm) established for the mangrove oyster *C. rhizophorae* (Resolution MINAL No. 126, 2009) issued by the direction of Science and Fishing Regulations of the Ministry of Food Industry of Cuba.

Since February 2014, a drastic decrease in oyster production of the Cauto river occurred. Applying a precautionary focus, the companies and authorities of the Fishing Regulations Direction agreed on a local catching moratorium specifically for *C. virginica*, from September 2014 to December 2016. The purpose of this work is to establish scientific basis for the rational exploitation of *C. virginica*, performing a first evaluation of the natural bank and the status of the resource in the Cauto river, and to propose measures for its protection and sustainable fishing management.

Materials and Methods

Field of study

The Cauto river is the largest of Cuba and its bed extends for 343 km, with a maximum width of 175 m towards its delta. It flows into the northeast of the southeastern platform of Cuba (20°32.922'N - 077°14.726'W), in the Gulf of Guacanayabo (Figure 1). Since 1967 the damming of this and other subordinate rivers has increased, decreasing from 50 to 70 % the contribution of sweet water to the coastal area (Baisre and Arbolea, 2006). This has produced a progressive increase of salinity, incorporating marine and salty characteristics in the zones of the Cauto river beyond 30 km from its estuary; spreading the mangrove and American oyster banks by effects of salinity (Betanzos-

ostra de mangle *C. rhizophorae*. La extracción de *C. virginica* en el río Cauto se lleva a cabo con la participación de varias empresas pesqueras localizadas en la región suroriental de Cuba, con acceso libre a ese recurso natural, debido a la ausencia de regulaciones relativas a ordenación territorial, específicas para la ostra Americana.

A la fecha, la captura de ostras no es diferenciada por especie en las estadísticas nacionales de Cuba (ONEI, 2015), debido a que las empresas implicadas extraen paralelamente ostra de mangle y de fondo, y registran la captura como "osti6n", sin mayor detalle o especificaci6n. Los planes o cuotas de captura anual, se establecen de forma general para el recurso "osti6n" sin distinguir una especie de la otra, aplicando la talla m6nima legal (40 mm) establecida para la ostra de mangle *C. rhizophorae* (Resoluci6n MINAL No. 126, 2009) emitida por la direcci6n de Ciencia y Regulaciones Pesqueras del Ministerio de la Industria Alimentaria de Cuba.

Desde febrero de 2014, ocurri6 una disminuci6n dr6stica en la producci6n ostr6cola del r6o Cauto. Aplicando un enfoque precautorio, las empresas y autoridades de la Direcci6n de Regulaciones Pesqueras acordaron una moratoria local de captura espec6fica para *C. virginica*, de septiembre de 2014 a diciembre de 2016. El objetivo del presente trabajo es establecer bases cient6ficas para la explotaci6n racional de *C. virginica*, realizando una primera evaluaci6n del banco natural y del estado actual del recurso en el r6o Cauto, y proponer medidas para su protecci6n y manejo pesquero sostenible.

Materiales y M6todos

6rea de estudio

El r6o Cauto es el m6s caudaloso de Cuba y su cauce se extiende por 343 km, con anchura m6xima de 175 m hacia el delta. Desemboca al noreste de la plataforma suroriental de Cuba (20°32.922'N - 077°14.726'W), en el Golfo de Guacanayabo (Figura 1). A partir de 1967 se ha incrementado el represamiento de este y de otros r6os tributarios, disminuyendo del 50 al 70 % el aporte de aguas dulces a la zona costera (Baisre y Arbolea, 2006). Esto ha generado un incremento progresivo de la salinidad, incorporando caracter6sticas marinas y salobres en zonas del r6o Cauto m6s all6 de 30 km arriba de la desembocadura; distribuy6ndose los bancos de la ostra de mangle y de la ostra Americana en funci6n de la salinidad (Betanzos-

Vega *et al.*, 2016). The spreading of *C. virginica* occurs intermittently in nine sites, from the area known as El Desvío (20°34.357'N - 077°08.283'W) up to the zone of La Punta (20°37.824'N - 077°02.515'W) (Betanzos-Vega *et al.*, 2016) (Figure 1).

Extraction process

For the analysis of the extraction process of *C. virginica* in the Cauto river, fishing zones and facilities of the companies located in the ports of Gulf of Guacayanabo: Manzanillo and Niquero (Granma province), and Guayabal (Las Tunas) were visited. The oyster activity on the basin of Cauto (river and adjacent lagoons), is directed to the mangrove oyster and is land responsibility of the fishing company of Manzanillo, with unrestricted access to "bottom oyster". Only this company has a record of the unloading of each species since 2010. To determine the catching of this species by the other companies, it was necessary to analyze the monthly operation data by each ship and fishing zones. Finally, the catching of *C. virginica* was registered according to the volume of oyster in the Shell, delivered by all the ships that operated in the zone of the Cauto river during the term of 2010-2015.

To evaluate the fishing it was not possible to obtain specific information about fishing effort (days/fishing) and

Vega *et al.*, 2016). La distribución de *C. virginica* ocurre de forma intermitentemente en nueve sitios, desde la zona conocida como el Desvío (20°34.357'N - 077°08.283'W) hasta la zona de La Punta (20°37.824'N - 077°02.515'W) (Betanzos-Vega *et al.*, 2016) (Figura 1).

Actividad extractiva

Para el análisis de la actividad extractiva de *C. virginica* en el río Cauto se visitaron instalaciones y zonas de pesca de las empresas pesqueras localizadas en los puertos del Golfo de Guacayanabo: Manzanillo y Niquero (provincia Granma), y Guayabal (Las Tunas). La actividad ostrícola en la cuenca del Cauto (río y lagunas adyacentes), está dirigida a la ostra de mangle y es responsabilidad territorial de la empresa pesquera de Manzanillo, con libre acceso a la "ostra de fondo". Únicamente esta empresa lleva un registro de los desembarques por especie desde 2010. Para determinar la captura de esta especie por las otras empresas, fue necesario analizar los datos mensuales de operación por barco y zonas de pesca. Finalmente, se registró la captura de *C. virginica* según volumen de ostra en concha entregado por todos los barcos que operaron en la zona del río Cauto, durante el periodo 2010-2015.

Para evaluar la pesquería no fue posible disponer de información específica sobre esfuerzo pesquero (días/

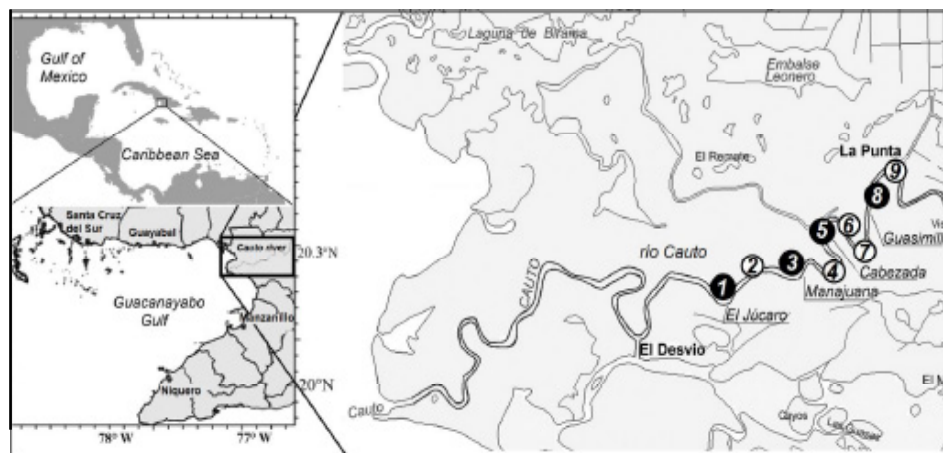


Figure 1. Study area where the natural bank of *C. virginica* is located in the Cauto river, fragmented into nine enumerated zones, framed in black circles and with the name of each locality the four selected zones for annual monitoring purposes.

