ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS SCRIPTA

AÑO 2 NÚMERO 1 junio, 2016

ANP Scripta
Revista Digital de Investigación Científica

Áreas Naturales Protegidas Scripta, 2016. Vol. 2 (1): 7-26. DOI:10.18242/ANPScripta.2016.02.02.01.0002

Development of mariculture in Cuba. Impacts and challenges to achieve sustainable management preserving coastal ecosystems

Desarrollo del maricultivo en Cuba. Impactos y desafíos para lograr un manejo sostenible conservando los ecosistemas costeros

Mercedes Isla Molleda[1]*, Gustavo Arencibia Carballo,

Abel Betanzos Vega.

Abstract

Mariculture is an activity whose outcome should provide economic and social benefits with the least possible impact on the environment, so its management should include an eco-systemic approach to ensure the sustainability of this activity for coastal ecosystem conservation. From results in marine aquaculture and environmental monitoring, this study aims to evaluate the impact on coastal ecosystems caused by the main activities of marine farming developed in Cuba for commercial purposes; the potential for future aquaculture development is based on sustainable management and how to protect the marine environment. Some of these marine cultures have not been stable over time given the variation in habitat quality as it happened with the mangrove oyster, or economic unsustainability of the culture, in the case of culture in floating cages of two marine fish species introduced, the Sea bream and Sea bass. Shrimp farming has been the most constant marine culture in time, and also the one with the greatest effects on the environment by direct wastewater arrival in the coastal zone with high nutrient concentrations from the pond water-replacement process.

Key words: Mariculture. Shrimp. Environment. Management. Sustainability.

[1] Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP), 246 y 5ta Ave, Barlovento, Santa Fe, Playa. Ciudad Habana, Cuba, Teléfono: 537-2097107, E-mail: merisla@cip.alinet.cu, merislamo40@gmail.com
*Autor de correspondencia

Resumen

El cultivo marino es una actividad cuyo resultado debe aportar un beneficio económico y social, con el menor impacto posible al medioambiente, por lo que su manejo debe incluir un enfoque eco-sistémico que garantice la sostenibilidad de esta actividad en función de la conservación de los ecosistemas costeros. A partir de resultados del maricultivo y del monitoreo medioambiental, este trabajo tiene como propósito evaluar de las principales actividades de cultivo de especies marinas desarrolladas en Cuba con destinos comerciales, el impacto ocasionado sobre los ecosistemas costeros, las potencialidades de desarrollo futuro basado en un manejo sostenible, y las propuestas de mitigación de daños en función de la conservación del entorno marino. Algunos de estos cultivos no han sido estables en el tiempo dada la variación en la calidad de los hábitats como ocurrió con el cultivo del ostión de mangle, o por la insostenibilidad económica, como fue el caso del cultivo en jaulas flotantes de dos especies de peces marinos introducidas, la Dorada y la Lubina. La camaronicultura ha sido el cultivo más constante en el tiempo, y también el de mayores efectos en el medio ambiente, por el arribo directo a la zona costera de aguas residuales con altas concentraciones de nutrientes, provenientes del proceso de recambio de los estanques.

Palabras claves: Cultivo marino. Camarón. Medio ambiente. Manejo. Sostenibilidad.

Introducción

La mayor parte del incremento de la producción acuícola mundial se espera que provenga de la acuicultura, como camino para aliviar el déficit perspectivo que en oferta de proteína animal se vislumbra, incentivada por el crecimiento de la demanda de alimentos del sector pesquero tradicional, el colapso a nivel mundial de las pesquerías comerciales y motivado además por el esfuerzo de captura y la degradación de ecosistemas litorales, especialmente las zonas estuarinas (Lovatelli *et al.*, 2008; Pillay, 2004).

Los pronósticos mundiales relativos a los límites máximos de la pesca de captura, que se habían realizado desde comienzos de los años setenta, se están confirmando cada vez más, estimándose en el 2012 que alrededor del 61.3% de las poblaciones se hallaban plenamente explotadas y por ello se producían capturas próximas a sus límites máximos sostenibles. Actualmente el cultivo de peces aporta más del 42.2% de la producción pesquera mundial y aproximadamente el 49% del

suministro mundial de peces para la alimentación, incrementándose el consumo per cápita de 9.9 kg en 1960 a 19.2 kg en el 2012 (FAO, 2014).

No obstante, el creciente desarrollo de los cultivos marinos ha provocado serios impactos en el equilibrio natural de las zonas costeras, entre ellos podemos citar la tala indiscriminada de bosques de mangle para la construcción de estanques de cultivo, la descarga al medio marino de residuales sin tratamiento, la introducción de especies foráneas y la fuga de estas al medio consideradas un peligro real de contaminación genética, enfermedades y disminución de la biodiversidad, el uso inadecuado de alimentos y antibióticos, entre otros (GESAMP, 1996; Lovatelli *et al*., 2008; Pillay, 2004).

Según Cicin – Sain y Knecht (1998) y GESAMP (2001) el primer problema de la acuicultura marina es su expansión demasiado rápida en regiones donde las consecuencias no son conocidas inmediatamente. Se expande sin datos de línea-base, sin evaluación de impactos ambientales ni sociales, ni planes de manejo para el uso de recursos productivos frágiles de los cuales depende.

En respuesta al aumento de conciencia y comprensión de los problemas ambientales y sociales del maricultivo, actualmente existe un creciente consenso internacional en que la mitigación y restauración ambiental debe ser parte integrante del manejo del cultivo. El reto urgente es avanzar en la comprensión de la manera de lograr que los principios de una acuicultura marina sustentable sean trasladados a prácticas tangibles a nivel mundial (Wurmann, 2012).

El desarrollo del cultivo de especies marinas en Cuba con fines comerciales data desde la década de los setenta, con el desarrollo de líneas como la Ostricultura, basada en el cultivo natural del ostión de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding), y la Camaronicultura con el cultivo de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad) y *Litopenaeus vannamei* (Boone). Con relación al cultivo de peces marinos, a partir del año 1990 fueron realizados estudios biológicos, experimentos de sistemas de cultivo y caracterización de lagunas costeras, bahías y ensenadas, con vistas a seleccionar especies nativas para su cultivo en agua salada, entre las que se destacan las Lisas *Mugil liza* (Valenciennes) y *Mugil curema* (Valenciennes), el Patao *Eugerres brasilianus* (Cuvier), el Robalo *Centropomus undecimalis* (Bloch), el Pargo criollo *Lutjanus analis* (Cuvier) y la Cobia *Rachycentron canadus* (Linnaeus). Ya en el presente siglo se concretaron acciones para el desarrollo de tecnologías de cultivo de peces marinos en jaulas flotantes, con la introducción de la Lubina *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus) y la Dorada *Sparus aurata* (Linnaeus); se consideró además iniciar

el cultivo del híbrido de la tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. aureus*) en agua de mar y desarrollar proyectos de investigación para la formación de bancos reproductores de Robalo, Pargo Criollo y Cobia, con la finalidad de establecer un ciclo cerrado de cultivo de estas especies.

