

Comparación de dos métodos para estimar la densidad poblacional de *Ocypode gaudichaudii*

Keyla Tumbaco & René Zambrano

Departamento de Ciencias del Mar, Carrera de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, C.P. 090601, Guayaquil, Ecuador.

Resumen

Correspondencia

R. Zambrano

E-mail: eddie_zam89@hotmail.com

Recibido: 6 mayo 2022

Aceptado: 21 enero 2023

Publicado on-line: 5 mayo 2023

El estudio compara dos métodos de estimación (i.e., cuadrantes y distancias) de densidad poblacional, en *O. gaudichaudii*. Se establecieron 13 transectos en la playa “Los Ranchos” y ocho en “Las Bocas”; además, se realizó un censo visual en cada playa. Los análisis se desarrollaron considerando a Los Ranchos como un área y como dos subdivisiones (Los Ranchos-1, 2). Los resultados mostraron que, el muestreo por cuadrantes fue más preciso, en Los Ranchos-2 (6% de sesgo) y Las Bocas (4% de sesgo) mientras que, el muestreo por distancias fue más preciso en la playa Los Ranchos (32% de sesgo) y Los Ranchos-1 (29% de sesgo). En playas con altas densidades ($> 0,5$ ind./m²) se debe seleccionar el método por cuadrantes y en playas con bajas densidades ($< 0,5$ ind./m²) se recomienda el método por distancias.

Palabras clave: Cangrejo fantasma; Muestreo por cuadrantes; Muestreo por distancias; Censo visual; Manabí; Ecuador.

Abstract

Comparison of two methods to estimate the population density of Ocypode gaudichaudii

The study compares two methods (i.e., quadrants and distances) for estimation of population density in *O. gaudichaudii*. On the beach “Los Ranchos”, 13 transects were established and eight in “Las Bocas”; in addition, a visual census was carried out on each beach. In the analyses Los Ranchos was considered as an area and as two subdivisions (Los Ranchos-1, 2). The results showed that, the sampling by quadrants was more precise in Los Ranchos-2 (6% of bias) and Las Bocas (4% of bias) while, the distance sampling was more accurate in Los Ranchos beach (32% of bias) and Los Ranchos-1 (29% of bias). In beaches with high densities ($> 0,5$ ind./m²) the method by quadrants should be selected and on beaches with low densities ($< 0,5$ ind./m²) the method by distances is recommended.

Key words: Ghost crabs; Quadrant sampling; Distance sampling; Visual census; Manabí; Ecuador.



Introducción

La densidad poblacional se define como el número de individuos presentes en un área determinada; es utilizable para evaluar poblaciones y su relación con variables antropogénicas (Martella *et al.* 2012).

Los cangrejos fantasmas (*Ocypode* Weber, 1795) se distribuyen en la zona intermareal de playas arenosas, en la región tropical y subtropical (Barros 2001, Hereward *et al.* 2017). Los juveniles se observan principalmente en la zona más alta y los adultos en la más baja. Sus hábitos son crepusculares o nocturnos, en el día permanecen, principalmente, en sus madrigueras o buscando alimento (De Oliveira *et al.* 2016, Yong & Lim 2022).

Participan en las redes tróficas, transferencia de energía y sirven de alimento para aves, tortugas y pequeños mamíferos (De Oliveira *et al.* 2016, Ocaña *et al.* 2012, Türeli *et al.* 2009).

La densidad poblacional de *Ocypode* spp. es utilizada como indicador del impacto humano en las playas de arena (Acuña & Jaramillo 2015, Barros 2001, Schlacher *et al.* 2007, Yong & Lim 2009). En playas con tráfico vehicular la densidad poblacional es baja mientras que, en sitios no urbanizados la densidad es alta (Souza *et al.* 2008, Steiner & Leatherman 1981).

La densidad poblacional se puede estimar mediante métodos de conteo directos e indirectos de individuos y madrigueras (Schlacher *et al.* 2016).

Los métodos indirectos se basan principalmente en el recuento de madrigueras mediante cuadrantes (Hereward *et al.* 2017, Ocaña & De Jesús 2021), cuadrículas (Pastor *et al.* 2010), transectos de franjas y de línea (Pombo & Turra 2019, Silva & Calado, 2013). Por otra parte, se han realizado censos visuales (Schlacher *et al.* 2016, Warren 1990) y “reinicio de madrigueras” (Pombo & Turra 2019).

Los métodos directos incluyen la captura de individuos mediante el uso de trampas y la excavación directa de las madrigueras (De Oliveira *et al.* 2016, Schlacher *et al.* 2016).

La existencia de una amplia variedad de métodos de muestreo para determinar la densidad y tamaño poblacional provoca que, los resultados de cada trabajo deban ser utilizados con cautela. Pombo y Turra (2019) compararon dos métodos

de muestreo, el tradicional (conteo de madrigueras) y el reinicio de madrigueras, para *O. quadrata* (Fabricius, 1787), en Brasil. Sus resultados mostraron una sobreestimación del método tradicional y un menor sesgo utilizando el reinicio de madrigueras.