Figura 1. Área de estudio donde se localiza el banco natural de *C. virginica* en el río Cauto, fragmentado en nueve zonas enumeradas, enmarcadas en círculos negros y con el nombre de cada localidad las cuatro zonas que fueron seleccionadas para el monitoreo anual.

other fishing variables, due to the differences between companies about their records of fishermen per ship and effective time of fishing, considering different navigated distances from their base to the fishing zones and back to dock with the product. The relative data to fishing turned out insufficient to apply traditional models of fishing evaluation. For this reason, to determine the current state of the resource *C. virginica* of the Cauto river, some points of population reference were used (Smith *et al.*, 1993; Cadima, 2003), obtained from samples made in November 2011, 2012, 2014 and in December 2013 and 2016; months in which the goals or catching fees for the next year are planned.

Population parameters

For the study of the population parameters, in November 2011, a research in the Cauto river was made from the access canal (Desvío), until the "La Punta" zone (18 km) (Figure 1), covering a total area of 0.360 km². Explorations were made on both edges of the river, on a parallel border to each edge (0.50 m average depth), until the border of the river's drop-off (average depth of 2.3 m), at an average distance (width) of 10 m from each littoral. Nine sites with conglomerations of *C. virginica* were counted (Figure 1). Based on the experiences and criteria of oyster fishermen and local shore population, it was known that, due to the extension and fragmentation of the bank, there are exploitation and low exploitation zones, and it was considered that both could offer different information but complementary about this resource. Applying this criterion, four zones with oyster banks were chosen (Figure 1) meaningful to carry on an annual monitoring: El Júcaro (zone 1) and Manajuana (zone 3), which are being exploited, Cabezada (zone 5) and Guasimilla (zone 8) which register very little extraction activity.

To know the total dimension of the ship, supported by a GPS Garmin 48 of 12 channels and the software MapInfo version 8, the area (km²) of each of the nine zones with *C. virginica* presence was determined (Figure 1, Table 1). The total area of the natural bank was estimated in 0.145 km².

The abundance of *C. virginica* was determined using the sampling method based on quadrants (Weinberg, 1981; Solano, 1995). To determine the number of oysters/m² (N/m²), a square iron frame (1 m²) was used, it was randomly thrown five times over the oyster bank to manually collect through free diving,

pesca) y otras variables pesqueras, debido a diferencias entre empresas sobre sus registros de número de pescadores por barco y tiempo efectivo de pesca, considerando diferentes distancias recorridas desde su base a las zonas de pesca y regreso para arribar el producto. Los datos relativos a la pesquería resultaron insuficientes para aplicar modelos tradicionales de evaluación pesquera. Por esta razón, para determinar el estado actual del recurso *C. virginica* del río Cauto, se utilizaron algunos puntos de referencia poblacionales (Smith *et al.*, 1993; Cadima, 2003), obtenidos de muestreos realizados en noviembre de 2011, 2012, 2014 y en diciembre de 2013 y 2016; meses en que se planifican las metas o cuotas de captura para el año siguiente.

Parámetros poblacionales

Para el estudio de los parámetros poblacionales, en noviembre de 2011, se realizó una prospección en el río Cauto, desde el canal de acceso (Desvío), hasta la zona de "La Punta" (18 km) (Figura 1), cubriendo un área total de 0.360 km². Se efectuaron exploraciones en ambas márgenes del río, en una franja paralela a cada orilla (0.50 m de profundidad media), hasta el borde del talud del río (profundidad media de 2.3 m), a una distancia (anchura) promedio de 10 m desde cada litoral. Se contabilizaron nueve sitios con conglomerados de *C. virginica* (Figura 1). Con base en la experiencia y el criterio de los pescadores de ostras y de la población ribereña local, se conoció que, debido a la extensión y fragmentación del banco, existen zonas en explotación y zonas casi sin explotación, y se consideró que ambas podrían ofrecer información diferente pero complementaria sobre este recurso. Aplicando ese criterio, se seleccionaron cuatro zonas con agregaciones de ostras (Figura 1) representativas para llevar a cabo un monitoreo anual: El Júcaro (zona 1) y Manajuana (zona 3), que están siendo explotados, Cabezada (zona 5) y Guasimilla (zona 8) que registran muy poca actividad extractiva.

Para conocer la dimensión total del banco, con apoyo de un GPS Garmin 48 de 12 canales y el programa MapInfo versión 8, se determinó el área (km²) de cada una de las nueve zonas con presencia de *C. virginica* (Figura 1, Tabla 1). El área total del banco natural se estimó en 0.145 km².

Se determinó la abundancia de *C. virginica* utilizando el método de muestreo basado en cuadrantes (Weinberg, 1981; Solano, 1995). Para determinar número de ostras/m² (N/m²), se utilizó un marco cuadrado de acero (1 m²), que fue lanzado aleatoriamente cinco veces sobre el banco

Table 1.
Geographical localization of the center each oyster zone of *C. virginica*, including area of bank (km²) and distance (nautical miles) between sites.

Tabla 1.
Localización geográfica al centro de cada zona ostrícola de *C. virginica*, incluyendo área del banco (km²) y distancia (millas náuticas) entre sitios.

Zone	Geographical position	Area (km ²)	Distance (nm)
1	20°35.211'N 077°06.405'W	0.022	-
2	20°35.640'N 077°05.533'W	0.006	0.976
3	20°35.650'N 077°04.688'W	0.006	0.831
4	20°35.578'N 077°03.800'W	0.022	0.970
5	20°36.437'N 077°03.943'W	0.019	1.022
6	20°36.417'N 077°03.408'W	0.016	0.588
7	20°36.207'N 077°02.995'W	0.010	0.798
8	20°37.195'N 077°02.916'W	0.024	1.107
9	20°37.824'N 077°02.515'W	0.021	0.745

all the organisms located within the delimited area. The living oysters of each sample were cleaned, measured, weighed and counted. To estimate the weight of oysters/m² (kg/m²), the Polder analogic scale was used, with a range of 0 to 10 kg and a precision of 25 g. With this data the abundance in number and weight (N/m² y kg/m²) of each replica was determined, from each evaluated zone, and the total abundance of the bank; making the necessary conversions to obtain the total abundance in Kg/km² (production per area).

From the production per area or density (D) in weight (kg/Km²) estimated for the entire bank and from the total bank area (A) in Km², the total population biomass (B) was estimated in metric tons (t), following the equation $B = A * D$ (Cadima, 2003).