Son objetivos del presente trabajo, realizar una evaluación del impacto causado por los cultivos de especies marinas comerciales sobre los ecosistemas costeros cubanos; proponer medidas para mitigar los daños y exponer las potencialidades de desarrollo para lograr una acuicultura marina sostenible en la isla.

Materiales y métodos

Los resultados que se presentan en este trabajo, corresponden a estudios de muestreos realizados en diferentes zonas de la plataforma cubana involucradas en actividades de maricultivo, fundamentalmente cultivo de camarón blanco, ostión de mangle y peces marinos en jaulas flotantes durante los últimos doce años. Para la selección de sitios de cultivo y para la evaluación de la calidad de las aguas en los sistemas de cultivo se realizaron muestreos en los que se registraron diferentes variables físico-químicas tales como salinidad, temperatura, pH y oxígeno disuelto en agua, para lo cual fueron usados refractómetros ATAGO modelo S/Mill–E, pHmetros 340i, oxímetros Oxi–330i y sondas mutiparamétricas YSI 550ª respectivamente. Las determinaciones de amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^{2-}), fósforo inorgánico (PI) y demanda química de oxigeno (DQO) en agua, así como carbón y nitrógeno orgánico en sedimentos, se realizaron según las técnicas descritas por APHA (1992) y FAO (1975). Además se presentan series históricas de producción basadas en el Anuario Estadístico de la Pesca del 2013 y datos extraídos del inventario de las principales fuentes contaminantes en las áreas de estudio.

Resultados y discusión

Cultivo de camarón

Los impactos ambientales ocasionados por el desarrollo del cultivo de camarón se han evidenciado fundamentalmente en las zonas estuarinas y lagunas costeras de áreas cercanas a las granjas camaroneras del país, siendo el más significativo el aporte de contaminantes orgánicos e inorgánicos a la zona costera.

Cuba cuenta actualmente con dos Centros de Desove y cinco granjas de cultivo de camarón para un total de 2,295 ha en explotación, ubicadas de forma general en la plataforma suroriental

de la isla (Fig. 1), de ellas, 95 ha corresponden a la granja Guajaca con sistema de cultivo intensivo y el resto a las granjas de cultivo semi intensivo, las que vierten de forma directa sus residuales a los cuerpos de agua de la zona costera.

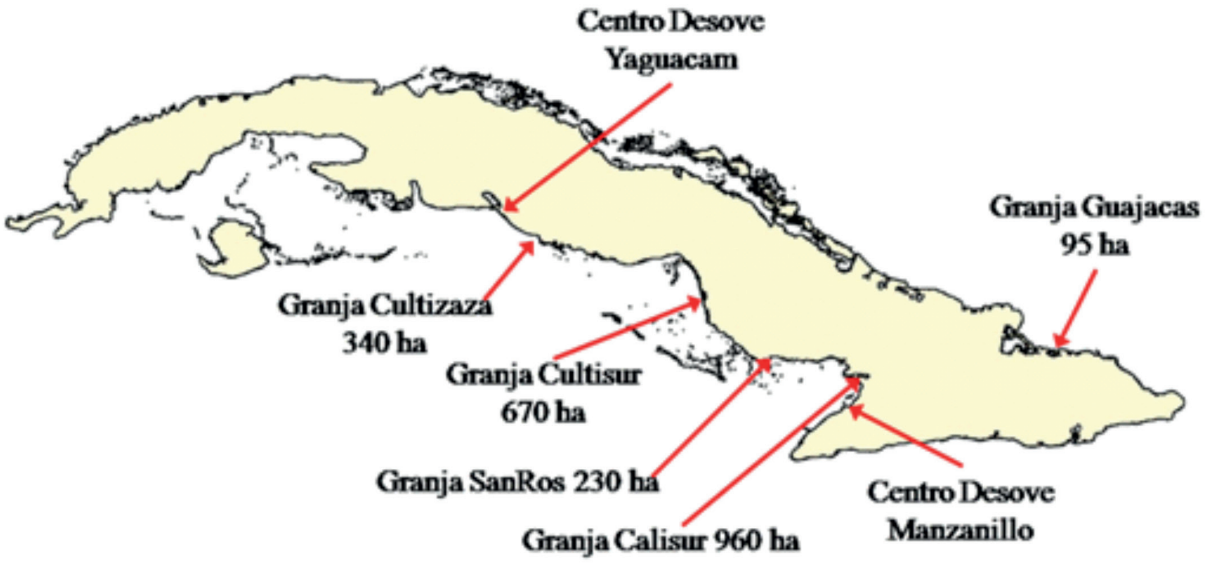

Figura 1. Distribución de las granjas de cultivo y Centros de Desove de camarón en Cuba.

Si bien es cierto que los efluentes de las granjas camaroneras son menos agresivos (4.0 – 10.2 mgL^{-1} de $DBO_5^{20°C}$) en comparación con los residuales domésticos (300 mgL^{-1} de $DBO_5^{20°C}$) o de procesadoras de pescado y cárnicos (10,000 – 18,000 mgL^{-1} de $DBO_5^{20°C}$), no por ello dejan de ser dañinos, pues los volúmenes de las descargas son superiores. Para el caso de las granjas camaroneras cubanas con sistemas semi intensivos de cultivo, los volúmenes de descarga están entre 500 - 2000 m^3dia^{-1} en función de las hectáreas en uso por cada granja, con cargas contaminantes promedios de 4 y 6 $tonaño^{-1}$ de $DBO_5^{20°C}$ (Isla *et al.*,2006[a]).

Hasta el momento, los efectos negativos del desarrollo de la camaronicultura en Cuba se han puesto de manifiesto en los acuatorios receptores directos de aguas residuales del cultivo y al mismo tiempo utilizados como fuentes de abasto, debido fundamentalmente a errores en el diseño de construcción de las granjas, los años de explotación y las altas producciones obtenidas durante los últimos diez años (Fig. 2).

