

Aspectos ecológicos de los estadios juveniles de *Callinectes sapidus* (Crustacea: Portunidae) en un estuario ciego del Golfo de México

Ecological aspects of *Callinectes sapidus* (Crustacea: Portunidae) juvenile stages from a Gulf of Mexico blind estuary

Rafael Chávez-L^{1*} | Arturo Rocha-R¹ | Horacio Vázquez-L²

- Recibido: 14/mar/2018
- Aceptado: 30/ene/2019
- Publicación en línea: 3/may/2019

Citación: Chávez-L R, Rocha-R A, Vázquez-L H. 2019. Aspectos ecológicos de los estadios juveniles de *Callinectes sapidus* (Crustacea: Portunidae) en un estuario ciego del Golfo de México. *Caldasia* 41(2):422-432. doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v41n2.70500>.

ABSTRACT

In this report are described abundance, size structure, and relative growth in *Callinectes sapidus* young stages from the Laguna El Llano blind estuary, Veracruz State (Mexico). Blue crabs were sampled in eight sampling sites since May 2013 to May 2014; four sites were located in un-vegetated, sandy bottom, and clear waters locations near to estuarine inlet, another four with fringe mangrove vegetation, muddy-bottom, and turbid waters. Were recorded pH, temperature, dissolved oxygen, turbidity, and salinity. A total of 276 organisms were collected (235 males and 41 females), young blue crabs were most numerous (91.3 %) in muddy-bottom, turbid waters sampling sites; the temporal abundance was not related statistically to hydrological variables ($P > 0.05$). Were measured the Carapace Width (CW) and total weight (W) of each specimen, male CW ranked 12–85 mm and WW 0.3–123.4 g, while female CW was 9.0–92.8 mm and W 0.7–152.6 g; respect to total abundance, 76.4 % were 11–20 mm and 41–60 mm CW size class specimens; the relative growth was analyzed by using CW vs. W biometric relationship, for young blue crabs were negative allometric growth, regardless of sex; all specimens showed morphologically differentiated telson but early gonadal development stages; males outnumbered the gender proportion; 11–20 mm CW blue crabs occurrence through study span indicated continuous recruitment processes in this estuary.

Keywords. Blue crab, estuary, growth, Laguna El Llano, recruitment, size class structure

¹ Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Laboratorio de Ecología Estuarina. Av. de los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México. C.P. 54090. rafaelcl@unam.mx, arocha@unam.mx

² Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Módulo de Manejo de Recursos Naturales. Av. de los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México. C.P. 54090.3. hvazquez@unam.mx

* Autor para correspondencia



RESUMEN

En este estudio se describe la abundancia, composición por tallas y crecimiento relativo de organismos juveniles de la jaiba *Callinectes sapidus* en el estuario ciego Laguna El Llano, Veracruz, México; las jaibas se muestrearon desde mayo de 2013 hasta mayo de 2014 en ocho sitios, cuatro sin vegetación, con sedimentos arenosos y aguas claras cercanos a la boca estuarina, los restantes con vegetación de manglar, sedimentos lodosos y aguas turbias. Se registraron las variables hidrológicas pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez y salinidad. Se recolectaron 276 jaibas (235 machos y 41 hembras), la abundancia fue mayor (91,3 %) en los sitios cercanos a manglares, sedimentos lodosos y aguas turbias; la abundancia no se relacionó con las variables hidrológicas ($P > 0,05$). Por individuo se midió el ancho de caparazón (AC) y peso (P); los machos se registraron en un intervalo de AC entre 12 y 85 mm y de 0,3 a 123,4 g, las hembras se recolectaron entre 9 y 92,8 mm AC y pesaron entre 0,7 a 152,6 g; 76,4 % de los especímenes correspondieron a tallas de 11 a 40 mm AC; se analizó el crecimiento relativo usando la relación biométrica AC vs. P, que para las jaibas jóvenes fue alométrica negativa independientemente del sexo; todos los individuos presentaron el telson diferenciado pero en etapas iniciales de desarrollo gonádico, la proporción sexual fue dominada por los machos; la ocurrencia de la talla de 11 a 20 mm AC durante el estudio indicó reclutamiento continuo al estuario.

Palabras clave. Crecimiento, estructura por tallas, estuario, jaiba azul, Laguna El Llano, reclutamiento

INTRODUCCIÓN

Los cangrejos del género *Callinectes* son conocidos en México como jaibas, se distribuyen ampliamente en el Golfo de México y la zona costera americana del océano Atlántico. Se han registrado desde los estados de Maine y Massachusetts en los Estados Unidos hasta las costas de Uruguay, incluyendo los archipiélagos de las Bermudas y las Antillas (Williams 2007); estos crustáceos son un recurso pesquero de alto valor económico, sobre todo en las pesquerías estuarinas de pequeña escala; en los estados costeros de Tamaulipas y Veracruz, México, se captura el 90 % de la biomasa, en particular de las especies *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 y *Callinectes rathbunae* Contreras, 1930 que sostienen la pesquería en ambos estados (SAGARPA 2013).

Las jaibas son capaces de colonizar diferentes hábitats acuáticos, tanto marinos, estuarinos y dulceacuícolas, tienen una fase estuarino-dependiente durante su ciclo de vida, ya que después en condiciones marinas ocurre el desove, la eclosión y el crecimiento de las primeras fases larvales, luego los individuos en fase megalopa arriban a los estuarios transportados por las mareas y las jaibas jóvenes se distribuyen hacia sus hábitats críticos aprovechando las

zonas de alimentación y refugio de los estuarios, para luego regresar al mar en etapa adulta (Gelpi et al. 2009).

Hasta ahora se han descrito parcialmente los procesos ecológicos de los estadios jóvenes de las jaibas en estuarios de boca abierta permanentemente al mar principalmente con información generada con artes de captura utilizadas en la pesca artesanal, esto contrasta con la escasa información generada de estuarios ciegos del Golfo de México, por lo que en esta contribución se describe la estructura por tallas, el crecimiento relativo y la proporción de sexos de los estadios juveniles de *C. sapidus* del estuario ciego Laguna El Llano, en el estado mexicano de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estuario Laguna El Llano (ELEL) se localiza entre 19°38' Norte a 19°40' Norte, y 96°23' Oeste a 96°24' Oeste, en el municipio de Actopan, Veracruz (Fig. 1). Es un cuerpo de agua de 226 ha, la profundidad en los márgenes internos es menor a 1 m, pero en el canal central alcanza un intervalo estacional de profundidad de 2 a 4 m.