With the capturing data (C) and biomass (B) of the term 2010 – 2014, the relation between both variables was examined with the purpose of evaluating the status of the resource *C. virginica* in the Cauto river. A dome-shaped scatter graph was obtained, very similar to the typical relation between both variables according to the Schaefer production model (1954). Facing the impossibility to adjust a model because of the short extension of the series of data, a second-degree polynomial equation with

ostrícola para recolectar manualmente por buceo libre, todos los organismos localizados dentro del área delimitada. Las ostras vivas de cada muestra fueron limpiadas, medidas, pesadas y contadas. Para estimar el peso de ostras/m² (kg/m²), se utilizó una balanza analógica Polder con rango de 0 a 10 kg y precisión de 25 g. Con estos datos se determinó la abundancia en número y peso (N/m² y kg/m²) de cada réplica, de cada zona evaluada, y la abundancia total del banco; realizando las conversiones necesarias para obtener la abundancia total en Kg/km² (productividad por área).

A partir de la productividad por área o densidad (D) en peso (kg/Km²) estimada para todo el banco, y del área total del banco (A) en Km², se estimó la biomasa (B) total de la población en toneladas métricas (t), según la fórmula $B = A * D$ (Cadima, 2003).

Con los datos de captura (C) y biomasa (B) del período 2010 – 2014, se examinó la relación entre ambas variables con el objetivo de evaluar el estado del recurso *C. virginica* en el río Cauto. Se obtuvo un gráfico de dispersión en forma de domo muy similar a la relación típica entre ambas variables según el modelo de producción de Schaefer (1954). Ante la imposibilidad de ajustar algún modelo por la corta extensión de la serie de datos, se estimó una ecuación polinómica de

intercept in the origin was estimated, this equation has the same shape as in Schaefer model, such equation is as follows:

$$C = -0.0007 \cdot B^2 + 1.0699 \cdot B$$

To determine the reference points for the fishing management, the equation was evaluated for determined values until the maximum catching and its corresponding biomass, as well as the maximum biomass in absence of extraction activity, which allows to obtain estimates of:

MSC: Maximum sustainable catching

B_{MSC} : Biomass for the MSC

B_0 : Biomass in no exploitation status

Through the relation $F = C/B$ (where F: fatality rate per fishing) the F for each year and the $F_{MSC} = MSC/B_{MSC}$, with the aim of making balance curves of B and C regarding F determined values and comparing the results of the fishing with the estimated reference points. Particularly in the case of year 2010, with a registered catching of 298 t, but without determining biomass, the previously described relations were used, to estimate the values of B and F which theoretically and according to the tendency in the available data, corresponded to that year.

The minimum population biomass spawning level required, to insure the sustainability of the wild population of *C. virginica* in the Cauto river, was estimated according to the analysis of the *Minimum Biological Acceptable Level* (Cadima, 2003), considering the 30 % of the average biomass of the population bigger in size than the first maturation size (40 mm) (Garrido et al., 2007).

For the biometry, the shells of the living oysters from each sample were measured in their total length (Lt, mm) on the dorsal side, from the umbo until the furthest opposite border of the shell, with a vernier of 0.05 mm precision. In all the evaluated years, the mean size and total size per bank zone was determined; and the total mean abundance composition of the bank, considering size intervals. 4 intervals or classes were established: from 0 to 20 mm (recruits), from 20 to 40 mm (young and pre-adults), from 40 to 60 mm (adults in reproduction age) (Rodríguez-de La Cruz, 1988; Galtsoff, 1964), and bigger than 60 mm. This last class includes oysters in plain reproduction capacity and which may have spawned more than once (Garrido et al., 2007).

segundo grado con intercepto en el origen, que tiene la misma forma que el modelo de Schaefer, quedando dicha ecuación de la manera siguiente:

$$C = -0.0007 \cdot B^2 + 1.0699 \cdot B$$

Para determinar puntos de referencia para el manejo de la pesquería, se evaluó la ecuación para valores determinados hasta obtener la captura máxima y su correspondiente biomasa, así como la biomasa máxima en ausencia de actividad extractiva, lo cual permite disponer de estimados de:

CMS: Captura máxima sostenible

B_{CMS} : Biomasa para la CMS

B_0 : Biomasa en estado de no explotación

Mediante la relación $F = C/B$ (donde F: tasa de mortalidad por pesca) se determinó la F para cada año y la $F_{CMS} = CMS/B_{CMS}$, con el objetivo de elaborar curvas de equilibrio de B y C respecto a valores determinados de F y comparar los resultados de la pesquería con los puntos de referencia estimados. En el caso particular del año 2010, con una captura registrada de 298 t, pero sin determinar la biomasa, se utilizaron las relaciones anteriormente descritas, para estimar los valores de B y F que teóricamente y de acuerdo con la tendencia en los datos disponibles, correspondieron a ese año.

El nivel mínimo requerido de biomasa poblacional desovante, para asegurar la sostenibilidad de la población silvestre de *C. virginica* en el río Cauto, se estimó según el análisis del Mínimo Nivel Biológico Aceptable (*Minimum Biological Acceptable Level*: MBAL por sus siglas en inglés) (Cadima, 2003), considerando el 30 % de la biomasa media de la población con talla superior a la talla de primera maduración (40 mm) (Garrido et al., 2007).

Para la biometría, las conchas de las ostras vivas de cada muestra fueron medidas en su longitud total (Lt, mm) por la parte dorsal, desde el umbo hasta el borde distalmente opuesto de la concha, con un vernier de 0.05 mm de precisión. En todos los años evaluados, se determinó la talla media por zonas del banco y media total; y la composición de la abundancia media total del banco, considerando intervalos de talla. Se establecieron 4 intervalos o clases: de 0 a 20 mm (reclutas), de 20 a 40 mm (juveniles y pre-adultas), de 40 a 60 mm (adultos en edad reproductiva) (Rodríguez-de La Cruz, 1988; Galtsoff, 1964), y mayores de 60 mm. Esta última clase comprende

Statistical Analysis

Before analyzing the data, its normality (Kolmogorov-Smirnov) and homogeneity in its distribution (Bartlett) were confirmed (Zar, 1984). The size (mm) and abundance (number of oysters/m² and kg/m²) were compared, among the four selected sites and sampled years, through a single factor ANOVA, and from observation, to determine which measurements had been significantly different, the multiple comparisons test of LSD (*Less Significant Difference*) of Fisher was used. All the tests were made with a level of $p < 0.05$.

Results and Discussion

During the observed years in the Cauto river, most of the *C. virginica* oyster production was reported from 2010 – 2013, with a mean annual catching of 379 ± 133.4 t and contributed with almost 30 % to the national oyster catching, (1,271 t) (ONEI, 2015). This shows the importance of this species and the oyster bank in the Cauto river. From the global *C. virginica* catching from the Cauto river, estimated for the 2010 – 2015 period, the fishing company of Manzanillo extracted 80.1 %, the fishing company of Guayabal 13.7 % and Niquero 6.2 %. According to the annual variation of the total *C. virginica* catching in the Cauto river, during the 2010 – 2013 period, a stability with a mean of 320 ± 35.7 t was maintained. After the 2013 catching (556 t), a clear and drastic trend to reduction was observed (Figure 2),

ostras en plena capacidad reproductiva y que habrán desovado más de una vez (Garrido *et al.*, 2007).

