

Estado ambiental de la zona donde se desarrolló el cultivo de cobia (*Rachycentron canadum*) en jaulas flotantes, bahía de Cochinos, Cuba

Environmental status of the zone where cobia culture was developed (*Rachycentron canadum*) in floating cages. Cochinos bay. Cuba

Mercedes Isla Molleda,¹ Eduardo Raúl Flores Gutiérrez,¹ Bjorn Tore Lunestad,² Orjan Karlsen³, Pascual Rodríguez Cruzata,¹ Abel Betanzos Vega,¹ Alexander Lopeztegui Castillo¹ y Diana Martínez Coello¹

¹ Centro de Investigaciones Pesqueras. Calle 246 No. 503 entre 5ta. Avenida y Mar, Santa Fe, Municipio Playa, La Habana, Cuba, CP 19 100, teléfono: (53) 7-208-9304, E-mail: merisla@cip.alinet.cu

² National Institute of Nutrition and Seafood Research (NIFES). P.O. Box 2029 Nordnes, 5817 Bergen, Norway

³ Institute for Marine Research (IMR). Nordnes, 5817 Bergen, Norway

RESUMEN

A partir del inicio del engorde en jaulas de los juveniles de cobia (*Rachycentron canadum*) en diciembre de 2014 en la bahía de Cochinos, Cuba, se aplicó un protocolo de monitoreo diario con una frecuencia de medición de variables abióticas tres veces al día; un monitoreo periódico de nutrientes en agua y sedimentos; y se evaluó el estado del bentos y los peces del ecosistema al inicio y al final del ciclo de cultivo. El ciclo de engorde fue de 9 meses, cosechándose los animales con pesos promedio de 2,86 kg para una producción total de 5,1 t. Durante la etapa las temperaturas medias del agua se mantuvieron entre los 26,0-27,0 °C en los meses de invierno, y en los meses de verano se registraron temperaturas de 30,0 °C y 31,0 °C en la columna de agua. La salinidad y el pH mantuvieron valores promedios de 35,4 UPS y 8,2 respectivamente y el oxígeno disuelto registró valores medios de 6,56 mgL⁻¹ con valores por encima del 100 % de saturación. Los nutrientes mantuvieron valores considerados de buena calidad. La materia orgánica en sedimentos presentó concentraciones bajas clasificándose como sedimentos estabilizados. El estado de la comunidad coralina y otros componentes del bentos y la ictiofauna, no reflejan la existencia de un nivel de estrés producto del cultivo de cobia, por lo cual se infiere que el impacto de la actividad de cultivo no se refleja en las comunidades bentónicas analizadas, ni se evidencian afectaciones al medio ambiente de la bahía de Cochinos.

Palabras clave: cobia, acuicultura, ambiente, Cuba.

ABSTRACT

Since the beginning of cobia juveniles (*Rachycentron canadum*) growing in cages in December, 2014 in Cochinos bay, Cuba; it was applied a daily monitoring protocol with a frequency of abiotic variables measurements three times per day and a periodic monitoring of nutrients in water and sediments. The status of benthos and the ecosystem fish at the beginning and end of the culture cycle were evaluated. The growth cycle was 9 months, fishing animals with body weights of 2,86 kg for a total production of 5,1 t. During the stage medium water temperatures oscillated between 26,0-27,0 °C in winter months and in summer months temperatures were 30,0 °C and 31,0 °C in the water column. The average values of salinity and pH were 35,4 UPS y 8,2 respectively and dissolved oxygen showed medium values of 6,56 mg/L with saturation over 100 %. The values of nutrients were considered as good quality values. Organic matter in sediments showed low concentrations qualifying them as stabilized sediments. The status of the coral community and other benthos components did not show the existence of a stress level produced by cobia culture, whereby we can deduce that the impact of culture activity is not shown in the benthic communities analyzed and there is no evidence of negative effects to the Cochinos bay environment.

Keywords: cobia, aquaculture, environment, Cuba.

Recibido: 30/4/19

Revisado: 4/6/19

Aceptado: 6/9/19

INTRODUCCIÓN

La actividad de acuicultura es señalada por numerosos autores y analistas, como la producción que más ha crecido a nivel mundial en los últimos años dentro del sector de alimentos destinados a la humanidad, con un incremento promedio anual de más del 8,7 % a partir de 1970, mientras que la producción de carne en sistemas terrestres ha promediado solo un 2,9 %. Hoy, la acuicultura mundial representa aproximadamente el 45,6 % del consumo mundial de pescado (FAO, 2018).

Según FAO (2018), las pesquerías basadas en la extracción de los recursos naturales han sufrido profundos cambios en las últimas décadas en todos los mares y ambientes continentales del mundo. Este cambio no solo se ha producido a nivel cuantitativo, sino también en lo referente a la composición específica de las poblaciones naturales, existiendo actualmente varios recursos considerados en peligro de subsistencia. Los recursos naturales son finitos y su explotación debe tender a un carácter sustentable, persiguiendo el objetivo de mantenerlos disponibles en el tiempo.