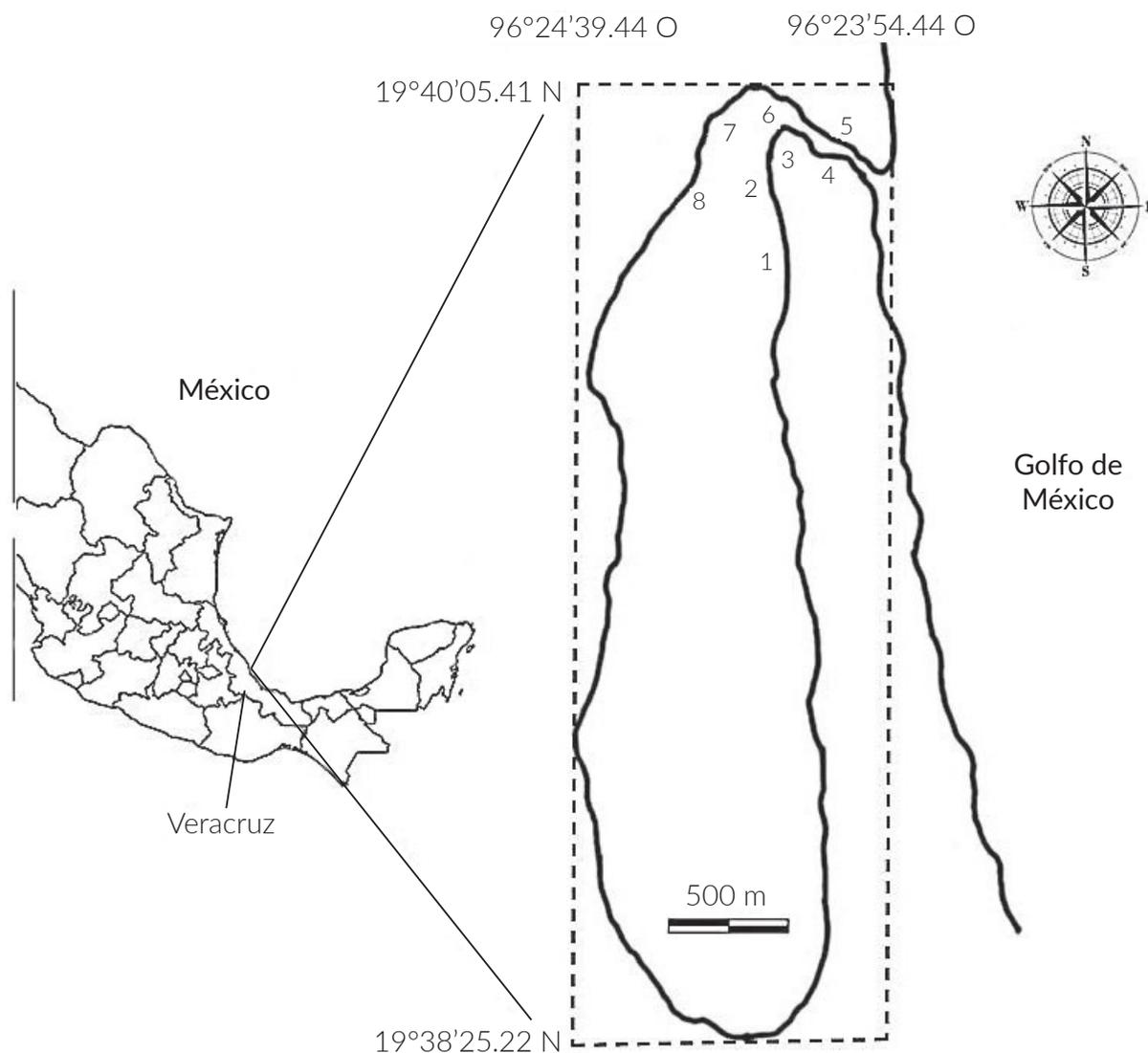


Figura 1. Ubicación del estuario Laguna El Llano (ELEL) municipio de Actopan, Veracruz, México. Los números dentro del estuario indican los ocho sitios de muestreo (SM1 - SM8) en los que se hicieron recolecciones desde mayo de 2013 a mayo de 2014.

El clima de la zona es cálido sub-húmedo con lluvias en verano (Aw2) (García 2004); la precipitación media anual alcanza 1286 mm, la temperatura media anual es de 24 °C; en esta región se presenta una temporada cálida que transcurre entre abril y junio, la temporada de lluvias que sucede entre julio y octubre, y una temporada fría del año o de “nortes” que sucede entre diciembre y marzo, cuando la temperatura ambiental disminuye a sus mínimos y prevalecen corrientes de vientos fríos boreales (Morán-Silva et al. 2005); ELEL es peculiar respecto a otros estuarios de esta región del Golfo de México, su geomorfología muestra un canal alargado que hace conexión con el mar mediante una boca estuarina como en otros estuarios, pero de noviembre a enero se forma una berma arenosa que lo aísla del océano.

Como otros estuarios ciegos, ELEL no se puede clasificar de acuerdo con definiciones tradicionales, por lo que aquí se usa la definición de Potter et al. (2010), que alude al cierre temporal de la boca estuarina y a la posibilidad que durante este evento se presenten condiciones de hipersalinidad.

Toma de datos

Los registros hidrológicos y las recolecciones de los organismos fueron realizados de mayo de 2013 a mayo de 2014; las capturas se realizaron en ocho sitios de muestreo (SM): Cuatro se ubicaron cercanos a riberas de mangle rojo *Rhizophora mangle* L. y de mangle negro *Avicennia germinans* L. caracterizadas por fondos lodosos y cercanos a arrecifes de ostión *Crassostrea virginica*, (Gmelin, 1791) (SM1-SM4); las otras cuatro se ubicaron en sedimentos arenosos (SM5-SM8) cercanas a la boca estuarina (Fig. 1);

en mayo de 2013, los SM7 y SM8 se ubicaron sobre la barra arenosa que selló la boca estuarina.

El muestreo se restringió a profundidades menores de 1,2 m, no pudo extenderse hacia el canal central debido a la variación estacional de la profundidad de la columna de agua y a la profundidad (> 1 m) del horizonte limociloso del sustrato.

Los sitios de muestreo se ubicaron geográficamente con un GPS Garmin 10X GPS, en cada uno se registró el oxígeno disuelto (mg/L) y la temperatura del agua (°C) con un oxímetro Oakton DO 300 series con precisión de 0,1°C, la salinidad (UPS) con un refractómetro Vista A366ATC con precisión de 0,1 UPS, la turbidez con un turbidímetro La Motte 2020 (UNT) con precisión de 0,1 UNT, pH con un pHmetro Oakton pH 110 Meter con precisión de 0,1 unidad de pH, y la profundidad (cm) fue registrada con una sonda Echotest II Plastimo con precisión de 0,1 cm. Las categorías de salinidad se definieron con base a la propuesta del Sistema de Venecia (Ito 1959).

