

EVALUACIÓN DE SITIO PARA CULTIVO DE PECES MARINOS EN BOCA AMBUILA, REGIÓN SUR-CENTRAL DE CUBA

Garcés-Rodríguez, Yuliesky¹, Abel Betanzos-Vega², Pascual Rodríguez-Cruzata², Mercedes Isla-Molleda² & José M. Mazón-Suástegui³

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (Instituto Politécnico Nacional), Av. Instituto Politécnico Nacional s/n Col. Playa Palo de Santa Rita, Apdo. Postal 592, La Paz, B.C.S. México. ²Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP). Calle 246 entre 5ta Ave. y Mar, Reparto Barlovento, Municipio Playa, La Habana, Cuba. ³Centro 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 23086. Autor de correspondencia: jmazon04@cibnor.mx

RESUMEN. La evaluación de sitios marinos constituye una tarea prioritaria en el inventario de zonas marinas con potencial para el cultivo de peces; esta es importante en términos de costos de inversión/operación y rentabilidad derivada del crecimiento y supervivencia de la especie a cultivar. En general, las características oceanográficas del sitio determinan la eficiencia y viabilidad técnica, operativa y económica del cultivo. Se evaluó el potencial de las aguas costeras abiertas adyacentes a la localidad de Boca Ambuila, Cienfuegos, región sur central de Cuba. Esto se hizo a partir de estudios precedentes (2008), muestreos oceanográficos en temporada seca y lluviosa (abril y septiembre 2011), de un ciclo diario de temperatura, oxígeno y medición de corrientes marinas en agosto de 2011. Aunque la temperatura media anual en la región es de 27.56 a 28.75°C, se registraron valores medios de 27.49°C en abril/2011 a 30.97°C en agosto/2011, y valores extremos de oxígeno disuelto de 6.89 mg y 4.97 mg L⁻¹ respectivamente, en abril y septiembre de 2011. En el sitio se reportan corrientes de 10 a 15 cm s⁻¹, pero en agosto de 2011 se registraron valores menores con una media de 5.48 cm s⁻¹. Salinidad, pH, turbidez, demanda química (DQO) y biológica (DBO₅) de oxígeno, nutrientes y otras variables hidrometeorológicas, mostraron intervalos permisibles para el cultivo de peces nativos. Con base en lo anterior, el sitio cumple con los requerimientos ambientales básicos para el cultivo de peces marinos en jaulas flotantes, además de que en la zona terrestre costera existe una instalación acuícola y condiciones adecuadas para la reproducción, desove y cultivo larvario de peces marinos en ambiente controlado.

Palabras clave: Oceanografía, selección de sitios, piscicultura marina, Cuba.

Assessment of site for marine fish farming in Boca Ambuila, south central region of Cuba

ABSTRACT. Assessment of marine sites is a priority task in the inventory of potential marine areas for fish farming, which is important in terms of investment costs/operation and profitability derived from the growth and survival of the species to cultivate. In general, the oceanographic characteristics of the site determine the efficiency and technical, operational and economic feasibility of the crop. The potential of open coastal waters adjacent to the town of Boca Ambuila, Cienfuegos, south central region of Cuba was assessed. This was done on the basis of previous studies (2008), oceanographic surveys during dry and in rainy season (April to September 2011), a diurnal cycle of temperature, oxygen and measurement of currents in August 2011. Although average annual temperature in the region is 27.6 to 28.8°C, mean values of 27.5°C were recorded in April/2011 to 30.9°C in August/2011, and extreme values of dissolved oxygen of 6.9 mg and 4.9 mg L⁻¹ respectively in April and September 2011. The current site reported 10 to 15 cm s⁻¹, but in August 2011 lower values were recorded, with an average of 5.5 cm s⁻¹. Salinity, pH, turbidity, chemical demand (COD) and biological (BOD₅) oxygen, nutrients and other hydro-meteorological variables, showed permissible ranges for culturing native fish. Based on the above, the site meets the basic environmental requirements for marine fish farming in floating cages. Plus, in the coastal land area there is an aquaculture facility and suitable conditions for breeding, spawning and larval marine fish farming in a controlled environment.

Keywords: Oceanography, site selection, fish farming, Cuba.

Garcés-Rodríguez, Yuliesky, Abel Betanzos-Vega, Pascual Rodríguez-Cruzata, Mercedes Isla-Molleda & José M. Mazón-Suástegui. Evaluación de sitio para cultivo de peces marinos en Boca Ambuila, región Sur-Central de Cuba. *CICIMAR Océánides*, 31(2): 1-8.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de peces marinos sigue siendo una asignatura pendiente en Cuba; a pesar de que existen antecedentes de cultivos en corrales y jaulas flotantes a escala experimental, piloto y comercial, no ha logrado establecerse de forma permanente. Entre las causas que se mencionan (Álvarez-Lajonchère & Fernández-Rodríguez, 2013), la selección inadecuada de los sitios en relación a los requerimientos ambientales de las especies objeto de cultivo es un tema a tener en consideración. La selección correcta de las áreas de engorde, determinan la eficiencia y

Fecha de recepción: 23 de junio de 2016

viabilidad técnica, operativa y económica del cultivo. La plataforma insular de Cuba, fragmentada en cuatro plataformas o regiones de aguas someras de entre 2 y 15 m de profundidad media, muestra una creciente multiplicidad de usos: zonas portuarias en todas las bahías profundas, navegación costera de cabotaje, pesca, turismo, y áreas marinas protegidas con diferentes estatus que sobrepasan el 20% de las zonas marinas de plataforma (Fernández & Pérez, 2009).