Un ejemplo lo constituye el Sistema Lagunar Las Playas (Fig. 3), parque de refugio y reproducción de Flora y Fauna para aves migratorias como los flamencos, y principal ecosistema

receptor de efluentes y fuente de abasto de Calisur, la mayor granja camaronera de Cuba ubicada en la provincia Granma, y que produce más del 50% del total de camarón de cultivo del país.

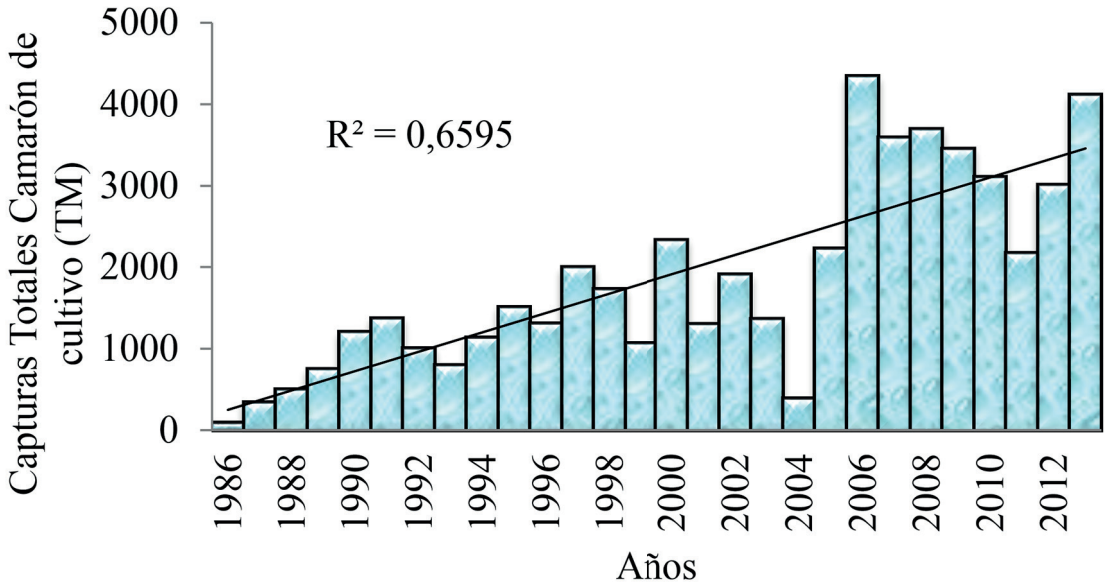

Figura 2. Serie histórica de producciones de cultivo de camarón blanco en Cuba (1986 – 2013). Especies *Litopenaeus schmitti* (1986-2003) y *Litopenaeus vannamei* (2004-2013).

Este ecosistema ha sufrido las consecuencias negativas del desarrollo del cultivo de camarón en el área, evidenciándose fundamentalmente por afectaciones y muerte de bosques de mangle costeros por la alta deposición de sólidos y materia orgánica, lo que ha provocado daños en los hábitats naturales y refugios para juveniles de peces, crustáceos y aves migratorias, disminuciones en las capturas artesanales de especies estuarinas comestibles, solvatación y escasa recirculación de las aguas de la laguna con el golfo de Guacanayabo y la eutrofización de sus aguas con índices N/P por encima de 5 (Piñeiro y Arencibia, 1993; Isla *et al.*, 2006[a]; Pérez *et al.*, 2003; Betanzos *et al.*, 2012), observándose además, una disminución gradual en la cantidad de flamencos que migran a la zona en la época de reproducción desde el 2003 hasta la fecha (información obtenida de las estadísticas de Flora y Fauna del área).

Las concentraciones de nutrientes presentes en las aguas de la laguna, promedian valores de amonio de 0.09 – 0.2 mgL^{-1} con máximos de 0.3 mgL^{-1}, nitrato de 0.65 – 0.72 mgL^{-1} con máximos de 0.9 mgL^{-1} y fósforo inorgánico de 0.04 – 0.07 mgL^{-1} con máximos de 0.09 mgL^{-1}, valores considerados por encima de los indicadores permisibles para buena calidad de agua de uso pesquero según la Norma Cubana NC-25/1999. La causa principal de las elevadas concentraciones de estos

compuestos está estrechamente ligada al proceso de fertilización de los estanques, al aporte de materia orgánica por las aguas residuales de la camaronera y al propio ciclo biogénico de estos compuestos, que al iniciar los procesos de descomposición consumen grandes cantidades de oxígeno, lo que corroboran las concentraciones promedios de DQO reportadas para este acuatorio, que oscilan entre 3.19 y 9.26 mgL^{-1} con máximos de 13.89 mgL^{-1} (Piñeiro y Arencibia, 1993; Isla *et al*., 2006[a]; Pérez *et al.,* 2003; Pillay, 2004).

Los fondos del sistema lagunar presentan características del tipo fino fangoso. Las concentraciones de carbono y nitrógeno orgánico observadas son indicativo de fondos en activa descomposición, con valores promedio de 5.07% para el carbono y superiores a 0.6% para el

Figura 3. Sistema Lagunar Las Playas.

nitrógeno, considerados de mala calidad por la NC-25/1999. Este comportamiento es producto de las altas entradas de materia orgánica por la excesiva descarga de los efluentes camaroneros desde los inicios de explotación de la granja, lo cual proporciona un ambiente favorable para la deposición de los compuestos orgánicos en los fondos, incrementándose el consumo de oxígeno en la capa superficial por su descomposición (Piñeiro y Arencibia, 1993; Isla *et al*., 2006[a]; Pérez

et al., 2003). Todo ello trae consigo el deterioro de la calidad del agua de la laguna y por ende la proliferación de plantas acuáticas y organismos que en un corto y/o mediano plazo han afectado el equilibrio natural de este ecosistema, lo que merita que hoy se tomen medidas para mitigar los daños pasados, presentes y futuros.

Si aplicamos el modelo citado por Pillay (2004) de usar el término de "población equivalente" para expresar la concentración de residuales de los efluentes de la acuicultura; podríamos deducir un aproximado de la población equivalente para el tratamiento de los residuales de la camaronera CALISUR, tomando esta como ejemplo. Suponiendo que la descarga de 2.48 gdía^{-1} de $DBO_5^{20^oC}$ por persona se corresponde al tratamiento de aguas albañales de una población aproximada de sesenta y siete personas (Pillay, 2004) y asumiendo que el promedio de descarga de $DBO_5^{20^oC}$ de la camaronera CALISUR es de 15,000 gdía^{-1}, entonces el tratamiento de sus residuales, se correspondería con el tratamiento de los albañales de una población equivalente a 420,967.7 personas, aproximadamente ocho veces la población que radica en los poblados costeros del área cercana a la camaronera (Isla *et al.*, 2006[a]). Esto nos da una medida del grado de afectación que tienen los residuales camaroneros no tratados sobre las aguas receptoras, y qué tipo y capacidad de tratamiento y en qué nivel se debería aplicar para minimizar estos daños.