Siguiendo este principio, a partir del 2011, se implementó en Cuba el Proyecto Internacional "Desarrollo de una acuicultura marina sustentable en Cuba", rectorado por el Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP), financiado por la Agencia de Desarrollo de Noruega (NORAD) y con la supervisión del Instituto de Investigaciones Marinas de Bergen, Noruega, enfocado al desarrollo del cultivo de cobia (*Rachycentron canadum*) bajo el lema "De la jaula a la mesa".

La cobia es una especie marina que habita en las aguas de la plataforma cubana y se distribuye en las zonas templadas y tropicales del Atlántico, Caribe, Indopacífico, Australia y Japón. Esta especie es un excelente aspirante para desarrollar un maricultivo comercial debido a que presenta un buen comportamiento en condiciones de cautiverio (Coriolano & Coelho, 2012), según Benetti *et al.* (2003) la cobia posee la mayor tasa de crecimiento entre los peces marinos de cultivo, alcanzando durante el primer año de engorde entre 4-6 kg de peso (Fig. 1); también tiene un elevado porcentaje de supervivencia, una alta tasa de conversión del alimento (1,5) y cualidades organolépticas que permiten la elaboración de diversos productos que generan demanda y buenos precios de venta (Flores *et al.*, 2016).

Existen experiencias de su cultivo en países de nuestra área geográfica, entre los cuales pueden citarse a Estados Unidos, México, Panamá, Colombia, Brasil, Ecuador, Martinica, Bahamas y Puerto Rico (Kaiser & Holt, 2004; Benetti *et al.*, 2008a; Benetti *et al.*, 2008b;

Benetti *et al.*, 2010a; Benetti *et al.*, 2010b; Álvarez-Lajonchère & Fernández-Rodríguez, 2013). Otros países como China, Taiwán, Tailandia y Vietnam también han incursionado en esta experiencia (Liao & Leño, 2007; Chen *et al.*, 2008), y hoy en día poseen los mayores volúmenes de producción a nivel mundial. Según las estadísticas de FAO (2018) en el 2016, la producción mundial de cobia procedente del cultivo superó las 50 000 t.

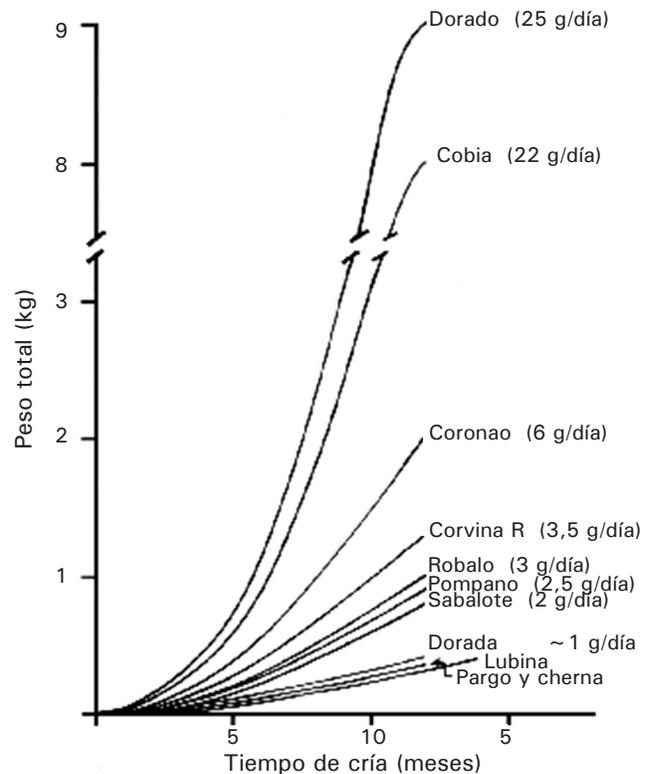


Fig. 1. Comparación de crecimiento en cultivo de varias especies marinas de alto valor comercial (tomado de Benetti *et al.*, 2003).

Dentro de los objetivos propuestos en el proyecto, el engorde de cobia a partir de alevines importados desde Ecuador, fue uno de los desarrollados de manera exitosa en un sitio seleccionado dentro de la bahía de Cochinos, Matanzas. El ciclo de engorde fue de 257 días de cultivo, cosechándose animales con pesos promedio de 2,86 kg, tasas de crecimiento promedio de 12,3 g día⁻¹, factor específico de crecimiento (SGR) de 7,1 %, supervivencias del 74 % y un factor de conversión del alimento (FCA) de 2,8, para una producción total de 5,17 t (Rodríguez-Cruzata *et al.*, 2015; Isla Molleda *et al.*, 2016); resultado que comparado con las experiencias obtenidas en Bahamas y Puerto Rico (Fig. 2) (Benetti *et al.*, 2010b), demues-

tran la potencialidad e infieren las oportunidades positivas del desarrollo del cultivo de cobia en aguas

cubanas, teniendo en cuenta sus características como especie autóctona y de aguas tropicales.