Durante el engorde, el entorno juega un papel importante en el bienestar de las especies y en la

Fecha de aceptación: 7 de octubre de 2016

protección de las jaulas de cultivo. El sitio idóneo debe satisfacer los requerimientos ambientales de la especie objetivo, con profundidades que garanticen que la distancia entre el fondo de la bolsa red contenedora de peces y el fondo marino sea mayor de 15 m; siendo recomendable ubicar las jaulas lejos de zonas costeras y de su influencia terrígena, y de toda actividad humana que genere contaminación (Baez-Paleo, 2008; Chen *et al.*, 2008; SENA, 2010; Benetti *et al.*, 2010a). Las edificaciones en tierra para el cultivo controlado (mantenimiento de reproductores, desove y cría de larvas/alevines), deben contar con una fuente de abasto de aguas de la mejor calidad, sin riesgo de contaminación por factores químicos, físicos o microbiológicos (Benetti *et al.*, 2010b; Domínguez-Pérez & Domínguez-Pérez, 2012; FAO, 2014); y preferiblemente, deben estar ubicadas cerca de los sitios de engorde

Según Álvarez-Lajonchère y Fernández-Rodríguez (2013), en Cuba, el cultivo de peces en agua salobre y salada se investiga desde fines de la década de 1960, sobre todo en la reproducción de especies estuarinas y en el alevinaje y engorda en agua de mar, de tilapias (*Oreochromis* spp.). De 1999 a 2004, se desarrolló, con objetivo comercial, el cultivo de especies foráneas: dorada (*Sparus aurata*), lubina (*Dicentrarchus labrax*) y corvina roja (*Sciaenops ocellatus*), con engorde en jaulas flotantes. Estos cultivos, con aciertos y desaciertos, dirigidos y mayormente operados por técnicos extranjeros, se desarrollaron en áreas de la plataforma insular. Los sitios principales se localizaron en la plataforma suroriental de Cuba, Golfo de Guacanayabo (Niquero), en la región sur-central, en la bahía de Cienfuegos, y en la plataforma noroccidental, al noroeste de Pinar del Río (Arroyo de Mantua). Durante el cultivo de estas especies, se presentaron dificultades relacionadas con las altas temperaturas del verano en la región oriental; mortalidad durante el traslado a engorde, debido a la distancia entre las jaulas ubicadas en la región noroccidental y los puertos de embarque de alevines, entre otras, que concluyeron en la necesidad de fomentar el cultivo con especies nativas (Isla-Molleda *et al.*, 2006).

Las acciones más recientes del cultivo de peces marinos, responden a dos proyectos de colaboración internacional con el Centro de Investigaciones Pesqueras de Cuba (CIP), teniendo como contraparte: (1) proyecto con la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), para transferencia tecnológica en el cultivo de las especies nativas, como robalo blanco (*Centropomus undecimalis*) y pargo criollo (*Lutjanus analis*), a partir de desoves y cría en cautiverio hasta la fase de alevinaje; y (2), el proyecto de cooperación Cuba-Noruega “desarrollo de una acuicultura marina sostenible en Cuba”, que prevé el ciclo completo de cultivo. Como parte de este último proyecto, en la región suroccidente de Cuba, se llevó a cabo una rigurosa evaluación am-

biental en la Bahía de Cochinos, (Betanzos-Vega *et al.*, 2014). Posteriormente, se efectuó una etapa experimental de engorde de 2460 alevines de cobia (*Rachycentron canadum*) con 62 g de peso medio inicial, en una jaula flotante, cosechando individuos con pesos promedio entre 2.86 y 3.0 kg en 257 días de cultivo, con una tasa de crecimiento de 12.3 g día⁻¹, FCA de 2.9 y una supervivencia del 74%. (Rodríguez-Cruzata *et al.*, 2015; Isla Molleda *et al.*, 2016). Los resultados de ambos proyectos

incentivan la necesidad de un esfuerzo superior en el desarrollo del cultivo marino en Cuba como alternativa de producción de alimento y reducción de importaciones, cuya estrategia inicial implica la evaluación de sitios para este objetivo.

La existencia en Boca Ambuila, provincia de Cienfuegos, de una instalación costera con condiciones para un laboratorio productor de crías (hatchery), vinculada al CIP, motiva la evaluación de la calidad de las aguas marinas adyacentes a esta localidad con el objetivo de determinar su potencial para el cultivo de peces marinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se ubica en aguas costeras abiertas adyacentes al tramo costero correspondiente a Boca Ambuila (21° 57.620'N y 080° 20.408'W), provincia de Cienfuegos, Cuba (Fig. 1). El litoral presenta una costa acantilada de tipo erosiva, con profundidades de 8 a 15 m, las que se incrementan con una pendiente moderada hacia el Sur, hasta 30 m de profundidad (borde del talud), a una distancia aproximada de 200 m de la costa, a partir de la cual se presenta una pendiente abrupta hasta los 200 m de profundidad, descendiendo escalonadamente hasta la Fosa de Jagua (> 2000 m).

