

*Research Article*

## Factibilidad económico-ambiental para el cultivo sostenible de ostión de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Gülding, 1828), en Cuba

Abel Betanzos-Vega<sup>1</sup>, Sarah Rivero-Suárez<sup>2</sup> & José M. Mazón-Suástegui<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Pesqueras, 5ta. Av. y Calle 246, Santa Fe Playa, Habana, Cuba

<sup>2</sup>Grupo Empresarial de la Industria Alimentaria, Dirección Pesca, La Habana, Cuba

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, B.C.S., México

**RESUMEN.** Se analizaron dos variantes en la producción de ostión de mangle *Crassostrea rhizophorae* en Cuba: 1) extracción pesquera tradicional (EP) en bancos naturales, apoyada en menor grado con acuicultura artesanal por agregación de colectores de mangle suspendidos en el manglar, y 2) cultivo artesanal (CA), obteniendo semillas del medio natural en colectores de “concha madre”, con engorde y cosecha en el mismo colector y en canastas o cajas ostrícolas. Se determinó la factibilidad económico-ambiental de ambas variantes proyectadas a cinco años, a partir del análisis de costo-beneficio económico basado en datos de operación pesquera y se incluyeron costos estimados por daño ambiental. La variante extractiva (EP) mostró una rentabilidad negativa durante el periodo proyectado (US\$-1.388,39 en el quinto año), con impacto negativo sobre el ecosistema de manglar. La variante productiva (CA) mostró ganancias a partir del tercer año y una rentabilidad positiva durante el periodo proyectado (US\$731,78 al quinto año), con reducción de daños al ecosistema de manglar. De acuerdo a estos resultados, se recomienda desarrollar el cultivo y manejo sustentable de la ostra nativa *C. rhizophorae* en Cuba.

**Palabras clave:** *Crassostrea rhizophorae*, ostión de mangle, cultivo, rentabilidad, acuicultura, Cuba.

## Environmental economic feasibility for sustainable culture of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), in Cuba

**ABSTRACT.** We analyzed two variants in producing mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* in Cuba: 1) traditional fishery (EP) at natural beds partially supported by aggregating suspended collectors in the mangrove, and 2) artisanal farming (CA) totally supported by spat from the wild, settled in artificial collectors and "mother shell" strings, farming and harvesting on the same artifact and oyster boxes. We determined the economic and environmental feasibility of both variants projected to a five year period from cost-benefit analysis based on production data. Tax on total income established in Cuba was included, as well as estimated costs for environmental damage. Traditional fishery (EP) presents negative net profit in a five years period (with return value US\$-1388.39 at fifth year), as well as being environmentally costly by the negative impact on the mangrove ecosystem. Artisanal farming (CA) provides positive return from the third year and positive net profit (US\$731.78 at fifth year), reducing environmental damage to mangrove ecosystem and allowing a substantial increase in oyster production. We recommend actions to achieve aquaculture and sustainable management of the native oyster *C. rhizophorae* in Cuba.

**Keywords:** *Crassostrea rhizophorae*, mangrove oyster, profitability, aquaculture, Cuba.

---

Corresponding author: José M. Mazón-Suástegui (jmazon04@cibnor.mx)

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de ostras es uno de los más desarrollados a nivel mundial, generando alrededor de 4,5 millones de ton en 2010, cifra solo superada por un grupo multiespecífico de almejas, berberechos y arcas, cuya producción en 2010 fue de ~4,9 millones de ton (FAO,

2012). La ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae*, es la única especie comercial en Cuba y su cultivo se desarrolló de forma comercial desde 1970, con desembarques netos por acuicultura que aportaron entre 30 y 50% de la producción ostrícola nacional, que llegó a superar las 3000 ton anuales de ostra fresca en su concha (Baisre, 2004). La ostricultura artesanal en

Cuba es pionera en Latinoamérica y el Caribe (Lagos *et al.*, 2007) y se basa principalmente en la colecta de semilla silvestre utilizando sustratos colectores como ramas terminales de mangle, manufacturas de alambre de aluminio enalado y conchas de ostión. Además, se han utilizado canastas ostrícolas para engorde de semilla suelta o individual, producida en centros de desove o laboratorios de producción tecnificada en ambiente controlado, que estuvieron localizados en diferentes regiones del país y en su momento operaron de manera regular (Zayas & Frías, 1989; Baisre, 2004).

En la actualidad, la ostricultura es realizada por diez empresas extractivas, que en 2012 obtuvieron una captura total nacional de 1555,60 ton de ostión en concha. La mayor parte de la actividad ostrícola reciente está vinculada casi exclusivamente a la extracción pesquera directa en los bancos naturales, utilizando una unidad pesquera formada por una embarcación mayor a motor, una embarcación intermedia y dos embarcaciones menores individuales que permiten al pescador ingresar al manglar (Fig. 1a). La extracción de ostión es una actividad ecológicamente agresiva hacia el manglar, ya que provoca el corte de algunas ramas y raíces para acceder al recurso, y porque al utilizar utensilios para el corte del manglar como el machete y hachuela, se desprenden trozos de la corteza de la planta (Fig. 1b), favoreciendo el desarrollo de fitopatógenos que perjudican su salud y desarrollo normal (Mazón-Suástegui *et al.*, 2011). A largo plazo, este tipo de extracción, sumado a diversos factores medioambientales, ha incidido en la disminución de la producción ostrícola nacional (Baisre, 2004; Betanzos & Arencibia, 2010; Betanzos & Mazón-Suástegui, 2014).

Por diversas razones, en un momento determinado se inició una falta de atención y/o una desactivación progresiva de las granjas ostrícolas, así como el cierre o re-orientación de los centros de desove existentes, que en su momento producían semilla suelta de *C. rhizophorae* para el cultivo artesanal tecnificado. Esta difícil decisión se basó en tres consideraciones: dos de tipo económico y una de tipo ambiental. Las primeras estuvieron asociadas al (1) incremento en los costos de producción y disminución en los precios de venta del ostión, y (2) déficit generalizado de recursos materiales para el cultivo, con agravamiento durante la década de 1990 debido a una crisis económica nacional. La consideración de tipo ambiental estuvo asociada a los (3) impactos negativos derivados de la contaminación costera y el represamiento de aguas fluviales (Baisre, 2004; Betanzos & Arencibia, 2010; Rivero-Suarez, 2012), que fue pertinente e indispensable para impulsar la producción agropecuaria de alimentos. A pesar que en la región norcentral de Cuba se alcanzaron

producciones anuales superiores a las 700 ton de ostión en concha, en los últimos años no se superan las 100 ton anuales (Betanzos & Arencibia, 2010), por lo que es indispensable reactivar su producción.