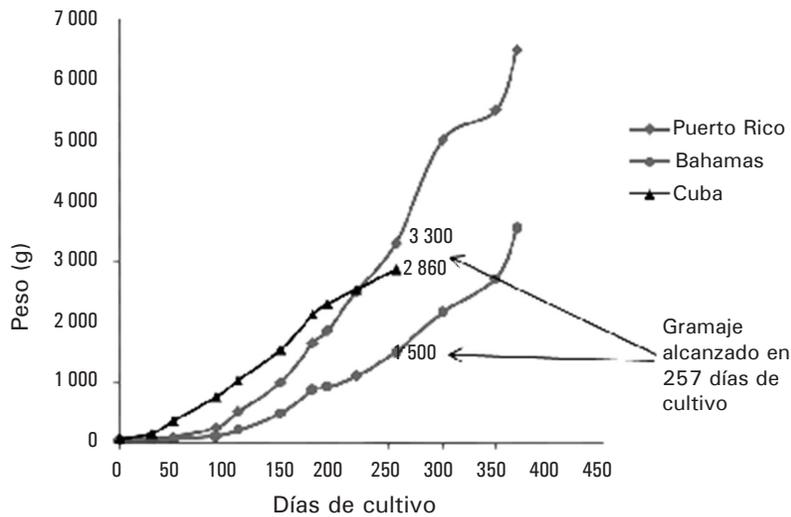


Fig. 2. Curva de crecimiento expresado en gramos (g) para el engorde de cobia en Cuba (Rodríguez-Cruzata *et al.*, 2015). Comparación con la experiencia de cultivo realizada en Puerto Rico y Bahamas (adaptado de Benetti *et al.*, 2010b).

Durante toda la etapa de engorde se siguió un protocolo de monitoreo para el chequeo de los animales y del medio marino en cuestión, siendo objetivo de este trabajo, realizar una evaluación del estado ambiental de la zona de la bahía de Chinos durante y una vez finalizada la etapa de engorde de cobia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los resultados que se presentan en este trabajo, corresponden a muestreos realizados durante la etapa de engorde de cobia en la zona de la bahía de Cochinos, donde fueron ubicadas las jaulas de cultivo (Fig. 3), durante el período comprendido entre los meses de diciembre/2014-septiembre/2015.

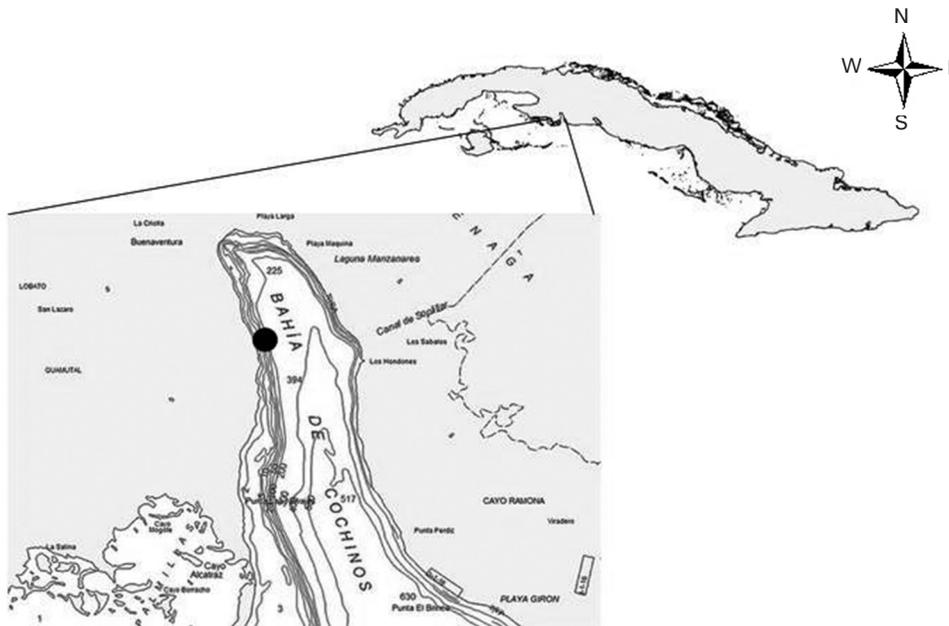


Fig. 3. Sitio seleccionado para la ubicación de las jaulas flotantes en la bahía de Cochinos, Cuba.

Se aplicó un protocolo de monitoreo diario con una frecuencia de medición de variables abióticas de tres veces al día. En cada estación se registró *in situ* la salinidad (UPS), el pH, la temperatura del agua (°C) y la concentración (mgL^{-1}) y saturación (%) de oxígeno disuelto, para ello se utilizaron un refractómetro ATAGO modelo S/Mill-E, un potenciómetro pH-330i/SET y un oxímetro YSI 550a respectivamente. También se estableció un monitoreo periódico de nutrientes en agua y sedimentos siguiendo una red de muestreo en superficie y fondo alrededor del sistema de jaulas (4 puntos cardinales) y en el centro de estas. Las muestras de agua (1 L) se almacenaron a -20°C hasta su procesamiento en el laboratorio utilizando la metodología de FAO (1975) y APHA (1992) para la determinación de nutrientes. El contenido de carbono orgánico de los sedimentos se determinó con el método del ácido crómico (FAO, 1975); para el análisis, los sedimentos se secaron a 105°C y se tamizaron hasta obtener partículas menores de $63\ \mu\text{m}$.