Las jaibas fueron recolectadas con una red tipo chinchorro de 25 m de longitud, por 2 m de alto y luz de malla de 1,5 cm, reforzada en el centro con una red para peces pequeños de 6 m de longitud, 2 m de alto y luz de malla de 0,65 cm; en cada SM se procuró una superficie de arrastre efectiva de 300 m². Todos los especímenes se colocaron en hielo y se fijaron en etanol al 70 %, en el laboratorio se lavaron, se fijaron con formalina al 5 % y se almacenaron en etanol al 70 %.

Los organismos capturados presentaron una morfología similar a la de los organismos adultos lo que permitió identificarlos claramente con las claves de Williams (1984) y Carpenter (2002). Con la clasificación de estadios de maduración gonádica Costa y Negreiros-Fransozo (1998) adaptada a *C. sapidus* se reconocieron las etapas de desarrollo gonádico. A cada ejemplar se le midió el ancho de caparazón (AC) con un vernier a una precisión de 0,01 mm considerando la distancia entre el origen de las espinas laterales, también fueron pesadas (P) con una balanza electrónica Cole-Parmer Simmetry con precisión de 0,001 g.

Análisis estadístico

Los registros de las variables hidrológicas se promediaron mensualmente y se correlacionaron con los valores mensuales de abundancia y biomasa de las jaibas, usando el coeficiente de correlación de Pearson. Se estableció la estructura por tallas separando a los organismos en intervalos de 10 mm AC, las tallas se definieron usando el método de análisis de frecuencias de Pope et al. (2010).

El crecimiento relativo de las jaibas se evaluó con base en la relación biométrica AC vs. P, donde AC fue la variable independiente, esta relación biométrica se ajustó usando una función potencial ($Y = aX^b$), donde a es la ordenada al origen (coeficiente de crecimiento inicial o factor de condición) y b es la pendiente (coeficiente de crecimiento o también llamado coeficiente de alometría), el valor de b aportó información valiosa sobre el crecimiento de las jaibas jóvenes, es isométrico cuando $b = 3$, es alométrico positivo cuando $b > 3$ y es alométrico negativo cuando $b < 3$ (Sokal y Rohlf 1995).

Los valores de AC y P se transformaron a logaritmos y el resultado de la relación lineal se ajustó con una regresión de mínimos cuadrados usando P como variable dependiente (Ricker 1975), el grado de asociación entre las variables se estableció mediante el coeficiente de determinación (r^2). Se calcularon las relaciones AC-P para toda la muestra de jaibas y por cada sexo por separado.

Para probar la hipótesis de crecimiento isométrico se usó una prueba de t student $H_0: b = 3$ contra $H_1: b \neq 3$ con $n-1$ grados de libertad y un nivel de significancia de $P = 0,05$. De la misma manera, para determinar si ocurrieron diferencias entre los valores de b de machos y hembras se probó $H_0: b_{\text{machos}} - b_{\text{hembras}} = 0$, lo que indica diferencias entre las pendientes, contra $H_1: b_{\text{machos}} - b_{\text{hembras}} \neq 0$, que indica diferencias en el valor de b entre los grupos; además se usó una prueba de ANCOVA para comparar las diferencias entre las relaciones biométricas de AC vs P entre sexos.

La proporción sexual se estimó mensualmente y se comparó estadísticamente con una prueba de chi-cuadrada. La prueba de Kruskal-Wallis se usó para comparar si las composiciones de la estructura por tallas mensual fueron similares. Todos los procedimientos estadísticos se calcularon con el programa PAST (Hammer et al. 2001) con un nivel de significancia de $P = 0,05$.

RESULTADOS

Con base en la tendencia mensual de los parámetros hidrológicos (Tabla 1), se identificaron cuatro etapas: la primera caracteriza el final de la temporada de boca estuarina cerrada en mayo 2013, el aislamiento provocado por la presencia de la barra arenosa más la ausencia flujos de agua dulce y el inicio de la temporada cálida explican el aumento de la salinidad hasta 76 UPS, las aguas estuvieron bien oxigenadas y la turbidez se mantuvo en niveles bajos y el pH fue ligeramente alcalino.

Tabla 1. Valores promedio por muestreo (\pm desviación estándar), de las variables hidrológicas en el estuario Laguna El Llano, Veracruz, México, entre mayo de 2013 y mayo de 2014.

	Mayo 2013	Junio	Agosto	Septiembre	Octubre	Diciembre	Febrero 2014	Marzo	Mayo
pH	7,75 \pm 0,36	8,30 \pm 0,08	8,29 \pm 0,07	8,37 \pm 0,08	9,77 \pm 0,23	9,91 \pm 0,06	8,98 \pm 0,03	8,89 \pm 0,13	8,45 \pm 0,11
O ₂ mg/L	9,45 \pm 0,76	5,47 \pm 0,35	7,82 \pm 0,51	8,09 \pm 0,22	11,67 \pm 0,57	14,99 \pm 2,51	12,89 \pm 0,37	8,13 \pm 0,22	17,46 \pm 0,63
T° C agua	31,45 \pm 0,65	31,07 \pm 0,35	29,50 \pm 9,78	33,38 \pm 1,36	26,13 \pm 0,64	26,06 \pm 0,78	26,81 \pm 0,53	26,71 \pm 0,4	28,3 \pm 0,4
Turbidez UNT	17,6 \pm 7,52	21,44 \pm 15,53	8,56 \pm 2,45	31,59 \pm 7,85	85,75 \pm 58,16	23,65 \pm 17,37	3,98 \pm 1,04	14,09 \pm 9,9	11,25 \pm 5,84
Salinidad UPS	73,17 \pm 2,56	34,71 \pm 1,98	32,33 \pm 2,29	14,88 \pm 0,99	32,13 \pm 1,73	23,25 \pm 0,46	34,00 \pm 3,12	35,14 \pm 0,69	36,42 \pm 0,97

Para julio 2013 la boca estuarina se desintegró, entonces la salinidad del agua alcanzó un nivel euhalino con predominio de condiciones acuáticas marinas, la temperatura del agua aumentó por encima de 30 °C, con aguas bien oxigenadas y niveles bajos de turbidez, estas condiciones se mantuvieron en el estuario hasta agosto.

