

Laguna El Cheve, Pinar del Río, Cuba: hidrodinámica y efectos del represamiento fluvial

Abel Betanzos Vega e-mail: abetanzos@cip.alinet.cu

Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP),
Ministerio de la Industria Alimentaria (Minal), La Habana.

Teresita de Jesús Romero López e-mail: teresita@cih.cujae.edu.cu

Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH),
Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana.

RESUMEN

La laguna El Cheve es un cuerpo de agua costero de importancia para la biodiversidad, y de valor económico por su aporte en la producción ostrícola de Pinar del Río, Cuba. Los procesos relacionados con su hidrodinámica son importante para su manejo. El estudio persigue caracterizar la dinámica de las aguas de la laguna El Cheve a partir del balance hídrico y de sales. La hidrodinámica de la laguna depende de las precipitaciones y la evaporación, y de la salinidad promedio en su interior y en el mar costero, que puede beneficiar o afectar la distribución y desarrollo de los organismos marinos que la habitan. Predominaron flujos anti-estuarinos en 2014-2015 y estuarinos en 2017-2018. El represamiento fluvial incrementó la salinidad e incidió en la hidrodinámica y producción ostrícola.

Palabras clave: balance hidrológico, flujos conservativos, represamiento.

El Cheve lagoon, Pinar del Río, Cuba: hydrodynamics and effects of river damming

ABSTRACT

El Cheve lagoon is a coastal water body with importance for biodiversity, and of economic value due to its contribution to oyster production in Pinar del Río, Cuba. The processes related to its hydrodynamics are important for its management. The study aims to characterize the dynamics of the El Cheve lagoon waters from the water and sales balance. The lagoon hydrodynamics depends on rainfall and evaporation, and on the average salinity in its interior and in the coastal sea, that it can benefit or affect the distribution and development of marine organisms that inhabit. Anti-estuarine flows predominated in 2014-2015, and estuarine in 2017-2018. River damming increased salinity affecting lagoon hydrodynamics and oysters production.

Keywords: hydrologic balance, conservative flows, damming.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas y estuarios se han definido tradicionalmente de acuerdo a su acceso al mar o a su circulación (estuarina, neutra o antiestuarina), en razón de su geomorfología, la estratificación salina, y por el intercambio de agua con el mar adyacente; pero esta clasificación se hace difícil por el hecho de que un estuario puede presentar condiciones de intensa mezcla de sus aguas o, por el contrario, condiciones de estratificación, en función de su posición a lo largo del río (con relación a la desembocadura), estación del año o hasta, en algunos casos, según el ciclo de marea en un momento dado (Sheldon y Albert 2006). Según los mencionados autores y teniendo en cuenta estos criterios, existe un tipo de laguna de estuario, que recibe influencia de las mareas y se asemeja a un estuario en su geomorfología, y este pudiera ser el caso de la laguna El Cheve.

La importancia de los sistemas lagunares y estuarinos radica en su alta productividad primaria ($10 - 25 \times 10^3$ Kcal/m² año) y en el gran potencial de recursos pesqueros. Se ha expresado, además, que existe una relación entre la productividad de las lagunas y su geomorfología (Yañez-Arancibia 1987), y se señala que las lagunas separadas del mar abierto por un estero largo y relativamente estrecho, son mucho más productivas que las que tienen una amplia comunicación con el mar (González-Sansón 1994). Esto pudiera ser una de las causas de la abundancia de ostiones del género *Crassostrea* que habitan en la laguna El Cheve y garantizan el mayor aporte de ostiones comerciales al sur de Pinar del Río, aunque la producción tiende a la disminución (Betanzos y Mazón-Suástegui 2014).

En este tipo de sistemas acuáticos, la salinidad es uno de los factores que influye en la distribución espacial y temporal de las comunidades acuáticas (Betanzos et al. 2010). En relación con los ambientes lagunares cubanos, el factor climático más importante es la lluvia y sus consecuentes escurrimientos, que provocan grandes cambios en la salinidad y densidad de las aguas en poco tiempo (Tápanes 1974).

En Cuba el incremento de embalses de aguas fluviales ha provocado una disminución del caudal de los ríos represados, afectando de manera notable el aporte de agua dulce a las lagunas costeras y estuarios, hecho que ha conllevado a una disminución drástica del espejo de agua, incrementos de salinidad, floculación y asolvamiento generándose una acumulación excesiva de sedimentos en la boca de comunicación con el mar o desembocadura, que limitan su intercambio con el mar adyacente (Piñeiro 2006). Esto puede generar características hidrodinámicas diferentes, en una misma laguna o estuario, según aporte fluvial, e influir en la calidad espacio-temporal de sus aguas.