En otras especies de las Familias Ocypodidae y Grapsidae, métodos directos e indirectos han sido comparados encontrando variaciones según la especie y la localidad estudiada (Skov *et al.* 2002). Por lo expuesto, es necesario evaluar los métodos de estimación de la densidad y tamaño poblacional de *Ocypode gaudichaudii* H. Milne Edwards & Lucas, 1843, para determinar nivel de sesgo y elegir el más adecuado, según el caso.

Material y métodos

Área de estudio

Los muestreos se realizaron en noviembre del 2021 (época seca), en las playas arenosas “Los Ranchos” y “Las Bocas”, ubicadas en la Provincia de Manabí, Ecuador (Fig. 1). El sitio Los Ranchos, fue subdividido en dos áreas considerando su grado de intervención humana. Los Ranchos-1 presentó un caladero de botes de fibra de vidrio, que son arrastrados al mar mediante tractores. Los Ranchos-2 tuvo la presencia de turistas y la cercanía de un mercado de mariscos. El sitio Las Bocas mostró una baja presencia humana y estuvo cerca al estuario del Río Portoviejo.

El área de muestreo, en cada playa, fue un rectángulo paralelo a la costa. Su ancho coincidió con la longitud de los transectos y su largo correspondió al total de las distancias entre los transectos, más 10 m en el transecto inicial y final (Fig. 2A). El área de muestreo fue 6 020 m² en Los Ranchos, esto es, Ranchos-1: 2520 m² y Ranchos-2: 3020 m², así como, 2 120 m² para Las Bocas.

Recolección de datos

El objeto de estudio fueron las madrigueras de *O. gaudichaudii*. Se consideró que, cada madriguera representa un individuo. Los muestreos se desarrollaron a partir de las 07:00, para evitar que, las madrigueras fueran afectadas por el paso de personas que transitan a lo largo del día. En cada sitio se realizó un muestreo por cuadrantes (1 m²) y por distancias (transectos lineales) (Buckland *et al.* 2015, Ocaña & De Jesús 2021). El trabajo fue realizado, durante tres días, en la franja supramareal,

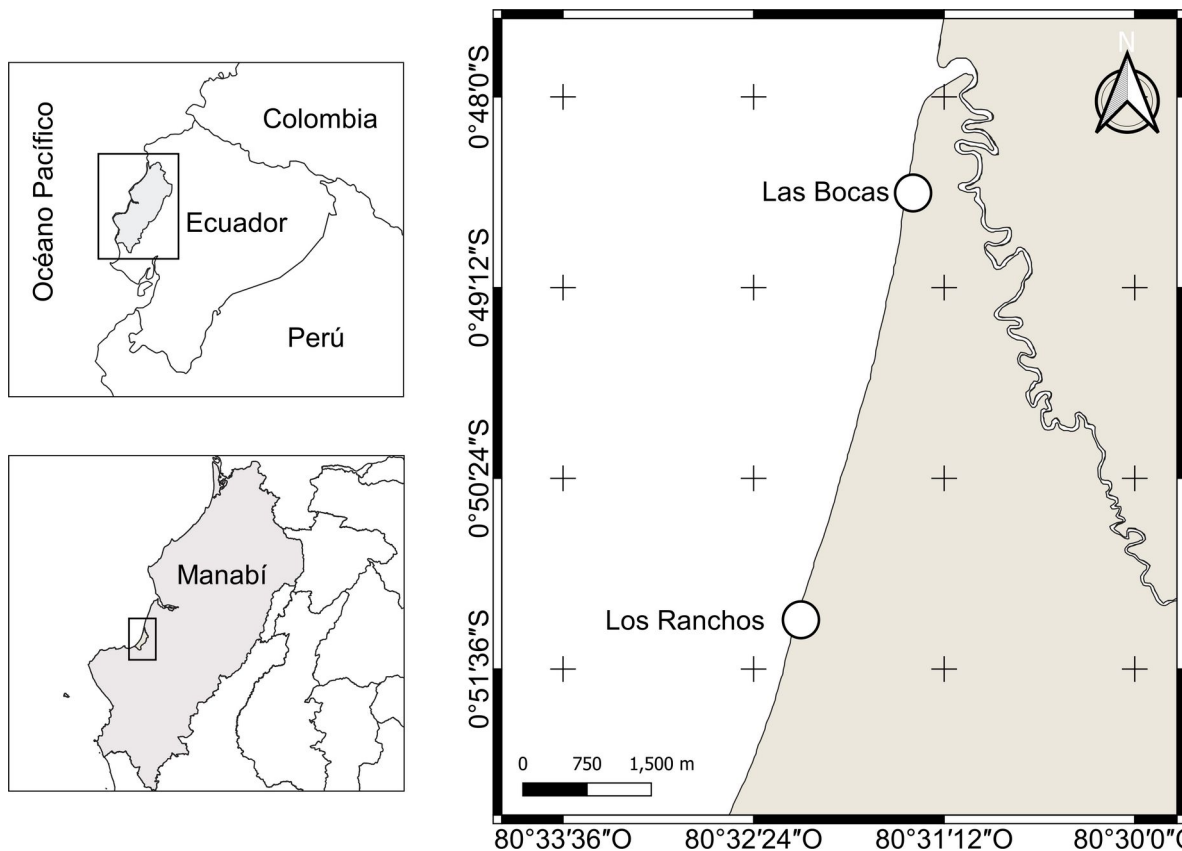


Figura 1. Sitios de muestreo relacionados con la estimación de la densidad poblacional de *Ocypode gaudichaudii* en las playas Los Ranchos y Las Bocas, Provincia de Manabí, Ecuador.