El presente estudio ha tenido como objetivo principal, reunir elementos para demostrar la factibilidad económica y ambiental de re-introducir y generalizar el cultivo ostrícola artesanal en la bahía de Sagua la Grande (Figs. 1c-1d), con énfasis en la eliminación progresiva de los colectores de ramas de mangle sustituyéndolos por colectores de concha del mismo ostión (Figs. 1e-1f). Como herramienta de trabajo se utilizó el análisis de costo-beneficio en dos variantes productivas: extracción pesquera (EP) y cultivo artesanal (CA), considerando costos e ingresos por daño y beneficio al ecosistema de manglar, indispensable para el desarrollo natural de *C. rhizophorae*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El área de estudio se localiza al noroeste de los cayos de La Enfermería (Fig. 2), formando un polígono de 158 ha, en aguas marinas someras de 1 a 3 m de profundidad. Estos cayos forman parte de un conjunto de islillas ubicadas en la bahía de Sagua la Grande, al norte de la provincia de Villa Clara, Cuba. La bahía recibe la influencia del río del mismo nombre, lo que favorece la ocurrencia de bancos naturales de la ostra *C. rhizophorae* en diversos cayos que se inundan en marea alta y están cubiertos de mangle, con predominio del mangle rojo *Rhizophora mangle* (Alcolado *et al.*, 1999). Los cayos forman un cordón exterior que funciona como frontera entre la bahía y las aguas oceánicas del canal de San Nicolás. Las áreas donde ocurren bancos naturales de ostión están delimitadas operacionalmente en cuatro zonas de producción ostrícola y una de ellas corresponde al área de estudio.

### Variantes de producción evaluadas

Para los fines del presente estudio se evaluaron dos actividades productivas, la extracción pesquera tradicional (EP) con machete y hachuela, y el cultivo artesanal (CA) de tipo intermareal, que se utilizó en el área de estudio cuando existían granjas de cultivo en Cuba (Nikolic & Alfonso, 1968; Baisre, 2004). La zootecnia de cultivo de *C. rhizophorae* incluyó: (1) colocación de colectores artificiales (de concha de ostión o sustratos cubiertos de cal), suspendidos en el manglar durante los meses de máxima reproducción y desove, para obtener “fijaciones” como resultado de un proceso natural; (2) traslado a granjas de engorde cuan-



**Figura 1.** a) Unidad operativa pesquera en la zona de estudio, b) descortezado del mangle durante la pesca tradicional, c) granja ostrícola tradicional, d) colectores de ramas terminales de mangle, e) colectores de concha madre, y f) producto deseable: ostión individual de cultivo.

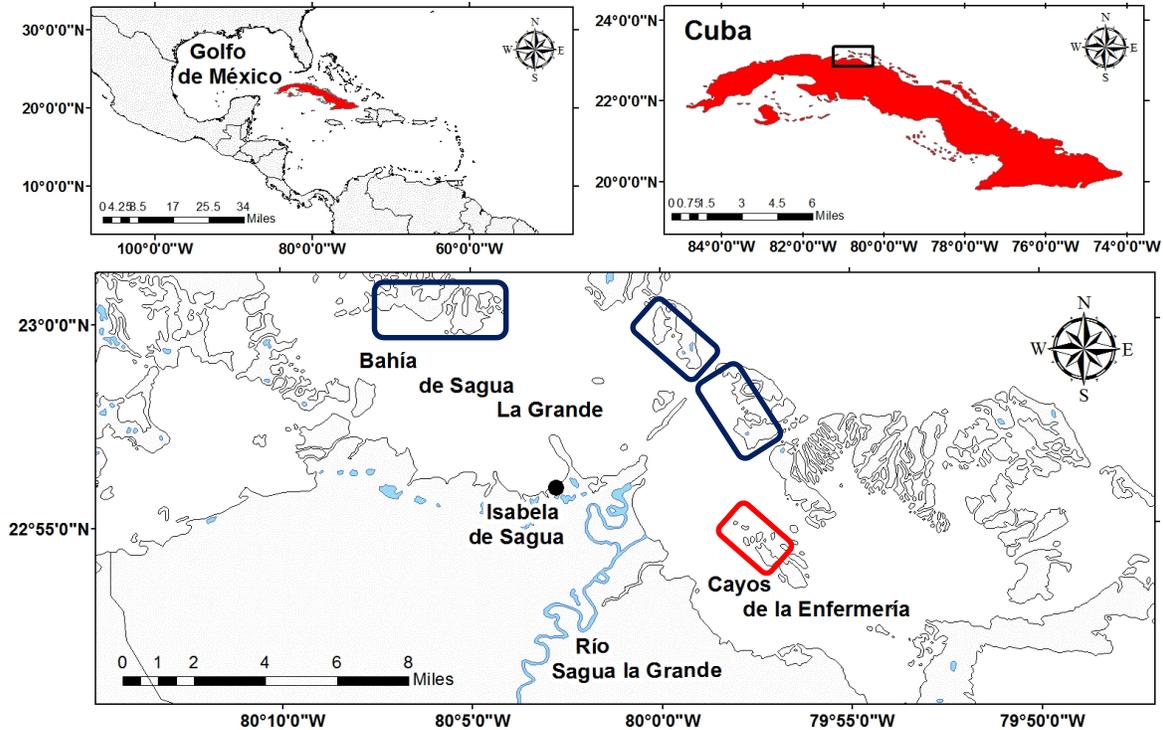
do más del 60% de los ostiones presentaron tallas  $\geq 20$  mm, quedando sumergidos o expuestos al aire conforme al régimen de marea; (3) engorde en el mismo sustrato colector y cosecha cuando el ostión alcanzó la talla mínima legal en Cuba ( $\geq 40$  mm), entre 6 y 8 meses de edad (Bosch & Nikolic, 1975; Rivero-Suárez, 2012).