En septiembre, durante la temporada de lluvias, la salinidad se diluyó a nivel mesohalino (14 UPS), provocado por la intensidad de las lluvias y la ocurrencia de meteoros atmosféricos intensos (una tormenta tropical y un huracán), en este lapso se manifestaron las condiciones más estuarinas y también se registraron los mayores niveles de turbidez.

A partir de octubre se recuperó la dominancia marina, este mes marcó el final de la temporada de lluvias y el inicio de la temporada de nortes con episodios de vientos intensos entre diciembre de 2013 y enero de 2014, en ocasiones mayores a 120 km/h, acompañados de lluvias, la salinidad disminuyó a 21 UPS y la temperatura del agua descendió a un mínimo de 22 °C. La suma de estos eventos atmosféricos

impidió que la boca estuarina se sellara, manteniéndose abierta parcialmente lo que permitió el intercambio mareal y que la salinidad fuese euhalina de enero a mayo; en este período se registraron los valores de turbidez y de oxígeno disuelto más altos.

En condiciones de boca estuarina cerrada se capturaron diez jaibas con coloraciones anaranjadas a rojizas, con movilidad lenta, al parecer poco saludables. En la playa y el agua se observaron numerosos organismos muertos; en los siguientes muestreos, se recolectaron 267 jaibas, todas con apariencia normal sin anomalías visibles; en febrero de 2014 se recolectó la mayor abundancia y biomasa; la biomasa total fue de 2085,8 g.

En SM 1–4 con vegetación de manglar y fondos lodosos se recolectó el 91,3 % de la abundancia total y 93,2 % de la biomasa total en contraste con SM 5–8, cercanas a la boca de comunicación que presentaban aguas claras, fondos arenosos y sin vegetación de manglar (Figs. 2 y 3).

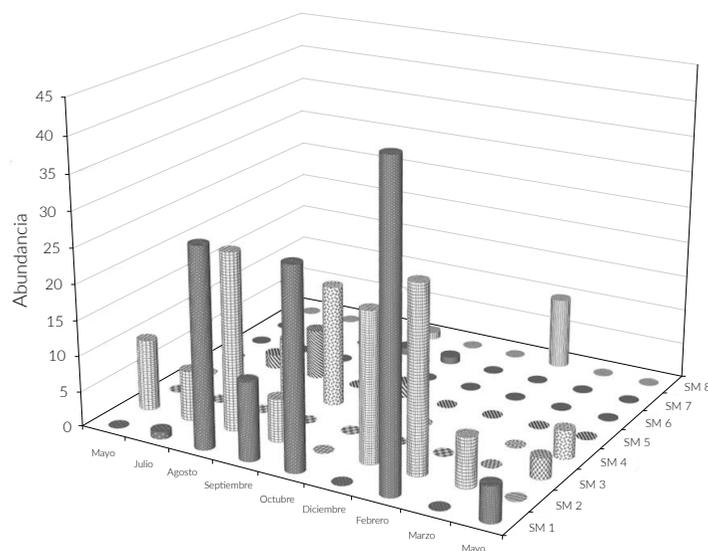


Figura 2. Abundancia por sitio de muestreo de las jaibas juveniles de *Callinectes sapidus* en estuario Laguna El Llano (ELEL) entre mayo de 2013 a mayo de 2014.

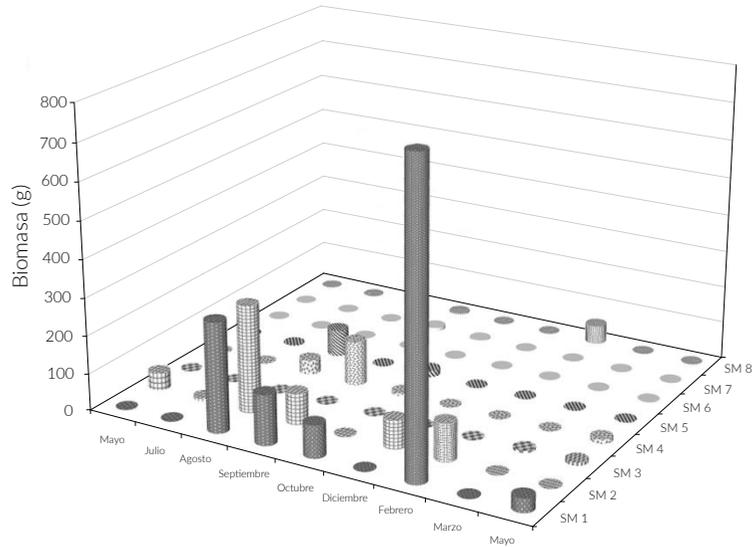


Figura 3. Biomasa por mes y por sitio de muestreo de las jaibas juveniles de *Callinectes sapidus* en estuario Laguna El Llano (ELEL) entre mayo de 2013 a mayo de 2014.

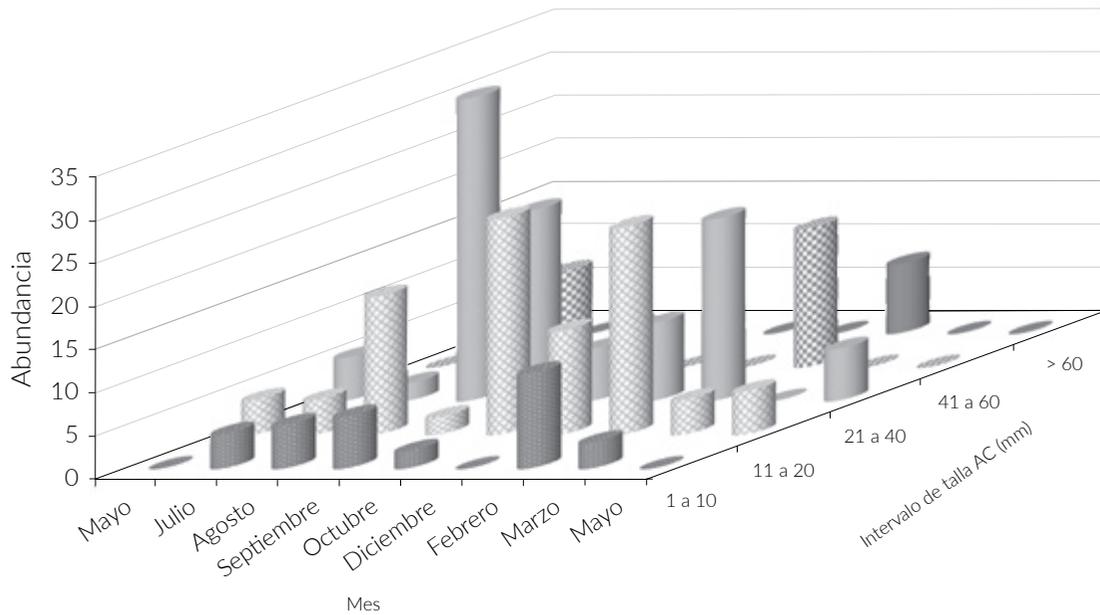


Fig. 4. Abundancia por clases de talla AC (mm), por muestreo de las jaibas jóvenes en el estuario Laguna El Llano (ELEL).