El objetivo de estudio es determinar la hidrodinámica de la laguna El Cheve, en diferentes periodos (lluvioso y poco lluvioso), y definir si el represamiento de los ríos en la región influye en sus características hidrológicas y la producción ostrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

La laguna El Cheve, se localiza en la provincia de Pinar del Río, en el municipio Guane, y adyacente a su desembocadura se ubica la comunidad costera de Playa Bailén. La laguna presenta una forma alargada cuyo eje principal es perpendicular a la línea de costa, con área aproximada de 2,17 km² y profundidad media de 1,50 m.

El Cheve se comunica con el mar adyacente a través del estero El Sábalo, de aproximadamente 2 km de extensión (figura 1). En sus aguas habitan especies marinas de interés

comercial: peces como las lisas (*Mugil spp*) y ostiones comerciales (*Crassostrea spp*), siendo la producción de ostión la principal actividad pesquera en la laguna (Betanzos y Mazón-Suástegui 2014).

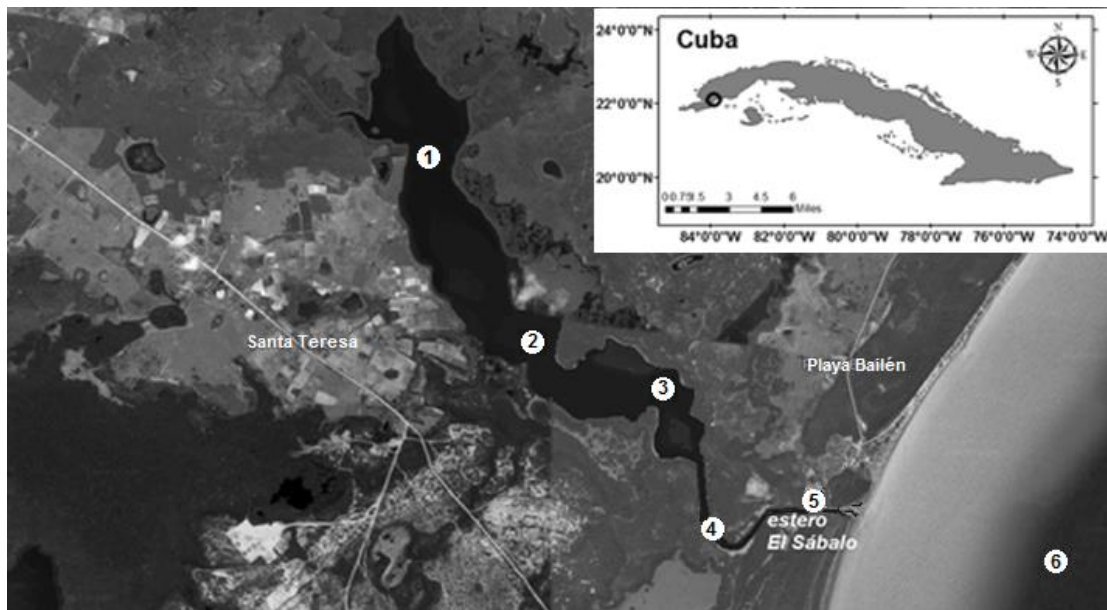


Figura 1. Sistema laguna El Cheve - estero Sábalo y red de estaciones de monitoreo (establecida por Betanzos y Mazón-Suástegui 2014)

Cuatro campañas de investigación fueron realizados, en meses lluviosos (agosto 2015 y junio 2017) y poco lluviosos (abril 2014 y diciembre 2018). En cada cruce, y en cinco sitios al interior de la laguna-estero, y uno en el mar adyacente, se registró la salinidad (superficie y fondo), con una sonda multiparamétrica HANNA HI 9828 con precisión de $\pm 0,01$ ups, y se determinaron los valores medios de salinidad por sitios y meses muestreados. Con un GPS Garmin y el programa MapInfo versión 8, se estimó el área total del sistema laguna El Cheve, y con una sondaleza (escandallo) se registró la profundidad en diferentes áreas del sistema, datos necesarios para estimar el volumen de agua almacenado.