Figure 1. Sampling sites related to the estimation of the population density of *Ocypode gaudichaudii* in Los Ranchos and Las Bocas beaches, Province of Manabí, Ecuador.

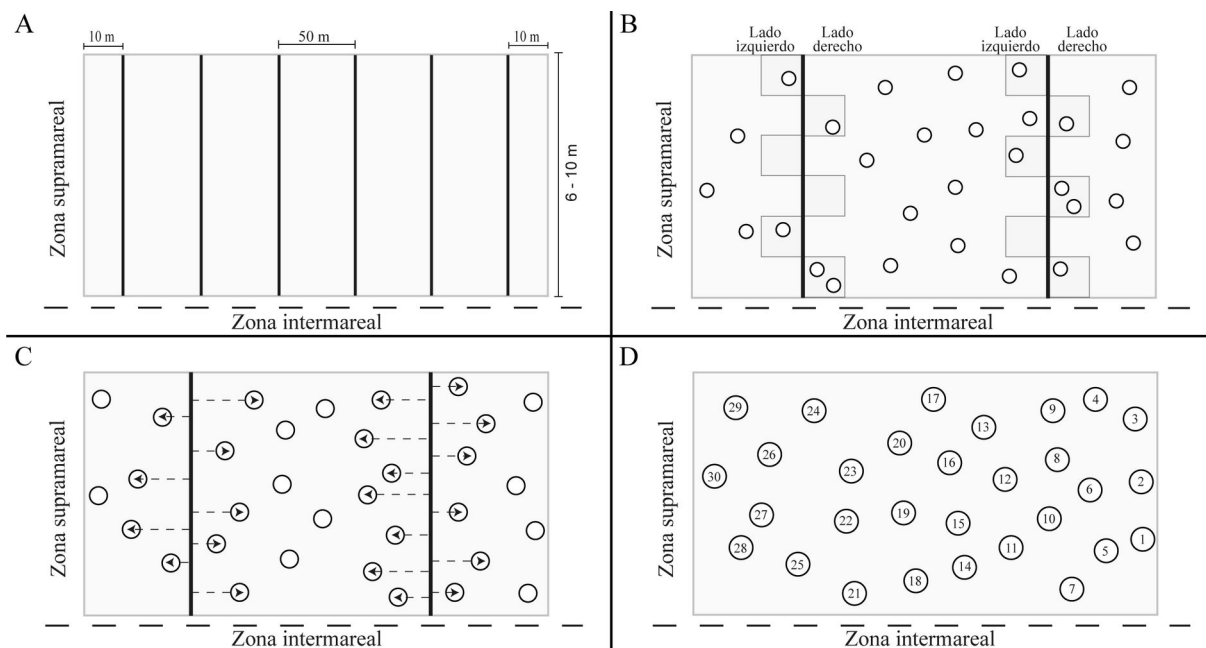


Figura 2. Esquema sobre los métodos de muestreo utilizados para la estimación de la densidad poblacional de *Ocypode gaudichaudii* en dos playas arenosas de la Provincia de Manabí, Ecuador. **A:** Definición del área de estudio y trazado de los transectos perpendicular a la costa; **B:** Método de muestreo por cuadrantes; **C:** Método de muestreo por distancias; **D:** Censo visual. Círculos blancos representan a las madrigueras.

Figure 2. Scheme of the sampling methods used to estimate the population density of *Ocypode gaudichaudii* in two sandy beaches in the Province of Manabí, Ecuador. **A:** Definition of the study area and the transects perpendicular to the coast; **B:** Quadrant sampling method; **C:** Distance sampling method; **D:** Visual census. White circles represent crabs' burrows.

descubierta de vegetación (Fig. 2).

El primer día, se ejecutó el muestreo por cuadrantes, utilizado convencionalmente para *Ocy-pode* (Hereward *et al.* 2017, Ocaña & De Jesús 2021). Transectos lineales y perpendiculares a la costa fueron trazados con intervalos de 50 m (Fig. 2A). En Los Ranchos establecieron 13 transectos, con una longitud de 10 m; mientras que, en Las Bocas fueron ocho transectos de 6 m de longitud (Briones 2021). En cada lado del transecto (i.e., derecho-izquierdo) se colocaron cuadrantes de 1 m², alternadamente (Fig. 2B).

El segundo día, se utilizó el método de muestreo por distancias (Burnham *et al.* 1980, Thomas *et al.* 2002). Utilizando los transectos establecidos en el primer día, se registraron las distancias perpendiculares entre el transecto y la madriguera (Fig. 2C).