Las medidas de AC de los machos se registraron en un intervalo de 12 a 92 mm, en las hembras el intervalo fue de 9,0–92,08 mm; respecto al P de los machos, el intervalo fue de 0,3–156,2 g y el de las hembras de 0,7–152,6 g; se definieron cinco clases de talla, las más abundantes fueron las de 11–20 mm y 41–60 mm AC, estas dos clases sumaron el 76,44 % de la abundancia y fueron más numerosas en los meses de agosto de 2013 y febrero de 2014, solo estuvieron ausentes en diciembre de 2013 y mayo de 2014 (Fig. 4); en marzo de 2014 se colectó un único individuo en proceso de muda. Se observó una diferencia entre las composiciones

de tallas mensuales (KW, $H = 15,53$ $P < 0,05$). La abundancia de *C. sapidus* no se correlacionó con las variaciones de las variables hidrológicas ($P > 0,05$).

En la **Tabla 2** se presentan los parámetros de los modelos de crecimiento relativo calculados para todos los individuos, de machos y hembras por separado de las jaibas jóvenes de ELEL; en los tres casos se obtuvieron coeficientes *b* que tendieron a la alometría negativa (t , $P < 0,05$), no existieron diferencias en el incremento de peso entre machos y hembras (ANCOVA, $F = 0,1591$, $P > 0,05$).

Tabla 2. Parámetros de la relación AC-P por sexo y para la muestra completa de jaibas juveniles *Callinectes sapidus* en el estuario Laguna El Llano. DE = desviación estándar, IC = intervalos de confianza, n = tamaño de la muestra.

Grupo	n	ACmin - AC máx ($\bar{x} \pm DE$)	Pmin - Pmáx ($\bar{x} \pm DE$)	a	IC	b	IC	r2	Relación prueba t ($P < 0,05$)
Hembras	41	9,0 - 92,08 (27,38 ± 18,21)	0,7-1 - 52,6 (11,74 ± 29,71)	-2,579	(-3,053 -2,197)	2,291	(2,024 2,646)	0,87	Alométrico negativo
Machos	235	12,0 - 85,0 (25,32 ± 15,8)	0,3 - 123,4 (8,97 ± 16,9)	-2,205	(-2,524 -1,892)	2,04	(1,816 2,267)	0,804	Alométrico negativo
Todos	276	9,0 - 92,08 (25,62 ± 16,16)	0,3 - 152,6 (9,38 ± 19,29)	-2,239	(-2,534 -1,932)	2,062	(1,845 2,277)	0,815	Alométrico negativo

La diferenciación del telson de las jaibas jóvenes se apreció en individuos mayores de 20 mm AC, la mayoría de los organismos de ambos géneros presentaron etapas de desarrollo gonádico rudimentario, solo se colectaron tres hembras y siete machos en etapas de desarrollo gonádico avanzado, estos individuos correspondieron a tallas mayores de 60 mm AC; en general la proporción sexual favoreció a los machos hasta un valor de 6:1, solo en los meses de junio y septiembre de 2013 se registró una proporción sexual 1:1 (Tabla 3).

DISCUSIÓN

En términos generales se reconoce que la función de los estuarios del Golfo de México está determinada por los procesos meteorológicos (Toledo 2005), pero Laguna El Llano como un estuario temporalmente sellado, demuestra que la dinámica de apertura/cierre de la boca de comunicación estuarina es otro factor ambiental clave en los cambios físico-químicos del agua y en las respuestas ambientales de los componentes estuarinos bentónicos (Whitfield et al. 2012).

Tabla 3. Proporción sexual de *Callinectes sapidus*, valores de χ^2 y valor de P. M = machos, H = hembras, * = diferencias estadísticas respecto a la proporción sexual machos/hembras 1:1 ($P < 0,05$).

	M/H	Total	χ^2
Mayo	8/2	10	9*
Junio	7/3	10	1,77
Agosto	31/8	41	8,29*
Septiembre	13/7	20	0,74
Octubre	20/8	28	2,25*
Diciembre	13/0	13	0*
Febrero	16/9	25	0,59

En Laguna El Llano se identificaron cuatro fases hidrológicas: en la primera se presenta una boca estuarina cerrada e hipersalinidad mayor a 70 UPS, aguas claras, cálidas y bien oxigenadas, ésta concluyó en mayo de 2013; en la segunda fase se reinició la comunicación entre el estuario y el mar, entre julio y agosto predominaron condiciones marinas, las aguas estuvieron bien oxigenadas y la turbidez fue baja; esta tendencia se interrumpió en la tercera fase, que correspondió a la temporada de lluvias de septiembre y octubre, en ésta la salinidad descendió hasta 14 UPS, se presentaron aguas turbias y la menor concentración de oxígeno disuelto. Al inicio de la cuarta fase, hacia el fin de año, no se cerró la boca estuarina, se recuperaron las condiciones marinas y se registraron concentraciones poco usuales de oxígeno disuelto, sobre todo en los meses de “nortes” que se prolongaron hasta abril de 2014; la coincidencia de la realización de los muestreos bajo estas condiciones (vientos con velocidad de 50 a 70 km/h), indica una posible repercusión de los fenómenos meteorológicos en las propiedades del agua en plazos de tiempo cortos. Snow y Taljaard (2007) señalaron que, al ser someros, los estuarios ciegos están sometidos a una mezcla constante de sus aguas provocada por el viento que homogeniza la columna de agua y la sobresaturación rápidamente de oxígeno. Por las variaciones hidrológicas registradas entre 2013 y 2014, la laguna El Llano se puede definir como un estuario parcialmente sellado, ya que a diferencia de otros años la boca estuarina permaneció abierta en la temporada de nortes.