Se realizaron además dos muestreos (inicio y final del cultivo), con seis transeptos de banda ($100 \times 2 = 200\ \text{m}^2$) para evaluar el estado del bentos y de las especies de peces del ecosistema. Tres transeptos (1; 2 y 3) se situaron al Este de las jaulas, entre 33-25 m de profundidad, y tres (4; 5 y 6) al Oeste, entre 23-15 m. El muestreo de las comunidades biológicas se basó en la evaluación de la comunidad coralina, la cual incluyó además el conteo de macroalgas y la presencia de cianobacterias. El censo de la comunidad coralina incluyó densidad y composición por especies. También fueron censados avistamientos de peces en el área.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según el estudio de línea base realizado en el año 2013 para seleccionar el sitio de cultivo en la bahía de Cochinos (Betanzos *et al.*, 2014), la zona donde se ubicaron las jaulas (Fig. 3) mostró una temperatura del agua promedio entre $25,89 \pm 0,25^\circ\text{C}$ y $29,25 \pm 0,16^\circ\text{C}$ (invierno-verano) y salinidad media de $34,7 \pm 0,50$ UPS; la concentración de oxígeno disuelto fue de $6,78 \pm 0,50\ \text{mgL}^{-1}$; y el pH promedio de 8,1. Las corrientes marinas mostraron intensidades clasificadas como de débil a moderadas y los nutrientes inorgánicos mostraron valores de buena calidad para las actividades de cultivo. Los valores observados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) se consideran propios de aguas con bajas concentraciones de materia orgánica biodegradable. Los fondos presentaron características de fondos apaisados o escalonados de arena y roca

(canjilones), con bajas concentraciones de materia orgánica.

A partir del inicio del cultivo en diciembre de 2014 y hasta el mes de marzo de 2015, la temperatura media del agua se mantuvo entre los $26,0$ - $27,0^\circ\text{C}$. La salinidad presentó valores entre los $35,01$ - $36,05$ UPS, y el pH entre $7,59$ - $8,12$.

Los valores de oxígeno disuelto estuvieron entre $5,92$ - $7,16\ \text{mgL}^{-1}$ con saturación por encima de 100% ; lo cual es indicativo de zonas con poca materia orgánica y mayor concentración de oxígeno disponible que la demanda por el consumo. Independientemente que el 2015 fue un año de elevadas temperaturas en la zona de estudio respecto a la media histórica reportada (Fig. 4), durante los meses de verano se registraron valores medios de $29,6^\circ\text{C}$ con máximos de $31,5^\circ\text{C}$ y una temperatura prácticamente estable de $29,5$ - 30°C en la columna de agua hasta 15 m de profundidad, provocados principalmente por el calentamiento diurno, las escasas precipitaciones y una elevada evaporación por la incidencia de los rayos solares en la zona. La temperatura superficial del mar (TSM) media anual en el período 2014-2015, ha sido superior ($> 1,5^\circ\text{C}$) a la media histórica de la TSM de los últimos 40 años.

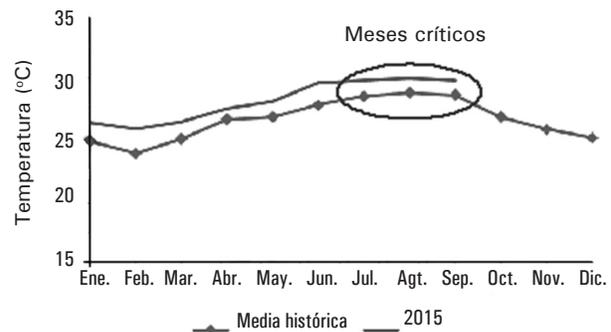


Fig. 4. Media histórica de temperatura para la bahía de Cochinos 2000-2013 (Betanzos *et al.*, 2014) y registros de temperatura tomados durante la etapa de engorde de cobia en el 2015.

Sin embargo, a pesar de las altas temperaturas registradas en esta época, el oxígeno disuelto mantuvo valores medios de $6,56\ \text{mg L}^{-1}$ con mínimos de $6,40\ \text{mgL}^{-1}$ y máximos de $7,27\ \text{mgL}^{-1}$, así como valores cercanos y por encima del 100% de saturación, consecuencia de la baja concentración de materia orgánica en la zona y el efecto de las corrientes, mientras que la salinidad y el pH conservaron valores promedios de $35,4$ UPS y $8,2$ respectivamente.

Se infiere que los resultados obtenidos durante el ciclo de engorde de cobia en aguas cubanas pudieron estar influidos por las altas temperaturas observadas

durante la etapa final del cultivo. En la figura 5 se aprecia cómo la mortalidad se incrementó en esta etapa coincidiendo con el aumento de las temperaturas, demostrando la sensibilidad de estos organismos ante

la exposición prolongada a temperaturas por encima de 30 °C, consideradas letales para el cultivo de esta especie (Chen *et al.*, 2008; Benetti *et al.*, 2008a; Benetti *et al.*, 2010a; Benetti *et al.*, 2010b).