Análisis estadístico

Antes de analizar los datos, se comprobó su normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad en su distribución (Bartlett) (Zar, 1984). Se comparó la talla (mm) y la abundancia (número de ostras/m² y kg/m²), entre los cuatro sitios seleccionados y años muestreados, mediante un ANOVA de una vía, y a posteriori, para determinar cuáles medias habrían sido significativamente diferentes, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de LSD (*Less Significant Difference*) de Fisher. Todas las pruebas se realizaron con un nivel de $p < 0.05$.

Resultados y Discusión

Durante los años muestreados en el río Cauto, la mayor producción ostrícola de *C. virginica* se reportó de 2010 – 2013, con una captura media anual de 379 ± 133.4 t, y contribuyó con casi 30 % a la captura ostrícola nacional, (1,271 t) (ONEI, 2015). Esto demuestra la importancia de esta especie y del banco ostrícola presente en el río Cauto. De la captura global de *C. virginica* del río Cauto, estimada para el periodo 2010 – 2015, la empresa pesquera de Manzanillo extrajo el 80.1 %, la empresa pesquera de Guayabal el 13.7 % y Niquero un 6.2 %. Según variación anual de la captura total de *C. virginica* en el río Cauto, durante el periodo 2010 – 2013 se mantuvo cierta estabilidad con media de 320 ± 35.7 t. Posterior a la captura en 2013 (556 t),

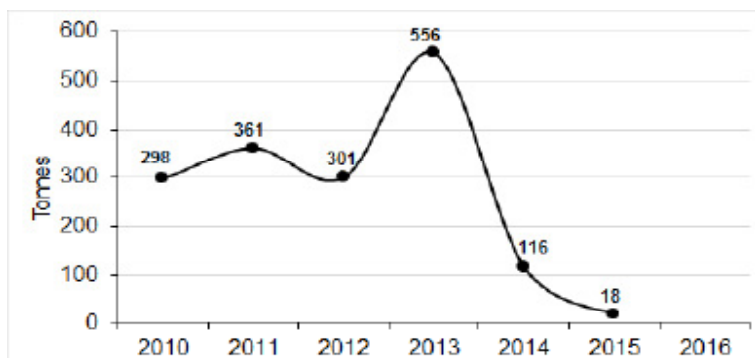


Figure 2. Annual variation of the total catch (t) of *C. virginica* oyster in the Cauto river, Cuba.

Figura 2. Variación anual de la captura total (t) de la ostra *C. virginica* en el río Cauto, Cuba.

Table 2.
Annual mean values of length (mm), mean abundance (number of oysters/m² and kg/m²) by evaluated zones, and total mean \pm standard error (SE) of *C. virginica* population in the Cauto river, Cuba.

Tabla 2.
Valores medios anuales de longitud (mm), abundancia media (número de ostras/m² y kg/m²) por zonas evaluadas, y media total \pm error estándar, de la población de *C. virginica* en el río Cauto, Cuba.

	Nov-2011	El Júcaro	Manajuana	Cabezada	Guasimilla	Total mean	\pm SE
Mean size (mm)	60.6 ^a	61.2 ^a	76.5 ^b	74.8 ^b	68.3	6.21	
Oysters/m ²	253 ^a	279 ^b	315 ^c	306 ^c	288	5.76	
kg/m ²	7.8 ^a	7.6 ^a	9.3 ^b	9.1 ^b	8.4	0.19	
Nov-2012							
Mean size (mm)	51.7 ^a	64.2 ^b	68.5 ^b	67.7 ^b	63.0	4.76	
Oysters/m ²	232 ^a	244 ^a	309 ^b	286 ^b	268	8.39	
kg/m ²	7.6 ^a	6.8 ^b	9.3 ^c	8.8 ^c	8.1	0.26	
Dic-2013							
Mean size (mm)	39.8 ^a	42.2 ^a	48.4 ^b	51.2 ^b	45.4	2.15	
Oysters/m ²	136 ^a	122 ^a	168 ^b	175 ^b	150	6.90	
kg/m ²	5.1 ^a	4.9 ^a	5.5 ^b	5.7 ^b	5.3	0.13	
Nov-2014							
Mean size (mm)	40.9 ^a	41.3 ^a	44.2 ^b	43.8 ^b	42.6	1.68	
Oysters/m ²	72 ^a	47 ^b	45 ^b	34 ^c	50	4.33	
kg/m ²	3.7 ^a	2.8 ^b	2.7 ^b	2.1 ^c	2.8	0.17	
Dic-2016							
Mean size (mm)	47.3 ^a	46.6 ^a	46.9 ^a	48.0 ^a	47.2	1.75	
Oysters/m ²	88 ^a	92 ^a	109 ^b	115 ^b	101	3.97	
kg/m ²	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

^{abc}unequal letters in the same row, indicate significant statistical difference (Fisher's LSD), $p < 0.05$. ND = not determined.

^{abc}letras desiguales en la misma fila, indican diferencia estadística significativa (LSD de Fisher), $p < 0.05$. ND = no determinado.

which made a catching banning agreement necessary specifically for *C. virginica*, from 2014 to 2016.

During 2011 and 2012 a density higher than 200 oysters/m² was registered in all the evaluated zones (Table 2), and this value has been suggested as an acceptable minimum abundance index in a natural population, to guarantee a sustainable fishing of *C. virginica* (Palacios-Fest et al., 1988). However, since 2013 a significant reduction in abundance was observed (N/m² y kg/m²) and oyster mean size, by zones and in total, registering in general values lower than 200 oysters/m², with a minimum of 50 oysters/m² in 2014 (Table 2). In December 2016, having passed two years since the

se observó una clara y drástica tendencia a la disminución (Figura 2), lo cual hizo necesaria una concertación de prohibición de captura específicamente para *C. virginica*, de 2014 a 2016.

Durante los años 2011 y 2012 se registró en todas las zonas evaluadas, una densidad mayor a 200 ostras/m² (Tabla 2), y este valor ha sido sugerido como indicador de abundancia mínima aceptable en una población natural, para garantizar una pesquería sustentable de *C. virginica* (Palacios-Fest et al., 1988). Sin embargo, a partir de 2013 se observó una disminución significativa en la abundancia (N/m² y kg/m²) y talla media de las ostras, por zonas y total, registrándose en general valores menores a 200 ostras/m², con mínimo de 50 ostras/m²

catching banning for *C. virginica* of the Cauto river, an increase in its abundance was registered (101 oysters/m²) and in the mean size of the population, compared to 2013 y 2014 (Table 2). Despite this recovery, neither the production levels nor the population indexes registered during 2011 and 2012 were achieved. In general terms, the total minimum abundance of the *C. virginica* population, registered from November 2011 to November 2014 dropped significantly to 17.36 %.

A similar research in the Mecoacán Lagoon (state of Tabasco, México), revealed for wild *C. virginica* (Garrido *et al.*, 2007); a reduction of 64 % mean abundance (140 oysters/m²), compared to the reported by Solano (1995), of 394 oysters/m² at the beginning of 1980, and they blame this reduction to a fishing deficient administration, due to not applying precautionary management criteria (FAO, 1997), more than bio-ecological issues.