El escenario hidrológico de boca estuarina cerrada en mayo de 2013, con aguas hipersalinas y temperaturas mayores a 30 °C, puede estar relacionado con la apariencia débil y la mortalidad masiva de jaibas observada en ese mes, Sharmila y Ravichandran (2012) han reportado que esta combinación de factores ambientales provoca que las tasas metabólicas de las jaibas disminuyan a un nivel que las hace más susceptibles a enfermedades generadas por bacterias y virus en periodos menores de 60 días; Brill

et al. (2015) mencionan que la prevalencia de la infección del dinoflagelado parásito *Hematodinium perezii* Chatton y Poisson, 1931 aumentó en jaibas colectadas en condiciones de hipersalinidad en la costa norteamericana de Virginia.

Debido a la mortalidad masiva que se observó en mayo de 2013, cuando el estuario estaba sellado, se asume que el reclutamiento de las jaibas jóvenes hacia el estuario se reinició con la apertura de la boca de comunicación estuarina.

Los resultados estadísticos demuestran que ninguna de las variables hidrológicas se correlacionó con la abundancia de las jaibas jóvenes en ELEL, aunque se ha reportado que una temperatura del agua menor a 13 °C afecta el crecimiento y la sobrevivencia de estos crustáceos (Rugolo et al. 1998), en este caso cuando la boca estuarina estuvo abierta, la temperatura mínima en ELEL fue de 18 °C. Las variaciones de la salinidad parecieron no afectar la colonización de las jaibas, puesto que se registró su presencia en un intervalo de 14 a 36 UPS con un posible límite letal en condición de hipersalinidad dentro del estuario. *C. sapidus* se convierte en un fuerte osmoregulador desde que las larvas se asientan en el estuario e inician la etapa juvenil, lo que les permite ocupar los diferentes hábitats estuarinos con diferentes niveles de salinidad (Henry et al. 2012), esta notable capacidad fisiológica explica por qué en ELEL la ocurrencia y abundancia de las jaibas juveniles no se relacionó a la fluctuación de las variables hidrológicas registradas entre julio de 2013 y mayo de 2014, durante el período de boca estuarina abierta.

La abundancia mensual de las jaibas jóvenes en ELEL no mostró alguna tendencia, los números de organismos más altos ocurrieron en agosto y octubre de 2013 y febrero de 2014, se ha determinado que las abundancias más altas de jaibas juveniles para diferentes regiones del Golfo de México y la costa del Atlántico de los Estados Unidos, ocurren anualmente entre julio y noviembre (Rabalais et al. 1995, Rugolo et al. 1998, Spitzer et al. 2003, Ralph et al. 2013).

Las jaibas jóvenes fueron notoriamente más abundantes en los SM ubicados en aguas de mayor turbidez cercanas a los manglares y sobre sedimento lodoso respecto a los sitios de aguas claras y fondos arenosos más cercanos a la boca de comunicación, Ralph et al. (2013) encontraron la misma tendencia en la bahía de Chesapeake; Moksnes y Heck (2006) afirman que una vez que concluye el asentamiento de las formas larvales, las jaibas jóvenes logran

mayor movilidad y seleccionan su hábitat cuando están en tallas menores a 20 mm de AC, ocupando hábitats estructuralmente complejos, con vegetación acuática sumergida como lechos de pastos y pantanos, que pueden concentrar hasta un 90 % de la abundancia (Pardieck et al. 1999, Spitzer et al. 2003); Zimmerman et al. (2000) mencionan que este tipo de hábitats son los sitios de crianza principales de *C. sapidus* porque ofrecen mayor protección contra depredadores, comparados con sitios desprovistos de vegetación.

Pero en ELEL la ausencia de vegetación acuática sumergida combinada con períodos de condiciones marinas prolongadas favoreció el uso de hábitats con aguas turbias, sedimentos lodosos y cercanos al manglar, esto también ha sido reportado por autores como Zimmerman y Minello (1984), Zimmerman et al. (2000) y Shervette et al. (2011) para otras localidades del Golfo de México.

Los organismos de las tallas entre 11–40 mm AC fueron los más abundantes a lo largo del estudio, principalmente entre los meses de agosto de 2013 y febrero de 2014. Los registros frecuentes de individuos menores a 10 mm AC en las muestras también permiten inferir la ocurrencia de un reclutamiento continuo de jaibas jóvenes al estuario; este hecho se ha relacionado con la abundancia de larvas megalopas en la plataforma continental, Perry et al. (1998) reportaron que en estuarios de Mississippi, después de capturas masivas de megalopas de *C. sapidus* entre agosto y septiembre, sucedieron capturas numerosas de cangrejos en talla de 10–19,9 mm AC en septiembre y octubre; por otro lado, la baja abundancia de jaibas colectadas de más de 60 mm AC (diez organismos), parece un hecho común en la estructura por tallas de las jaibas en los estuarios.

Perry et al. (1998) encontraron una disminución sustancial entre la abundancia de las tallas de 10 a 30 mm de AC al examinar la relación de la abundancia entre los primeros y últimos estadios juveniles de *C. sapidus* en Mississippi, pero la abundancia de las tallas más grandes no presentó diferencias significativas; esta tendencia se comprobó en experimentos en condiciones de cultivo en la bahía de Chesapeake, los que indicaron que la sobrevivencia de las jaibas jóvenes es una función de la talla de los organismos y el hábitat (Hines 2007). La sobrevivencia de los juveniles es mayor en hábitats con vegetación sumergida que en sitios desprovistos (Pile et al. 1996), en contraste los individuos de tallas mayores a 50 mm AC presentan abundancias similares en ambos hábitats (Lipcius et al. 2005).

De manera general, es necesario considerar dos factores que se relacionan con estas diferencias: primero, que las jaibas son consumidas localmente aún en tallas pequeñas, los cangrejos son usados como un recurso alimenticio de subsistencia, lo que causa una extracción selectiva de las jaibas por parte de los pescadores en ELEL. El segundo factor, es la depredación por aves y peces; se encontraron larvas megalopas y jaibas jóvenes de tallas pequeñas en los contenidos alimenticios de especies de peces como *Centroponomus ensiferus* Poey, 1860, *Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758), *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758), *Eucinostomus melanopterus* (Bleeker, 1863) y *Gobiomorus dormitor* Lacepède, 1800, en los meses de mayor abundancia de jaibas jóvenes en ELEL. También se observó canibalismo por las jaibas de tallas mayores (Chávez-L datos no publ.), este hecho también se ha reportado en jaibas de Mississippi (Guillory y Prejean 2001).