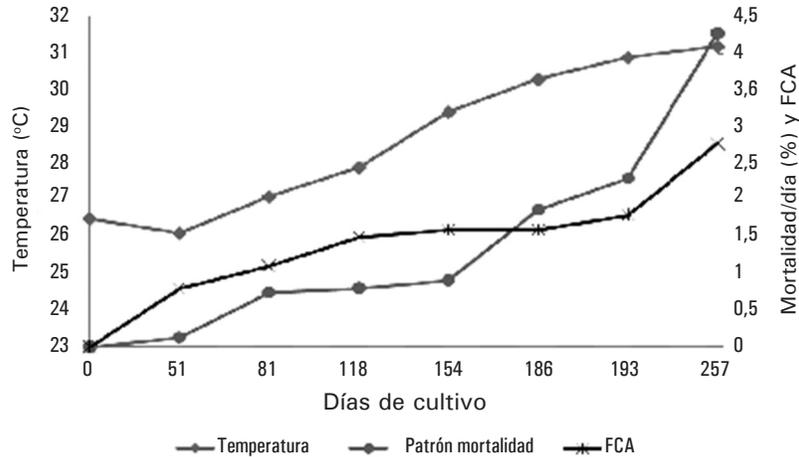


Fig. 5. Relación temperatura-mortalidad-factor de conversión del alimento (FCA) durante el ciclo de engorde de cobia.

Por otro lado, según los datos de los muestreos de talla, peso y biomasa estimada, se observó una disminución de la velocidad de crecimiento de la cobia, producida principalmente por el estrés termal a que estuvieron sometidos los peces en esta etapa final del cultivo, lo que trajo como consecuencia que el factor de conversión del alimento (FCA) se incrementara a 2,8, mientras que durante los primeros 193 días de cultivo este parámetro mantuvo valores por debajo de 2 (Fig. 5), tal y como recomienda la literatura para esta especie en cultivo (Kaiser & Holt, 2004; Liao & Leño, 2007; Benetti *et al.*, 2008a; Benetti *et al.*, 2008b; Benetti *et al.*, 2010a; Benetti *et al.*, 2010b).

Al final del experimento (257 días) se obtuvo una supervivencia del 74 % y una biomasa final de 5 170 kg, mientras que en los primeros 193 días la biomasa fue de 5 305 kg y la supervivencia del 94 %, observándose una disminución en la biomasa final provocada por las mortalidades observadas, aunque los animales cosechados mostraron un mayor tamaño.

Al analizar estos datos, los resultados expuestos sugieren la necesidad de culminar la etapa de engorde de cobia en Cuba cuando la temperatura del agua muestre valores iguales y/o superiores a 30 °C y establecer los ciclos de engorde en períodos de 8-9 meses, de manera tal que los mismos culminen cuando inicie la etapa de mayor calentamiento atmosférico para el país.

Los valores de nutrientes en agua observados durante toda la etapa de engorde se consideran de

buena calidad según los indicadores establecidos por la norma cubana NC-25 (1999), el nitrógeno amoniacal (NH_4^+) mostró una media de 0,000 7 mg/L, valores inferiores a los observados durante el estudio de línea base (Betanzos *et al.*, 2014), el nitrito de 0,002 7 mg/L, el fósforo inorgánico de 0,003 mg/L y el silicato de 0,000 7 mg/L; la concentración de los sólidos totales promedió 55,76 mg/L y la DQO 0,072 mg/L, valores similares a los reportados en estudios realizados en la bahía y que la clasifican como un acuatorio estable y de buena calidad (Montalvo *et al.*, 2006; Perigó *et al.*, 2012; Perigó *et al.*, 2014; Betanzos *et al.*, 2014).

La materia orgánica en sedimentos también presentó concentraciones bajas debajo del fondo de las jaulas y en los demás puntos muestreados, con valores promedio de carbón orgánico de 3,2 %, clasificándose como sedimentos estabilizados, coincidiendo con los reportes de Betanzos *et al.* (2014); tampoco se evidenció olor a azufre, indicando la poca o ninguna presencia de sulfhídrico.

Los parámetros analizados no presentan diferencias de los observados en el estudio de línea base realizado en el año 2013 según reportes de Betanzos *et al.* (2014), lo que demuestra la capacidad natural del ecosistema en depurar la materia orgánica generada por la actividad del cultivo, además del efecto regenerador producido por el intercambio de las aguas de la bahía con las aguas oceánicas del golfo de Cazones, resultado de una entrada de aguas limpias por el Sur y Este y una salida por el Oeste, reforzada por una

corriente residual con rumbo predominante Sur (Fig. 6), lo que mantiene un flujo de agua limpia en el interior de la bahía, característica propia identificada según reportes de Montalvo *et al.* (2006) y Betanzos *et al.* (2014).

El análisis de los resultados de los muestreos del bentos en los tres primeros transectos (T1, T2 y T3), corroboró que tienen una estructura similar donde aproximadamente el 45 % del sustrato está formado por sedimento areno-fangoso. El resto de los transectos (T4, T5 y T6), ubicados en una menor profundidad, también presentaron similar estructura

entre sí con un cubrimiento coralino de aproximadamente el 80 % en cada caso. La cobertura vegetal estuvo formada principalmente por macroalgas de los géneros *Halimeda* y *Rhipocephalus*, *Penicillus*, *Udotea* y *Dictyota*. La similitud observada entre transectos (Fig. 7) sugiere el bajo impacto de la actividad de cultivo, pues los segmentos ubicados debajo de las jaulas (T2 y T5) presentaron igual abundancia coralina que aquellos más alejados (T1 y T6), en los que la afectación, si existiera, debería ser menor o nula teniendo en cuenta la intensidad de las corrientes en el área.