Para incluir en el análisis de costo-beneficio, se agregó a esta metodología la utilización de cajas ostrícolas previamente utilizadas en Cuba durante los años 1970 (Nikolic *et al.*, 1976). En la variante CA, estas cajas o canastas fueron utilizadas para engorde de

ostiones que no alcanzaron la talla comercial después de cosechar el producto en los sustratos colectores; también para engorde de semilla suelta ( $\geq 20$  mm) despegadas de los colectores, e incluso, para una posible producción de semilla individual producida en un Centro de Desove o Laboratorio Ostrícola (Mazón-Suástegui *et al.*, 2011).

#### **Análisis de factibilidad económico-ambiental**

La obtención de datos requeridos para el estudio de factibilidad se realizó en agosto 2012, durante un cruce-



**Figura 2.** Principales áreas ostrícolas operadas por la empresa pesquera de Isabela de Sagua; en recuadro rojo el área de estudio en la zona de cayos de la Enfermería, Cuba.

ro de prospección de cuatro días a la zona de estudio en una embarcación ostionera tradicional. Se realizaron estimaciones de área en los bancos naturales y de las zonas de corte de ramas para manufactura de colectores de mangle. Se utilizó un equipo GPS Garmin 48 de 12 canales, para geo-referenciar los puntos extremos de las áreas y se calculó área en  $m^2$  con el programa MapInfo versión 8. Se cuantificó la extensión de bancos naturales alrededor de los cayos del sector noroeste de La Enfermería (Fig. 2), equivalente a 3.150 m lineales de manglares de borde, con una distancia promedio de 2,5 m desde la "pared" del manglar hasta el extremo exterior de las ramas y raíces. Se calculó la magnitud de dicha franja costera del bosque de manglar, determinando un área de  $7.875 m^2$  (0,79 ha), donde pueden encontrarse fijaciones naturales de ostión en cantidad importante. En opinión de los pescadores ostioneros que operan en la zona, dicha franja aporta entre 5.000 y 6.000 kg anuales de ostión en concha como promedio, aplicando la técnica de corte y descortezado de raíces y ramas (Figs. 1a-1b). Se calculó, además, un área de 2,2 ha en la zona de mangle rojo (*R. mangle*), donde se realizó el corte de ramas terminales o de follaje (año 2012), para la confección de 7.000 colectores que se agregaron al manglar. Lo anterior, considerando una longitud de 220 m de línea

de costa x 100 m de ancho o profundidad hacia el interior del bosque de manglar.

Con estos datos se estimó un área total de impacto al ecosistema de manglar, en la zona de la Enfermería, equivalente a 3 ha, producto de sumar 0,79 ha utilizadas para recolecta directa de los bancos naturales de ostión y 2,2 ha para corte de ramas de mangle y manufactura de 7.000 colectores. De acuerdo a estadísticas de la empresa extractiva, estos colectores aportaron una cosecha promedio anual de 15.000-19.000 kg de ostión en concha, que sumados a los 5.000-6.000 kg anuales de la pesca con machete y hachuela, aportaron una captura anual de  $22.500 \pm 2.500$  kg. Para los fines del presente estudio, esta variante productiva se denominó extracción pesquera (EP).

Como referente para una segunda variante productiva, denominada cultivo artesanal (CA), se obtuvieron los datos de una Granja Ostrícola Experimental que se desarrolló en la zona de estudio (proyecto GEF/PNUD 51311) y ha operado desde el año 2010, con 10 tendales o unidades de engorde construidas cada una con 11 pares de postes en formación lineal (Figs. 1c-1d). La distancia entre postes fue de 1 m y de 2,5 m entre pares de postes que dieron soporte en su parte superior, a varas paralelas donde se colgaron los colectores. Se colgó un total de 100

colectores de mangle y de concha de ostión por unidad, a razón de 10 colectores entre pares de postes (5 por vara). Cada tendal ocupó un área de 25 m<sup>2</sup>, de manera que la granja en su conjunto, con 10 tendales, ocupó un área de 250 m<sup>2</sup> con capacidad para 1.000 colectores. Las unidades fueron colocadas de forma paralela a una distancia de 5.5 m entre sí, para permitir el paso de embarcaciones menores e intermedias (Fig. 1a), para limpieza y cosecha. La granja ostrícola ocupó un área marina total de 0,1375 ha.

Para complementar la información anterior, se obtuvo las estadísticas y bases de datos históricos de la pesca y el cultivo de ostión para el área de estudio, la ficha de costos de las operaciones pesqueras de una embarcación ostionera tipo en el área de estudio y la información disponible sobre estudios medioambientales y de evaluación/selección de sitios para el cultivo de ostión en la zona (Betanzos *et al.*, 2009). Se recopiló información sobre los antecedentes de la actividad ostrícola y su relación con la situación actual del recurso (Baisre, 2004; Rivero-Suárez, 2012), así como los impactos naturales y antrópicos que han incidido en la producción de ostión en la región (Betanzos & Arencibia, 2010).

### **Análisis de variabilidad de la captura anual y su potencialidad**

Para estimar la potencialidad ostrícola de la bahía de Sagua la Grande, se obtuvo información sobre calidad de las aguas en función de los requerimientos de la especie, a partir de estudios previos desarrollados en la región (Betanzos *et al.*, 2009; Perigó *et al.*, 2010; Rivero-Suárez, 2012); se utilizaron datos estadísticos (históricos) de producción, considerando desembarques totales anuales de ostión en concha, de 1959 a 2012. Con esta información se elaboró un gráfico de variabilidad interanual de la producción y se determinaron las tendencias en la actividad ostrícola.