Metodología para determinar el intercambio hídrico y renovación de las aguas de la laguna

Para este tipo de sistemas acuáticos, sistemas cerrados y semi-cerrados, el intercambio de aguas se puede determinar por balance de volúmenes de agua, según volumen de agua precipitada y volumen de agua evaporada, que conforme al principio de conservación de masa, debe existir un equilibrio entre las variables de entrada y las variables de salida, considerando la diferencia entre ambos flujos, que determinan las variaciones del volumen almacenado (Kjerfve et al. 1996). Gordon et al. (1996) proponen que el balance hídrico se puede estimar a partir del volumen residual (VR) de agua, según ecuación:

$$V_R = V_{entrada} - V_{salida} = -(V_P + V_O + V_S + V_{AR} - V_E) \quad (1)$$

Donde: V_P es el volumen total de agua que entró al sistema por precipitación, V_O es el volumen de agua aportado por los ríos, V_S es el volumen recibido por aguas subterráneas, V_{AR} el

aporte de aguas residuales, industriales o domésticas, V_E volumen de agua evaporada, que define las pérdidas o volumen de agua que salió del sistema.

Debido a estudios antecedentes, Betanzos y Mazón-Suástegui (2014), indican que el aporte principal (> 90 %) de aguas dulces que llega a laguna El Cheve se produce por precipitación, siendo prácticamente despreciable el volumen aportado por las otras variables de entrada. La fórmula queda expresada como:

$$V_R = V_{entrada} - V_{salida} = -(V_P - V_E) \quad (2)$$

Los valores (mm) de precipitación para determinar V_P y de evaporación (V_E) corresponden respectivamente a los acumulados de lluvia caída y de evaporación, obtenidos de estaciones meteorológicas de registro continuo ubicadas en la región, y cuantificados en m^3/mes ($\text{m}^3 \text{mes}^{-1}$) y $\text{m}^3/\text{día}$ ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$), para cada uno de los meses evaluados.

Debido a las características halinas del sistema, el intercambio de aguas entre la laguna y el mar adyacente se determinó según balance de sales a partir del volumen de mezclado (V_X), utilizando la ecuación siguiente (Gordon et al. 1996); (Kjerfve et al. 1996).

$$V_X = \frac{V_R S_R}{(S_1 - S_2)} \quad (3)$$

Donde: S_R es la salinidad del volumen residual (V_R), siendo el promedio de las salinidades dentro (S_1) y fuera (S_2), del sistema laguna-estero.

El tiempo de recambio (τ) de agua en el sistema se calculó según la razón:

$$\tau = \frac{V_{sistema}}{(V_R + |V_X|)} \quad (4)$$

Donde: $V_{sistema}$ es el volumen de agua almacenado por el sistema laguna-estero.

El tiempo de recambio de agua se calculó según Gordon et al. (1996), teniendo en cuenta ambos términos (V_R y V_X), y según Sheldon and Alber (2006) teniendo únicamente en cuenta el volumen de agua mezclado (V_X), aunque puede ocasionar una subestimación del tiempo de intercambio.

Metodología para definir el efecto del represamiento en la salinidad y la producción de ostión

Con datos anuales en hectómetros cúbicos (hm^3) de la capacidad de embalse de aguas fluviales (CubAgua 2017) de las cuencas hidrográficas al suroeste de Pinar del Río, y datos promedios anuales de salinidad, registrados en las zonas litorales al sur de esa provincia (actualizado de Piñeiro 2006), se confrontaron ambas variables según anomalías estandarizadas, para mejor la interpretación de sus variaciones anuales.

Paralelamente, se analizó el efecto del represamiento en la producción de ostión; para ello se utilizaron datos anuales de capacidad de embalse de aguas fluviales (hm^3) en Pinar del Río y los datos de captura anual (toneladas) de ostión de la provincia y del establecimiento pesquero de Boca de Galafre, que se dedica a la captura de ostión en laguna El Cheve.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica de las aguas según flujos conservativos. Balance hídrico y de sales

El área total del sistema laguna-estero se determinó en $2,17 \times 10^6 \text{ m}^2$, con volumen medio de $2,69 \times 10^6 \text{ m}^3$. Durante los meses muestreados el volumen de agua almacenada varió en función de la entrada directa (V_{entrada}) por precipitación (P), y de la que salió (V_{salida}) por evaporación (E), y las diferencias de salinidad entre superficie y fondo, y entre la salinidad de la laguna y la del mar adyacente, permitiendo estimar el volumen de mezcla (V_X) y residual (V_R) (tabla 1).