El tercer día, se realizó un censo visual de las madrigueras presentes en el área de muestreo (Fig. 2D). Para su efecto, el rectángulo fue trazado en la arena y un equipo de siete personas identificó y contó, sistemáticamente, todas las madrigueras observables.

Los datos registrados se encuentran disponibles en Mendeley data (Tumbaco & Zambrano 2022).

Análisis de datos

La densidad poblacional, por el método de cuadrantes, se estimó conforme el cociente entre la cantidad de madrigueras observadas y el área muestreada.

En la estimación de la densidad poblacional se diferenciaron los resultados considerando el total de cuadrantes, así como, los de la derecha y los de la izquierda, por separado.

La densidad poblacional, mediante el método por distancias, se estimó utilizando el software *Distance* ver. 7.4 (Thomas *et al.* 2010). Las combinaciones de función de detección y ajuste (i.e., series de expansión) seleccionadas fueron: *Uniform/Cosine*; *Half-normal/Cosine*; *Half-normal/Hermite polynomial*; *Hazard-rate/Simple polynomial*; la mejor combinación se seleccionó conforme el criterio de información de Akaike (Thomas *et al.* 2010).

En el método por distancias se incluyó el ancho del transecto efectivo, la prueba de Kolmogorov-Smirnov y de Chi cuadrado, coeficiente de variación, error estándar e intervalos de confianza.

Con los datos del censo visual, la densidad poblacional se estimó dividiendo la cantidad de madrigueras registradas por el área de muestreo. El sesgo de los métodos correspondió a la diferencia porcentual entre las estimaciones del censo visual en comparación con el método de cuadrantes y por distancias.

Los análisis para el sitio de muestreo Los Ranchos se realizaron para toda el área y para cada subárea por separado. Se aplicó un análisis de Kruskal-Wallis, para identificar diferencias significativas en las densidades poblacionales entre sitios de muestreo; en este caso, se utilizaron los datos del método por cuadrantes. El análisis se ejecutó en el software InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2020)

Resultados

Mediante el método por cuadrantes se registró un total de 74 madrigueras de *O. gaudichaudii*. La mayor densidad poblacional se presentó en Las Bocas (sitio con baja presencia humana) y la menor en Los Ranchos-1 (sitio con caladero de pesca); además, Los Ranchos-1 (presencia de turistas y mercado de mariscos) mostró una densidad ligeramente inferior a Las Bocas (Tabla 1).

Las estimaciones de los cuadrantes derechos e izquierdos mostraron resultados similares a los cuadrantes totales, para los Ranchos-1 y 2 y superiores para los Ranchos y Las Bocas (Tabla 1).

En el método por distancias se registraron 855 madrigueras de *O. gaudichaudii*. La combinación de función de detección y su ajuste fue *Hazard/Polynomial* para Los Ranchos y Los Ranchos-1, *Half-normal/Hermite* para Los Ranchos-2 y *Half-normal/Cosine* para Las Bocas (Tabla 2). El ancho de transecto efectivo fue mayor en Los Ranchos-1 y menor en Los Ranchos-2 y las Bocas mientras que, el error estándar fue inferior en Los Ranchos (Tabla 3).

Los gráficos Q-Q plot mostraron normalidad de los datos observados mientras que, las distribuciones de frecuencia de las distancias perpendiculares y la función ajustada mostraron “hombros anchos” en Los Ranchos y Los Ranchos-1 y “hombros estrechos” en Las Bocas y Los Ranchos-2 (Fig. 3). Las pruebas de *Kolmogorov-Smirnov* y de *Chi cuadrado* mostraron valores relativamente bajos, a excepción del sitio Las Bocas.

Sitio de muestreo	Área por transecto	Individuos observados			Densidad poblacional		
		Transectos	Cuadrantes derechos	Cuadrantes izquierdos	Totales	Derechos	Izquierdos
Los Ranchos-1	60 m ²	2	1	1	0,07	0,07	0,07
Los Ranchos-2	70 m ²	30	14	16	0,86	0,80	0,91
Los Ranchos	130 m ²	32	15	17	0,25	0,46	0,52
Las Bocas	48 m ²	42	21	21	0,88	1,75	1,75

Tabla 1. Resultados del método por cuadrantes, relacionados con la estimación de la densidad de *Ocypode gaudichaudii* en dos playas arenosas de la Provincia de Manabí, Ecuador. Área en m²; densidad en individuos/m².

Table 1. Results of the method by quadrants related to the estimation of the population density of *Ocypode gaudichaudii* in two sandy beaches of the Province of Manabí, Ecuador. Area in m²; density as individuals/m².

Sitio de muestreo	Uniform/Cosine	Half normal/Cosine	Half normal/Hermite polynomial	Hazard rate/Simple polynomial
Los Ranchos-1	480,45755	480,85260	480,30692	478,23312
Los Ranchos-2	1230,7882	1235,8889	1229,4272	1229,8386
Los Ranchos	1783,2251	1776,8187	1776,9821	1774,2717
Las Bocas	1246,3389	1244,5759	1255,9519	1244,7212

Tabla 2. Valores del Criterio de Información de Akaike (AIC) relacionados con las funciones de detección y ajustes utilizados, según los sitios de muestreo.