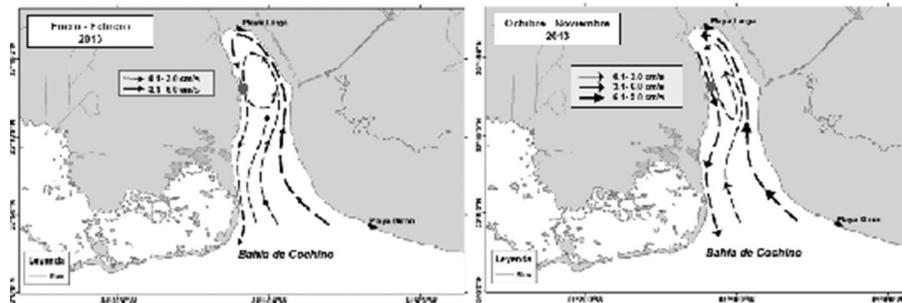


Fig. 6. Esquemas de circulación estimados según gradientes de densidad y volumen específico en la bahía de Cochinos (tomado de Betanzos *et al.*, 2014). Izquierda: muestreo enero-febrero, 2013. Derecha: muestreo octubre-noviembre, 2013.

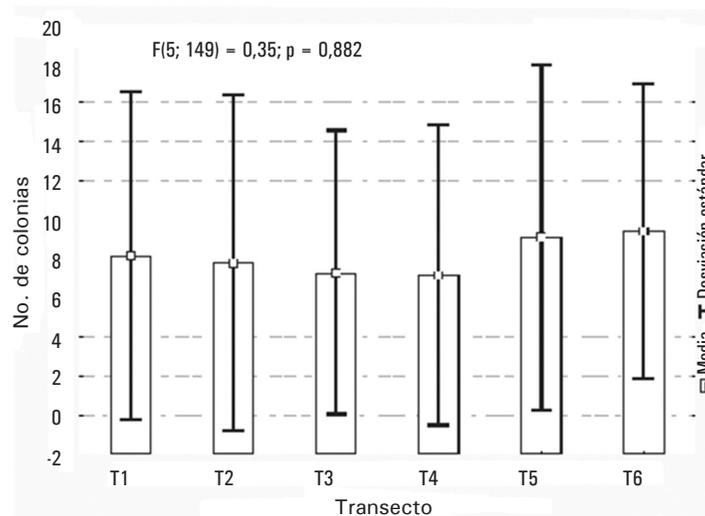


Fig. 7. Abundancia de corales, por transecto, en el sitio de cultivo de cobia en la bahía de Cochinos.

Respecto al estado de los corales, se identificaron en total 34 especies y se contaron 1 256 colonias de coral. El género mejor representado fue *Agaricia* (cinco especies), con un total de 365 colonias, otros géneros bien representados fueron *Montastraea* (cuatro especies) con 216 colonias y *Mycetophyllia* (cinco especies) con 107 colonias; valores similares a los

reportados por Lopeztegui-Castillo *et al.* (2015) antes del inicio de la etapa de engorde de cobia.

De igual modo debe mencionarse el elevado porcentaje de mortalidad antigua, encontrado en colonias fraccionadas y en grandes sectores de colonias fundamentalmente masivas. En estos casos, sobre la superficie muerta del coral se encontraron organismos

como hidrozoos, briozoos, anémonas, esponjas, algas costrosas (*Rodophyta*) y pequeñas algas (*Clorophyta* y *Paeophyta*) en forma de césped, no muy tupido, al que comúnmente se le denomina *turf*. El desarrollo de estos organismos, entre los que se cuentan además pequeñas colonias de coral (reclutas), sugiere que dicha mortalidad data de antes de que se situaran las jaulas. Por otra parte, el número de estos reclutas es indicativo de los procesos de recuperación que tienen lugar en el arrecife.

Estos resultados son indicativo de que la comunidad coralina no ha variado su composición y en sentido general, las especies más abundantes coinciden con las reportadas por Caballero & De la Guardia (2003), Castellanos *et al.* (2004) & González-Ferrer (2004) para similares biotopos en arrecifes ubicados en zonas relativamente limpias.

La cobertura vegetal promedio resultó baja (3,5 %) y no varió significativamente entre transeptos, aunque se incrementó ligeramente con respecto al muestreo inicial (1,5 %). Estuvo dominada por algas verdes (*Clorophyta*) en su mayoría de composición calcárea. Este hecho, teniendo en cuenta la baja diversidad y abundancia de

peces herbívoros (fundamentalmente loros y barberos), apoya la hipótesis de que el ecosistema no se encuentra sometido de forma regular a grandes estreses o a elevadas concentraciones de nutrientes.

Basado en el desarrollo de las comunidades bentónicas evaluadas, el estado general del hábitat se considera satisfactorio. La dominancia de géneros coralinos muy sensibles como *Agaricia* (González-Ferrer, 2004), corrobora que el sistema no está sometido a grandes y/o sostenidos estreses.