A nivel nacional, los antecedentes de la aplicación de un manejo sostenible para el desarrollo de la acuicultura, enfocado particularmente a la actividad del cultivo de camarón, son prácticamente nulos, pese a existir la noción de lo importante de llevar a cabo estudios multidisciplinarios donde se integre el conjunto de elementos de la zona costera. Los efectos adversos del cultivo de camarón sobre los ecosistemas costeros, unidos al desencadenamiento de procesos ecológicos que traen consigo toda una serie de daños a las especies que habitan en las zonas costeras aledañas a las granjas, deben ser considerados dentro de los planes de manejo y ordenamiento ambiental actual de las camaroneras y los gobiernos locales de cada provincia, con el objetivo de mitigar y disminuir al máximo los daños que este sistema de cultivo ejerce sobre el medio natural circundante, teniendo en cuenta los planes futuros de crecimiento, tanto en hectáreas como en producción, con la nueva especie introducida.

Una solución al problema de la contaminación por residuales camaroneros en las zonas costeras sería la implementación de sistemas de tratamiento como por ejemplo los sistemas de policultivo en estanques y sistemas de cultivo de organismos depuradores en los canales de desagüe,

con la acción secundaria de los ecosistemas de manglar como segundos filtros naturales, una práctica común que se ha estado realizando en países de Latinoamérica y Asia, con muy buenos resultados tanto ambientales como económicos. Estos sistemas por su rentabilidad serían los más recomendables dado los grandes volúmenes de las piscinas y de descarga de los estanques de cultivo en comparación con el uso de tratamientos mecánicos y filtros biológicos.

Un ejemplo clásico de sistema de tratamiento para las aguas de cultivo fue el realizado por Danakusumah *et al*. (1991) a través del policultivo de algas verdes *Ulva pertusa* (Kjellman) y camarón tigre *Penaeus japonicus* (Spence Bate), donde se demostró que la coexistencia de las algas cultivadas con los camarones, incrementaba la supervivencia y la biomasa de estos últimos y disminuía el exceso de nutrientes en las aguas residuales del cultivo. En Ecuador, en el año 2000, se demostró la eficacia de la aplicación de los sistemas de policultivo en el cultivo de camarón al cultivar camarón blanco *L. vannamei* y ostras del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg) en estanques obteniendo al final del ciclo, camarones y ostras en óptimas condiciones comerciales con una supervivencia total del 76 y 86% respectivamente (Osorio *et al.,* 2000). Estos ejemplos bien podrían ser estudiados y analizada la posibilidad de su aplicación en Cuba, ajustándolos a nuestras condiciones ambientales y especies de cultivo.

Cultivo de ostión de mangle

Con respecto al desarrollo ostrícola, el Archipiélago de Cuba tiene un alto potencial de producción dada las condiciones de sus costas para el crecimiento natural del ostión de mangle *C. rhizophorae*, al contar con extensas áreas costeras de mangle rojo *Rhizophora mangle* (Linnaeus), principal sistema natural de cultivo para esta especie.

La técnica del cultivo artesanal del ostión de mangle está estrechamente asociada al ecosistema de manglares, la especie utiliza como substrato natural las raíces aéreas y ramas sumergidas del mangle rojo; por otra parte, este es el ecosistema propicio para su desarrollo como filtro natural de nutrientes orgánicos e inorgánicos provenientes de corrientes de agua dulce que son arrastradas a la zona costera por medio de ríos y arroyos, que unido al fitoplancton complementan la alimentación del ostión como organismo filtrador. No obstante, el uso de ramas y raíces aéreas del mangle como colectores naturales y el uso de artes de pesca de tipo destructivas (machetes y hachuelas) para el aprovechamiento pesquero de las poblaciones naturales de ostión, ha influido,

junto a otros factores, en el deterioro del ecosistema manglar (Baisre, 2004; Betanzos *et al.*, 2010). La década de 1980 fue considerada de esplendor para la producción de ostión de cultivo en Cuba (Fig. 4), cuyos desembarques aportaban aproximadamente el 40% de la producción total anual de ostión (Baisre, 2000).

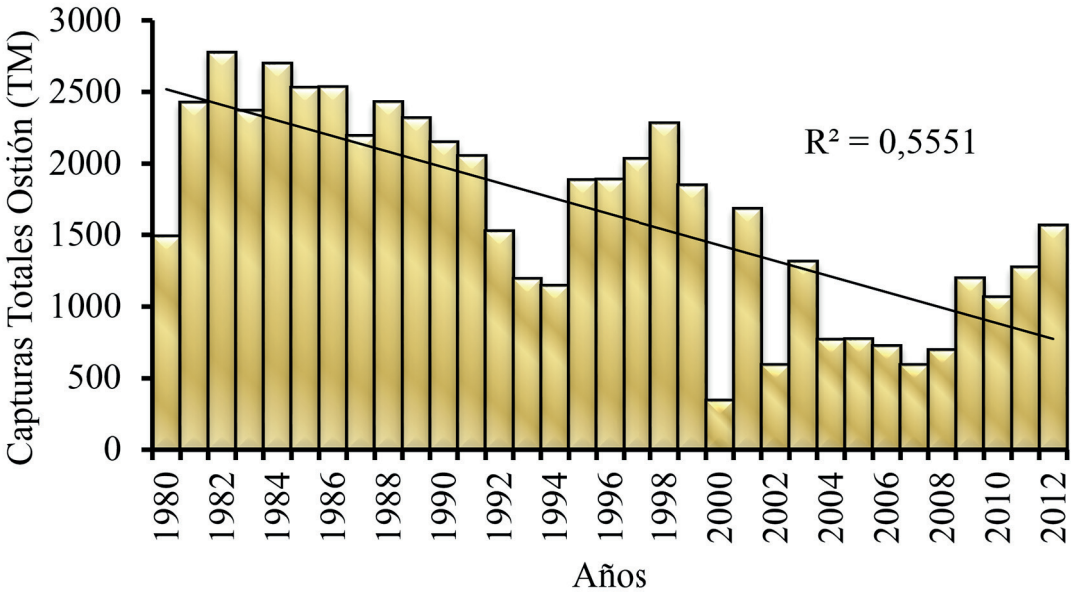

Figura 4. Serie de producción ostrícola en Cuba, considerada en toneladas de ostión fresco en su concha (1980 - 2012).