Tabla 1. Valores de caracterización correspondientes al balance hídrico y de sales del sistema laguna El Cheve-estero Sábalo

Muestreo	P	E	V_{entrada}	V_{salida}	V_R	V_X	$V_R S_R$	$V_X(S_2-S_1)$	t	Circulación
Abr. 2014	44,4	222,8	3,21	16,12	12,9	182,04	50,97	-50,97	365	antiestuarina
Ago. 2015	182,5	175,5	12,78	12,29	-0,49	9,23	-1,75	1,75	293	semiestuarina
Jun. 2017	202,3	167,3	14,63	12,1	-2,53	20,6	-1,42	1,42	131	estuarina
Dic. 2018	90,8	80,5	6,36	5,64	-0,72	10,14	-2,33	2,33	265	semiestuarina

Precipitación (P) y evaporación (E) mensual en mm. Volúmenes de precipitación (V_{entrada}) y evaporación (V_{salida}), flujo residual de agua (V_R) y de mezclado (V_X), expresados en $10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$. Balance de sales, entre el sistema laguna-estero (S_1) y el mar costero adyacente (S_2), según flujos de sal residual ($V_R S_R$) y de mezclado [$V_X (S_2 - S_1)$], expresados en $10^3 \text{ g m}^3 \text{ d}^{-1}$. El tiempo de recambio (t) o renovación de las aguas del sistema en días y el tipo de circulación

En abril 2014, el sistema laguna-estero recibió un volumen total de agua por precipitación directa de $96,35 \times 10^3 \text{ m}^3$ (media diaria de $3,21 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$), y salió por evaporación $483,47 \times 10^3 \text{ m}^3$ (media diaria de $16,12 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$), lo que indicó un déficit de agua dulce en la laguna, que generó una diferencia de salinidad entre el sistema (S_1) y el mar adyacente (S_2) de $0,28 \text{ g m}^{-3}$.

El volumen mezclado (V_X) fue alto ($182,04 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$) pero con volumen residual (V_R) positivo (tabla 1), que indica un flujo inverso (anti-estuarino) desde el mar adyacente hacia el sistema laguna-estero; flujos que ocurren para compensar las pérdidas de agua dulce ocasionadas por la alta evaporación; y en adición a ello un flujo por balance de sales ($S_1 > S_2$) de tipo advectivo hacia la laguna, debido a una menor salinidad/densidad en el mar costero. El tiempo de renovación o recambio de las aguas de la laguna, para esas condiciones ambientales, no pudo ser bien definido, y se estimó en 365 días y 55 días, teniendo y no teniendo en cuenta V_R en el análisis.

El escenario hidrodinámico presente en abril 2014 ha sido descrito con anterioridad (Betanzos y Mazón-Suástegui 2014), para esta misma laguna en mayo de 2012 (mes del periodo lluvioso pero de máxima evaporación), lo que permite inferir que en los meses de máxima evaporación con déficit de precipitaciones, la laguna mostrará flujos anti-estuarinos con propensión a la hipersalinidad. Los resultados sugieren que independiente a las altas precipitaciones, como las

ocurridas en agosto 2015 y junio 2017 (tabla 1), el sistema tiende a ser estacionario, y con cierto aislamiento hidrológico.

El volumen mezclado (V_X) en agosto 2015, junio 2017 y diciembre 2018 fue $< 21 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ (tabla 1), pero con signo del volumen residual (V_R) negativo, lo que sugiere un movimiento, al menos superficial, con dirección al mar costero debido a una menor salinidad en la laguna que en el mar ($S_1 < S_2$). Aunque el signo (negativo) del V_R en los tres meses sugiere una circulación estuarina, en agosto 2015 y diciembre 2018 la poca diferencia de salinidad entre la laguna (S_1) y el mar (S_2) indicó un estado estacionario o neutro con V_R cercano al 0, que sugiere una circulación neutra o semiestuarina.

Para agosto 2015 y diciembre 2018 se estimó una alta residencia de las aguas en la laguna, entre 293 y 39 días, y 265 y 37 días, respectivamente. En ambos meses los valores más altos y los menores se obtuvieron teniendo y no teniendo en cuenta el V_R en el análisis. En junio 2017 se presentó una mejor situación en la laguna debido a una mayor precipitación y mayor flujo superficial hacia el mar. El tiempo de recambio de agua en el sistema, para esa condición ambiental, se calculó entre 130 y 15 días.

La alta residencia de las aguas, denota un pobre intercambio, debido a los valores de salinidad con promedios de 40,9 ups (abril 2014); 27,45 (junio 2017); 35,8 (agosto 2015) y 31,2 ups (diciembre 2018). La alta salinidad es común en este sistema debido a un pobre escurrimiento superficial y subterráneo de aguas dulces por represamiento del río Cuyaguaje y otros ríos tributarios a la cuenca, cuyas aguas son retenidas ríos arriba con fines agrícolas, domésticos e industriales.