The mean comparison table (Figure 3), shows that there were no significant differences in the amount of oysters/m² of class 0–20 mm (recruits), 20–40 mm (young and pre-adults) y 40–60 mm (adults), within 2011 and 2012. On the other hand, during 2013, 2014 and 2016, the abundance (oysters/m²) dropped in size in all the classes, and showed significant differences compared to the 2011 – 2012 term. This indicates an affectation not only in the size of

en 2014 (Tabla 2). En diciembre de 2016, habiendo transcurrido dos años de prohibición de captura para *C. virginica* del río Cauto, se registró un incremento en su abundancia (101 ostras/m²) y en la talla media de la población, en relación a los años 2013 y 2014 (Tabla 2). A pesar de esta recuperación, no se alcanzaron los niveles de producción ni los indicadores poblacionales registrados durante 2011 y 2012. En términos generales, la abundancia media total de la población de *C. virginica*, registrada de noviembre de 2011 a noviembre de 2014 se redujo notablemente a 17.36 %.

Un estudio similar en la Laguna Mecoacán (estado de Tabasco, México), mostró para *C. virginica* silvestre (Garrido *et al.*, 2007); una disminución del 64 % de abundancia media (140 ostras/m²), con respecto a la reportada por Solano (1995), de 394 ostras/m² a principios de 1980, y responsabilizan de esa disminución a una administración deficiente de la pesquería, por no aplicar criterios de manejo precautorio (FAO, 1997), más que a problemas bio-ecológicos.

El gráfico de comparación de medias (Figura 3), muestra que no hubo diferencias significativas en el número de ostras/m² de las clases 0 – 20 mm (reclutas), 20 – 40 mm (juveniles y pre-adultos) y 40 – 60 mm (adultos), entre los años 2011 y 2012. En cambio, en los años 2013, 2014 y 2016, la abundancia (ostras/m²) disminuyó en todas las

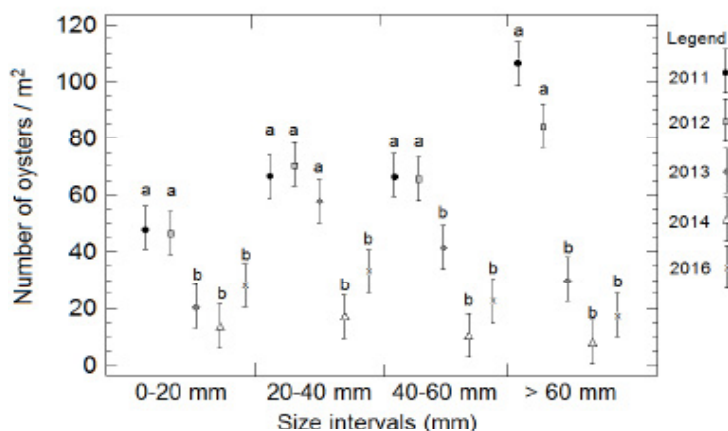


Figure 3. Mean annual abundance (oysters/m²) and size intervals (mm) of the *C. virginica* oyster natural banks evaluated in the Cauto river, Cuba. The vertical lines show the confidence interval according to Fisher's LSD. Unequal letters in the same size interval, indicate significant statistical difference ($p < 0.05$).

Figura 3. Abundancia media anual (ostras/m²) e intervalos de talla (mm) de *C. virginica* del banco natural evaluado en el río Cauto, Cuba. Las líneas verticales muestran el intervalo de confianza según LSD de Fisher. Letras desiguales en el mismo intervalo de talla, indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

the catching (> 40 mm) but also in all the population. Even in 2016, after two years of official catching moratorium, although an increase in oyster/m² abundance in all the size intervals was observed, this recovery did not show significant difference compared to 2014.

Considering that the mean size of first maturation of *C. virginica* is 40 mm (Galtsoff, 1964; Sevilla and Mondragón, 1965), the minimum catching size of 40 mm established for Cuba (Resolution MINAL No. 126, 2009) for the mangrove oyster (*C. rhizophorae*), which is sexually mature from sizes smaller than 30 mm (Nikolic y Soroa-Boffill, 1971; Lenz y Boehs, 2010), cannot be applied. Therefore, applying this criterion for *C. virginica* would have a negative incidence over the spawn stock and the recruitment of the species, putting its fishing sustainability at risk.

Taking into consideration the commercial size (≥ 60 , ≥ 70 y ≥ 80 mm) applied for *C. virginica* in the Mexican states of the Gulf of Mexico and in nations of the Central American Caribbean (Palacios-Fest et al., 1988; Lodeiros and Freitas-Valbuena, 2008; SAGARPA, 2012), in this research the oysters with a size greater than 60 mm, corresponding to adults in full reproductive capacity, are proposed as fishable fraction. This criterion should be considered as a precautionary proposal of the commercial size specific for *C. virginica* in Cuba.

In 2013 and 2014, the total biomass of *C. virginica* in the Cauto river and the adult biomass, reduced significantly compared to 2011 and 2012 (Table 3). This was in agreement with the annual reduction in the total oyster/m² abundance (Table 2), observing that in 2011 and 2012, years of greater abundance (> 200 oysters/m²), the biomass with commercial catching size (≥ 60 mm) represented ~ 40 % of the total biomass. This confirms that an additional condition to achieve a sustainable catching, is that the fishing should

clases de talla, y mostró diferencias significativas con respecto al periodo 2011 – 2012. Esto denota una afectación no solo en la talla de captura (> 40 mm) sino en toda la población. Incluso en 2016, después de dos años de moratoria oficial de captura, aunque se observó un incremento en la abundancia de ostras/m² en todos los intervalos de talla, esta recuperación no mostró diferencia significativa respecto a 2014.

Considerando que la talla media de primera maduración de *C. virginica* es de 40 mm (Galtsoff, 1964; Sevilla y Mondragón, 1965), no se puede aplicar a esta especie la talla mínima legal de captura de 40 mm establecida en Cuba (Resolución MINAL No. 126, 2009) para la ostra de mangle (*C. rhizophorae*), que está sexualmente madura desde tallas menores a 30 mm (Nikolic y Soroa-Boffill, 1971; Lenz y Boehs, 2010). De manera que aplicar este criterio a *C. virginica* tendría una incidencia negativa sobre el stock desovante y el reclutamiento de la especie, poniendo en riesgo la sostenibilidad de su pesquería.

Teniendo en cuenta la talla comercial (≥ 60 , ≥ 70 y ≥ 80 mm) que se aplica para *C. virginica* en los estados mexicanos del Golfo de México y en naciones del Caribe Centroamericano (Palacios-Fest et al., 1988; Lodeiros y Freitas-Valbuena, 2008; SAGARPA, 2012), en este estudio, se propone como "fracción pescable" a las ostras con talla mayor a 60 mm, correspondiente a adultos en plena capacidad reproductiva. Este criterio debería considerarse como una propuesta precautoria de una talla comercial específica para *C. virginica* en Cuba.