### **Análisis económico-ambiental**

#### **Flujo de caja**

Para la evaluación económica y ambiental de la actividad ostrícola, se realizaron análisis de costo-beneficio, en las dos variantes productivas (EP y CA), a partir de flujos de caja, desglosando costos e ingresos, y determinando costos operacionales según ficha de costo (FC). Se definieron como gastos por inversión ambiental (GPIA), aquellos relacionados con recursos, acciones o inversiones (colectores de concha madre o artificiales, granjas ostrícolas), necesarios para sustituir las prácticas actuales no amigables con el medio ambiente. Se definieron como costos por daño ambiental (CPDA), los montos por afectaciones al ecosistema de manglar debidos al corte y descortezado

de ramas y raíces, calculados de acuerdo a un valor estimado en US\$500 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> por Beneficio Bruto Mínimo derivado de las funciones del manglar (Gómez-País, 2006). Se definieron los ingresos por beneficio ambiental (IPBA), en función de un valor derivado del beneficio ambiental obtenido por la no utilización del manglar (preservación), al sustituir el uso de sus componentes por otros, no relacionados con el manglar. Se incluyeron como indicadores productivos, el peso de la captura entregada a proceso (kg ostión en concha) y el peso de producto terminado (kg ostión en masa), así como los ingresos por venta de producto terminado (IVPT). Para el análisis de la viabilidad o factibilidad económica de ambas variantes, se calcularon los ingresos totales (IVPT+IPBA), los costos totales (FC+CPIA+CPDA) y el beneficio bruto (BB), se obtuvo a partir de la diferencia entre los costos de ingresos totales para cada variante productiva (EP y CA).

### **Análisis de rentabilidad**

Para calcular la ganancia neta o rentabilidad (R) se consideró la diferencia entre beneficio bruto (BB) e ingresos totales (IT) después del impuesto (35%) sobre ingresos totales, que es el gravamen impositivo sobre ventas establecido en Cuba para las empresas estatales autofinanciadas,  $R = IT - (0,35BB)$ .

### **Determinación de costos de operación**

#### **Ficha de costos**

Para la variante EP, la ficha de costo se obtuvo según gasto medio anual en equipo y tripulación de la embarcación utilizada (US\$2.497,65), requerido para garantizar las operaciones relacionadas con la actividad ostrícola, específicamente en los cayos de La Enfermería, tomando como referente el costo promedio anual durante el periodo 2003-2012. La ficha de costo se refiere a los gastos anuales derivados de la operación ostrícola, que incluyen adquisición de materiales, costo por tiempo y recursos invertidos en operaciones pesqueras y de mantenimiento, combustibles, salario básico de tres pescadores, otros gastos de fuerza de trabajo, depreciación, amortización y contribución a la seguridad social. Aunque estos gastos son variables, se consideraron como gastos fijos anuales para el análisis del flujo de caja proyectado a cinco años en la variante EP; debido a un presupuesto anual similar para gastos operacionales (US\$2.497,65), con un esfuerzo máximo de pesca de 240 días-mar y captura media anual de ~22.500 kg.

Para la variante acuícola CA, se consideró la cantidad de granjas ostrícolas que se pueden construir en un año, según financiamiento disponible por el proyecto GEF/PNUD 51311 para promover el desarro-

llo ostrícola en la zona de La Enfermería, aplicando técnicas amigables con el medio ambiente. De acuerdo a costos y recursos disponibles, se consideró la construcción de cuatro granjas con enfoque demostrativo y potencialidad para una producción total de ~21.000 kg de ostión en concha, asumiendo que el costo de las granjas que se construyan en los años subsiguientes, deberá ser asumido por la empresa pesquera respectiva. Para CA se utilizó el mismo monto total de la ficha de costo de la variante EP (US\$2.497,65), considerando que se podría utilizar la misma embarcación ostionera y su tripulación, un mismo fondo de tiempo e igual cantidad anual de días de operaciones ostrícolas (240 días-mar), y presupuesto económico similar para insumos de operación. La mayor diferencia en los costos totales de ambas variantes estuvo relacionada con los costos adicionales propios de las granjas de cultivo, incluyendo colectores de concha (o artificiales de costo similar), cajas ostrícolas, así como su mantenimiento, que en este análisis se contabilizaron aparte de la ficha de costo. En ninguna de las dos variantes evaluadas se incluyeron incrementos de salario y/o estimulación salarial en función de reparto de utilidades por resultados productivos. En ambos casos se utilizó como única referencia el salario básico relacionado con la actividad ostrícola.

#### **Análisis de costo-beneficio económico y ambiental, según variantes de producción**

Para el análisis económico-ambiental de la variante EP, se evaluó el método más generalizado en la región, asociado a la explotación directa de bancos naturales con machete y hachuela (Fig. 1b) y la instalación de colectores de ramas terminales de mangle (Fig. 1d). A partir del segundo año se consideró un gasto adicional (GPIA), para confección de 1.000 colectores anuales de concha madre de ostión (Fig. 1e), como medida para reducir el impacto al manglar propio de la variante EP. Se consideró que dichos colectores “artificiales” deben sustituir igual cantidad de colectores “naturales” de ramas de mangle. Para efectos del análisis, esta acción permite sustituir 4.000 colectores en cinco años, lo que se tradujo en ingresos por beneficio ambiental (IPBA), bajo el criterio de que todo lo que se invierte para preservar el manglar se retribuye como beneficio ambiental (IPBA). El costo por confección de 1.000 colectores anuales de concha de ostión fue de US\$70. Por cada 1.000 colectores de mangle sustituidos se protegieron ~0,60 ha de mangle, con un beneficio ambiental de US\$300 considerando un valor mínimo estimado de US\$500 ha<sup>-1</sup>, correspondiente a las funciones naturales del manglar.

En lo que respecta al análisis de indicadores productivos de la variante EP, para calcular el peso (kg) por producto terminado (ostión en masa = carne), se consideró una relación en rendimiento medio de 4,5% de masa de ostión, respecto al peso total de ostión en concha entregado. Este porcentaje promedio es considerado por la industria ostrícola cubana, como el rendimiento mínimo aceptable.