La barra de arena en la boca de comunicación de la laguna con el mar, bloquea la libre circulación de las aguas, permitiendo solo un pobre intercambio superficial con el mar y generando estancamiento al interior de la laguna en el nivel de fondo cercano a la desembocadura del estero (Betanzos y Mazón-Suástegui 2014). A pesar de estas condiciones, según estos autores, en la laguna y parte del estero, habita una población de ostiones, que aporta más de 35 toneladas anuales al sector pesquero de la región, aunque disminuye su productividad en meses de alta salinidad. Un trabajo de ingeniería hidráulica, que implique un dragado o remoción de los sedimentos compactados en la boca de comunicación proporcionaría un mayor intercambio de aguas.

Estimación del balance hídrico medio mensual según periodos 2014-2015 y 2017-2018

Los años 2014 y 2015 han sido considerado uno de los más secos para Cuba, con temperatura media del aire superior a la histórica y una alta evaporación (Masjuán et al. 2017). La variación mensual de la lluvia y de la evaporación fue bastante similar y según balance hídrico promedio mensual, el periodo 2014-2015 mostró valores medios mensuales de volumen residual (V_R) mayormente positivos (figura 2), que sugieren un predominio de circulación anti-estuarina, debido a mayor cantidad de meses con déficit de precipitaciones. Únicamente para agosto y septiembre, de mayores precipitaciones, se estimaron flujos en la laguna con dirección el mar costero (circulación estuarina), relacionado con un V_R negativo.

Los años 2017 y 2018 mostraron un periodo lluvioso más activo en la región, con mayor volumen de entradas de agua al sistema por precipitación, resultando en mayor cantidad de meses con volumen residual negativo (figura 3), que debió favorecer un mayor intercambio y

renovación de las aguas, desde junio hasta diciembre. Estimándose menores salinidades en el sistema laguna-estero que propiciarían circulaciones estuarinas y semiestuarinas por flujos superficiales hacia el mar adyacente.

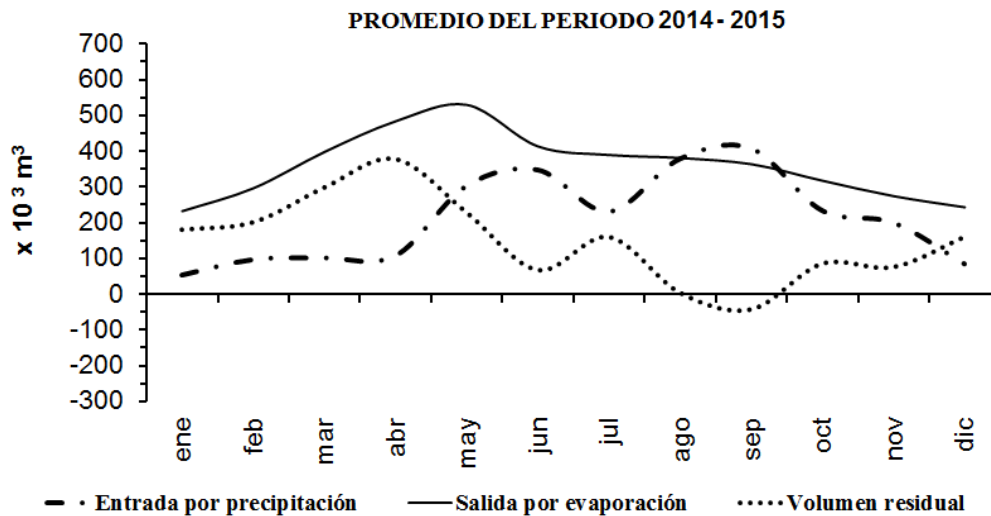


Figura 2. Variabilidad del balance hidrológico promedio mensual en el sistema laguna El Cheve-estero Sábalo durante el periodo 2014-2015