Para el análisis de la distribución espacial (horizontal y vertical) y temporal (con énfasis en meses de altas temperaturas), se realizaron dos cruceros oceanográficos en 2011 (abril y septiembre). En ambos cruceros se hicieron muestreos en siete estaciones en los niveles de superficie (1 m de profundidad) y fondo (entre 10-15 m de profundidad). En cada estación se registró *in situ* la temperatura del agua (°C), la salinidad (UPS), el pH, la concentración (mg L⁻¹) y saturación (%) de oxígeno disuelto, con una sonda multiparámetro HANNA HI 9828 con error de ± 0.01, la turbidez (FTU) con un turbidímetro HANNAHI 93703-11. Se tomaron muestras de agua, con una botella Van Dorn, para análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅^{20°C}) en mg L⁻¹; demanda química de oxígeno (DQO) en mg L⁻¹ y para determinación de nutrientes inorgánicos (μmol L⁻¹); las muestras (1 litro) se almacenaron a -20°C hasta su análisis en el laboratorio utilizando la metodología de FAO (1975) y APHA (1992); las muestras para DBO se pusieron en incubación (20°C) por cinco días. La red de estaciones se ubicó paralela a la costa (Fig. 1), con longitud del área de

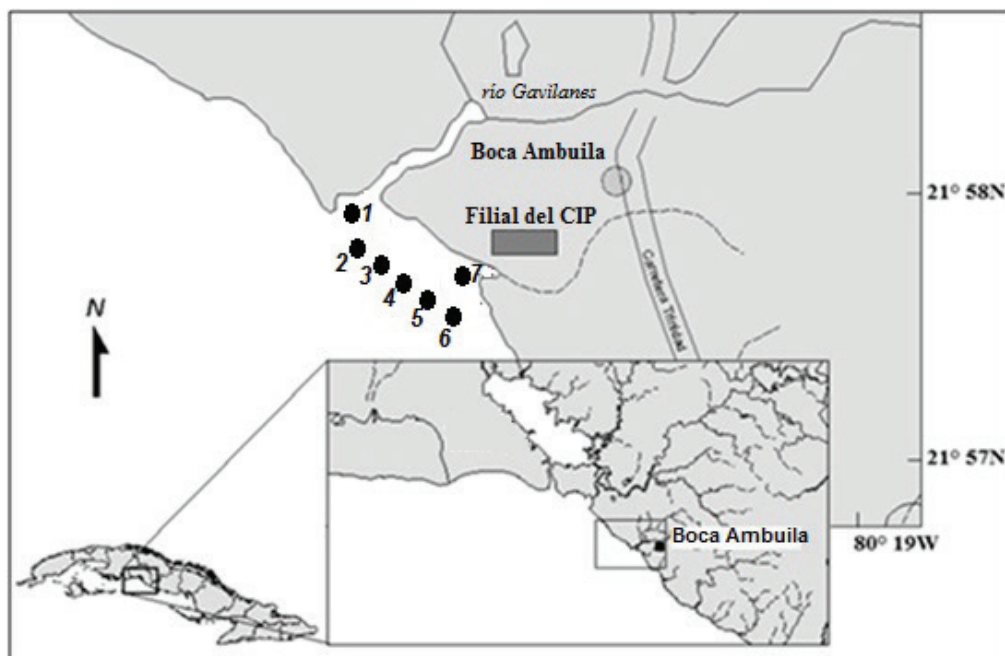


Figura 1. Localización del área de estudio y estaciones de muestreo en Boca Ambuila, Cienfuegos, Cuba.

muestreo de aproximadamente 1.5 Km, a una distancia de la costa de 50 m (estaciones 1 y 7) y 200 m (estaciones 2, 3, 4, 5, 6). Las muestras de sedimento para análisis de carbono orgánico (%) se recolectaron por buceo en las estaciones 1 y 7. Los valores medios obtenidos en agua y sedimento, se confrontaron con los de las normas cubanas de calidad NC-22 (1999) y NC-25 (1999).

En agosto de 2011, mes de mayor temperatura en Cuba (Lecha *et al.*, 1994; Fernández-Vila *et al.*, 2010), se efectuó un muestreo adicional, con el objetivo de determinar variaciones en un ciclo de la temperatura del agua, oxígeno disuelto e intensidad y dirección de las corrientes (registros cada 10 minutos, $n = 150$). Los datos se obtuvieron con un correntómetro SD6000x (fabricación Noruega), ubicado en la estación 4 en el nivel de 5 m, en una zona de 25 m de profundidad.

Con un anemómetro de cazoleta tipo Robinson, se registró la velocidad del viento *in situ*. Los datos de marea corresponden a valores medios de registros horarios correspondientes a las estaciones mareográficas (Rodríguez & Rodríguez, 1983) de Punta de Los Colorados, a la entrada de la Bahía de Cienfuegos (13 km al W de Boca Ambuila), y a la estación del poblado de Casilda (40 km al este de Boca Ambuila), en la provincia de Santi Spiritus.

Los valores de los parámetros hidroquímicos se transformaron en anomalías estandarizadas con salida gráfica para una mejor interpretación de la variación espacial. Con el paquete estadístico *Statgraphics Centurion XV* (2007) y utilizando un nivel de confianza del 95%, se relacionaron la velocidad

y dirección de la corriente según vectores, de acuerdo al Coeficiente de correlación lineal de Pearson, con el objetivo de determinar el nivel de correlación entre ambas variables. Se utilizó una prueba *t* para comparar los valores por estaciones, de los parámetros fisicoquímicos, entre meses de muestreo (abril y septiembre).

RESULTADOS

Según variables hidrológicas registradas en los muestreos de abril y septiembre, los valores en los niveles de 10 a 25 m no mostraron diferencias sensibles (± 0.2 unidades) respecto al nivel de superficie; únicamente temperatura y salinidad en septiembre mostraron una mayor diferencia vertical (-0.4°C y 0.9 ups) en la estación 1 adyacente a la boca del estero-río Gavilanes; por lo que debido a la homogeneidad en la distribución vertical se asumen los valores de superficie como representativos de toda la columna de agua.