Se observó un incremento de fauna acompañante (peces agregados) a los sistemas que conforman la jaula. Se contabilizaron en total 845 ejemplares, de los cuáles el mayor porcentaje (30 %) correspondió a *Ocyurus chrysurus* (rabirrubia); una representatividad relativamente alta tuvieron también las especies *Acanthurus coerulus* (barbero azul) y *Caranx ruber* (cibí), con 11,6 % y 11,2 % respectivamente (Fig. 8). El significativo aumento en la diversidad y más en la abundancia de peces al final del cultivo, comparado con los estudios de línea base (Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2015), demuestran que este tipo de sistema funciona como estructura agregadora.

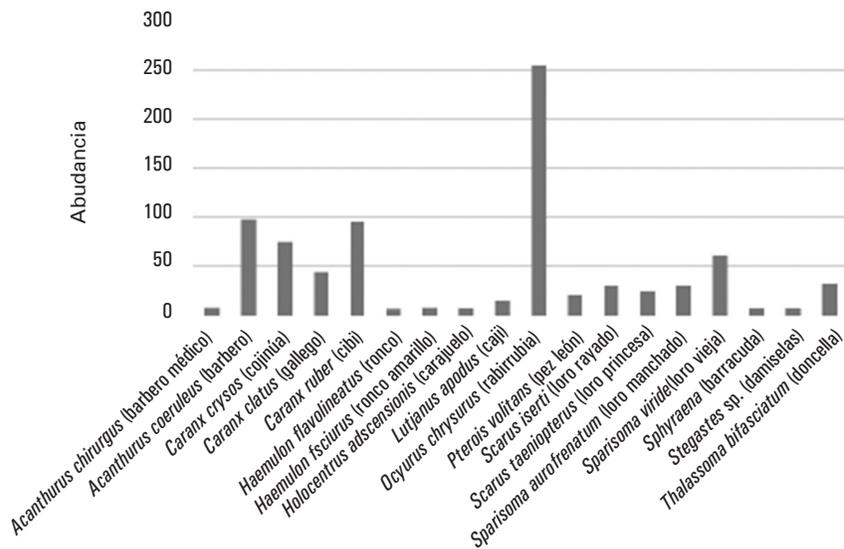


Fig. 8. Abundancia de las 18 especies de peces que representaron más de 1 % del total de especies (30) encontradas en el sitio de cultivo de cobia en la bahía de Cochinos al finalizar la etapa de engorde.

La presencia de las jaulas aumentan la disponibilidad de refugio y uso de la estructura como referencia espacial para los peces de la zona por la formación de áreas de sombra y abrigo contra depredadores, mientras que el alimento proporcionado a los peces en cultivo no ingerido por estos, ofrece alternativas nutricionales para los peces residentes y para otros

que se insertan nuevos en la cadena alimentaria, lo que fue corroborado por estudios de contenido estomacal realizado a las diferentes especies observadas durante la etapa de muestreo (Martínez-Coello *et al.*, 2015).

La observación visual de los fondos en zonas someras aledañas (entre 1-3 m de profundidad), permitió

constatar la presencia de pastos marinos de densidad media (estimación cualitativa) formados fundamentalmente por *Thalassia testudinum*. Se observaron además numerosos ejemplares de cobo (*Lobatus gigas*) y estrellas de mar (*Oreaster reticulatus*). En menor medida fueron avistados quincontes (*Cassia flamma*) y pepinos de mar. Aunque la mayoría de estas especies tienen en el medio natural una distribución parcheada, su presencia sugiere la buena condición del entorno.

CONCLUSIONES

1. En Cuba, los ciclos de engorde para el cultivo de cobia en jaulas en mar abierto, deben diseñarse para que culminen cuando inicie la etapa de mayor calentamiento marino.
2. El estado de la comunidad coralina de la zona estudiada, de conjunto con la condición apreciada en otros componentes del bentos, no reflejó la existencia de un elevado nivel de estrés producto de la actividad de cultivo de cobia.
3. No se presentan evidencias de afectación al medio ambiente de la bahía de Cochinos por el desarrollo del cultivo de cobia en jaulas flotantes.
4. El engorde de cobia en jaulas flotantes en la bahía de Cochinos tuvo un impacto positivo en la ictiofauna del lugar, favoreciendo mayores asociaciones faunísticas en el ecosistema.

REFERENCIAS

Álvarez-Lajonchère, L. & Fernández-Rodríguez, J. N. (2013). La piscicultura marina como mejor alternativa para incrementar la producción pesquera. El caso de Cuba. *Industria Acuicola*, 9 (2), 10-19.

APHA (1992). *Standard Methods for the examination of waters and wastewaters* (15ava ed., 856 pp.), Washington. D.C.

Benetti, D. D., Alarcon, J. F., Stevens, O. M., O'Hanlon, B., Rivera, J. A., Banner-Stevens, G. & Rotman, F. J. (2003). Advances in hatchery and growout technology of marine finfish candidate species for offshore aquaculture in the Caribbean. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 54, 475-487.

Benetti, D. D. et al. (2008a). Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). *Aquac. Res.*, 39 (7), 701-711. Doi:10.1111/j.1365-2109.2008.01922.x.