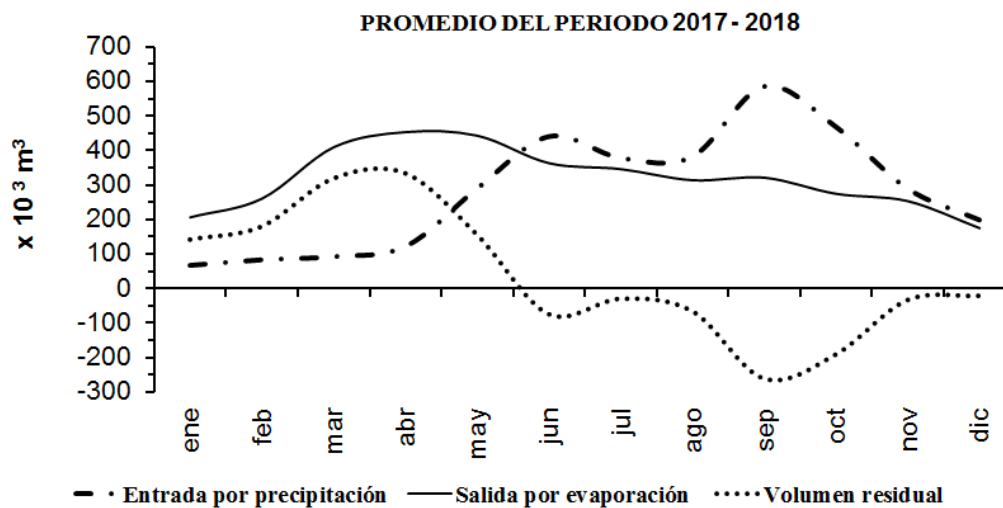


Figura 3. Variabilidad del balance hidrológico promedio mensual del sistema laguna El Cheve-estero Sábalo, durante el periodo 2017-2018

Según datos de producción del establecimiento pesquero de Boca de Galafre, la laguna El Cheve mostró una producción promedio de 33 t de ostión en el periodo 2014-2015, con menos de 10 t en 2015. Captura esta inferior a la del periodo 2017-2018, promedio de 37 t, con similar producción en ambos años.

La producción ostrícola depende de varios factores. El predominio de meses con volumen residual negativo, propicia circulaciones estuarinas y mayor intercambio de aguas entre el sistema y el mar costero adyacente, lo que favorece la distribución espacial y una mayor abundancia de ostión en la laguna (Betanzos y Mazón-Suástegui 2014).

Efecto del represamiento en la salinidad y en la producción ostrícola

El incremento en la capacidad de aguas “dulces” embalsadas (represamiento), provocó una disminución del caudal de los ríos, que en la zona costera suroccidental de Cuba y específicamente en la vertiente sur de la provincia de Pinar del Río, se redujo en un 80% (Piñeiro 2006). Según datos de capacidad de embalse al sur de Pinar del Río (CubAgua 2017), esta se incrementó en 180 millones de m³ (180 hm³) de 1985 a 1989, cuando alcanzó un máximo de 830 hm³.

Según Piñeiro (2006), la reducción en el volumen de agua dulce provocó procesos de salinización en lagunas costeras y en la zona marina litoral con valores medios anuales superiores a 35 ups, incrementándose además los procesos de azolvamiento. Según datos actualizados en este estudio, la salinidad promedio en las zonas litorales ha mantenido incrementos escalonados (figura 4). Los máximos puntuales superiores a 40 ups han sido comunes posterior a 2009 en años con déficit de precipitaciones.

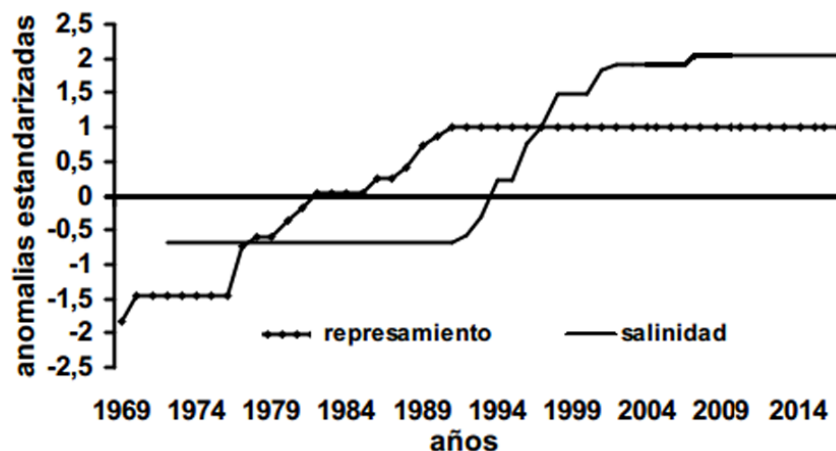


Figura 4. Variación anual de la capacidad de embalsado (represamiento) y salinidad de la zona litoral de estudio, al sur de Pinar del Río. En anomalías estandarizadas (actualizado de Piñeiro 2006)

La reducción de los volúmenes de aguas fluviales y su efecto en la salinidad inciden negativamente en la hidrodinámica de los sistemas lagunares, y afecta los ecosistemas estuarinos costeros. Según estimados actuales del volumen total de aporte de aguas dulces por escurrimiento fluvial (ríos), para la región de Pinar del Río, se estiman en 1 860 412,24 m³ d⁻¹, lo cual constituye un 20 % del volumen anterior al represamiento (Piñeiro 2006), esto principalmente por el incremento de la capacidad de embalsado a más de 800 hm³.