La ostricultura artesanal se distingue por su necesidad moderada de insumos para la cría y manejo adecuado de los organismos, y no necesariamente compite con la pesquería, sino que la complementa, al aportar millones de larvas que pueden asentarse en zonas de manglar sujetas a un régimen de explotación pesquera (Rivero-Suárez, 2012).

La técnica más empleada en el cultivo de ostión es la suspensión en la capa superficial del agua de colectores naturales o artificiales que sirven de sustrato para que se fijen las larvas de ostión, y dos o tres meses después son trasladados a las zonas de engorde hasta alcanzar la talla comercial.

Esta industria se ha visto limitada en los últimos tiempos por varias razones: la ausencia de valor comercial; la posibilidad de estimular la extracción y venta de unas 4,000 ton de moluscos potencialmente cosechables en granjas ostrícolas y en el medio natural; la recolección indiscriminada en los bancos naturales de ostión debido a planes de producción sobredimensionados, y la afectación de algunas zonas costeras potenciales para el cultivo como el área de Casilda en la provincia de Sancti Spíritus, Bahía de Nipe y Banes en la provincia Holguín, y áreas de cultivo al

sur de las provincias de Pinar del Río y Villa Clara, por la contaminación industrial proveniente de los efluentes de los Complejos Agroindustriales (730 tondía^{-1} de $DBO_5^{20°C}$) y residuales domésticos (470 tonaño^{-1} de $DBO_5^{20°C}$), vertidos a través de los aportes fluviales.

Otros aspectos importantes que han repercutido en las bajas producciones de ostión obtenidas en los últimos diez años (Fig. 4) son el déficit de nutrientes, los altos valores de salinidad en los estuarios por el represamiento de los ríos y la disminución de las precipitaciones, que combinados con la alta evaporaciónen estas áreas, han provocado la disminución del aporte de agua dulce al litoral, con efectos negativos en la distribución y desarrollo natural de los ostiones (Arencibia *et al.*, 2002; Betanzos *et al.*, 2009; Betanzos *et al.*, 2010; Betanzos y Mazón-Suástegui, 2014).

Teniendo en cuenta estos criterios, a partir del 2008, se trazaron estrategias para rescatar el cultivo artesanal del ostión de mangle. Uno de los objetivos fundamentales fue la ubicación de colectores artificiales para fijación y engorde suspendidos al manglar y la reactivación de granjas ostrícolas artesanales con líneas independientes para fijación y para engorde. La captura total anual del año 2009 (pesca extractiva + cultivo), fue de 943.3 ton de ostión en su concha; y en el 2012 alcanzaron 1,566.6 ton, de ellas más de un 35% correspondió a las cosechas aportadas por los sistemas de cultivo en explotación; estos resultados indicaron que la introducción y generalización del cultivo artesanal en granjas ostrícolas permitiría un incremento sustancial de la producción de ostión pudiéndose duplicar la producción nacional anual (Rivero-Suárez, 2012). No obstante, este incremento llevará consigo estudios de capacidad de carga en estas áreas para evitar una sobreexplotación del ecosistema involucrado, además de sustituir el uso de colectores naturales de mangle por colectores de conchas madres de ostión (Fig. 5), entre otros tipos de colectores artificiales más eficientes, para evitar la tala y/o descortezado de raíces y ramas de mangle, y de esta forma contribuir a la conservación del ecosistema manglar, que tanta importancia reviste en la dinámica y equilibrio ecológico natural de las zonas costeras.

Figura 5. Sustitución de colectores naturales de mangle por colectores de conchas madres de ostión en la granja piloto La Enfermería, Isabela de Sagua.

Cultivo de peces marinos

El desarrollo de tecnologías de cultivo de especies marinas autóctonas como alternativa para incrementar las producciones comerciales de recursos pesqueros en el país, usando técnicas de cultivo amigables con el ambiente, es una de las estrategias fundamentales de desarrollo de la política pesquera cubana para el presente siglo.

En función de ello, se presentan resultados de experiencias en el cultivo de peces y del análisis de la interacción cultivo – ambiente, basado en los datos obtenidos de la evaluación medioambiental realizada durante los procesos de selección de sitios, donde fueron identificadas diez áreas de la plataforma cubana (Fig. 6) con características idóneas para los sistemas de cultivo en jaulas (Lluis-Riera, 1983; González y Aguilar, 1984; Piñeiro *et al*., 1997; Perigó *et al*., 2003).

Según datos obtenidos de los estudios de impacto realizados en las zonas de cultivo de la Dorada (bahía de Cabañas y golfo de Guacanayabo) y la Lubina (golfo de Guanahacabibes y golfo de Guacanayabo), dos especies introducidas en el año 1999 oriundas del mar Mediterráneo, estas áreas no presentaron afectaciones derivadas de la actividad de cultivo (Isla *et al*., 2006[b]), los valores de oxígeno disuelto promediaron entre 6.01– 6.54 mgL^{-1} en las tres áreas, mientras que

los nutrientes inorgánicos, con excepción del amonio, mantuvieron bajas concentraciones, según establece la NC-25/1999.

Independientemente que estos cultivos no trajeron consecuencias negativas para el medio marino, no fue viable extender su desarrollo por varias razones: para el caso de la Dorada, las altas temperaturas del agua (valores por encima de los 28°C) propiciaban una temprana maduración sexual y cambio de sexo (de machos a hembras) descartando la posibilidad de obtener ejemplares de más de un kilo de peso promediodurante la cosecha; para el caso de la Lubina, se obtuvieron ejemplares por debajo de los 400 g, limitando también su crecimiento las temperaturas del agua.