En 2013 y 2014, la biomasa total de *C. virginica* en el río Cauto y la biomasa adulta, disminuyeron significativamente respecto a 2011 y 2012 (Tabla 3). Esto estuvo en concordancia con la disminución anual en la abundancia total de ostras/m² (Tabla 2), observando que en 2011 y 2012, años de mayor abundancia (> 200 ostras/m²), la biomasa con talla de captura comercial (≥ 60 mm) constituyó ~ 40 % de la biomasa total. Esto confirma, que

Table 3.
Estimated annual biomass (t) of *Crassostrea virginica* in Cauto river, Cuba.
Tabla 3.
Biomasa (t) anual estimada de *Crassostrea virginica* en el río Cauto, Cuba.

Variables	nov-2011	nov-2012	dic-2013	nov-2014
Pre-adult biomass (< 40 mm)	501.8	492.7	424.2	182.3
Adult Biomass (> 40 mm)	726.6	591.1	262.4	95
Total biomass	1228.4	1083.8	686.6	277.3
Potential commercial size biomass (> 60 mm)	565.1	426.6	171.4	30.9

be accomplished in the natural banks with more than 200 oysters/m² (Palacios-Fest *et al.*, 1988), and that they show more than 40 % of oysters with a size ≥ 60 mm.

The minimum biological acceptable level (MBAL) of oysters (30 %) with reproduction capacity to guarantee the fishing sustainability (Cadima, 2003), was estimated from the adult biomass (> 40 mm) of the 2011 – 2013 term, without including the adult biomass of 2014, due to the extension since September of the same year. The MBAL value obtained was 300 t; however, the total biomass of the adult population in December 2013 (262.4 t) and November (95 t) (Table 3), were lower than the reference (300 t). Below that adult biomass level, the recruitments would be lower than the average, with the subsequent affectation to the population and the fishing (Smith *et al.*, 1993; Cadima, 2003; Garrido *et al.*, 2007).

The adjusted function as of the total catching-biomass analysis observed (Figure 4); allowed to have the theoretical balance curves of C and B in function of F respectively, and the observed values (Figures 5 and 6).

The quantified results of this reference points were:

$$B_0 = 1528 \text{ t}, \text{MSC} = 409 \text{ t}, B_{\text{MSC}} = 764 \text{ t} \text{ and } F_{\text{MSC}} = 0.54$$

una condición adicional para lograr una captura sostenible, es que la pesquería se realice en los bancos naturales con más de 200 ostras/m² (Palacios-Fest *et al.*, 1988), y que muestren más del 40 % de ostras con una talla ≥ 60 mm.

El mínimo nivel biológico aceptable (MBAL) de ostras (30 %) con capacidad reproductiva para garantizar la sostenibilidad de la pesquería (Cadima, 2003), se estimó a partir de la biomasa de adultos (> 40 mm) del periodo 2011 – 2013, sin incluir la biomasa adulta de 2014, debido a moratoria desde septiembre de ese año. El valor MBAL obtenido fue de 300 t; sin embargo, la biomasa total de la población adulta en diciembre de 2013 (262.4 t) y noviembre de 2014 (95 t) (Tabla 3), fueron inferior al referente (300 t). Por debajo de ese nivel de biomasa adulta, los reclutamientos serían menores que el promedio, con la afectación subsiguiente a la población y a la pesquería (Smith *et al.*, 1993; Cadima, 2003; Garrido *et al.*, 2007).

La función ajustada a partir del análisis de la relación captura-biomasa total observada (Figura 4); permitió obtener las curvas de equilibrio teóricas de C y B en función de F respectivamente, y de los valores observados (Figuras 5 y 6).

Los resultados cuantificados de estos puntos de referencia fueron:

$$B_0 = 1528 \text{ t}, \text{CMS} = 409 \text{ t}, B_{\text{CMS}} = 764 \text{ t} \text{ y } F_{\text{CMS}} = 0.54$$

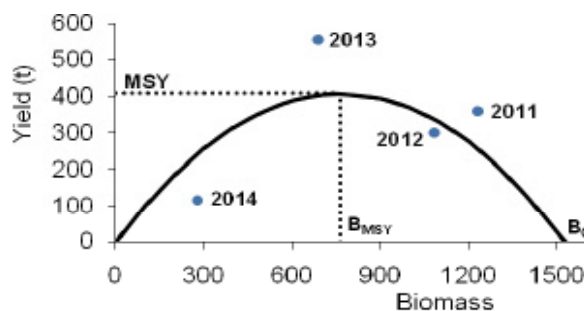


Figure 4. Relationship observed between yield and biomass during 2011-2014 and theoretical curve fitted with $r^2 = 0.56$. The unexploited biomass (B_0) and the points of reference of maximum sustainable yield (MSY) and the corresponding biomass (B_{MSY}) are represented.

Figura 4. Relación observada entre la captura y la biomasa durante 2011 – 2014 y curva teórica ajustada con $r^2 = 0.56$. Se representan la biomasa no explotada (B_0) y los puntos de referencia de captura máxima sostenible (MSY por sus siglas en inglés) y la biomasa correspondiente (B_{MSY} por sus siglas en inglés).

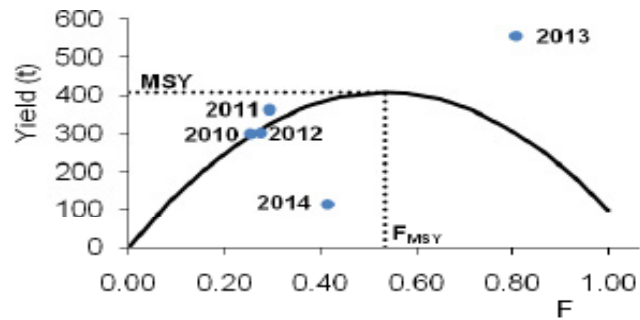


Figure 5. Yield equilibrium curve based on the fishing mortality rate (F) and values observed during 2010-2014. Maximum Sustainable Yield (MSY) benchmarks and the corresponding fishing mortality rate (F_{MSY}).

Figura 5. Curva de equilibrio de captura en función de la tasa de mortalidad por pesca (F) y valores observados durante 2010-2014. Puntos de referencia de captura máxima sostenible (MSY por sus siglas en inglés) y la tasa de mortalidad por pesca correspondiente (F_{MSY} por sus siglas en inglés).

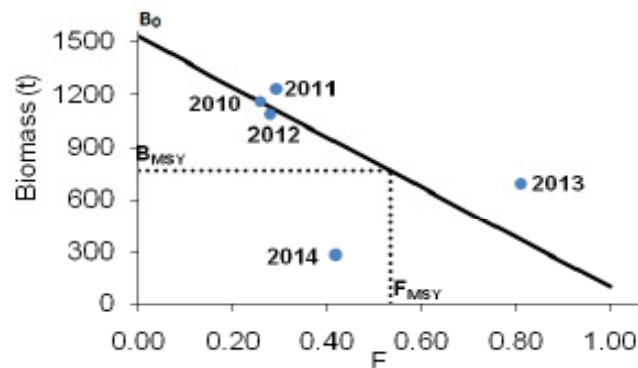


Figure 6. Biomass balance curve based on the fishing mortality rate (F) and values observed during 2010-2014. The unexploited biomass (B_0) and the biomass reference points for the maximum sustainable yield (B_{MSY}) are represented and the corresponding fishing mortality rate (F_{MSY}).