Mosknes et al. (1997) indicaron que la sobrevivencia de los estadios juveniles de jaibas en los estuarios es el resultado de la combinación de una selección apropiada del hábitat como defensa contra depredadores, esta selección ocurre en el cuarto estadio de crecimiento y después de la cópula (Barutot et al. 2001), cuando las hembras se desplazan a la plataforma marina para el desove, en tanto los machos se dirigen a zonas de menor salinidad (Aguilar et al. 2005). Este argumento contribuye a explicar la diferencia que se observó en las proporciones sexuales que fueron dominadas por los machos jóvenes en ELEL, tal como se ha reportado en el sistema lagunar de Alvarado (Loran et al. 1993), para la laguna de Celestún, Yucatán (Rosas-Correa y Jesús-Navarrete 2008) y para la bahía de Chetumal en Quintana Roo (Celis-Sánchez et al. 2014), esta similitud llama la atención debido a que en este estudio la información que se presenta se refiere a organismos en etapa

juvenil, mientras que la información de los reportes citados proceden de capturas comerciales de individuos de tallas mayores a 130 mm, en donde no se descarta el efecto de las artes de pesca empleadas y las diferencias ambientales de los hábitats de las jaibas adultas en relación al sexo.

En las relaciones AC-P no hubo diferencia entre machos y hembras; para ambos sexos el crecimiento fue de tipo alométrico negativo, esta similitud parece que se pierde cuando las jaibas son adultas, Olmi y Bishop (1983) reportaron que los machos adultos tienden a ser más pesados que las hembras adultas, excepto cuando estas se encuentran en etapa ovígera y se desplazan de los estuarios a la plataforma continental a desovar (Epifanio 1995).

En este trabajo se describe que después de un periodo de boca estuarina cerrada, ocurrió el reclutamiento de jaibas jóvenes a ELEL procedentes de la plataforma marina, aportando información sobre individuos de tallas menores a 100 mm AC raramente obtenidos mediante actividades pesqueras. Se destaca que en la fase cerrada del estuario el agua alcanzó un nivel de hipersalinidad que superó 70 UPS que pudo causar una mortalidad masiva de las jaibas en mayo de 2013 y posterior a este episodio, la apertura de la boca estuarina permitió el arribo y la colonización de las jaibas jóvenes, principalmente en las áreas bordeadas por vegetación de manglar y sedimentos de textura fina respecto a las zonas desprovistas de vegetación. El crecimiento de las jaibas jóvenes la tendencia que se presento fue alométrico negativo sin considerar el sexo; los machos predominaron en comparación con las hembras en el periodo de estudio, de acuerdo con los resultados de este trabajo estas evidencias reafirman la función ecológica de este estuario como zona de crianza y protección para los estadios juveniles de *C. sapidus*.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

RCL concepción, diseño, toma y análisis de datos, escritura del documento; ARR toma y análisis de datos; HVL escritura del documento.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Cooperativa El Llano, Tinajitas y El Viejón, representada por el Sr. Faustino Carmona

Prieto por apoyar el trabajo de campo de este proyecto, también al Sr. Sergio Montero "Chaleco" por su apoyo y asistencia durante el trabajo de campo; a J.C. Ramírez, Y. Martínez y E. Netro quienes participaron en las recolecciones. Las sugerencias y críticas de los revisores anónimos contribuyeron a mejorar este escrito. Este trabajo y el proyecto fueron financiados parcialmente por la División de Investigación de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM.

LITERATURA CITADA

- Aguilar R, Hines AH, Wolcott TG, Wolcott DL, Kramer MA, Lipcius RN. 2005. The timing and route of movement and migration of post-copulatory female blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, from the upper Chesapeake Bay. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 319:117–128. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2004.08.030>.
- Barutot RA, Vieira RRR, Rieger PJ. 2001. Desenvolvimento juvenil de *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Crustacea, Decapoda, Portunidae), em laboratório, a partir de megalopas coletadas no plâncton. *Comun. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, Ser. Zool.* 14(1):23–42.
- Brill RW, Bushnell PG, Elton TA, Small HJ. 2015. The ability of blue crab (*Callinectes sapidus*, Rathbun 1886) to sustain aerobic metabolism during hypoxia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 471:126–136. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2015.06.003>.
- Carpenter KE, editor. 2002. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. Rome: FAO.
- Celis-Sánchez JA, Estrella-Canto AJ, Poot-López GR, González-Salas C, López-Rocha JA. 2014. Abundancia estacional de crustáceos asociados a la captura artesanal de jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en Sisal, Yucatán, México. *REVMAR* 6:75–89. doi: <https://dx.doi.org/10.15359/revmar.6.5>.
- Costa TM, Negreiros-Fransozo ML. 1998. The reproductive cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba Region, Brazil. *Crustaceana* 71(6):615–627. doi: <https://dx.doi.org/10.1163/156854098X00617>.
- Epifanio CE. 1995. Transport of blue crab (*Callinectes sapidus*) larvae in the waters off Mid-Atlantic States. *Bull. Mar. Sci.* 57(3):713–725.
- García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gelpi CG Jr, Condrey RE, Fleeger JW, Dubois SF. 2009. Discovery, evaluation, and implications of blue crab, *Callinectes sapidus*, spawning, hatching, and foraging grounds in federal (US) waters offshore of Louisiana. *Bull. Mar. Sci.* 85(3):203–222.
- Guillory V, Prejean P. 2001. Red drum predation on blue crabs. En: Guillory V, Perry H, VanderKooy S, editores. Proceedings of the blue crab mortality symposium. Number 90. Mississippi: Gulf States Marine Fisheries Commission. Ocean Springs. p. 93–104.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 4:1–9.
- Henry RP, Lucu Č, Onken H, Weihrauch D. 2012. Multiple functions of the crustacean gill: osmotic/ionic regulation, acid-base balance, ammonia excretion, and bioaccumulation of toxic metals. *Front. Physiol.* 3(431):1–33. doi: <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2012.00431>.
- Hines AH. 2007. Ecology of juvenile and adult blue crabs. En: Kenney VS, Cronin LE, editores. The blue crab *Callinectes sapidus*. Maryland: Maryland Sea Grant College. p. 565–654.
- Ito T. 1959. The Venice system for the classification of marine waters according to salinity: Symposium on the classification of brackish waters, Venice, 8–14 April 1958. *Jpn. J. Limnol.* 20(3):119–120. doi: <https://dx.doi.org/10.3739/rikusui.20.119>.
- Lipcius RN, Seitz RD, Seebo MS, Colón-Carrión D. 2005. Density, abundance, and survival of the blue crab in seagrass and unstructured salt marsh nurseries of Chesapeake Bay. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 319(1):69–80. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2004.12.034>.
- Loran NRM, Valdez AJG, Escudero GF. 1993. Algunos aspectos poblacionales de las jaibas *Callinectes* spp en la Laguna de Alvarado, Veracruz. *Cien. Pesq.* 16(9):15–31.
- Morán-Silva A, Martínez Franco LA, Chávez-López R, Bedía-Sánchez CM, Contreras Espinosa F, Gutiérrez Mendieta F, Brown-Peterson NJ, Peterson MS. 2005. Seasonal and spatial patterns in salinity, nutrients, and chlorophyll a in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, México. *Gulf Caribb. Res.* 17(1):133–143. doi: <https://dx.doi.org/10.18785/gcr.1701.14>.
- Moksnes PO, Lipcius RN, Pihl L, van Montfrans J. 1997. Cannibal prey dynamics in juveniles and postlarvae of the blue crab. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 215(2):157–187. doi: [https://dx.doi.org/10.1016/S0022-0981\(97\)00052-X](https://dx.doi.org/10.1016/S0022-0981(97)00052-X).
- Moksnes PO, Heck KL Jr. 2006. Relative importance of habitat selection and predation for the distribution of blue crab megalopae and young juveniles. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 308:165–181. doi: <https://dx.doi.org/10.3354/meps308165>.
- Olmi EJ III, Bishop JM. 1983. Variations in total width-weight relationships of blue crabs, *Callinectes sapidus*, in relation to sex, maturity, molt stage, and carapace form. *J. Crustacean Biol.* 3(4):575–581. doi: <https://dx.doi.org/10.1163/193724083X00238>.
- Pardieck RA, Orth RJ, Diaz RJ, Lipcius RN. 1999. Ontogenetic changes in habitat use by postlarvae and young juveniles of the blue crab. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 186:227–238. doi: <https://dx.doi.org/10.3354/meps186227>.
- Perry HM, Warren JR, Trigg C, van Devender V. 1998. The blue crab fishery in Mississippi. *J. Shellfish Res.* 17(2):425–433.
- Pile AJ, Lipcius RN, van Montfrans J, Orth RJ. 1996. Density-dependent settler-recruit-juvenile relationships in blue crabs. *Ecol. Monogr.* 66(3):277–300. doi: <https://dx.doi.org/10.2307/2963519>.
- Pope KL, Lochmann SE, Young MK. 2010. Methods for assessing fish populations. En: Hubert WA, Quist MC, editores. Inland fisheries management in North America. Tercera edición. Bethesda, USA: American Fisheries Society. p. 325–351.
- Potter IC, Chuwen BM, Hoeksema SD, Elliott M. 2010. The concept of an estuary: A definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 87(3):497–500. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2010.01.021>.