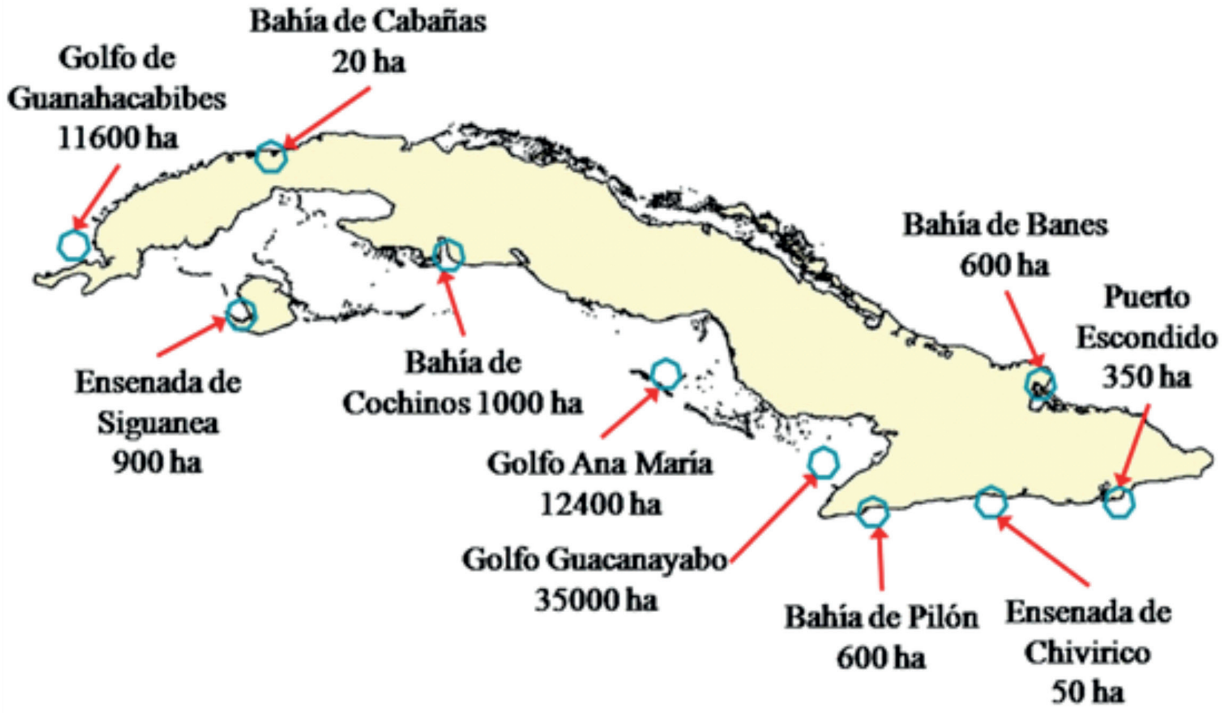

Figura 6. Zonas potenciales para el desarrollo del maricultivo en la plataforma cubana.

Para ambas especies, los intentos de obtener alevines a partir de reproductores en cautiverio no dieron los resultados esperados, los juveniles presentaron altas tasas de deformaciones, variedad de tallas y canibalismo, y como consecuencias altas mortalidades en las etapas tempranas del cultivo, dejando solo la posibilidad de realizar los engordes a partir de alevines importados, lo que aumentaba los costos de producción de la granja; esto unido a la baja competitividad en el mercado Europeo por las pequeñas tallas producidas, trajo como consecuencia el cierre total del proyecto.

Con respecto a las especies nativas cubanas, se han logrado resultados satisfactorios en el mantenimiento de reproductores de Robalo (Reyes *et al*., 2004) y Pargo criollo en cautiverio (Llanes *et al*., 2013), llegando a fomentar bancos de ambas especies de más de 40 individuos en condiciones controladas a nivel de laboratorio; y en el engorde de juveniles de robalo en estanques de tierra y concreto (Zarza-Meza *et al*., 2006). A partir del 2007, se reiniciaron los estudios con Robalo y Pargo criollo a través de un proyecto de colaboración con la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), lográndose obtener a nivel experimental por primera vez en Cuba, durante el año 2012 y 2013, juveniles de ambas especies por desoves espontáneos e inducidos de los reproductores en cautiverio, resultado alentador que demuestra la posibilidad futura del desarrollo del cultivo y el engorde de estas especies a partir de una producción a escala nacional.

A su vez, se encuentra en proceso de desarrollo desde el año 2011 un proyecto de colaboración con el Instituto de Investigaciones Marinas de Bergen, Noruega, para la implementación en Cuba de la tecnología de producción de alevines, engorde y comercialización de la Cobia, con la consecuente construcción de un Centro de Desove en el Mariel, provincia Artemisa, y la instalación de jaulas flotantes para el engorde en la Bahía de Cochinos, Matanzas. Dentro de los resultados obtenidos entre el 2014-2015, se produjeron 5.17 ton de Cobia a partir de alevines importados que se engordaron en las jaulas ubicadas en la Bahía de Cochinos, cosechando individuos con pesos promedios entre 2.86 y 3.0 kg en 257 días de cultivo, con una tasa de crecimiento de 12.3 $gdia^{-1}$, FCA de 2.9 y una supervivencia del 74%.

Los experimentos de engorde de tilapia roja, se desarrollaron entre el 2007-2009 en las bahías de Casilda y Cabañas en las provincias de Sancti Spíritus y Artemisa respectivamente, donde fueron sembrados alevines de tilapia roja previamente adaptados al agua salada con pesos promedios entre 10 y 30 gramos en jaulas rústicas de 4, 6, 7 y 16 m^3 de capacidad, empleando densidades de siembra entre 100 y 350 $alevines m^{3-1}$ en función de la capacidad de las jaulas, para tres ciclos de cultivo. Las tasas de crecimiento alcanzaron valores entre 2.1 - 4.7 $gdía^{-1}$ y los rendimientos oscilaron entre 18.8 y 86.3 kgm^{3-1}, dependiendo del volumen de las jaulas y las densidades de siembra empleadas, el FCA osciló entre 1.4 - 2.8 para ambas zonas y la supervivencia entre 94.2 - 99.5% para Casilda y 71.5 - 93.3% para Cabañas (Fraga *et al*., 2012). Al concluir el estudio, se obtuvo una producción total entre ambas zonas de 16.6 ton, logrando obtener ejemplares perfectamente adaptados con tallas comerciales de más de 350 g de peso en 180 y 210 días de cultivo, con un

costo de producción aproximado de 1.12 USDkg^{-1} (Fraga *et al.*, 2012), monto inferior al obtenido en China, 1.30 USDkg^{-1}, aunque superior al alcanzado en Indonesia de 0.43 USDkg^{-1} (Dey y Paraguas, 2001) con esta especie. Durante los ciclos de cultivo, no se observaron alteraciones ambientales en las aguas de las áreas de engorde en ambas bahías ni en sus alrededores, los parámetros de calidad de agua y sedimento analizados mantuvieron concentraciones estables y acordes al desarrollo del cultivo dentro de los rangos permisibles que establece la NC-25/1999.