Figura 6. Curva de equilibrio de biomasa en función de la tasa de mortalidad por pesca (F) y valores observados durante 2010-2014. Se representan la biomasa no explotada (B_0) y los puntos de referencia de biomasa para la captura máxima sostenible (B_{MSY} por sus siglas en inglés) y la tasa de mortalidad por pesca correspondiente (F_{MSY} por sus siglas en inglés).

According to the outcomes of this analysis, to avoid overfishing and natural resource exhaustion, a reasonable catching would be 80 % of MSC (Hilborn y Stokes, 2010), which in this case is 327 t. This indicates that at the beginning, the fishing kept at a sustainable status by obtaining an annual mean catching of 320 t during the 2010 and 2012 term, but due to the catching magnitude during 2013, an overfishing took place when F_{2013} was 51 % higher than F_{MSC} . Therefore, the biomass in December 2013 and during the first semester of 2014, reduced below B_{MSC} 10 % and 64 % respectively, which describes the resource as ran out in 2014, and it is corroborated in the reduction of F observed.

Like the sustainable management of the fishing, it is necessary to implement, in a short term, the handmade cultivation of the American oyster *C. virginica* beginning with the natural seed. In the medium or long term, developing the technical cultivation in hatcheries, which guarantees not only a sustainable increase of the oyster production in Cuba, but also the possibility to obtain individual seed of *C. virginica* bound for repopulation, and a way to export quality seed to countries of the Caribbean region (Mazón-Suástegui *et al.*, 2009; Creswell, 2011).

As a result of the present research, the following recommendations are made:

Maintaining a recurring monitoring of the *C. virginica* natural resource status and defining the gonadic and spawning maximum maturation periods and population massive spawning, to implement para temporary banning.

Defining the extraction activity of *C. virginica* in Cuba, as an independent fishing of the *C. rhizophorae* fishing, differentiating the information in the fishing statistics of the country.

Applying a minimum legal size of 60 mm for *C. virginica* in Cuba, performing extraction with commercial purposes only in the natural banks with an abundance greater than 200 oysters/m²; carrying on, precautionarily, a catching no greater than 50 % of the extractable population biomass ($L_t \geq 60$ mm), unless the necessary biological-fishing studies for an adequate fishing management of the resource are performed.

Según los resultados de este análisis, para evitar la sobrepesca y el agotamiento del recurso natural, un límite de captura razonable pudiera ser el 80 % de CMS (Hilborn y Stokes, 2010), que en este caso es de 327 t. Esto indica, que en sus inicios la pesquería se mantuvo en estado sostenible al obtenerse una captura media anual de 320 t durante el periodo 2010 y 2012, pero debido a la magnitud de la captura durante 2013 se produjo una sobrepesca al ser F_{2013} un 51 % mayor que F_{CMS} . Como consecuencia, la biomasa en diciembre de 2013 y durante el primer semestre de 2014, disminuyó por debajo de B_{CMS} en 10 % y 64 % respectivamente, lo que califica al recurso como agotado en 2014, y se corrobora en la disminución de F observada.

Paralelo al manejo sostenible de la pesquería, se hace necesario implementar, a corto plazo, el cultivo artesanal de la ostra Americana *C. virginica* a partir de semilla natural. A mediano o largo plazo, desarrollar el cultivo tecnificado en centros de desove (Hatchery), lo que garantizaría, no solo un incremento sostenible de la producción ostrícola en Cuba, sino además la posibilidad de obtener semilla individual de *C. virginica* con destino a repoblación, y una vía para la exportación de semilla de calidad a países de la región del Caribe (Mazón-Suástegui *et al.*, 2009; Creswell, 2011).

Resultado de la presente investigación se generan las siguientes recomendaciones:

Mantener un monitoreo periódico del estado del recurso natural *C. virginica*, y definir los periodos de máxima maduración gonádica y desove masivo poblacional, para implementar vedas temporales asociadas al proceso reproductivo.

Definir la actividad extractiva de *C. virginica* en Cuba, como una pesquería independiente de la pesquera de *C. rhizophorae*, diferenciando la información en las estadísticas pesqueras del país.

Aplicar una talla mínima legal de 60 mm para *C. virginica* en Cuba, realizando extracción con fines comerciales únicamente en bancos naturales con una abundancia mayor a 200 ostras/m²; efectuando, precautoriamente, una captura no mayor al 50 % de la biomasa de la población extraíble ($L_t \geq 60$ mm), en tanto no se realicen los estudios biológico-pesqueros necesarios para una adecuada administración pesquera del recurso.

Conclusions

The production of the American Oyster in Cuba comes from a recent fishing, and the results of this research indicate population depletion due to overfishing, therefore, if a precautionary focus or implementing measures for a sustainable management are not applied, *C. virginica* could disappear as a commercial resource.

The application of the catching moratorium from 2014 to 2016, prevented a greater affectation to the population of this resource in the Cauto river, but not enough such as to stablish the population abundance to the original or higher productivity levels.

Additional causes to overfishing considered are: 1) the inexistence of banning regulations to protect the maximum spawning and population recruiting periods; 2) the incorrect application of *C. rhizophorae* commercial size (≥ 40 mm) for the *C. virginica* commercial catching; 3) the lack of application of a differentiated catching fee for this species; and 4) the *C. virginica* free-access extraction policy in the Cauto river.

Acknowledgements

The authors thank the technical personnel and oyster fishermen of the fishing companies of Manzanillo, Niquero and Guayabal, Cuba. It is also appreciated the support of the projects SEP-CONACYT-CB 258282 AND PROINNOVA-CONACYT/PEASA 241777, connected with CIBNOR, Mexico.

References

- Baisre, J. A., and Arbolea, Z. (2006). Going against the flow: Effects of river damming in Cuban fisheries. Fisheries Research. 81(2-3): 283-292. DOI: [10.1016/j.fishres.2006.04.019](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.04.019)
- Betanzos-Vega, A., Lodeiros, C., Espinosa-Sáez, J., and Mazón-Suástegui, J. M. (2016). Identificación de la ostra Americana *Crassostrea virginica* como recurso natural en las Antillas Mayores: Cuba. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87 (4): 1342-1347. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870345316301117>
- Cadima, E. L. (2003). Fish stock assessment manual. FAO Fisheries Technical Paper. NO. 393. Rome, FAO. 161 pp. <http://www.fao.org/3/a-x8498e.pdf>
- Creswell, R. L. (2011). The cultivation of marine invertebrates indigenous to the Wider Caribbean Region: established culture techniques and research needs for molluscs. In Lovatelli A. and Sarkis S. (eds). A regional shellfish hatchery for the Wider Caribbean: Assessing its feasibility and sustainability. FAO Regional Technical Workshop. 18–21 October 2010, Kingston, Jamaica. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings. No. 19. Rome, FAO. pp. 81–87. <http://www.fao.org/docrep/014/i2179e/i2179e02.pdf>

Conclusiones

La producción de la ostra Americana en Cuba proviene de una pesquería reciente, y los resultados de este estudio indican agotamiento de la población por sobrepesca, por lo que, de no aplicarse un enfoque precautorio o implementarse medidas para un manejo sostenible, *C. virginica* puede desaparecer como recurso comercial.