- Rabalais NN, Burditt RF Jr., Coen LD, Cole BE, Eleuterius C, Heck KL Jr., McTigue TA, Morgan SG, Perry HM, Truesdale FM, Zimmer-Faust RK, Zimmerman RJ. 1995. Settlement of *Callinectes sapidus* megalopae on artificial collectors in four Gulf of Mexico estuaries. *Bull. Mar. Sci.* 57(3):855–876.
- Ralph GM, Seitz RD, Orth RJ, Knick KE, Lipcius RN. 2013. Broad-scale association between seagrass cover and juvenile blue crab density in Chesapeake Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 488:51–63. doi: <https://dx.doi.org/10.3354/meps10417>.
- Ricker WE. 1975 Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191:1–382.
- Rosas-Correa CO, Jesús-Navarrete A. 2008. Parámetros poblacionales de la jaiba azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 43(2):247–253. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572008000200003>.
- Rugolo LJ, Knotts KS, Lange AM, Crecco VA. 1998. Stock assessment of Chesapeake Bay Blue Crab (*Callinectes sapidus* Rathbun). *J. Shellfish Res.* 17(2):493–517.
- [SAGARPA] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. c2013. Anuario estadístico de Acuicultura y Pesca 2013. [Revisada en: 18 Oct 2017]. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_2013
- Sharmila Joseph FR, Ravichandran S. 2012. Shell diseases of brachyuran crabs. *J. Biol. Sci.* 12(3):117–127. doi: <https://dx.doi.org/10.3923/jbs.2012.117.127>.
- Shervette VR, Gelwick F, Hadley N. 2011. Decapod utilization of adjacent oyster, vegetated marsh, and nonvegetated bottom habitats in a Gulf of Mexico estuary. *J. Crust. Biol.* 31(4): 660–667. doi: <https://dx.doi.org/10.1651/10-3360.1>.
- Snow GC, Taljaard S. 2007. Water quality in South African temporarily open/closed estuaries: a conceptual model. *Afr. J. Aquat Sci.* 32(2):99–111. doi: <https://dx.doi.org/10.2989/AJAS.2007.32.2.1.198>.
- Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. *Biometry*. Tercera edición. New York: W.H Freeman and Company.
- Spitzer PM, Heck KL Jr., Valentine JF. 2003. Then and now: a comparison of patterns in blue crab post-larval abundance and post-settlement mortality during the early and late 1990s in the Mobile system. *Bull. Mar. Sci.* 72(2):435–452.
- Toledo Ocampo A. 2005. Marco conceptual: caracterización ambiental del Golfo de México. En: Botello AV, Rendón-von Osten J, Gold-Bouchot G, Agraz-Hernández C, editores. *Golfo de México contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*. Campeche: UAC, UNAM, INE. p. 25–52
- Whitfield AK, Bate GC, Adams JB, Cowley PD, Froneman PW, Gama PT, Strydom NA, Taljaard S, Theron AK, Turpie JK, van Niekerk L, Wooldridge TH. 2012. A review of the ecology and management of temporarily open/closed estuaries in South Africa, with particular emphasis on river flow and mouth state as primary drivers of these systems. *Afr. J. Mar. Sci.* 34(2):163–180. doi: <https://dx.doi.org/10.2989/1814232X.2012.675041>.
- Williams AB. 1984. *Shrimp, lobsters, and crabs of the Atlantic Coast of the Eastern United States, Maine to Florida*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Williams AB. 2007. Systematics and evolution. En: Kennedy VS, Cronin LE, editores. *Biology of the blue crab*. Maryland: Maryland Sea Grant College Program Sea. p. 1–21.
- Zimmerman RJ, Minello TJ. 1984. Densities of *Penaeus aztecus*, *P. setiferus* and other natant macrofauna in a Texas salt marsh. *Estuaries* 7(4):421–433. doi: <https://dx.doi.org/10.2307/1351623>.
- Zimmerman RJ, Minello TJ, Rozas LP. 2000. Salt marsh linkages to productivity of penaeid shrimps and blue crabs in the northern Gulf of Mexico. En: Weinstein MP, Kreeger DA, editores. *Concepts and controversies in tidal marsh ecology*. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers. p. 293–314.