Benetti, D. D., O'Hanlon, B., Sardenberg, B., Welch, A. & Hoening, R. (2008b). Cultivo de cobia en

las Américas y el Caribe. (In Spanish). *Infopesca/ infofish Internacional*, No. 33, 31-36.

Benetti, D. D. et al. (2010a). Cobia (*Rachycentron canadum*) hatchery to market aquaculture technology: recent advances at the University of Miami Experimental Hatchery (UMEH). *R. Bras. Zootec.*, 39, 60-67.

Benetti, D. D., O'Hanlon, B., Rivera, J. A., Welch, A., Maxey, C. & Orhun, M. R. (2010b). Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. *Aquaculture*, 302, 195-201.

Betanzos, A., Rodríguez, P., Garcés, Y., Flores, R. & Bravo, A. (2014). Oceanografía de la bahía de Cochinos, Cuba. Evaluación ambiental del sitio para el engordede cobia (*Rachycentron canadum*) en jaulas flotantes. En: Estudios ambientales de la bahía de Cochinos, Ciénaga de Zapata, Cuba. *El Bohío*, 4 (2), 3-26. Suplemento Especial, on line, <http://portal.elbohio.es>

Caballero, H. & Guardia, E. de la (2003). Arrecifes de coral utilizados como zonas de colecta para exhibiciones en el Acuario Nacional de Cuba. Costa noroccidental de La Habana, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 24 (3), 205-220.

Castellanos, S., Lopeztegui, A. & Guardia, E. de la (2004). Monitoreo REEF CHECK en el arrecife coralino "Rincón de Guanabo", Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 25 (3), 219-230.

Chen, J., C. et al. (2008). Estudio de la acuicultura en jaulas y corrales: China. 53-71. En: M. Halwart, D. Soto & J. R. Arthur (Eds.), *Acuicultura en jaulas—Estudios regionales y panorama mundial*. FAO *Documento Técnico de Pesca*, No. 498, Roma.

Coriolano, M. & Coelho, L. (2012). Cobia (*Rachycentron canadum*): a marine fish native to Brazil with biological characteristics to captive environment. *Advances in environmental research*, vol. 26.

FAO (1975). Manual of methods in aquatic environmental research. Methods for detection, measurement and monitoring of water pollution. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 137, 1-238.

FAO (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, 224 pp.

Flores, E. R. et al. (2016). Manejo postcosecha de la cobia de cultivo en la bahía de Cochinos. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 33 (1), 72-75.

González-Ferrer, S. (2004). *Corales pétreos en jardines sumergidos de Cuba*. Editorial Academia, La Habana, Cuba, 318 pp.

Isla Molleda, M., Arencibia Carballo, G. & Betanzos Vega, A. (2016). Desarrollo del ma-

- ricultivo en Cuba. Impactos y desafíos para lograr un manejo sostenible conservando los ecosistemas costeros. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, II (1), 7-26. DOI:10.18242/ANPScripta.2015.02.02.01.0002.
- Kaiser, J. B. & Holt, G. J. (2004). Cobia: a new species for aquaculture in the US. *World Aquaculture*, 35, 12-14.
- Liao, I-C. & Leaño, E. M. (Eds.). 2007. *Cobia Aquaculture: Research, Developments and Commercial Production*. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, Fisheries Society of Taiwan, Keelung, Taiwan and World Aquaculture Society, Baton Rouge, EE. UU., 178 pp.
- Lopeztegui-Castillo, A., Rodríguez-Cruzata, P. & Martínez-Coello, D. (2015). Estado de las comunidades bentónicas durante la primera experiencia de cultivo de cobia (*Rachycentron canadum*) en la bahía de Cochinos, Cuba. Informe Científico-Técnico. Archivo CIP, 8 pp.
- Martínez-Coello, D., Lopeztegui-Castillo, A. & Rodríguez-Cruzata, P. (2015). Contenido estomacal de peces asociados a las jaulas de cultivo de Cobia (*Rachycentron canadum*) en bahía de Cochinos. Informe Científico-Técnico, Archivo CIP, 12 pp.
- Montalvo, F.; Simanca, J. & Perigó, E. (2006). Intercambios de agua, sal y nutrientes entre la bahía de Cochinos y el golfo de Cazonos, Cuba. Informe de Resultados, Archivo del Instituto de Oceanología, 34 pp.
- Norma Cubana 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.
- Rodríguez-Cruzata, P. et al. (2015). Sustainable aquaculture of cobia (*Rachycentron canadum*) in Cuba. *EuroAquaculture Memories 2015*. Holanda.
- Perigó, E., Albuquerque, O. & Enríquez, D. (2012). Situación de la calidad ambiental de la zona marino costera de la Reserva de Biosfera Ciénaga de Zapata. Informe de resultado, Archivo del Instituto de Oceanología, Cuba, 7 pp.
- Perigó, E., Enríquez, D. & Albuquerque, O. (2014.) Diagnóstico de la calidad ambiental de la zona costera de la bahía de Cochinos, Ciénaga de Zapata, Cuba. En: Estudios ambientales de la bahía de Cochinos, Ciénaga de Zapata, Cuba. *El Bohío*, 4 (2), 27-36. Suplemento Especial, on line, [http://portal el bohio.es](http://portal.elbohio.es)