Si se tiene en cuenta que para Cuba los escurrimientos terrígenos son la vía más importante en el aporte de nutrientes inorgánicos a la zona costera (Piñeiro 2006), el represamiento tendrá una

marcada incidencia sobre la abundancia y distribución del fitoplancton, y respectivamente sobre los organismos filtradores como el ostión. La presencia de una presa (embalse) modifica sustancialmente el patrón estacional y la distribución horizontal de especies marinas.

El efecto del represamiento también tuvo incidencia sobre la producción de ostión. Según se muestra en el gráfico (figura 5) y posterior a 1989, se alcanza la máxima capacidad de embalse de aguas fluviales en la provincia de Pinar del Río, y disminuyó de forma drástica la producción (volumen de captura) de ostión, tanto a nivel provincial como en Boca de Galafre, cuya actividad ostrícola es mayoritaria en la laguna El Cheve.

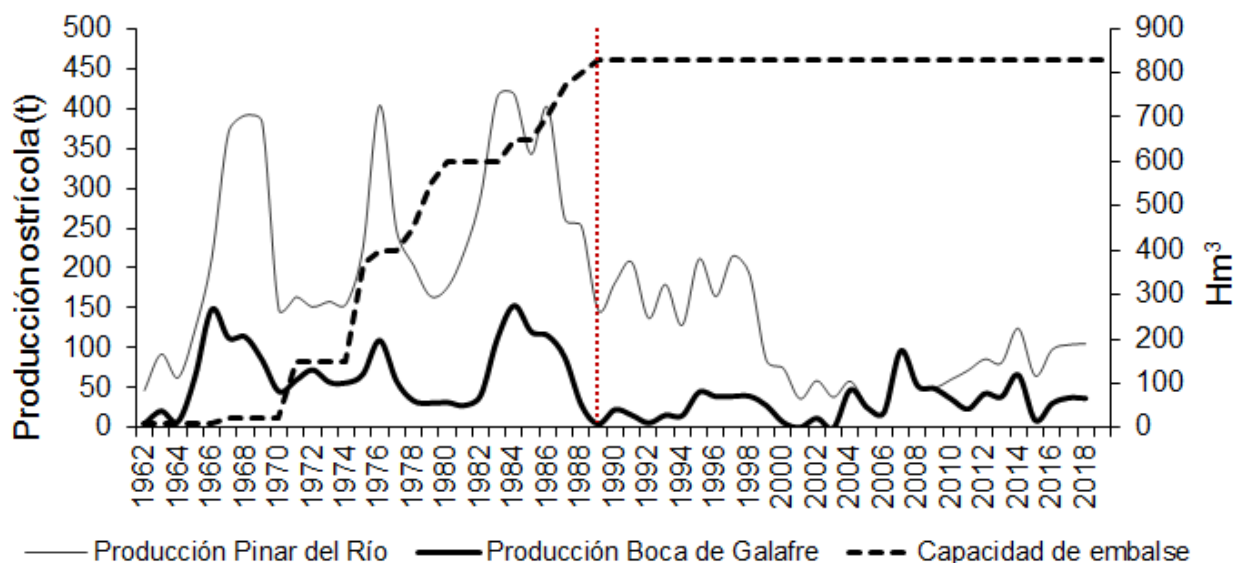


Figura 5. Variación anual de la capacidad de aguas embalsadas (hm^3) en Pinar del Río y de la producción de ostión, total de la Provincia de Pinar del Río y del establecimiento pesquero de Boca de Galafre. La línea vertical discontinua señala el año en que alcanzó la máxima capacidad de embalse e inicio disminución de la producción ostrícola

En coincidencia con el efecto del represamiento fluvial en la producción de ostión en Pinar del Río, ocurre un escenario similar en otras regiones de Cuba. En la plataforma norcentral de Cuba para la región ostrícola de la bahía de Sagua la Grande, se encontró que la distribución horizontal de la salinidad fue un factor determinante en la distribución y estructura de tallas de ostión, al presentarse mayores tallas en sitios tradicionales de menor salinidad promedio (30 – 35 ups), encontrando una relación inversa estadísticamente significativa ($R^2 = 0,91$; $\alpha < 0,05$). Según esos resultados, la varianza de la salinidad explicó en más de un 90% la varianza de la talla de ostiones (Betanzos et al. 2010).

CONCLUSIONES

- ✓ La dinámica de las aguas en la laguna El Cheve, varía fundamentalmente en función de las precipitaciones y la evaporación, ocurriendo un menor intercambio de aguas con el mar adyacente, y predominio de circulación anti-estuarina, en meses de alta evaporación con déficit de precipitaciones, debido a entradas de agua superficial desde el mar, para compensar las pérdidas que por evaporación ocurren en la laguna.