En el análisis económico-ambiental de la variante CA, se contabilizó como gasto adicional por preservación ambiental (GPIA), la adquisición de recursos materiales para la construcción inicial de cuatro granjas de cultivo, con una producción esperada de ~21.000 kg de ostión en concha, a partir de un total de 3.900 colectores de concha madre, además de 50 cajas ostrícolas tipo Nestier™, con fines demostrativos. Según los requerimientos de las cuatro granjas, se estimó para el primer año un monto de US\$1.835,71, con gastos posteriores de inversión ambiental de US\$323,51 anuales para la construcción de una granja anual durante el resto de los años proyectados. Esta meta productiva se definió así para que fuera cercana a la captura anual que se obtiene en la variante EP (22.500 kg), evitando una disminución de la producción y de los ingresos para estimular el desarrollo del cultivo. Se estimó una producción ~5 000 kg/granja, a partir de un rendimiento medio de 5 kg de ostión/colector de concha madre y de 8 kg de ostión/caja ostrícola (Zayas & Frías, 1989; Lagos *et al.*, 2007). Con las anteriores consideraciones se estimó una producción total esperada de ~42.000 kg para los cinco años proyectados en la variante CA, duplicando así la producción inicial.

Para el análisis de indicadores productivos en el cultivo, se consideró una relación de rendimiento de 5,5% de masa de ostión respecto al peso total con concha, tomando como referencia la eficiencia productiva terminal en diferentes técnicas de ostricultura intermareal, que tienen este valor como rendimiento promedio (Nikolic *et al.*, 1976; Zayas & Frías, 1989; Lagos *et al.*, 2007). Una referencia importante fueron los resultados obtenidos en la granja experimental ubicada en los cayos de La Enfermería (Rivero-Suárez, 2012). Finalmente, para la variante CA se catalogó como ingreso anual por beneficio ambiental (IPBA), un valor equivalente al costo por daño a las funciones del manglar (CPDA) en la variante EP, cuyo valor económico de Beneficio Bruto Mínimo fué estimado en US\$500 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> por Gómez-País (2006).

## **RESULTADOS**

### **Variación interanual de la captura de ostión de mangle en la bahía de Sagua la Grande**

El análisis de los volúmenes de extracción ostrícola registrados durante las décadas de 1960 y 1970, así

como su variabilidad interanual (Fig. 3), confirman que la región sostuvo una alta productividad con desembarques anuales superiores a las 700 ton de ostión en concha.

### Rendimientos en las variantes de producción evaluadas

Para obtener las 7.000 unidades colectoras funcionales de ramas de mangle que permiten incrementar la producción pesquera en la variante EP, se realizaron 8.000 a 9.000 cortes de ramas, y sólo fueron utilizables las que teniendo una dimensión de 60 a 80 cm, no hubiesen perdido la corteza y tuvieran varias ramificaciones. La producción obtenida en esos 7.000 colectores de mangle (15.000-19.000 kg año<sup>-1</sup>), fue superior a la extracción con machete y hachuela en bancos naturales (5.000-6.000 kg año<sup>-1</sup>), con un rendimiento medio de 2,14-2,71 kg de ostión/colector. Esto confirma que la acuicultura es un soporte fundamental en la variante extractiva EP.

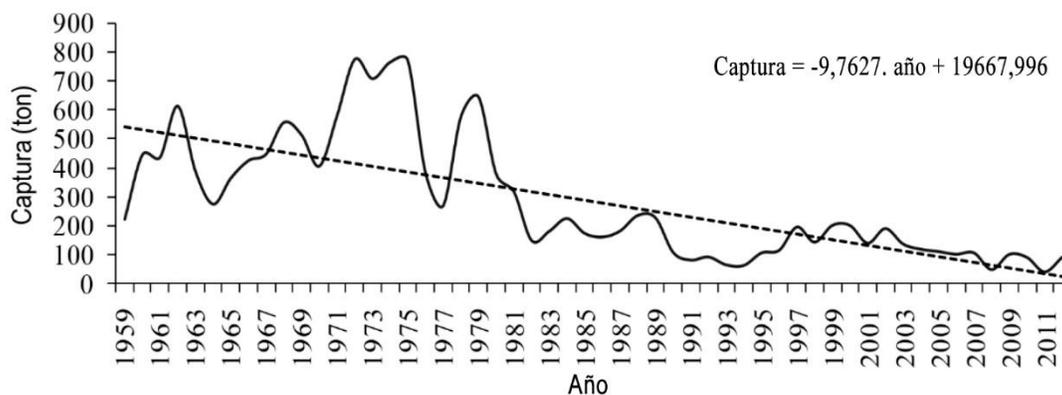
En la granja ostrícola experimental se obtuvo en promedio 255 ostiones/colector de mangle y 304 ostiones/colector de concha madre confeccionados en forma de sarta o collar con ~70 conchas de ostión limpias e intemperizadas como sustrato útil para fijación. Según datos estadísticos de captura durante 2011 se produjeron 4.852 kg de ostión en concha, con un rendimiento medio de 4,9 kg/colector. Por esta razón, para el análisis de flujo de caja en la variante CA, se consideró un rendimiento medio de 5 kg de ostión en concha/colector. Se determinó que los colectores de concha madre tienen una vida útil de una a dos cosechas, pudiendo ser utilizados durante dos años si las conchas se cubren con una mezcla de cemento, arena fina y cal.

### Análisis económico-ambiental de la variante extracción pesquera

De acuerdo con el análisis del flujo de caja de la variante EP, el beneficio bruto y la rentabilidad resultaron negativos en los 5 años, al haber incluido el costo por daño ambiental y el 35% de gravamen impositivo (Tabla 1). La afectación al manglar fue de US\$1.500 para el primer año, por daño a 3 ha de manglar (CPDA) y aunque se previó una sustitución anual de 1.000 colectores de mangle por colectores de concha (IPBA), la afectación se mantiene. De acuerdo con los indicadores productivos, en esta variante se obtienen 1.012,50 kg de producto terminado (ostión en masa o desconchado), con un rendimiento medio de 4,5% de masa con respecto al producto entregado (22.500 kg de ostión en concha). Los ingresos por venta, equivalentes a US\$1,06 por kg de ostión en masa, que es la única forma de comercialización en Cuba, no presentaron variación durante los 5 años del análisis, debido a que se mantuvo la cantidad de producto entregado (22.500 kg de ostión en concha).