La concentración de oxígeno disuelto fluctuó entre 4.37 y 7.62 mg L^{-1} , con valores más altos en abril; mientras que el promedio en septiembre fue de 4.97 mg L^{-1} (Tabla 1). Las mayores temperaturas registradas en septiembre no alcanzaron los 31°C y la salinidad mostró valores extremos entre 34.21 en septiembre y 36.44 en abril (Tabla 1).

En relación a la distribución horizontal, en los meses de muestreo los valores mínimos de salinidad, oxígeno y pH se registraron en las estaciones 1 y 2 (Fig. 2), correspondiendo con los máximos de $\text{DBO}_5^{20^{\circ}\text{C}}$ y DQO, y de mayor turbidez (2.09 FTU). Estas variables disminuyeron hacia el sur y este a

Tabla 1. Valores de variables físico-químicas para abril y septiembre de 2011 en Boca Ambuila, Cuba. (DE: desviación estándar).

Variable/unidades	abril			septiembre		
	Media (DE)	Max.	Min.	Media (DE)	Max	Min
Temperatura (°C)	27.49±0.06	27.54	27.43	30.63±0.05	30.70	30.49
Salinidad (UPS)	36.38±0.02	36.44	36.29	35.78±0.06	36.0	34.21
Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	6.89±0.71	7.62	5.57	4.97±0.32	5.30	4.37
Saturación de oxígeno (%)	98.4±7.2	105.5	91.2	85.2±4.8	90.2	81.3
pH	8.16±0.10	8.25	7.86	8.16±0.08	8.20	8.11
DBO ₅ 20°C (mg L ⁻¹)	0.71±0.14	0.88	0.57	0.80±1.09	1.08	0.65
DQO (mg L ⁻¹)	0.56±0.28	1.12	0.32	0.76±0.10	1.19	0.52
NH ₄ ⁺ (μM L ⁻¹)	0.17±0.27	0.79	0.02	0.35±0.32	0.88	0.10
NO ₂ ⁻ (μM L ⁻¹)	0.23±0.11	0.42	0.14	0.19±0.13	0.35	0.05
PO ₄ ⁻³ (μM L ⁻¹)	1.33±1.08	2.09	1.22	1.51±1.17	2.21	1.31
SiO(OH) ₃ ⁻ (μM L ⁻¹)	0.07±0.12	0.37	0.02	0.47±0.12	1.07	0.22
Turbidez (FTU)	1.24±0.57	2.09	0.78	1.21±0.37	1.99	0.97

medida que se incrementó la distancia a la desembocadura del río. No se identificaron fuentes contaminantes de consideración ni en la zona costera ni aguas arriba del río Gavilanes, debido a que la zona tiene baja densidad poblacional y limitado desarrollo agrícola.

En ambos meses, el fósforo inorgánico (PO₄⁻³) fue el nutriente que reflejó mayor concentración (Tabla 1). Los silicatos (SiO(OH)₃⁻) mostraron bajas concentraciones, siendo mayores en septiembre (mes lluvioso) y los compuestos del nitrógeno analizados alcanzaron sus máximos en la desembocadura del río (estación 1), disminuyendo hacia el sur y el este (Fig. 2). Los sedimentos marinos se clasificaron cualitativamente como areno-fangoso (estación 1) y arenosos (estación 7). Por su parte, en las estaciones de la 2 a la 6, el fondo es de tipo rocoso con parches de arena entre canchales. La concentración de carbono orgánico fue de 0.10% como promedio general, con valor máximo (0.17%) en la desembocadura del río Gavilanes.

Al comparar (Prueba *t*) los valores por estaciones de todas las variables físico-químicas registradas, entre meses de muestreo, se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en temperatura, salinidad y oxígeno disuelto; no se encontró diferencia ($P > 0.05$), entre abril y septiembre para turbidez, pH, DQO, DBO₅^{20°C} y nutrientes.

Según los datos del ciclo diurno de la temperatura del agua y oxígeno disuelto (Fig. 3) obtenidos en agosto de 2011, los máximos de temperatura se registraron entre las 10:00 y las 22:00 horas, supe-

riorios a 31°C, con máximo extremo de 31.11°C, a las 16:00 horas. La concentración de oxígeno mostró sus mínimos (4.66 a 4.99 mg L⁻¹) entre las 01:00 y las 09:00 horas.

La intensidad de la corriente en agosto de 2011 osciló entre 0.6 y 8.2 cm s⁻¹, con promedio de 5.48 cm s⁻¹. Los mayores porcentajes de ocurrencia (81.3%) correspondieron a los intervalos de 4 a 8 cm s⁻¹ (Fig. 4a), con 68 % de los registros entre los 5 y 8 cm s⁻¹.

La relación entre los vectores de velocidad y dirección de la corriente mostró una correlación inversa entre las series *u* y *v* con $r = -0.73$; $p < 0.05$; con mayor magnitud promedio durante el refluo. La distribución vectorial (Fig. 4b) muestra las direcciones de flujo y refluo con rumbos principales de WNW y ESE – SE, coincidentes con el eje NW - SE del litoral costero, *cuasi* paralelas a la costa. La magnitud de la velocidad de la corriente a lo largo del tiempo de medición osciló con ciclos entre 6 y 6.30 horas, correspondiendo los mínimos con un descenso de la corriente debido a los paros de marea, ante los cambios principales de dirección (flujo y refluo de la marea).

La magnitud del viento registrada *in situ* fue inferior a 10 km h⁻¹, con una mayor frecuencia de calmas en el horario del amanecer hasta las 10:00 am en que comienza la brisa marina, generando una mayor intensidad del viento y el oleaje. La dirección del viento durante los días de muestreo fue del ESE (abril) y del E (septiembre). El oleaje tuvo una altura de la ola entre 0.10 y 0.30 m, incrementándose su altura (0.40 a 0.50 m) a partir de las 11:00 am, cuando

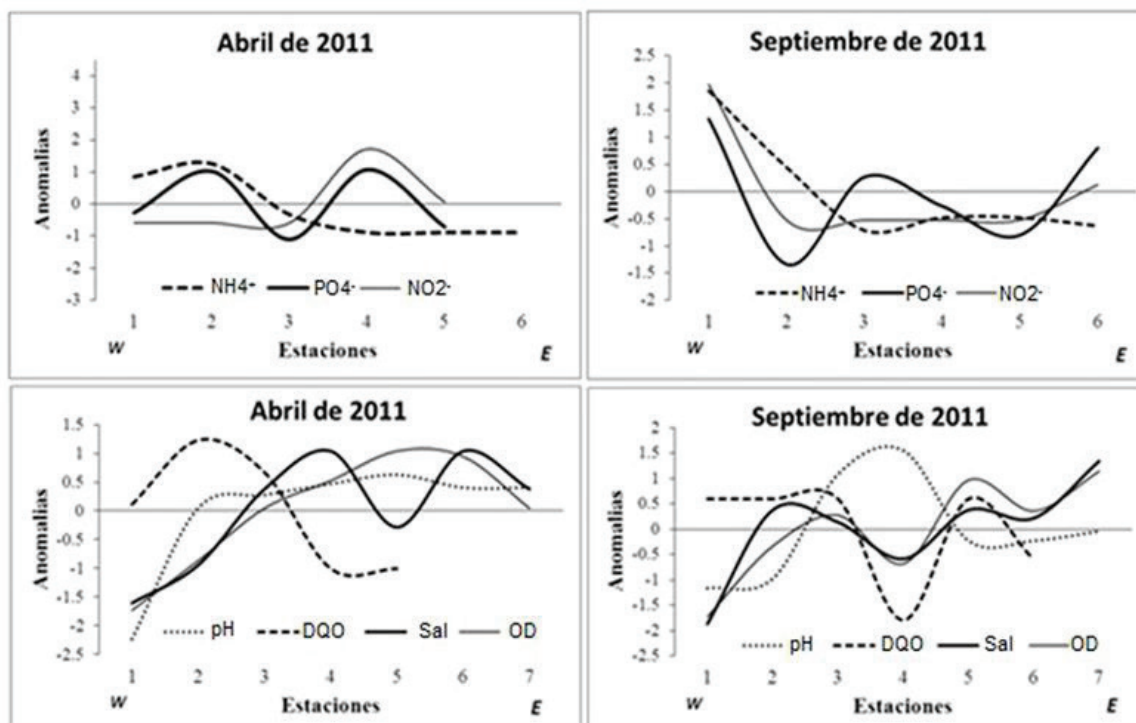


Figura 2. Distribución horizontal de variables hidroquímicas durante los meses de muestreo, expresados en anomalías estandarizadas.

predominó la brisa (SE).

DISCUSIÓN

Las variables hidrológicas registradas mostraron muy poca variación espacial (horizontal y vertical), sin gradientes acusados. Entre meses de muestreo, temperatura, salinidad y el oxígeno mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$), debido a variaciones propias del ciclo estacional. La hidroquímica, según valores de $DBO_5^{20^\circ C}$, DQO, concentración de nutrientes en agua, y carbono orgánico en

el sedimento, no mostraron diferencias ($P > 0.05$). Todas las variables mostraron valores de calidad buena para uso pesquero (NC 25, 1999); y aunque la temperatura del agua mostró valores medios relativamente altos en agosto y septiembre, $30.97^\circ C$ y $30.63^\circ C$, respectivamente, la temperatura media anual de la región fluctúa entre 27.56 y $28.95^\circ C$, en dependencia de la frecuencia e intensidad con la que arriben los frentes fríos a la región (Fernández-Vila *et al.*, 2010). Resultados anteriores (Seisdedo, 2008) en meses de lluvia (junio y octubre) y seca (febrero

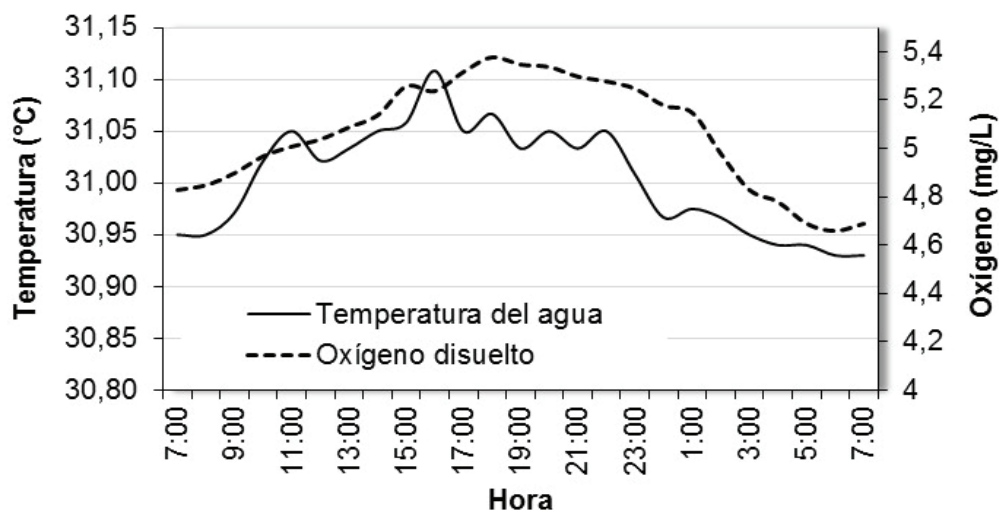


Figura 3. Variación diurna de la temperatura del agua y concentración de oxígeno del 16 al 17 de agosto de 2011.

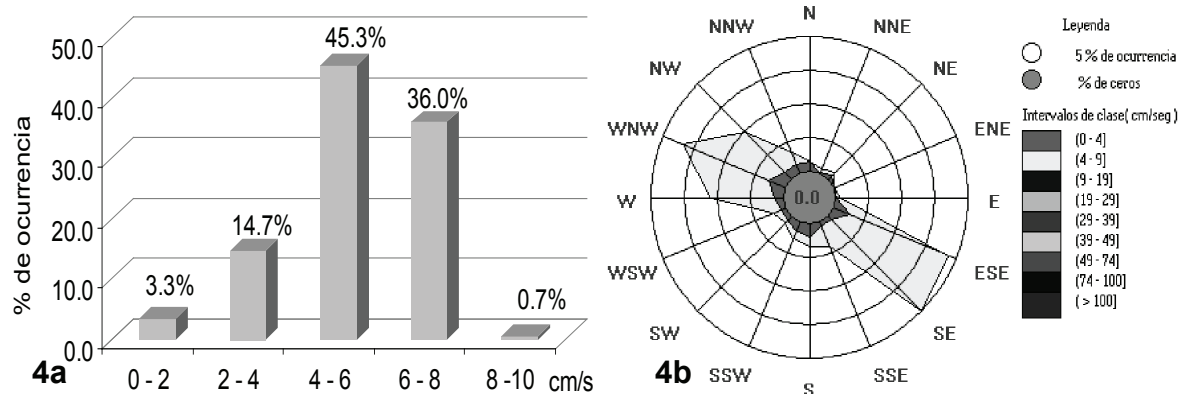


Figura 4. Porcentaje de ocurrencia por intervalos de velocidad de la corriente (4a). Corriente sumaria para 16 rumbos (4b).

y noviembre) y en estaciones costeras coincidentes localmente con las estaciones 1 y 7 del presente estudio, mostraron registros de calidad buena (NC-25, 1999); con salinidad entre 34 y 35 UPS, oxígeno disuelto entre 4 y 6.5 mg L⁻¹, nitrato (N-NO₃⁻) entre 0.1 y 2.5 μmol L⁻¹, y silicatos (SiO₂) entre 2 y 10 μmol L⁻¹; valores que no difieren de los obtenidos en el presente estudio.

Según los resultados de Seisdedo (2008), en octubre y noviembre de 2006, y febrero y junio de 2007, y en el presente estudio, abril, agosto y septiembre de 2011, se demuestra la calidad hidrológica de la región, al cumplir con los indicadores para uso pesquero en aguas marinas según NC-25 (1999). Las estaciones de la 2 a la 6, con fondos rocosos y profundidad de 25 a 30 m, a una distancia de 200 m de la costa, mostraron influencia oceánica con salinidades de 35 a 36, similares a las de las aguas oceánicas adyacentes a la región (Fosa de Jagua), cuyas concentraciones medias de nutrientes y oxígeno disuelto no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los primeros 25 m de la columna de agua, ni en la distribución horizontal. Las aguas se clasificaron, según concentración de nutrientes, como oligotróficas y en meses de lluvias intensas, como oligo-mesotróficas (Elizarov & Gómez, 1971; Fernández-Llera *et al.*, 1990; Seisdedo, 2008).

El cultivo en jaulas debe contar con una buena calidad del agua, libre de contaminantes tóxicos, y tener en cuenta el pH, la temperatura, el oxígeno y la salinidad. En estos emplazamientos es mejor elegir fondos rocosos ya que implican la existencia de buenas corrientes de agua que reducirán el riesgo de acumulación de residuos. El sitio evaluado cumple con los requerimientos ambientales de diferentes especies de peces nativas, y para su cultivo (engorde) en jaulas. Según Álvarez-Lajonchère y Fernández-Rodríguez (2013), en las zonas costeras cubanas son viables las jaulas flotantes para pargos, meros, robalos, jureles, cobias y palometas, y en las zonas de mar abierto, las jaulas flotantes y jaulas sumergibles de gran porte, fundamentalmente para jurel, cobia y atún.

En los sistemas de cultivo en jaulas, el flujo de agua regula el abastecimiento de oxígeno y la eliminación de los metabolitos tóxicos, lo que indica que las corrientes deben ser lo suficiente intensas, de 10 a 80 cm s⁻¹, según la especie objeto de cultivo y densidad de siembra, para garantizar una renovación rápida y sistemática (Benetti *et al.*, 2010a; Domínguez-Pérez & Domínguez-Pérez, 2012). Aunque la intensidad de la corriente en agosto de 2011 se puede clasificar de débil (media de 5.48 cm s⁻¹), no se registraron valores de oxígeno < 4.0 mg L⁻¹, ni siquiera en los momentos de cambios de marea (flujo-reflujo), en los que suceden paros de corriente (< 0.1 cm s⁻¹). Otros estudios muestran para la región una circulación general con rumbo predominante W con velocidades promedio de entre 10 y 15 cm s⁻¹ (Elizarov & Gómez, 1971; Fernández-Vila *et al.*, 2009). Las corrientes máximas en la plataforma cubana se presentan principalmente en canales entre cayos y bajos o en momentos de vientos intensos y sostenidos, siendo frecuentes al interior de la plataforma insular velocidades medias entre 4.73 y 12.32 cm s⁻¹ (Fernández-Vila *et al.*, 2009).

En casos extremos de mareas de tormentas como las generadas por perturbaciones ciclónicas (julio-noviembre), pueden ocurrir surgencias (elevación anormal y temporal del nivel medio del mar sobre la marea astronómica), causada por la tensión de los fuertes vientos (Centella *et al.*, 1997; Mitrani *et al.*, 2001). Para la región de estudio, el peligro de surgencia se clasifica como de poco efecto y muy baja probabilidad (Mitrani *et al.*, 2001), por la posición (ángulo) de la línea de costa en relación a la dirección de los vientos predominantes en la región. Solo en caso de vientos de tormenta de componente S-SW se pueden producir mareas de surgencia y olas de cascada (resaca), lo que pudiera incidir en el sistema de cultivo en jaulas flotantes, si este se ubica muy cercano a la costa.

El impacto negativo por efecto de frentes fríos fuertes y/o huracanes es menor en relación con la región norte y sur occidental de Cuba (Naranjo & Centella, 1998). Los huracanes, considerados como

el evento extremo de mayor impacto para el cultivo en jaulas flotantes en Cuba, han afectado la región central del país en 64 ocasiones de un total de 115 huracanes desde 1880 hasta el 2010. De ellos, 54 con categorías de SS1 y SS2 (Según la escala de Saffir-Simpson), y solo 2 huracanes con máximas categorías, uno con categoría SS4 (vientos de 210 a 250 km h⁻¹) y un SS5 (≥ 251 km h⁻¹); estos últimos pueden generar fuertes mareas de tormenta (Lecha *et al.*, 1994; Mitrani *et al.*, 2001).

El sitio evaluado mostró valores hidrológicos permisibles para el cultivo de peces marinos en jaulas, siendo factible el uso de jaulas flotantes; y aunque se reconoce como mejor opción el uso de jaulas semi-sumergibles o sumergibles, debido a menor afectación por los eventos hidrometeorológicos extremos (Benetti *et al.*, 2010c; Portaluppi, 2013), tienen costos totales de capital muy altos y requieren de una infraestructura de gran envergadura. Las jaulas flotantes, en teoría, pueden instalarse en cualquier profundidad, aunque el coste del sistema de fondeo aumentará con este parámetro; por lo cual se recomiendan profundidades mayores de 15 m entre el fondo de la red y el fondo marino.

El sitio evaluado entre las estaciones 2 y 6, entre 150 y 200 m del litoral, con profundidad de entre 20 y 30 m, tiene potencial para el uso de jaulas con bolsos de redes de hasta 15 m de extensión vertical. Es una zona marina abierta con influencia oceánica directa, donde no se realiza actividad pesquera y no tiene ningún otro uso actual. Las corrientes muestran una circulación general W, NW y WNW, lo que facilita la dispersión hacia el oeste de las aguas y sedimentos que temporalmente pueda acarrear el río Gavilanes, alejándolas de la zona propuesta. El estero-río, en su desembocadura presenta una costa acantilada de entre 20 y 35 m de ancho, y más al interior de manglares, con profundidades de entre 7 y 5 m hasta unos 150 m hacia el interior; zona que puede utilizarse como embarcadero y para resguardo de las jaulas en caso de contingencia. Otra ventaja es la cercanía de una instalación (filial del CIP), con las condiciones necesarias para la reproducción, *i.e.*, desove y cultivo larvario de peces marinos en ambiente controlado, con lo que se disminuiría el riesgo por traslado de los alevines a las jaulas de engorde distantes y facilitaría la logística de todo el proceso de cultivo, generando nuevas opciones para la producción de alimentos de origen marino.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto binacional Cuba–Noruega “Desarrollo de una acuicultura marina sostenible en Cuba”; en especial al Instituto de Investigaciones Marinas de Noruega por su apoyo y empeño y al Centro de Investigaciones Pesqueras de Cuba (CIP).

REFERENCIAS

- Alvarez-Lajonchère, L. & J. N. Fernández-Rodríguez, 2013. La piscicultura marina como mejor alternativa para incrementar la producción pesquera. El caso de Cuba. *Industria Acuicola* 9(2):10-19
- APHA, WPCF, AWWA. 1992. Standard Methods for the examination of waters and wastewaters. Washington. D.C. 15ava edición. 856 p.
- Baez-Paleo, J. D. 2008. Ingeniería de la acuicultura marina. Instalaciones de peces en el mar. Observatorio Español de Acuicultura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Ed. Madrid. 463 p.
- Benetti, D. D., G. L. Benetti, J. A. Rivera, B. Sardenber & B. O'Hanlon. 2010a. Site selection criteria for open ocean aquaculture. *Marine Technology Society Journal*, 44: 22-35.
- Benetti, D. D., B. Sardenberg, R. Hoening, A. Welch, J. Stieglitz, S. Miralao, D. Farkas, P. Brown & D. Jory. 2010b. 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., B. O'Hanlon, J. A. Rivera, A. W. Welch, C. Maxey & M. R. Orhun. 2010c. Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. *Aquaculture*, 302: 195-201.
- Betanzos-Vega, A., P. Rodríguez-Cruzata, Y. Garcés-Rodríguez, R. Flores & A. Bravo. 2014. Oceanografía de la bahía de Cochinos, Cuba. Evaluación ambiental del sitio para el engorde de cobia (*Rachycentron canadum*) en jaulas flotantes. En: Estudios ambientales de la bahía de Cochinos, Ciénaga de Zapata, Cuba. 4(1): 3-26. *El Bohío*, Suplemento Especial *on line*. [http://portal el bohío.es](http://portal.elbohio.es).
- Centella, A., L. Naranjo, L. Paz, P. Cárdenas, B. La Pinel, M. Ballester, R. Pérez, B. Alfonso, C. González, M. Limia & M. Sosa. 1997. *Variaciones y cambios del clima en Cuba*. Centro Nacional del Clima, Ed. Instituto de Meteorología, Cuba, 58 p.
- Chen, J., C. Guang, H. Xu, Z. Chen, P. Xu, X. Yan, Y. Wang & J. Liu. 2008. *Estudio de la acuicultura en jaulas y corrales: China*. 53–71, En: M. Halwart, D. Soto y J.R. Arthur (eds). *Acuicultura en jaulas – Estudios regionales y panorama mundial*. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 498. Roma, FAO.

- Domínguez-Pérez, L. & N. Domínguez-Pérez. 2012. *Proyecto para el desarrollo del cultivo de especies marinas en instalaciones en mar abierto*. Cuadernos 1 y 2. Universidad Politécnica de Madrid. 95 p.
- Elizarov, A. & J. A. Gómez. 1971. *Dinámica de las aguas que rodean a Cuba* (en Ruso). 9-13, En: *Investigaciones Pesqueras Soviético-Cubanas*, VNIRO-CIP, Ed. MOSCU, fasc. 3.
- FAO. 1975. *Manual of Methods in Aquatic Environmental Research*. Part-1. Methods for detection and monitoring of water pollution. FAO Fish. Tech. Pap N° 137. Roma, Italia: FAO.
- FAO. 2014. Cultured Aquatic Species Information Programme, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766). Disponible en: <http://www.fao.org/fishery/culturedspecies>
- Fernández-Llera, M., R. Hidalgo, D. López, I. García, & I. Penie. 1990. *Caracterización oceanográfica de la Fosa de Jagua y de la Zona Económica Exclusiva al Sur de Cuba*. Archivo de la Academia de Ciencias de Cuba, 95 p.
- Fernández, A. & R. Pérez (Eds.). 2009. *Evaluación del medio ambiente cubano*, GEO Cuba 2007. AMA-CITMA-PNUMA, La Habana, 293 p.
- Fernández-Vila, L. J., J. L. Viamontes & R. Ferró. 2009. *Caracterización estadística de las corrientes marinas en la plataforma cubana*. Informe de resultado, Archivos del Grupo Empresarial GEOCUBA y de la Agencia de Medio Ambiente. 40 p.
- Fernández-Vila, L., D. López-García & O. Ramírez-Stout. 2010. *Características termohalinas de las aguas de la plataforma cubana*. Memorias del VI Taller Internacional CONyMA 2010: CD-ROM, ISBN 978-959-300-008-6. 18pp
- Isla-Molleda, M., G. Arencibia, G. Delgado & R. Tizol. 2006. Evaluación y desarrollo de la introducción del cultivo de Dorada (*Sparus aurata*) y Lubina (*Dicentrarchus labrax*) en zonas de la plataforma cubana. 121-132, En: *CIVA 2006* (<http://www.civa2006.org>).
- Isla-Molleda, M., G. Arencibia & A. Betanzos. 2016. Desarrollo del maricultivo en Cuba. Impactos y desafíos para lograr un manejo sostenible conservando los ecosistemas costeros. Áreas Naturales Protegidas. *Scripta*, 2(1): 7-26
- Lecha, L., L. Paz & B. Lapinel. 1994. *El Clima de Cuba*. Ed. Academia, La Habana, 153 p.
- Mitrani, I., R. Parrado, I. Salas, M. Ballester, C. Rodríguez & A. Pérez. 2001. *Monografía "Las penetraciones del mar en las costas de Cuba, las zonas más expuestas y su sensibilidad al cambio climático"*, UDICT-INSMET, ciudad de La Habana, Cuba, 150 p.
- Naranjo, I. P. & A. Centella. 1998. Recent trends in the climate of Cuba, *Royal Meteor. Society*, 53(3): 58-65.
- Portaluppi, L. 2013. *Granja oceánica offshore*. <http://criarpeces.com.ar/granja-oceanica-offshore.html>
- Rodríguez, J. P. & J. E. Rodríguez. 1983. Las mareas en las costas cubanas. *Acad. Cienc. Cuba., Rep. Invest. Oceanol.*, 6: 1-37.
- Rodríguez-Cruzata, P., E.R. Flores, R. Tizol, F. Christian-Skjennum, Ø. Karlsen, M. Frost-Høyum, R. Engelsen, & B. Tore-Lunestad. 2015. *Sustainable aquaculture of cobia (Rachycentron canadum) in Cuba*. 20-23, En: *Aquaculture Europe 2015, proceedings of the event*. Rotterdam-Netherlands, Octubre, 2015.
- Seisdedo, M. 2008. Características físico-químicas de las aguas del litoral oriental de la provincia de Cienfuegos, Cuba (2006-2007). *Rev. Invest. Mar.*, 29(3): 191-196
- SENA. 2010. *Cartilla de consideraciones ambientales y normativas para el establecimiento de cultivos marinos*. Eds. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Bogotá, Colombia, 44 p.
- Statgraphics Centurion XV, Version 15.2.05. 2007. Edition Multilingual. Stat Point, Inc. www.statgraphics.com