Se evidenció que la aplicación de la moratoria de captura de 2014 a 2016, impidió una mayor afectación a la población de este recurso en el río Cauto, pero no lo suficiente para restablecer la abundancia de la población a los niveles originarios o de mayor productividad.

Se consideran causas adicionales a la sobrepesca: 1) la inexistencia de regulaciones de veda que protejan los periodos de máximo desove y reclutamiento poblacional; 2) la incorrecta aplicación de la talla comercial de *C. rhizophorae* (≥ 40 mm) para la captura comercial de *C. virginica*; 3) la no aplicación de una cuota de captura diferenciada para esta especie; y 4) la política de acceso libre para la extracción de *C. virginica* en el río Cauto.

Agradecimientos

Los autores agradecen al personal técnico y pescadores de ostras de las empresas pesqueras de Manzanillo, Niquero y Guayabal, Cuba. Así como se agradece el soporte de los proyectos SEP-CONACYT-CB 258282 y PROINNOVA-CONACYT/PEASA 241777, vinculados al CIBNOR, México.

- DRP/MIP. (1989). Calendario de medidas para la protección de los recursos pesqueros marinos y de la acuicultura. Dirección de Regulaciones Pesqueras, Ministerio de la Industria Pesquera, Cuba. 100.
- FAO. (1997). Enfoque precautorio para la pesca de captura y las introducciones de especies. *FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable*. No. 2. Roma, FAO. 63. www.fao.org/3/a-w3592s.pdf
- Fernández-Milera, J. and Argüelles, L. M. (1978). Distribución y variaciones conquiológicas de *Crassostrea virginica*, Gmelin, en la Bahía de Cienfuegos. En: Memorias II Seminario Nacional sobre Cultivos de Moluscos, agosto 1978; La Habana, Cuba.
- Frías, J. A. and Rodríguez, J. (1991). Oyster culture in Cuba: Current state, techniques and industry organization. In Newkirk GF and Field B.A. (Eds), *Oyster Culture in the Caribbean. Proceeding of a Workshop*, 19–22 November 1990, at Kingston, Jamaica. Mollusc Culture Network, Halifax, Canada, 51–74. www.fao.org/docrep/field/003/ab487s/AB487S07.htm
- Galtsoff, P. S. (1964). The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. U. S. Fishery *Bulletin of the Fish and Wildlife Service*, 64. 480.
- Garrido, M. A., Sánchez, M. A. J. and Félix, T. F. J. (2007). Descripción de la pesquería del Ostión del Golfo *Crassostrea virginica* en la Laguna Mecocacán del Estado de Tabasco, México. *Kuxulkab*, 13(25): 5-10. <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/resultados?sb%5Bcod%5D%5B%5D=WAU&sb%5Breq%5D%5B%5D=Garrido+Mora%2C+Arturo>
- Hilborn, R. and Stokes, K. (2010). Defining Overfished Stocks: Have We Lost The Plot? *Fisheries*, 35(3): 113-120. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1577/1548-8446-35.3.113>
- Jory, D. E. and Iversen, E. S. (1985). Molluscan Mariculture in the Greater Caribbean: An Overview. *Marine Fisheries Review*, 47(4): 1-10. <http://spo.nwr.noaa.gov/mfr474/mfr4741.pdf>
- Lenz, T. and Boehs, G. (2010). Ciclo reproductivo del ostión de manglar *Crassostrea rhizophorae* (Bivalvia: Ostreidae) en la Bahía de Camamu, Bahia, Brasil. *Revista de Biología Tropical*, 59(1): 137-149. <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v59n1/a11v59n1.pdf>
- Lodeiros, C. and Freitas-Valbuena, L. (2008). Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela. En: Lovatelli, A., Farías, A and Uriarte, I. (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma 135–150. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0444s/i0444s.pdf>
- Mazón-Suástegui, J. M., Robles-Mungaray, M., Avilés-Quevedo, A. and Moctezuma-Cano, T. (2009). Manual de cultivo para la producción de semilla de ostión *Crassostrea virginica*, en el laboratorio. Manuscrito Final. Presentado a Fundación Produce Tabasco, A.C. como producto entregable del proyecto “Transferencia tecnológica para la instalación y operación de un laboratorio para la producción controlada de semillas de ostión *Crassostrea virginica*”. CIBNOR, S.C. Oct/09, 64.
- Mazón-Suástegui, J. M., Rivero-Suárez, S. E., Betanzos-Vega, A., Saucedo, P. E., Rodríguez-Jaramillo, C. and Acosta-Salmón, H. (2007). Potential of sites in northern Cuba for developing an industry of the native mangrove oyster (*Crassostrea rhizophorae*). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(1): 218-222. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718560X2017000100024
- Nikolic, M. and Soroa-Boffill, J. (1971). El ostión de mangle *Crassostrea rhizophorae*, Guilding, 1828. Algunas observaciones sobre sus dimensiones, pesos y sexos: *FAO, Fish – (Roma)*, 220.
- ONEI. (2015). Panorama Económico y social. Oficina Nacional de Estadística e Información de la República de Cuba 2015. www.one.cu
- Palacios-Fest, M. R., Mazón-Suástegui, J. M., García-Sandoval, S., Diego-Peralta, M., Estrada-Ortega, J.C., Altamirano-Saucedo, A.A. and Pérez-Flores, J. (1988). Manual técnico para la operación de los centros ostrícolas productores de ostión. SEPESCA. Dir. Gral. Comunicación Social. México. 324.
- Resolución MINAL No. 126. (2009). Tallas mínimas para especies marinas comerciales. Resolución No. 126/2009 del Ministerio de la Industria Alimentaria, Cuba. 7.
- Rodríguez-de La Cruz, M. C. (1988). Los recursos pesqueros de México y sus pesquerías. *Secretaría de Pesca. México*, 237.

- SAGARPA. (2012). Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación (segunda sección) del 24 de agosto de 2012. *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México*; 256: 21-128.
- Schaefer, M. (1954). Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull Inter-Am Trop Tuna Comm.*, 1: 27-56.
- Sevilla, M. L. and Mondragón, E. (1965). Desarrollo gonádico de *Crassostrea virginica* Gmelin, en la Laguna de Tamiahua. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras*, 1: 52-59.
- Smith, S. J. Hunt, J. and Rivard, D. (1993). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 120. *NRC Research Press*, 442. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/149989.pdf>
- Solano, F. L. A. (1995). Evaluación de la densidad poblacional de *Crassostrea virginica* en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Cárdenas, Tabasco. Tesis profesional. Div. Acad. Cienc. Biol. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. 57.
- Weinberg, S. (1981). A comparison of coral reef survey methods. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 51(2): 199-218. <http://arno.uva.nl/cgi/arno/show.cgi?fid=548209>
- Zar, J. (1984). *Biostatistical analysis* (2nd ed.). New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 718.

Cite this paper/Como citar este artículo: Betanzos-Vega, A., Mazón-Suástegui, J. M., Puga Millán, R., Avilés-Quevedo, M. A., Formoso García, M. (2018). Status of the american oyster *Crassostrea virginica* (Mollusca: Ostreidae) resource in Cauto river, Cuba. *Revista Bio Ciencias* 5, e333 doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.05.2018.06>