### Análisis económico-ambiental de la variante cultivo artesanal

En el análisis del flujo de caja de la variante acuícola CA, el mayor gasto ocurre durante el primer año debido al costo de las cuatro granjas ostrícolas requeridas para equiparar la producción de cultivo con la de extracción pesquera (US\$1.835,71), y por la adquisición de una unidad auxiliar (bote de remos). En ese primer año, la producción objetivo se alcanzó y sobrepasó en producto terminado (1.160 kg de ostión en masa o desconchado), mientras que la producción disminuyó en términos del producto entregado (21.100 kg de ostión en concha),



**Figura 3.** Variabilidad interanual y tendencia de la captura anual de ostión *C. rhizophorae*, en áreas de la bahía de Sagua la Grande, plataforma nor-central de Cuba, según datos estadísticos de la empresa pesquera de Isabela de Sagua (1959 a 2011).

**Tabla 1.** Flujo de caja en la variante EP (US\$). Rendimiento obtenido de 2,14 a 2,71 kg de ostión por colector de mangle, y 4, 5% de peso promedio de ostión en masa respecto al peso total del ostión en concha.

Concepto/año	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
Ficha de costo (gastos operativos)	2.497,65	2.497,65	2.497,65	2.497,65	2.497,65
Costos e ingresos ambientales					
Gastos por inversión ambiental (GPIA)		70,00	70,00	210,00	70,00
Costo por daño ambiental (CPDA)	1.500,00	1.200,00	900,00	600,00	300,00
Ingresos por beneficio ambiental (IPBA)		300,00	600,00	900,00	1.200,00
Indicadores productivos					
Ostión en concha (kg de producto entregado)	22.500,00	22.500,00	22.500,00	22.500,00	22.500,00
Ostión desconchado (kg de producto terminado)	1.012,50	1.012,50	1.012,50	1.012,50	1.012,50
Precio de venta de ostión desconchado/kg	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Ingresos por venta producto terminado (IPVT)	1.075,78	1.075,78	1.075,78	1.075,78	1.075,78
Viabilidad económico-ambiental					
Ingresos totales	1.075,78	1.375,78	1.675,78	1.975,78	2.275,78
Costos totales	3.997,65	3.767,65	3.467,65	3.307,65	2.867,65
Beneficio bruto	-2.921,87	-2.391,87	-1.791,87	-1.331,87	-591,87
Evaluación económica					
Rentabilidad	-3.298,39	-2.873,39	-2.378,39	-2.023,39	-1.388,39

que es el indicador por el cual se paga el salario a los pescadores. Durante los primeros tres años la rentabilidad resultó negativa, pero a partir del cuarto año se tornó positiva, con ganancias de US\$731,78 al quinto año proyectado, considerando una producción estimada de 42.200 kg de ostión en concha y 2.321 kg de masa de ostión. En la variante CA no hay costos por daño ambiental, debido a un cese total de la actividad extractiva sobre los bancos naturales, lo cual se tradujo en un beneficio ambiental (IPBA). Tal como se muestra en el flujo de caja (Tabla 2), el beneficio ambiental se incrementó proporcionalmente al incremento en la cantidad de granjas ostrícolas. Se estimó que con las 8 granjas previstas al finalizar los 5 años proyectados, se evitaría el daño a unas 6 ha de manglar (0,75 ha/granja), cuyo beneficio se estimó en US\$3.000.

## DISCUSIÓN

Las variaciones anuales en la captura de ostión de mangle en la región de estudio muestran una brusca tendencia a la disminución a partir de 1980. Esto ha sido relacionado con diversos factores, entre los que se incluye la ampliación de la capacidad de embalse de aguas fluviales (represamiento), asociada a un incremento de la salinidad y a una disminución de nutrientes inorgánicos terrígenos en el agua de mar en la zona costera. Otros factores adversos identificados son la contaminación ambiental, incremento en la frecuencia e intensidad de perturbaciones ciclónicas en el periodo 1995-2008, y un mal manejo de la actividad pesquera/ostrícola, agravado por la desatención y la

disminución en número de las granjas de cultivo (Baisre, 2004; Betanzos & Arencibia, 2010). No obstante, existe un potencial productivo recuperable en dependencia de la selección de sitios, reintroducción del cultivo y aplicación de medidas de manejo sostenible. Este potencial se fundamenta en evaluaciones recientes de la calidad física, química e hidrobiológica de las aguas de la bahía de Sagua la Grande y de otras zonas ostrícolas, del estudio de parámetros biológicos de la especie, y de la relación entre la distribución espacio-temporal, abundancia y talla del ostión de mangle con las variables ambientales (Betanzos *et al.*, 2009, 2010; Rivero-Suárez, 2012; Betanzos & Mazón-Suástegui, 2014). Por otro lado, debido a la capacidad de carga de sus ecosistemas costeros y oceánicos adyacentes, a la infraestructura instalada, y a la disminución progresiva de la contaminación costera, el país podría elevar su producción en el orden de miles de toneladas anuales de productos marinos ( $200 \text{ ton km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ), mediante el cultivo de ostión y de otros moluscos filtroalimentadores (Perigó *et al.*, 2010).

Actualmente, la actividad ostrícola en la bahía de Sagua la Grande es mayoritariamente extractiva, lo que implica un esfuerzo pesquero mayor sobre los bancos naturales para alcanzar una extracción mayor que satisfaga los planes o metas de captura previamente establecidos. Desafortunadamente, algunos planes no prestan la atención debida a la biomasa existente y a su potencial reproductivo (Betanzos & Arencibia, 2010; Rivero-Suárez, 2012). Esto puede producir un desbalance irreversible entre la extracción y el reclutamiento, que según Urbano *et al.* (2005) puede condu-

**Tabla 2.** Flujo de caja en la variante CA. Rendimiento estimado de 5 kg de ostión por colector de concha madre, 8 kg por caja ostrícola, y un estimado de 5,5% de peso promedio de ostión en masa respecto al peso total del ostión en concha.