Table 2. Results of the comparison of detection and adjustment function models according to the Akaike Information Criterion (AIC)

Resultados del método	Los Ranchos-1	Los Ranchos-2	Los Ranchos	Las Bocas
<i>n</i>	112	359	471	384
Función/ajuste	Hazard/Polynomial	Half-normal/Hermite	Hazard/Polynomial	Half-normal/Cosine
<i>ATE</i> (m)	7,00	4,02	5,23	3,98
<i>EE-ATE</i>	0,44	0,31	0,15	0,44
<i>IC_{min} ATE</i> (m)	6,18	3,45	4,95	3,21
<i>IC_{max} ATE</i> (m)	7,94	4,69	5,53	4,95
<i>K-S</i> (<i>p</i>)	0,57	0,32	0,36	0,98
<i>χ²</i> (<i>p</i>)	0,30	0,83	0,48	0,72
<i>D̂_{n/m²}</i>	0,13	0,64	0,35	1,00
<i>EE-D̂</i>	0,30	0,90	0,57	0,15
<i>CV-D̂</i> (%)	22,63	14,10	16,56	14,59
<i>IC_{min} D̂_{n/m²}</i>	0,23	0,47	0,24	0,75
<i>IC_{max} D̂_{n/m²}</i>	0,77	0,87	0,49	1,35

Tabla 3. Resultados del método por distancias, relacionados con la estimación de la densidad poblacional de *Ocypode gaudichaudii* en dos playas arenosas de la Provincia de Manabí, Ecuador. Número de madrigueras registradas (*n*), función de detección y tipo de ajuste, ancho del transecto efectivo (*ATE*), prueba de Kolmogorov-Smirnov (*K-S*) y de Chi cuadrado (*χ²*), densidad poblacional (*D̂*), coeficiente de variación (*CV*). Error estándar (*EE*); intervalos de confianza mínimo (*IC_{min}*) y máximo (*IC_{max}*).

Table 3. Results of the method by distances, related to the estimation of the population density of *Ocypode gaudichaudii* in two sandy beaches of the Province of Manabí, Ecuador. Burrow numbers (*n*), detection function and type of adjustment, effective transect width (*ATE*), Kolmogorov-Smirnov test (*K-S*) and Chi-square (*χ²*), population density (*D̂*), coefficient of variation (*CV*). Standard error (*SE*); minimum confidence intervals (*IC_{min}*) and maximum (*IC_{max}*).

La mayor y menor densidad poblacional se presentaron en Las Bocas y Los Ranchos-1, respectivamente. El error estándar fue superior en Los Ranchos-2, mientras que el mayor coeficiente de variación sucedió en Los Ranchos-1 (Tabla 3).

En el censo visual, se observó un total de 4 736 madrigueras de *O. gaudichaudii*. La mayor densidad poblacional se presentó en Las Bocas, con un valor cercano en Los Ranchos-2, mientras que Los Ranchos-1 presentó la menor densidad (Tabla 4).

El método por cuadrantes totales presentó un menor sesgo en Las Bocas y Los Ranchos-2, sobrestimando la densidad $\leq 5\%$; sin embargo, en Los Ranchos y Los Ranchos-1 subestimó la densidad por encima del 50%. El sesgo de los cuadrantes de la derecha e izquierda fue relativamente alto ($\geq 65\%$) en Los Ranchos-1 y Las Bocas (subestimado y sobrestimado, respectivamente). Estos sitios presentaron una baja densidad poblacional y una menor área de muestreo, respectivamente (Tabla 4).

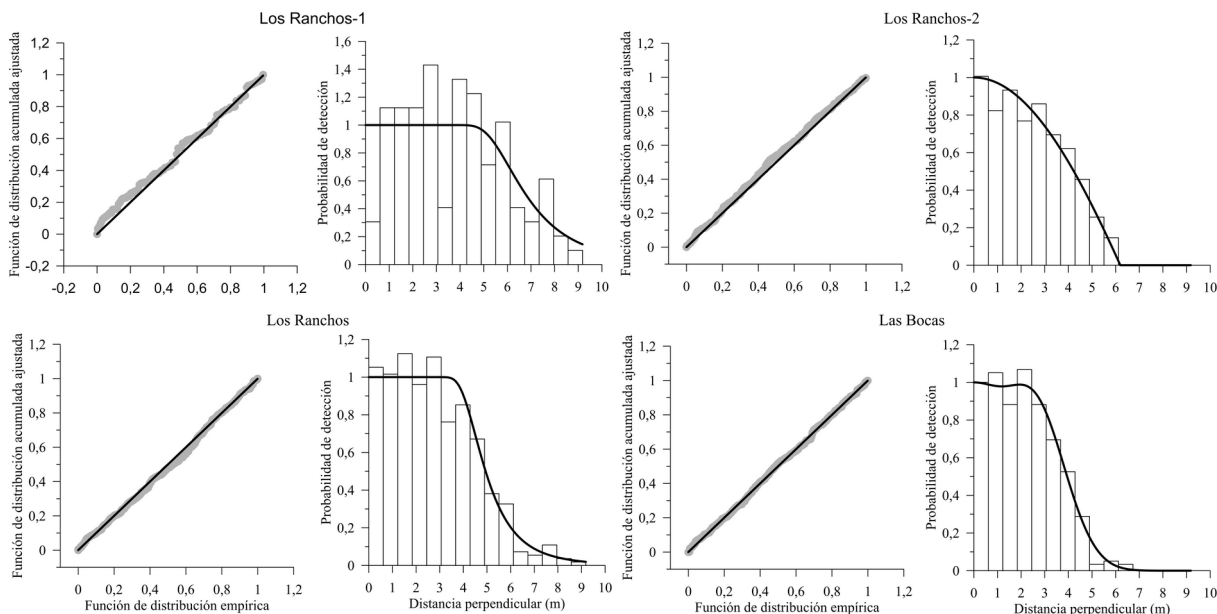


Figura 3. Gráficos Q-Q plot y Distribuciones de distancias perpendiculares con funciones ajustadas (línea negra), relacionados con la estimación de la densidad de *Ocyptode gaudichaudii* en dos playas arenosas de la Provincia de Manabí, Ecuador.

Figure 3. Q-Q plot graphs and Distributions of perpendicular distances with fitted functions (black line), related to the estimation of the density of *Ocyptode gaudichaudii* in two sandy beaches of the Province of Manabí, Ecuador.

Sitio de muestreo	Densidad poblacional	Sesgo en cuadrantes			Sesgo en distancias
		Totales	Derecha	Izquierda	
Los Ranchos-1	0,19	-65 %	-65 %	-65 %	-32 %
Los Ranchos-2	0,81	+5 %	-2 %	+12 %	-21 %
Los Ranchos	0,49	-50 %	-6 %	+7 %	-29 %
Las Bocas	0,85	+4 %	+107 %	+107 %	+18 %

Tabla 4. Densidad poblacional de *Ocyptode gaudichaudii* en playas arenosas de Manabí, Ecuador, estimada mediante censo visual. Sesgo en las estimaciones del método por cuadrantes totales, derecha e izquierda, así como, por el método de distancias. Valores negativos indican una subestimación y positivos una sobreestimación de los métodos. Densidad en individuos/m²

Table 4. Population density of *Ocyptode gaudichaudii* in sandy beaches of Manabí, Ecuador, estimated by visual census. Bias in the estimations of total quadrant method, right and left as well as by distance method. Negative values indicate an underestimation and positive values indicate an overestimation of the methods. Density as individuals/m².

El sesgo del método por distancias fue $\leq 21\%$ en las playas con una densidad relativamente alta ($\geq 81\%$). Las densidades fueron subestimadas en Los Ranchos y sobre estimadas en Las Bocas (Tabla 4).

Las playas mostraron diferencia significativa entre sus densidades poblacionales ($p < 005$).

Discusión

Los métodos de muestreo (i.e., cuadrantes y distancias) mostraron diferencias en el sesgo de estimación, para la densidad poblacional de *O. gaudichaudii*. Esas diferencias también han sido reportadas por otros autores, para congéneres o especies de la misma familia.

Para *O. quadrata*, en Brasil, se encontraron diferencias entre tres métodos utilizados: conteo

diurno (CD), reinicio de madrigueras (RM) y conteo nocturno (CN). Se encontró una sobreestimación del CD en comparación con el RM y el CN (Costa *et al.* 2021).

Para *Afruca tangeri* (Eydux, 1835) se encontraron diferencias entre las densidades obtenidas aplicando tres métodos de muestreo: conteos de madrigueras (CM), conteos visuales (CV) y conteos mediante excavación directa (densidad absoluta). La densidad obtenida mediante CM no fue significativamente diferente de la densidad absoluta, sin embargo, la densidad estimada mediante CV fue significativamente menor (Jordão & Oliveira 2003).

Macia *et al.* (2013) compararon el conteo de madrigueras (CM) y el conteo por binoculares (CB) con la excavación directa (ED), para determinar la densidad poblacional de *Austruca annu-*

lipes (H.Milne Edwards, 1837), en Mozambique. Sus resultados mostraron diferencias entre la ED y los otros métodos. El CM mostró una sobreestimación del 20% y el CB subestimó un 41% la densidad poblacional.

En Brasil, la densidad poblacional de *Minuca vocator* (H.Milne Edwards, 1837) ha sido evaluada mediante dos métodos, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y los cuadrantes (QT). Se encontró que, las estimaciones obtenidas mediante QT fueron más precisas que en la CPUE (Colpo & Negreiros 2016).

El método por cuadrantes totales fue el más preciso para estimar la densidad poblacional de *O. gaudichaudii* en playas arenosas con alta abundancia de organismos ($> 0,80$ ind./m²). Un caso similar se reportó para *A. annulipes*. Los cuadrantes tuvieron mayor precisión que la observación de organismos con binoculares en sitios con tamaños poblacionales >900 organismos (Skov & Hartnoll 2001). Por su parte, para especies de *Uca* Leach, 1814, Nobbs & McGuinness (1999) sugieren utilizar cuadrantes de 1 m², por generar menor variabilidad en los recuentos de madrigueras.

El método por distancias fue mejor en sitios con una baja densidad poblacional ($< 0,50$ ind./m²). Esto se explica por la forma en la distribución de los datos observados y su relación con la eficiencia en el ajuste de los modelos utilizados.

En los sitios con baja densidad poblacional, la función de detección presentó un “hombro ancho”, lo cual evoca mayor eficiencia de estimación, en comparación con un “hombro estrecho”. Los modelos utilizados son robustos, flexibles y permiten obtener buenos ajustes sin embargo, no garantizan que los estimadores de densidad resultantes tengan un sesgo bajo. En este sentido, es necesario considerar el esfuerzo de muestreo. Una función con hombro ancho, producto de un bajo esfuerzo de muestreo, podría presentar una probabilidad de detección considerablemente menor a una con un hombro estrecho (Buckland *et al.* 2004).

La estimación de la densidad poblacional de *O. gaudichaudii* debe considerar las siguientes pautas sobre los métodos utilizados (i.e., cuadrantes y distancias). El método por cuadrantes totales es útil cuando la densidad poblacional es relativamente alta (> 0.80 ind./m²). Los cuadrantes, derechos o izquierdos, proporcionan un sesgo alto cuando la densidad poblacional es baja (< 0.20 ind./m²) o el área de muestreo es pequeña (3 m²/

transecto); sin embargo, su sesgo es relativamente bajo cuando la densidad y el área de muestreo son relativamente altas (> 0.80 ind./m² y 10 m²/transecto, respectivamente).

El método por distancias debería ser seleccionado cuando los registros de densidades poblacionales o el efecto del tamaño del área de muestreo son inexistentes. Así se evitará que, los resultados sean afectados por estas dos variables. Además, para disminuir el sesgo en este método, se puede incrementar el esfuerzo de muestreo disminuyendo la distancia entre transectos e incrementado su cantidad. Aquello puede mejorar la eficiencia de los modelos empleados y mejorar la estimación de la densidad poblacional.

Se recomienda ampliar las connotaciones del presente trabajo, incluyendo variables biofísicas (e.g., pendiente de la playa) que puedan influir en la densidad y distribución de *O. gaudichaudii*.

Agradecimientos

El presente trabajo es derivado de la tesis de grado de K. Tumbaco. Los autores agradecen a Crithian García, Dany Zambrano, Jamie Ricardo Zambrano-Loor, Jhan Zambrano, Ronald Orellana y Rosa Carranza, por su colaboración durante los muestreos de campo.

Referencias

- Acuña EO & Jaramillo E. 2015. Macrofauna en playas arenosas de la costa del Norte Grande de Chile sometida a diferentes presiones antrópicas. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 50(2): 299-313. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572015000300008>
- Barros F. 2001. Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. *Biological Conservation* 97: 399-404. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00116-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00116-6)
- Briones L. 2021. Densidad y tamaño poblacional de *Ocypode gaudichaudii* (Brachyura: Ocypodidae) en cuatro playas de la Provincia de Manabí, Ecuador. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil.
- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL & Thomas L. 2004. *Advanced distance sampling: Estimating abundance of biological populations*. Oxford University Press.
- Buckland ST, Rexstad EA, Marques TA & Oedekoven C S. 2015. Distance sampling: Methods and applications. *Methods in Statistical Ecology*: 35-49. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19219-2_4
- Burnham K, Anderson D & Laake J. 1980. Estimation of Density from Line Transect Sampling of Biological Populations. *Wildlife Monographs* 72. Nashville: The

Wildlife Society

- Colpo KD & Negreiros-Fransozo ML. 2016. Sampling technique affects the population structure assessments of fiddler crab *Minuca vocator* (Herbst, 1804) (Ocypodidae: Gelasiminae). *Nauplius*: 24: [11]. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016015>
- Costa LL, Soares-Gomes A & Zalmon IR. 2021. Burrow occupation rates and spatial distribution within habitat of the ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787): Implications for impact assessments. *Regional Studies in Marine Science* 44: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101699>
- De Oliveira C, Souza G & Soares A. 2016. Measuring burrows as a feasible non-destructive method for studying the population dynamics of ghost crabs. *Marine Biodiversity* 46(4): 809-817. <https://doi.org/10.1007/s12526-015-0436-3>
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar> (accedido 1-V-2022).
- Hereward HFR, Gentle LK, Ray ND & Sluka RD. 2017. Ghost crab burrow density at Watamu Marine National Park: An indicator of the impact of urbanisation and associated disturbance? *African Journal of Marine Science* 39(1): 129-133. <https://doi.org/10.2989/1814232X.2017.1305990>
- Jordão JM & Oliveira RF. 2003. Comparison of non-invasive methods for quantifying population density of the fiddler crab *Uca tangeri*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 83(5): 981-982. <https://doi.org/10.1017/S0025315403000818Xh>
- Macia A, Quincardete I & Paula J. 2001. A comparison of alternative methods for estimating population density of the fiddler crab *Uca annulipes* at Saco Mangrove, Inhaca Island (Mozambique). In *Advances in Decapod crustacean research*: 213-219. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0645-2_23
- Martella M, Trumper E, Bellis L, Renison D, Giordano P, Bazzano G & Gleiser R. 2012. Manual de Ecología Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. *Reduca (Biología)*. Serie Ecología 5(1): 1-31.
- Novbs M & McGuinness KA. 1999. Developing methods for quantifying the apparent abundance of fiddler crabs (Ocypodidae: *Uca*) in mangrove habitats. *Austral Ecology* 24(1): 43-49. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.1999.00945.x>
- Ocaña FA & De Jesús A. 2021. Using indirect methods to estimate population parameters of the Atlantic ghost crab from beaches in Northeastern Cuba. *Regional Studies in Marine Science* 43: 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101705>
- Ocaña F A, Vega A & Córdova E A. 2012. Distribución espacial de *Ocypode quadrata* (Decapoda: Ocypodidae) en ocho playas de la zona norte oriental de Cuba. *Revista de Biología Tropical* 60(3): 1177-1186.
- Pastor R, Tejada A & Zavalaga F. 2010. Método indirecto para evaluación de distribuciones poblacionales y por tallas y patrón de actividad del cangrejo carretero *Ocypode gaudichaudii* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) en Tacna, 2010–2013. *Boletín del Instituto del Mar del Perú* 33(1): 25-34.
- Pombo M & Turra A. 2019. The burrow resetting, an easy and effective approach to improve indirect ghost-crab population assessments. *Ecological Indicators* 104: 422-428. <https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2019.05.010>
- Schlacher TA, Lucrezi S, Peterson CH, Connolly RM, Olds AD, Althaus F, . . . Schoeman DS. 2016. Estimating animal populations and body sizes from burrows: Marine ecologists have their heads buried in the sand. *Journal of Sea Research* 112: 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2016.04.001>
- Schlacher TA, Thompson L & Price S. 2007. Vehicles versus conservation of invertebrates on sandy beaches: mortalities inflicted by off-road vehicles on ghost crabs. *Marine Ecology* 28(3): 354-367. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2007.00156.x>
- Silva W & Calado T. 2013. Number of ghost crab burrows does not correspond to population size. *Central European Journal of Biology* 8(9): 843–847. <https://doi.org/10.2478/s11535-013-0208-7>
- Skov MW & Hartnoll RG. 2001. Comparative suitability of binocular observation, burrow counting and excavation for the quantification of the mangrove fiddler crab *Uca annulipes* (H. Milne Edwards). *Hydrobiologia* 449(1): 201-212. <https://doi.org/10.1023/A:1017598616178>
- Skov MW, Vannini M, Shunula JP, Hartnoll RG & Cannicci S. 2002. Quantifying the density of mangrove crabs: Ocypodidae and Grapsidae. *Marine Biology* 141(4): 725-732. <https://doi.org/10.1007/s00227-002-0867-9>
- Souza JRB, Lavoie N, Bonifácio PH & Rocha CMC da. 2008. Distribution of *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) on sandy beaches of Northeastern Brazil. *Atlântica, Rio Grande* 30(2): 139-145.
- Steiner AJ & Leatherman SP. 1981. Recreational impacts on the distribution of ghost crabs *Ocypode quadrata* Fab. *Biological Conservation* 20(2): 111-122. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(81\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0006-3207(81)90022-7)
- Thomas L, Buckland S, Burnham K, Anderson D, Laake J, Borchers D & Strindberg S. 2002. Distance sampling. *Encyclopedia of Environmetrics* 1: 544-552.
- Thomas L, Buckland ST, Rexstad EA, Laake JL, Strindberg S, Hedley SL, . . . Burnham KP. 2010. Distance software: Design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47(1): 5-14. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x>
- Tumbaco K & Zambrano R. 2022. Population density data of ghost crab (*Ocypode gaudichaudii*) in sandy beaches of Manabí Province, Ecuador. *Mendeley Data*, V1. <https://doi.org/doi:10.17632/j44k3p2fkz.1>
- Türeli C, Duysak Ö, Akamca E & Kiyaga VB. 2009. Spatial distribution and activity pattern of the ghost crab, *Ocypode cursor* (L., 1758) in Yumurtalik Bay, North-Eastern Mediterranean-Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(1): 165-171.

- Warren JH. 1990. The use of open burrows to estimate abundances of intertidal estuarine crabs. *Australian Journal of Ecology* 15(3): 277-280. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1990.tb01031.x>
- Yong AYP & Lim SSL. 2009. The potential of *Ocypode ceratophthalmus* (Pallas, 1772) as a bioindicator of human disturbance on Singapore Beaches. *Crustaceana* 82(12): 1579-1597. <https://doi.org/10.1163/001121609X12530988607470>
- Yong AYP & Lim SSL. 2022. Coexistence of juvenile with adult *Ocypode gaudichaudii* at Culebra Beach, Panama: A temporal-spatial partitioning compromise. *Zoological studies* 61(8): [13] <https://doi.org/10.6620/ZS.2022.61-08>