De ambas experiencias se concluyó que el híbrido de tilapia roja puede adaptarse al agua de mar y engordarse en jaulas en zonas protegidas de las áreas costeras con altos porcientos de supervivencia y buenos rendimientos en la cosecha (Fig. 7), empleando alimentos balanceados ricos en proteína vegetal con un bajo costo y de producción nacional, con lo cual se observó que la tilapia crece de forma eficiente, manteniendo un manejo adecuado del cultivo; siendo esta una alternativa factible para garantizar la sustitución en el país de pescados importados de masa blanca y abastecer con una fuente de proteína animal al mercado nacional y al turismo.

Figura 7. Tilapias rojas provenientes de los sistemas de cultivo en ambiente marino.

Se demostró que el cultivo de tilapia en jaulas requiere de un nivel de inversión y costos de operación inferiores a otros sistemas como estanques o raceways, los que operan con costos entre

2.12 USDkg^{-1} y 2.80 USDkg^{-1} respectivamente y que son muy utilizados en los países asiáticos (Gupta y Acosta, 2004).

Considerando que el precio actual en Cuba de la tilapia entera congelada eviscerada para el mercado en divisas es aproximadamente 2.01 USDkg^{-1}, el costo de producción por cada dólar producido sería de 0.56 USD, lo que indica que este producto es rentable para su cultivo y comercialización a nivel nacional.

Teniendo en cuenta toda la panorámica analizada, las condiciones naturales de las costas de Cuba son óptimas para el desarrollo de la acuicultura marina, y así lo corroboran Perigó *et al.*(2013), quienes presentan un análisis completo de la factibilidad del desarrollo del cultivo de especies marinas en las aguas de la plataforma cubana con estimados anuales de producción en función de las especies y áreas de cultivo, además, las oportunidades de mercado y la capacidad de ser competitivos son evidentes, por lo tanto las puertas al progreso están abiertas.

Consideramos importante destacar, que para un futuro no muy lejano, las líneas de desarrollo acuícolas para Cuba deben estar dirigidas hacia el establecimiento de industrias sostenibles basadas en normas ambientales realistas y bien formuladas, procedentes de curvas de aprendizaje a nivel regional que permitan prevenir errores y mal funcionamiento de los planes de desarrollo, siempre en función del análisis de la capacidad de carga y la conservación de los ecosistemas involucrados en las actividades de cultivo.

Conclusiones

- La descarga continua de residuales de las granjas camaroneras cubanas sobre los ecosistemas costeros se puede considerar como un impacto negativo al medio ambiente, fundamentalmente por la alta concentración de nutrientes orgánicos y sólidos que son depositados en las zonas estuarinas y que a largo plazo afectan el equilibrio ecológico del acuatorio receptor.
- La aplicación de modelos de manejo sostenible y ordenamiento ambiental para la actividad del cultivo de camarón y la implementación de sistemas de tratamiento para los residuales camaroneros, son acciones que deben formar parte de la política de mitigación de daños dentro del desarrollo futuro del cultivo de camarón en Cuba.
- La sobreexplotación de los bancos naturales de ostión, la contaminación por residuales industriales y domésticos en las zonas costeras, y la disminución del aporte de agua dulce por

el represamiento de los ríos, afectaron las producciones de ostión de mangle de los principales parques ostrícolas del país durante el último decenio.

- La producción actual de ostión de mangle puede incrementarse utilizando sistemas artesanales de cultivo amigables con el ambiente en función de la conservación del ecosistema de manglar.
- El cultivo de tilapia roja en ambiente marino constituye una alternativa viable de producción para la comercialización de peces marinos en la isla, una vez que se estandaricen las técnicas de cultivo de esta especie a partir de las experiencias y resultados obtenidos.
- Las tecnologías implementadas para el cultivo sostenible de peces marinos nativos, demuestran la posibilidad futura de desarrollar estos cultivos a escala comercial, teniendo en cuenta las experiencias practicadas.

Literatura citada

A.P.H.A. 1992. *Standards Methods for the examination of water and waste waters.* pp.5 – 38. 18th American Public Health Association, Wasington DC, USA.

Arencibia, G., M. Isla, N. Capetillo, I. Almira y D. Castillo. 2002. *Fuentes contaminantes de la Bahía de Nipe, Cuba.* RevistaFopcana1(2): 42-50.

Baisre, J.A. (2000). *Crónica de la pesca marítima en Cuba (1935-1995). Análisis de tendencias y del potencial pesquero.*FAO. Documentos Técnicos de Pesca y Acuicultura 394: 38 pp.

Baisre, J.A. (2004). *La pesca marítima en Cuba*. Instituto Cubano del libro. Editorial científico-técnica: 372 pp.

Betanzos, A., G. Arencibia, G. Delgado y R. Nodar. 2009. *Caracterización de la calidad del agua al norte de Villa Clara, Cuba, para definir zonas de cultivo del ostión de mangle (Crassostrea rhizophorae, Guilding, 1828).* Revista de Ecotoxicología y Contaminación Ambiental 1(4): 9 pp. Disponible en: http://www.aae.org.ar.

Betanzos, A., C. Siam y G. Arencibia. 2010. *Variación de la salinidad y su relación con la distribución por talla del ostión de mangle, Villa Clara, Cuba.* Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras 27(1): 41-46.

Betanzos, A., Y. Garcés, G. Delgado y M.A. Pis. 2012. *Variación espacio-temporal y grado de eutrofia de sustancias nutrientes en aguas de los Golfos de Ana María y Guacanayabo, Cuba.* Revista Ciencias Marinas y Costeras. Vol. 4: 117-130.

Betanzos, A., y J.M. Mazón-Suástegui.2014. *Hidrodinámica y producción de ostión de la laguna El Cheve, sur de Pinar del Río, Cuba.* Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras 31 (1): 47-55.

Cicin – Sain, B. y R.W. Knecht. 1998. *Integrated Coastal and Ocean Management. Concepts and Practices*. Island Press, Washington, D.C., 517 pp.

Danakusumah, E., S. Kadowaki y H. Hirata. 1991. *Effects of Coexisting Ulva pertusa on the production of Kuruma prawn.* Japan Society Science Fish 57 (8): 9 - 15.

Dey, M. y F.J. Paraguas. 2001. *Economics of tilapia farming in Asia*. pp 33 - 46. En: Subasinghe, S y S. Tarlochan (Eds). Tilapia production, marketing and technological developments. International Technical and Trade Conference on Tilapia, 28-30 May 2001, Kuala Lumpur, Malaysia.187 pp.

FAO. 1975. *Manual of methods in aquatic environmental research. Methods for detection measurement and monitoring of water pollution. Part 1.*FAO Fisheries Technical Papers 137: 238 pp.