Concepto/año	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
Ficha de costo (gastos operativos)	2.497,65	2.497,65	2.497,65	2.497,65	2.497,65
Costos e ingresos ambientales					
Gastos por inversión ambiental (GPIA)	1.835,71	323,51	323,51	323,51	323,51
Costo por daño ambiental (CPDA)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ingresos por beneficio ambiental (IPBA)	1.500,00	1.875,00	2.250,00	2.625,00	3.000,00
Indicadores productivos					
Ostión en concha (kg producto entregado)	21.100,00	26.375,00	31.650,00	36.925,00	42.200,00
Ostión desconchado (kg producto terminado)	1.160,50	1.450,63	1.740,75	2.030,88	2.321,00
Precio de venta de ostión desconchado/kg	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Ingresos por venta producto terminado (IPVT)	1.233,03	1.541,29	1.849,55	2.157,80	2.466,06
Viabilidad económico-ambiental					
Ingresos totales	2.733,03	3.416,29	4.099,55	4.782,80	5.466,06
Costos totales	4.333,36	2.821,16	2.821,16	2.821,16	2.821,16
Beneficio bruto	-1.600,33	595,13	1.278,39	1.961,65	2.644,90
Evaluación económica					
Rentabilidad	-2.556,89	-600,57	-156,45	287,66	731,78

cir a la sobreexplotación de los bancos naturales del ostión de mangle *C. rhizophorae*.

Tanto el método extractivo actualmente dominante (EP), como el método alternativo de cultivo propuesto (CA), fueron evaluados según análisis de costo-beneficio económico-ambiental, y los resultados son claros pues la pesquería con machete y hachuela, que tiene un alto impacto ecológico, debe sustituirse progresivamente por la acuicultura tecnificada basada en la obtención de semilla silvestre en colectores artificiales y en la producción de semilla en laboratorios o centros de desove. La pesca *per-se* no permitirá un incremento en la producción, porque depende de la biomasa natural existente en los bancos naturales, sujetos a una máxima explotación que al parecer está sobrepasando la capacidad de carga del ecosistema (Mazón-Suástegui *et al.*, 2011).

La variante pesquera EP no puede sostenerse sin el aporte de los 7.000 colectores de mangle (2,14-2,71 kg de ostión/colector), para tener un rendimiento anual de  $22.500 \pm 2.500$  kg, bastante cercano al proyectado para el primer año de la variante acuícola CA (21.100 kg). Sin embargo, la variante 100% acuícola solo requiere 3.900 colectores y genera mayores rendimientos (>4.9 kg de ostión en concha/colector), de manera que al disponer de cuatro granjas más en los próximos cinco años, se podría duplicar la producción actual obtenida mediante la actividad pesquera tradicional EP.

Los resultados del análisis son determinantes dado que la mayor potencialidad productiva corresponde a la variante CA, considerando que existe una gran superficie marina utilizable para el engorde de ostión

en sistemas suspendidos fuera del manglar (Betanzos *et al.*, 2009; Mazón-Suástegui *et al.*, 2011; Rivero-Suárez, 2012). El cultivo tecnificado fuera de la zona de manglar es viable si se asegura la producción en laboratorio de semilla suelta, en concha madre o en sustrato artificial. La producción de semilla en laboratorio ofrece ventajas operativas, como planificar la siembra y la cosecha, inclusive “fuera de estación”, porque en ambiente controlado se puede madurar sexualmente reproductores a lo largo del año (Mazón-Suástegui *et al.*, 2011). En función de la calidad del sitio de cultivo, proceso de engorde aplicado, tipo de semilla y/o colector utilizado, se podrían lograr dos o más cosechas al año, utilizando semilla triploide. Las granjas de cultivo han sido proyectadas para alcanzar unas 42 ton de ostión en concha en un periodo de cinco años y aun cuando se perdiera la mitad de la cosecha por problemas de manejo o causas ambientales, seguiría siendo más rentable el cultivo artesanal que la extracción pesquera. Por otro lado, está demostrado que el ostión cultivado puede alcanzar mayor rendimiento de masa post-desconche y mayor beneficio nutricional que el de captura (Sáenz, 1965; Milano *et al.*, 2005), ya que en la acuicultura se programan las siembras y las cosechas para optimizar estos rendimientos.

Algunos métodos de colecta/engorde de semilla aplicados en Cuba han demostrado mayor rendimiento por colector, utilizando el método de marea baja (colectores totalmente sumergidos y expuestos a la intemperie por 24 h cada 5-6 días). Por ejemplo; un colector de alambre de aluminio manufacturado en forma de sombrilla y cubierto con cemento, arena fina

y cal, con vida útil de hasta 20 años, puede captar 400-500 semillas y producir 6-8 kg de ostión (Zayas & Frías, 1989; Lagos *et al.*, 2007). A pesar que el costo de este colector es muy superior al de concha madre, y que el método de marea baja requiere mayor atención y jornadas-hombre, el uso combinado de este colector y la zootecnia de cultivo podría ser económicamente viable en el mediano y largo plazo.

A partir de los resultados de este trabajo y la información obtenida de la empresa y pescadores involucrados durante la prospección realizada en 2012, se confirma que la actividad ostrícola actual en el área de estudio no es económica ni ambientalmente viable. La variante extractiva EP provoca un daño directo al ecosistema de manglar y un daño indirecto a sus funciones y beneficios ambientales. En contraparte, la variante productiva CA es más factible desde el punto de vista económico y ambiental.

Este análisis confirma la pertinencia de introducir mecanismos financieros con enfoque ecosistémico para una mejor administración, aprovechamiento y conservación de *C. rhizophorae* y de otros recursos naturales en Cuba. Es necesario propiciar una nueva tradición de otorgar valor económico a los bienes y servicios ambientales del manglar, y generar mecanismos para incorporar este valor al sistema de evaluación económica de actividades acuícolas y pesqueras en Latinoamérica y el Caribe, como instrumentos para la toma de decisiones de mediano y largo plazo (Barzev, 2008; FAO, 2012).

Asumiendo que será la acuicultura y no la pesca, quien aportará en el futuro los alimentos de origen acuático que requiere la humanidad, es necesario introducir nuevas concepciones de sostenibilidad. La bahía de Sagua la Grande tiene potencial para, al menos, duplicar la producción ostrícola actual, que ha sido inferior a las 100 ton en los últimos años. La re-implantación y generalización del cultivo ostrícola artesanal en Cuba, incrementará la rentabilidad económica y social de las pesquerías en su conjunto, ya que se beneficiarían todos los recursos biológico-pesqueros asociados al manglar, generando mayores ingresos económicos y fortaleciendo la autogestión en las poblaciones ribereñas y su sentido de pertenencia a su entorno ecológico primigenio (Mazón-Suástegui *et al.*, 2011). El cultivo tecnificado permitirá certificar y etiquetar el producto final, como económica y ecológicamente sostenible, con todas sus implicaciones productivas, sociales, ambientales, económicas y comerciales, considerando potenciales nichos ecoturísticos en futuros mercados (Mazón-Suástegui *et al.*, 2011).

## AGRADECIMIENTOS

A la dirección del Proyecto GEF/PENUD51311 "Protección al ecosistema Sabana-Camagüey" de la Agencia de Medio Ambiente de Cuba, por su apoyo financiero y capacitación en economía ambiental. Al Centro de Investigaciones Pesqueras de Cuba. Al proyecto Ciencia Básica SEP-CONACyT N°129025 "Diversidad Microbiana Asociada a Moluscos Ostreidos de Cultivo e Interacción Molecular Bacteria-Hospedador", del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, México.

## REFERENCIAS

- Alcolado, P.M., E. García & N. Espinosa. 1999. Protección de la biodiversidad y desarrollo sostenible en el ecosistema Sabana-Camagüey. Proyecto GEF/PENUD Sabana-Camagüey CUB/92/G31, CESYTA SL, Madrid, 145 pp.
- Baisre, J.A. 2004. La pesca marítima en Cuba. Instituto Cubano del Libro. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 372 pp.
- Barzev, R. 2008. Mecanismos financieros para la conservación de recursos naturales: guía metodológica. Editorial Academia, La Habana, 95 pp.
- Betanzos, A. & G. Arencibia. 2010. Tensores naturales y antrópicos al norte de Villa Clara, Cuba: efectos en la producción de ostión *Crassostrea rhizophorae*, Güilding, (1828). Mem. VI Taller Internacional CONyMA, La Habana, Cuba, ISBN 978-959-300-008-6. Disponible en el sitio <http://www.oceandocs.org/handle/1834/3628>, 8 pp.
- Betanzos, A. & J.M. Mazón-Suástegui. 2014. Hidrodinámica y producción de ostión de la laguna El Cheve, sur de Pinar del Río, Cuba. Rev. Cub. Invest. Pesq., 31(1): 47-56.
- Betanzos, A., C. Siam & G. Arencibia. 2010. Variación de la salinidad y su relación con la distribución por talla del ostión de mangle, Villa Clara, Cuba. Rev. Cub. Invest. Pesq., 27(1): 41-46.
- Betanzos, A., G. Arencibia, G. Delgado & 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*, Güilding, 1828). Rev. Arg. Ecotoxicol. Contamin. Ambient., 1(4): 1-9.
- Bosch, A. & M. Nikolic. 1975. Algunas observaciones sobre el reclutamiento, crecimiento y mortalidad de ostiones *Crassostrea rhizophorae* Güilding, cultivados experimentalmente. Centro de Investigaciones Pesqueras, Instituto Nacional de Pesca, La Habana, 2: 96-100.

- Food and Agriculture Organization (FAO). 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. Food and Agriculture Organization, Roma, 231 pp.
- Gómez-País, G. 2006. Análisis económico de las funciones ambientales del manglar en el ecosistema Sabana-Camagüey. In: P.M. Alcolado, E. García & M. Arellanos (eds.). Estrategias y desafíos para la conservación de la biodiversidad en el ecosistema Sabana-Camagüey. Proyecto GEF/PENUD Sabana-Camagüey CUB/98/G31 y CUB/92/91, La Habana, 263 pp.
- Lagos, A.L., P. Victoria & A.I. Sanabria. 2007. La ostra del Caribe *Crassostrea rhizophorae*: una alternativa de maricultura. INCODER, Bogotá, D.C., 156 pp.
- Mazón-Suástegui, J.M., M.A. Avilés-Quevedo & S. Rivero-Suárez. 2011. Bases tecnológicas para el cultivo sostenible del ostión nativo *Crassostrea rhizophorae*, en el Ecosistema Sabana Camagüey, República de Cuba. Manual Técnico, Proyecto Piloto para el Cultivo de Ostión, GEF/PNUD, protección al ecosistema Sabana-Camagüey, 69 pp. Disponible en <http://www.oceandocs.org>
- Milano, J., H. Daranas & G. Salazar. 2005. Estudio de la composición de lípidos de *Crassostrea rhizophorae* (ostra de mangle), empleando cromatografía de capa fina (TLC-HD) y cromatografía de gas-líquido. CIEN, 13(2): 21-29.
- Nikolic, M. & S. Alfonso. 1968. El ostión del mangle *Crassostrea rhizophorae*, Guilding 1828. Experimentos iniciales en el cultivo. Separata CIP/INP-Cuba, 14 pp.
- Nikolic, M., A.C. Bosch & B. Vázquez. 1976. Las experiencias en el cultivo de ostiones de mangle (*Crassostrea rhizophora*) en Cuba. Centro de Investigaciones Pesqueras, Instituto Nacional de la Pesca, La Habana, Cuba. FIR: AQ/ Conf./ 76/ E.52.
- Perigó, E., L.S. Álvarez-Lajonchere, C. Martínez-Bayón & A. Betanzos. 2010. Diagnóstico ambiental para la factibilidad del desarrollo sustentable de la acuicultura marina en Cuba. Impactos y respuestas. Rev. Cub. Invest. Pesq., 30(1): 57-60.
- 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 de Maestría en Ciencias en Biología Marina y Acuicultura. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana, La Habana, 136 pp.
- Sáenz, B.A. 1965. El ostión antillano *Crassostrea rhizophorae*, Güilding y su cultivo experimental en Cuba. Instituto Nacional de la Pesca. Nota sobre Investigaciones, 7: 1-32.
- Urbano, T., C. Lodeiros, M. De Donato, V. Acosta, D. Arrieche, M. Núñez & J. Himmelman. 2005. Crecimiento y supervivencia de los mejillones *Perna perna*, *Perna viridis* y de un morfotipo indefinido bajo cultivo suspendido. Cienc. Mar., 31(2): 517-528.
- Zayas, C.R. & J.A. Frías. 1989. Estudio comparativo entre colectores de alambre y de mangle en el cultivo comercial de ostión (*Crassostrea rhizophorae*) en Cuba. Rev. Invest. Mar., 10(2): 125-132.

Received: 1 November 2013; Accepted: 30 September 2014