- ✓ Los años 2014-2015, con déficit de precipitaciones, mostraron un predominio de flujos anti-estuarinos debido a mayor cantidad de meses con volumen residual positivo en la laguna; contrario al periodo 2017-2018, de mayor frecuencia y acumulado mensual de precipitaciones, lo que influyó en mayor cantidad de meses con volumen residual negativo, favoreciendo los flujos estuarinos que benefician a los ecosistemas costeros.
- ✓ La disminución del escurrimiento fluvial, debido al represamiento de los ríos, diques y otras obras que desvían o limitan el arribo de aguas fluviales a los cuerpos de aguas costeros, incrementan la salinidad, e inciden en los procesos de azolvamiento, lo que adiciona otro factor a los procesos de salinización costera, e influye en la hidrodinámica por su efecto en el balance de sales. Desde 1989 en que se alcanza el máximo represamiento en la provincia de Pinar del Río, se inicia un periodo de menor producción de ostión.

REFERENCIAS

- Betanzos A. y Mazón-Suástegui. J. M.** (2014). "Hidrodinámica y producción de ostión de la laguna El Cheve, sur de Pinar del Río, Cuba". *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 31(1): 47–56. ISSN: 0138-8452. OceanDocs. Cuba.
- Betanzos A., Siam C. y Arencibia G.** (2010). "Variación de la salinidad y su relación con la distribución por talla del ostión de mangle, Villa Clara, Cuba". *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 27(1): 41–46. ISSN: 0138-8452. OceanDocs. Cuba
- CubAgua** (2017). "Gestión Integrada del agua". XIII Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica, IX Seminario Internacional de Uso Integral del Agua y I Taller de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. INRH, SNIH, UAC. La Habana. Extraído de <http://www.hidro.cu.CubAgua> en enero de 2020
- González-Sansón G.** (1994). "El caso Cuba". En: de La Lanza E. G., Salaya J. J. y Varsi E. (Eds.). "Manejo y aprovechamiento acuícola de lagunas costeras en América Latina y el Caribe". Documento preparado por el Proyecto GCP/RLA/102/ITA "Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura en América Latina y el Caribe" — AQUILA II.FAO, Programa Cooperativo Gubernamental GCP/RLA/102/ITA, México, D.F.
- Gordon D. C., Boudreau P. R., Mann K. H., Ong W. L. Silvert J. E., Smith S. V., Wattayakorn G., Wulff F. and Yanagi T.** (1996). "LOICZ biogeochemical modelling guidelines". LOICZ Reports & Studies no. 5. Netherlands Institute for Sea Research. Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ). Texel. Holanda.
- Kjerfve B., Schettini C. A. F., Knoppers B., Lessa G. and Ferreira H. O.** (1996). "Hydrology and salt balance in a large hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil". *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 42(6): 701–725. ISSN: 0272-7714. Elsevier. Amsterdam.
- Masjuán Y., Betanzos-Vega A., Rodríguez A. L., Montes Y. y García S.** (2017). "Zonas con potencialidad para cultivo de peces en jaulas flotantes. Golfo de Ana María, Cuba". *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 34(1): 1– 6. ISSN: 0138-8452. OceanDocs. Cuba
- Piñeiro R.** (2006). "Influencia del aporte fluvial en la zona marino costera suroccidental del Golfo de Batabanó, Cuba". *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 24(1): 28–31. ISSN: 0138- 8452. ResearchGate. Cuba.

Sheldon J. E. and Alber M. (2006). "The calculation of estuarine turnover times using freshwater fraction and tidal prism models: A critical evaluation". *Estuarine and Coasts* 29: 133–146. ISSN: 1559-2731. Elsevier. Amsterdam.

Tápanes J. J. (1974). "Hidrología de lagunas costeras estuarinas y anti-estuarinas". INP-CIP. *Resumen de Investigación* (1): 3–5. CIP. Cuba.

Yañez-Arancibia J. A. (1987). "Lagunas costeras y estuarios: Cronología, criterios y conceptos para una clasificación ecológica de sistemas costeros". *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 39: 35–54. ISSN: 0370-7415. ReserchGate. México.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Abel Betanzos Vega <https://orcid.org/0000-0001-6519-6532>

Realizó contribuciones en el diseño de la investigación, monitoreo en campo, análisis de las muestras y sus resultados y redacción del informe final.

Teresita de Jesús Romero López <https://orcid.org/0000-0001-9572-8333>

Realizó contribuciones en la interpretación de los resultados de la investigación, escritura del documento y revisión final del mismo.