FAO. 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture. Opportunities and Challenges.* FAO Fisheries and Aquaculture Department.Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma. 243 pp.

Fraga Castro, I., Eduardo R. Flores, R. Reyes, y Y. Llanes. 2012. *Efecto de diferentes densidades de siembra en el engorde de tilapia roja (O. mossambicus x O. aureus) en jaulas flotantes en ambiente marino, Cuba.* Revista de Investigaciones Marinas 32(1): 12-23.

GESAMP. IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspect of Marine Environmental Protection. 1996. *Monitoring the ecological effects of coastal aquaculture wastes*. GESAMP Reports and Studies (57): 38 pp.

GESAMP. IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspect of Marine Environmental Protection. 2001. *Planning and management for sustainable coastal aquaculture development.* GESAMP Reports and Studies 68: 90 pp.

González, G. y C. Aguilar. 1984. *Ecología de las lagunas costeras de la región suroriental de Cuba.* Revista de Investigaciones Marinas 5 (1): 127 – 171.

Gupta, M.V. y B.O. Acosta. 2004. *A review of global tilapia farming practices*. Aquaculture. Asia.10 (1): 7 - 16.

Isla, M., G. Arencibia, N. Capetillo e I.E. Perez. 2006ª. *Impacto Ambiental de la Granja Camaronera CALISUR sobre los ecosistemas de la zona costera del golfo de Guacanayabo, Cuba.* IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA 2006: 80-96. Disponible en: http://www.civa2006.org.

Isla, M., G. Arencibia, G. Delgado y R. Tizol. 2006[b]. *Evaluación y desarrollo de la introducción del cultivo de Dorada (Sparus aurata) y Lubina (Dicentrarchus labrax) en zonas de la plataforma cubana.* IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA 2006: 121-132. Disponible en: http://www.civa2006.org.

Llanes, Y., K. Kobayashi, S. Kino, R. Reyes, N. Fernández e I. Fraga. 2013. *Características esenciales en el desarrollo embrionario y larval del pargo criollo (Lutjanus analis), inducido mediante tratamiento hormonal*. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras 30 (1): 49-52.

Lluis - Riera, M. 1983. *Régimen hidrológico de la plataforma insular de Cuba.* Ciencia, Tierra y Espacio 7: 81 – 110.

Lovatelli, A., M.J. Phillips, J.R. Arthur, y K. Yamamoto (Eds.). 2008. *The future of mariculture: a regional approach for responsible development in the Asia – Pacific region.* FAO Fisheries Proccedings No. 11. Rome. FAO. 325 pp.

NC – 25. 1999. *Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. Hidrosfera. Especificaciones y procedimiento para la evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero (NC – 25/99).* Cuba, Ciudad de la Habana, 1999, Comité Estatal de Normalización. 9 pp.

Osorio, V., S. Akaboshi, R. Alvarez, P. Lombeida y D. Ortega. 2000. *Polyculture of the Pacific oyster (Crassostrea gigas) and the white shrimp (Penaeus vannamei) in Ecuador.* CENAIM, Guayaquil, Ecuador, 12 pp.

Pérez, I.E., G. Arencibia, N. Capetillo y M. Isla. 2003. *Influencia del cultivo del camarón blanco (Litopenaeus schmitti) sobre los ecosistemas costeros.* Revista Fopcana 2 (1-2): 11 – 20.

Perigó, E., J. F. Montalvo y D. M. Pérez. 2003. *Valores más frecuentes y extremos de los parámetros químicos de calidad ambiental en ecosistemas costeros y aguas de la plataforma marina cubana.* Contribución a la Educación y la Protección Ambiental 4: 445-455.

Perigó, E., L. Alvarez-Lajonchere, C. Martínez y A. Betanzos. 2013. *Diagnóstico ambiental para la factibilidad del desarrollo sustentable de la acuicultura marina en Cuba. Impactos y respuestas.* Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras 30 (1): 57-60.

Pillay, T.V.R. 2004. *Aquaculture and the Environment.* Second Edition, Ed. Fishing News Books and Blackwell Publishing Ltd. 189 pp.

Piñeiro, R. y G. Arencibia. 1993. *Calidad del agua en las fuentes de abasto de la estación de cultivo de camarón en Río Cauto, Cuba.* Revista de Investigaciones Marinas 14 (2-3): 160 - 166.

Piñeiro, R., G. Arencibia, A. Betanzos, R. Tizol y E. Perigó. 1997. *Zonas de la plataforma cubana para el cultivo de peces marinos en jaulas.* Centro de Investigaciones Pesqueras, Cuba., Documento de Archivo, Informe Técnico., 21 pp.

Reyes, R., D. Ramos, I. Fraga, J. Galindo y N. Ortega. 2004. *Creación de un banco de progenitores de robalo Centropomus undecimalis (Bloch). Evaluación de alimentos artificiales.* III Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA 2004: 814-820. Disponible en: http://www.civa2004.org.

Rivero-Suárez, S. E. 2012. *Potencial de cultivo del ostión en Isabela de Sagua, a partir de la fijación natural en colectores de mangle.* Tesis presentada en opción del grado académico de Maestro en Ciencias en Biología Marina y Acuicultura. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana. Cuba. 136 pp.

Wurmann, C.G. 2012. *Regional Review on Status and Trends in Aquaculture in Latin America and The Caribbean – 2010/Revisión Regional sobre la Situación y Tendencias en el Desarrollo de la Acuicultura en América Latina y el Caribe – 2010.* FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1061/3. Rome, FAO. 212 pp.

Zarza-Meza, E.A., J.M. Berruecos-Villalobos, C. Vásquez-Peláez y P. Álvarez-Torres. 2006. *Cultivo experimental de robalo Centropomus undecimalis y Chucumite Centropomus parallelus (Perciformes: Centropomidae) en estanques rústicos de tierra.* Revista Ciencias Marinas 32(2): 219–227.

Cita

Isla Molleda, M., G. Arencibia Carballo y A. Betanzos Vega. 2016. Desarrollo del maricultivo en Cuba. Impactos y desafíos para lograr un manejo sostenible conservando los ecosistemas costeros. Áreas Naturales Protegidas Scripta. Vol.II (1): 7-26. DOI:10.18242/ANPScripta.2015.02.02.01.0002

Sometido: 28 de agosto de 2015

Revisado: 16 de septiembre de 2015

Aceptado: 4 de diciembre de 2015

Editor asociado: Dr. Héctor González Ocampo

Idioma Inglés Abstract: Ms.C. Diana Dorantes

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández