

BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 33, Número 1



Enero - Junio 2018
Callao, Perú



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

INDIRECT METHOD FOR THE ASSESSMENT OF POPULATION AND SIZE DISTRIBUTIONS AND ACTIVITY PATTERN OF THE GHOST CRAB *Ocypode gaudichaudii* (CRUSTACEA, DECAPODA, OCYPODIDAE) IN TACNA, 2010 – 2013

Ruslan Pastor¹Alex Tejada²Fabiola Zavalaga¹

RESUMEN

PASTOR R, TEJADA A, ZAVALAGA F. 2018. 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. *Bol Inst Mar Perú*. 33(1): 25-34.- En el presente trabajo se analiza la distribución espacial y patrón de actividad de *Ocypode gaudichaudii* mediante un método indirecto a través del conteo del número de madrigueras, diámetro, profundidad y distancias entre puntos al azar y madrigueras para determinar diferentes tipos de dispersión espacial y medir el estado de salud de los ambientes intermareales de sustrato arenoso. En campo se establecieron como mínimo 2 cuadrículas de 20 m² (20x10 m), grilladas cada 4 m² (2x2 m) que se distribuyeron entre las zonas de dunas y de resaca. En cada cuadrícula se seleccionaron al azar 15 cuadrantes (c) y 15 vértices (v) y se estimó el índice de dispersión (I_{BR}) de Byth-Ripley, basado en el cálculo de distancias para muestras independientes. En el periodo 2010-2013 se efectuaron 96 estaciones de muestreo que permitieron realizar 729 simulaciones de distribución espacial afines al tipo (agrupada, uniforme y aleatoria) además de construir variogramas de dispersión en base a la densidad y distribución de madrigueras. Se hizo una comparación entre playas según los valores de dispersión que reflejaron una misma tendencia entre la distribución simulada y la distribución observada en campo. El índice de Byth-Ripley resultó eficiente para diferenciar entre los tipos de distribución espacial descritos. Los variogramas permitieron analizar la distribución de las variables y determinar el comportamiento espacial de *O. gaudichaudii*. La distribución de la especie fue del tipo uniforme en ambas playas, excepto en verano cuando fue tipo aleatoria para Santa Rosa (ocupando cualquier espacio disponible) y tipo agrupada para Rancho Chico (en respuesta a posibles impactos antrópicos o ambientales). Los periodos de máxima actividad se distribuyeron entre las 5 y 10 am y entre las 5 y 8 pm, sobre todo para los adultos, y entre periodos para ejemplares juveniles.

PALABRAS CLAVE: patrón de actividad, *O. gaudichaudii*, variograma, dispersión espacial

ABSTRACT

PASTOR R, TEJADA A, ZAVALAGA F. 2018. Indirect method for the assessment of population and size distributions and activity pattern of the ghost crab *Ocypode gaudichaudii* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) in Tacna, 2010 - 2013. *Bol Inst Mar Peru*. 33(1): 25-34.- In this paper, the spatial distribution and activity pattern of *Ocypode gaudichaudii* is analyzed by means of an indirect method through the count of the number of burrows, diameter, depth and distances between random points and burrows in order to determine different types of spatial dispersion and measure the state of the intertidal environments of sandy substrate. In the field, at least 2 grids of 20 m² (20x10 m) were established and grided every 4 m² (2x2 m) which were distributed between the dune and undertow zones. In each grid, 15 quadrants (c) and 15 vertex (v) were selected at random and the dispersion index (I_{BR}) of Byth-Ripley was estimated, based on the calculation of distances for independent samples. In the 2010-2013 period, 96 sampling stations were carried out that allowed us to perform 729 similar spatial distribution simulations (grouped, uniform and random), and dispersion variograms were constructed based on density and burrow distribution. A comparison was made between beaches according to the dispersion values that reflected the same trend between the simulated distribution and the observed distribution in the field. The Byth-Ripley index was efficient to differentiate the spatial distribution types described. The variograms allowed to analyze the distribution of the variables and determine the spatial behavior of *O. gaudichaudii*. The distribution of the species was of the uniform type in both beaches, except in summer when it was random for Santa Rosa (occupying any available space) and grouped for Rancho Chico (in response to possible anthropic or environmental impacts). The periods of maximum activity were distributed between 5 and 10 am and between 5 and 8 pm, especially for adult specimens, and between periods for juvenile specimens.

KEYWORDS: activity pattern, *O. gaudichaudii*, variogram, spatial dispersion

1 Área Funcional de Investigaciones en Biodiversidad - Instituto del Mar del Perú, rpastor@imarpe.gob.pe

2 Laboratorio Costero de Ilo - Instituto del Mar del Perú

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los tipos de distribución tanto espacial como por tallas, así como de comportamiento del cangrejo carretero *Ocypode gaudichaudii* Milne Edwards y Lucas, resultan de gran interés para el conocimiento del estado de salud de los ecosistemas de playas de arena, ya que muchas de las poblaciones y comunidades de invertebrados suelen estar reguladas por ambientes muy dinámicos (DEFEO y McLACHLAN 2005). Además, la respuesta de estos invertebrados depende de su historia natural, de tal forma que los organismos que habitan ambientes intermareales presentan diferencias en su modo de vida, con respecto a aquellos que se encuentran en la zona submareal (DEFEO y McLACHLAN 2011). En estos ecosistemas arenosos, los organismos presentan cinco adaptaciones claves para su supervivencia: movilidad, construcción de galerías, ritmos circadianos, orientación y algún nivel de plasticidad en su comportamiento (NEL *et al.* 2014, SCAPINI 2014).

Todos los organismos que presentan mayor grado de exposición al oleaje, se encuentran en constante estrés físico, al ser objeto de numerosos eventos antrópicos, como la instalación hotelera o recreativa de veraneantes y las actividades pesqueras, principalmente con chinchorro de mano y mecanizado; además de otros eventos ambientales como altura y frecuencia de olas, corrientes de gran intensidad, mareas, entre otros, que suelen limitar su distribución espacial y temporal (STEINER y LEATHERMAN 1981, WOLCOTT y WOLCOTT 1984, DEFEO y DE ÁLAVA 1995, JARAMILLO *et al.* 1996, BRAZEIRO y DEFEO 1999).

Estos ambientes pueden sufrir varias transformaciones debido a los disturbios ocasionados por el hombre, generando un impacto fuerte sobre los organismos que los habitan. Se ha demostrado que la fuerte presión ejercida por la urbanización y el desarrollo turístico en las playas, ha llevado a la extinción local de algunas especies (HUBBARD *et al.* 2014).

El género *Ocypode* está conformado por 26 especies en todo el mundo (WoRMS Editorial Board 2018) las que actúan como importantes indicadores biológicos, destacando para las costas del Pacífico sur, la especie *O. gaudichaudii* que se distribuye desde el Golfo de Fonseca (13°12'N) en el Salvador hasta Bahía de Concepción (36°41'S) en Chile.

Al ser una especie semi-terrestre, *O. gaudichaudii* tiene un vínculo directo con el mar ya que este ambiente no solo le proporciona la humedad necesaria, sino que también le ofrece las condiciones óptimas para su desarrollo larval (RUPPERT y FOX 1988). Además de caracterizarse por presentar pocos depredadores terrestres y competidores de alimento y espacio, sus hábitos alimenticios son flexibles y tiene la capacidad

de soportar periodos largos en ausencia de alimento (WOLCOTT 1978).

Junto con el isópodo *Excirrolana braziliensis* Richardson, representan a las pocas especies que habitan estos ambientes y se consideran importantes en el metabolismo de los ecosistemas de playas de arena (JARAMILLO 1987, CLARKE y PEÑA 1988). Ecológicamente son trascendentales ya que eliminan el detritus orgánico y participan en la transferencia de energía entre los diferentes niveles tróficos (WOLCOTT 1978, ALBERTO y FONTOURA 1999); además, están considerados como carroñeros efectivos de materia orgánica en descomposición, incluidos huevos y pichones de aves y tienen la capacidad de ser filtradores y captar su alimento a lo largo del ecosistema terrestre-marino (WOLCOTT 1978).

En el Perú, los estudios realizados por KOEPCKE (1953) se enfocaron a explicar las estructuras y comportamientos, o los modos de conducta de importancia ecológica de *O. gaudichaudii* en medio natural, y concluyeron que éstas son manifestaciones adaptativas a la vida en playas de arena, por lo que la consideran como una especie muy apropiada para su existencia en este tipo de biotopos, además que *O. gaudichaudii* contribuye a la conservación del equilibrio biológico en la biocenosis de estos ecosistemas intermareales.

Algunos estudios realizados en México determinaron que *O. quadrata* (Fabricius) ha presentado constante disminución en su densidad poblacional, sobre todo en playas con perturbaciones, debido a la construcción de edificios y caminos que han generado un deterioro ecológico difícil de restaurar (FISHER y TEVESZ 1979, BARROS 2001).

Otras especies del mismo género, han sido usadas como indicadores de los disturbios ocasionados por los humanos en playas de arena. En ellas se han observado que las menores densidades de estos cangrejos se han presentado en zonas afectadas por el paso constante de las personas (BLANKENSTEYN 2006, NEVES y BEMVENUTI 2006, ARAUJO *et al.* 2008), el tráfico de vehículos motorizados (SCHLACHER *et al.* 2007), así como la construcción de obras civiles (BARROS 2001).

En el Perú no se ha evaluado la información histórica de *O. gaudichaudii* respecto a su distribución espacial, temporal y patrón de actividad, a pesar que en los últimos años, el incremento de las actividades antrópicas como el chinchorreo, circulación vehicular y actividades recreativas, han ido modificando estos ecosistemas afectando la distribución poblacional de muchos organismos, incluyendo al cangrejo carretero. El presente documento tiene como objetivo dar a conocer un método indirecto para evaluar la distribución poblacional, estructura por tallas y el patrón de actividad del cangrejo carretero, como indicador biológico, con la

finalidad de medir el estado de salud de los ambientes intermareales de sustrato arenoso.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

ESTABLECIMIENTO DEL ÁREA DE MUESTREO

Para el establecimiento del área de muestreo, del 2010 al 2013 se realizaron 96 muestreos en campo, principalmente en horas diurnas de baja marea, en las playas de Santa Rosa y Rancho Chico, ubicadas en el litoral de Tacna y caracterizadas entre intermedias y disipativas de acuerdo a la clasificación de MASSELINK y SHORT (1993). En cada estación de muestreo se establecieron 2 cuadrículas de 20 m² (20x10 m) grilladas cada 4 m² (2x2 m), georeferenciadas con un GPS y distribuidas entre el límite inferior de la zona de dunas y el límite inferior de la zona de resaca (Fig. 1).

En ambas cuadrículas se seleccionaron, al azar, 15 cuadrantes réplicas (C), que representaron las unidades de muestreo y 15 vértices réplicas (V) que representaron los puntos para medir la distancia entre las madrigueras, lo que permitió obtener un total de 30 cuadrantes y 30 vértices. En los cuadrantes, se contó el número de madrigueras (censo indirecto del número de cangrejos), diferenciando las madrigueras activas (con actividad de excavación reciente) de las madrigueras inactivas (Fig. 2). Se registraron dos medidas: a) profundidad de la madriguera (Pr) y b) diámetro de la madriguera (Di), este último permitió agruparlas de acuerdo al diámetro, en cuatro rangos (<20 mm; 20-50 mm; 51-80 mm y >80 mm). Los vértices representaron el punto referencial para el registro de las siguientes medidas: a) distancia entre el vértice y madriguera más cercana (X_i^2) y b) distancia entre esta madriguera y la segunda madriguera más próxima (R_i^2).



Figura 1.- Cuadrícula de 20 m² (20x10 m), grillada cada 4 m² (2x2 m), dispuesto desde el límite inferior de la zona de dunas hasta el límite inferior de la zona de resaca. Marcaje de los cuadrantes (C) y vértices (V) para el conteo del número, diámetro y distancias de las madrigueras de *O. gaudichaudii*



Figura 2.- (a) Madrigueras con actividad de excavación reciente, (b) madrigueras inactivas de *O. gaudichaudii*

ÍNDICE BASADO EN EL CÁLCULO DE LAS DISTANCIAS

Se utilizó el índice de dispersión de Byth-Ripley (I_{BR}), basado en el cálculo de distancias para muestras independientes (BYTH y RIPLEY 1980). Este índice relaciona la distancia entre un punto elegido al azar con la madriguera más cercana (X_i^2) y la distancia entre madrigueras (R_i^2).

$$I_{BR} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{d^2_{pt}}{d^2_{pt} + d^2_{tt}}$$

Donde:

n: número de puntos tomados al azar

d^2_{pt} : distancia entre un punto al azar y la madriguera más cercana

d^2_{tt} : distancia entre la madriguera más cercana y una segunda madriguera más próxima

El cálculo de este índice permite determinar el patrón de distribución poblacional del cangrejo carretero (Tabla 1, ANEXO). Mientras que el diámetro y profundidad de las madrigueras permiten conocer la disposición espacial de éstos, en función al grupo etario y a la actividad mostrada por *O. gaudichaudii*. Se elaboró una base de datos con 729 simulaciones de distribución espacial del tipo agrupada, uniforme y aleatoria, basada en los valores del índice de dispersión de Byth-Ripley.

Se considera generalmente, que la distribución de estos puntos pueden responder a alguno de los siguientes tipos de dispersión espacial tipo Poisson (Fig. 3):

- Agrupada o agregada (Fig. 3a): donde las madrigueras tienden a ubicarse próximas entre sí, por lo que la interacción entre ellas es fuerte como consecuencia de la falta de homogeneidad en el espacio o por alguna alteración fuerte que puede estar generándose en el ambiente. El valor de dispersión para este tipo de distribución será ($I_{BR} > 0,5$), (PIELOU 1977).
- Uniforme o regular (Fig. 3b): donde las madrigueras tienden a mantener entre sí una distancia más o menos constante, como respuesta a la fuerte competencia ya sea por alimento o espacio. El valor de dispersión para este tipo de distribución será ($I_{BR} < 0,5$) (PENTTINENET *et al.* 1992).
- Aleatoria (Fig. 3c): es decir que las madrigueras se pueden distribuir al azar en todo el espacio disponible, sin tener interacción entre ellos, por

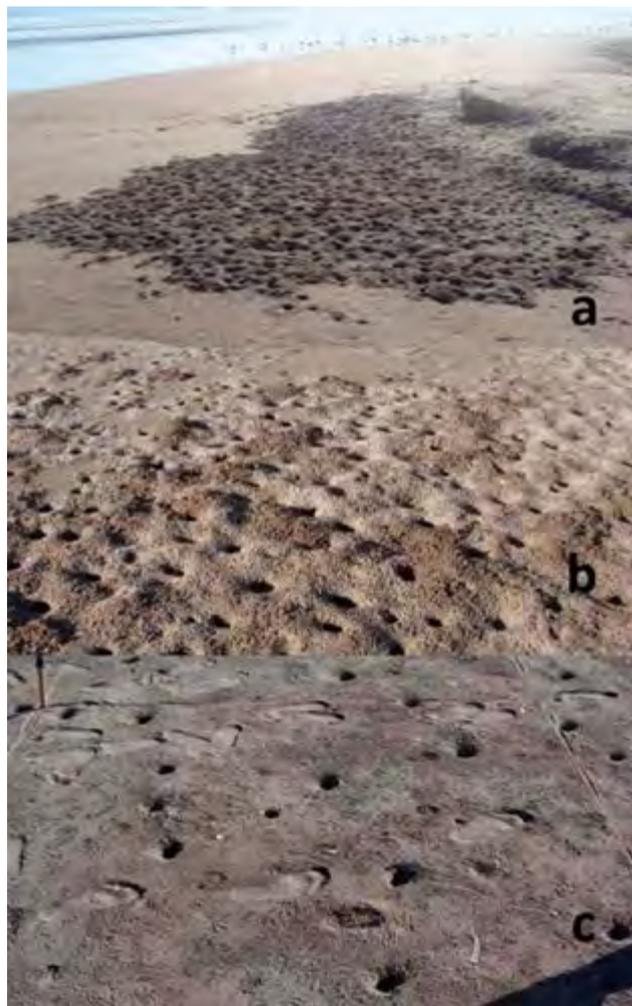


Figura 3.- Dispersión espacial en campo de *O. gaudichaudii* en base al índice I_{BR} . a) agrupada, b) uniforme, c) aleatoria

lo que la presencia de algún individuo en cierto punto no afecta la ubicación de otro individuo. El valor de dispersión para este tipo de distribución será ($I_{BR} = 0,5$) (PIELOU 1977).

VARIOGRAMAS DE DISPERSIÓN ESPACIAL

Este método de simulación resulta importante para medir la dispersión de una variable en un espacio determinado. Una vez obtenido el variograma experimental, y en varias repeticiones, se debe analizar detenidamente cada variable para definir su comportamiento en un determinado espacio.

Los variogramas simulados tienen como base las cuadrículas en lo que se refiere al número de madrigueras por cuadrante de muestreo y a la distribución espacial de las madrigueras que la componen. En estas simulaciones se asigna a cada madriguera una posición, diámetro y profundidad, aunque para el cálculo del índice de dispersión, éstos últimos no se utilizan (Tabla 2, ANEXO).

El procedimiento para estas simulaciones obedece a la siguiente rutina:

$$Y = \frac{1}{2} N \cdot \sum [(Z(x) - Z(x+h))]^2$$

Donde:

Y: valor de la función variograma

N: número de datos

Z: variable estudiada

Z(x): valor de dicha variable en el punto Xi

Z(Xi+h): valor de la variable en el punto (Xi+h)

En distribuciones agrupadas o agregadas, las cuadrículas se simulan suponiendo que la distribución es del tipo doble Poisson con un valor de dispersión mayor a 0,5. En cada cuadrícula se calcula el número de cuadrados vacíos y el número de cuadrados que van a contener, al menos, una madriguera, seleccionando dichos cuadrados aleatoriamente.

En distribuciones uniformes o regulares, se simula que el número de madrigueras en cada cuadrícula, presenta un valor de dispersión menor a 0,5. En este sentido, la simulación del número de madrigueras coincide con el número de cuadrantes que va a presentar cada cuadrícula y se sitúa, aleatoriamente, una madriguera en cada cuadrante dentro de la cuadrícula.

En distribuciones aleatorias, las cuadrículas se simulan suponiendo que la distribución es de tipo Poisson con un valor de dispersión igual a 0,5. Para ello, cada madriguera se sitúa aleatoriamente dentro de la cuadrícula sin tener en cuenta la posición del resto de madrigueras. Esto indica la generación aleatoria de coordenadas (x, y) para cada madriguera dentro de la cuadrícula, repitiendo este procedimiento para el total de madrigueras.

3. RESULTADOS

ÍNDICE BASADO EN EL CÁLCULO DE LAS DISTANCIAS

Basado en el cálculo (I_{BR}), la distribución espacial de las madrigueras de *O. gaudichaudii* en Santa Rosa durante las estaciones de verano fue del tipo aleatoria (I_{BR} : 0,51) cambiando a uniforme (I_{BR} : 0,35; 0,46 y 0,31) durante las estaciones de otoño, invierno y primavera, respectivamente. El número total de madrigueras activas fue mayor en verano (104 mad.) y menor en invierno (34 mad.), con promedios que oscilaron entre 12 y 4 mad. Sin embargo, las madrigueras con mayores promedios de diámetro (46 mm) y profundidad (215 mm) se presentaron en invierno y las madrigueras con menores promedios de diámetro en verano (25 mm y 187 mm). A lo largo del periodo de estudio, el promedio de las distancias entre madrigueras (Ri^2) fue mayor que el promedio de las distancias entre el vértice y la madriguera más cercana (Xi^2) (Tabla 3).

Tabla 3.- Número de madrigueras totales (To), número de madrigueras activas (Na), número de madrigueras inactivas (Ni), promedio de madrigueras (4 m²), rango de madrigueras (4 m²), promedio del diámetro y profundidad de madrigueras, promedio de distancia Xi, promedio de distancia Ri, durante las estaciones de verano, otoño invierno y primavera

Variables	Número de madrigueras y valores de dispersión <i>O. gaudichaudii</i>			
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Santa Rosa				
Nº Madr.	183	112	54	55
Nº Madr. activas (Na)	104	77	38	49
Nº Madr. inactivas (Ni)	79	35	16	6
\bar{X} Madr. (4m ²)	12	7	4	4
Rango de madr. (4m ²)	6 - 22	4 - 12	0 - 10	1 - 9
\bar{X} Diámetro (mm)	25	39	46	35
\bar{X} Profundidad (mm)	172	204	215	209
\bar{X} Distancia Xi ² (mm)	301	290	785	518
\bar{X} Distancia Ri ² (mm)	335	411	902	824
Valor IBR	0,51	0,35	0,46	0,31
Variables	Número de madrigueras y valores de dispersión <i>O. gaudichaudii</i>			
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Rancho Chico				
Nº Madr.	46	97	66	86
Nº Madr. activas (Na)	37	87	60	77
Nº Madr. inactivas (Ni)	9	10	6	9
\bar{X} Madr. (4m ²)	3	6	4	6
Rango de madr. (4m ²)	0 - 7	2 - 13	1 - 10	2 - 15
\bar{X} Diámetro (mm)	35	63	54	57
\bar{X} Profundidad (mm)	212	333	301	219
\bar{X} Distancia Xi ² (mm)	1093	518	588	491
\bar{X} Distancia Ri ² (mm)	1020	703	764	763
Valor IBR	0,62	0,34	0,35	0,31

En Rancho Chico, durante las estaciones de verano, la distribución espacial de las madrigueras fue del tipo agrupada (I_{BR} : 0,62) cambiando a uniforme (I_{BR} : 0,34; 0,35 y 0,31) durante las estaciones de otoño, invierno y primavera. Contrario a Santa Rosa, el número total de madrigueras activas fue mayor en otoño (87 mad.) y menor en verano (37 mad.), con promedios que oscilaron entre 6 y 3 mad. Los promedios más altos de diámetro y profundidad de las madrigueras también se presentaron en otoño y los menores en verano (Tabla 3).

VARIOGRAMAS DE DISPERSIÓN ESPACIAL

La descripción en la composición por rango de tallas de *O. gaudichaudii* en función al diámetro de las madrigueras (rango 1: <20 mm; rango 2: 20-50 mm; rango 3: 51-80 mm; rango 4: >80 mm) y basado en la acumulación de los muestreos durante todo el periodo de estudio (2010-2013), determinó que más del 70% de las madrigueras oscilaron entre 20 y 50 mm, sobre todo en las estaciones de verano y primavera. Se registraron madrigueras con diámetros mayores a 80 mm; sin embargo, solo fueron representativos en Rancho Chico y durante la estación de otoño (Fig. 4).

En Santa Rosa, más del 80% de las madrigueras presentaron diámetros menores a 50 mm con tendencia a ocupar, principalmente, los espacios cercanos a la zona de resaca. Durante las estaciones de verano, solo se registraron madrigueras con diámetros menores a 50 mm distribuidas desde el límite inferior de la zona de dunas hasta el límite inferior de la zona de resaca; sin embargo, el 50% de estas madrigueras estuvieron inactivas. Madrigueras con diámetros mayores a 80 mm fueron registradas entre otoño e invierno y se distribuyeron, en las proximidades de la zona de dunas (Fig. 5). En general, la distribución de *O. gaudichaudii* fue del tipo uniforme, excepto en verano

donde fue del tipo aleatoria. Esto demostraría que durante las estaciones de verano la distribución de *O. gaudichaudii* puede estar ocupando cualquier espacio disponible a lo largo de la localidad.

En Rancho Chico, se presentó distribución similar a Santa Rosa. El 60% de las madrigueras con diámetros menores a 50 mm se ubicaron en las proximidades del límite inferior de la zona de resaca. Durante las estaciones de primavera, se registraron únicamente madrigueras con diámetros menores a 50 mm, distribuidas desde el límite inferior de la zona de dunas hasta el límite inferior de la zona de resaca. Las madrigueras con diámetro mayor a 80 mm se presentaron en otoño cerca al límite inferior de la zona de dunas. En general la distribución fue del tipo uniforme, excepto en verano donde fue del tipo agrupada. Es decir, que durante las estaciones de verano, las madrigueras tienden a distribuirse formando grupos, en respuesta a posibles impactos antrópicos o ambientales que se puedan estar generando a lo largo de esta localidad (Fig. 6).

El presente trabajo permitió describir el patrón de actividad de *O. gaudichaudii*, determinando dos periodos de máxima actividad a lo largo del día, distribuidos entre las 5 y 10 am y entre las 5 y 8 pm. Siendo el primero el de mayor duración y con mayor presencia de ejemplares adultos, contrario a lo reportado por STRACHAN *et al.* (1999) quienes afirman que su actividad es casi exclusivamente nocturna.

Tanto en Santa Rosa como en Rancho Chico, los periodos de actividad de *O. gaudichaudii* se distribuyeron para todas las tallas. Sin embargo, fuera de estos periodos se observó mayor actividad por parte de ejemplares juveniles, los mismos que se desplazaban dentro del límite inferior de la zona de resaca.

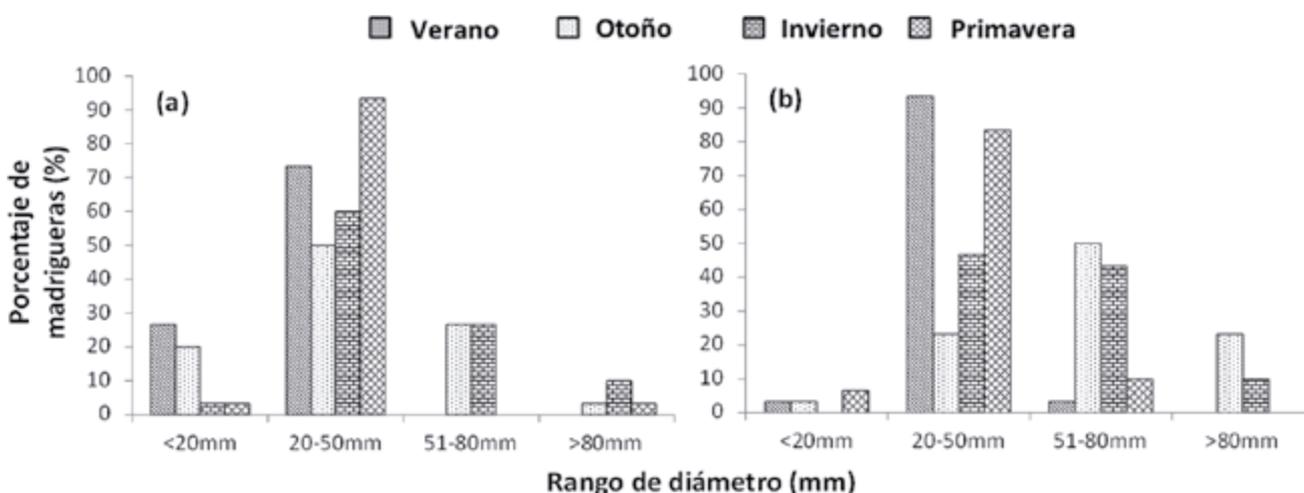


Figura 4.- Promedio del número de madrigueras, según rango: <20 mm; 21-50 mm; 51-80 mm; >80 mm). (a) Santa Rosa y (b) Rancho Chico, durante las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera

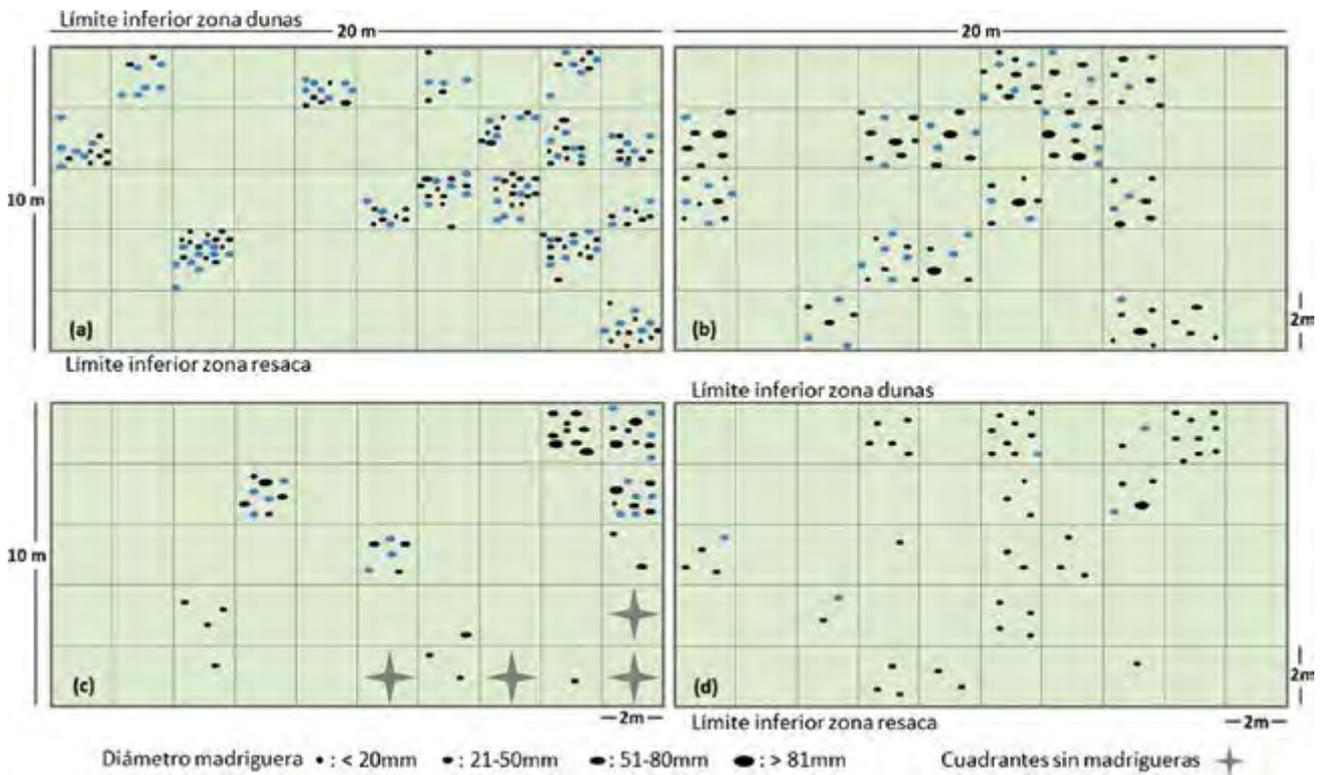


Figura 5.- Cuadrículas de distribución espacial de madrigueras de *O. gaudichaudii* durante las estaciones: (a) verano, (b) otoño, (c) invierno, (d) primavera en la playa de Santa Rosa, Tacna 2010 – 2013. Madrigueras activas (círculo negro), madrigueras inactivas (círculo azul). Diámetro de madrigueras: (a) <math>< 20\text{ mm}</math>, (b) 21-50 mm, (c) 51-80 mm y (d) >math>80\text{ mm}</math>

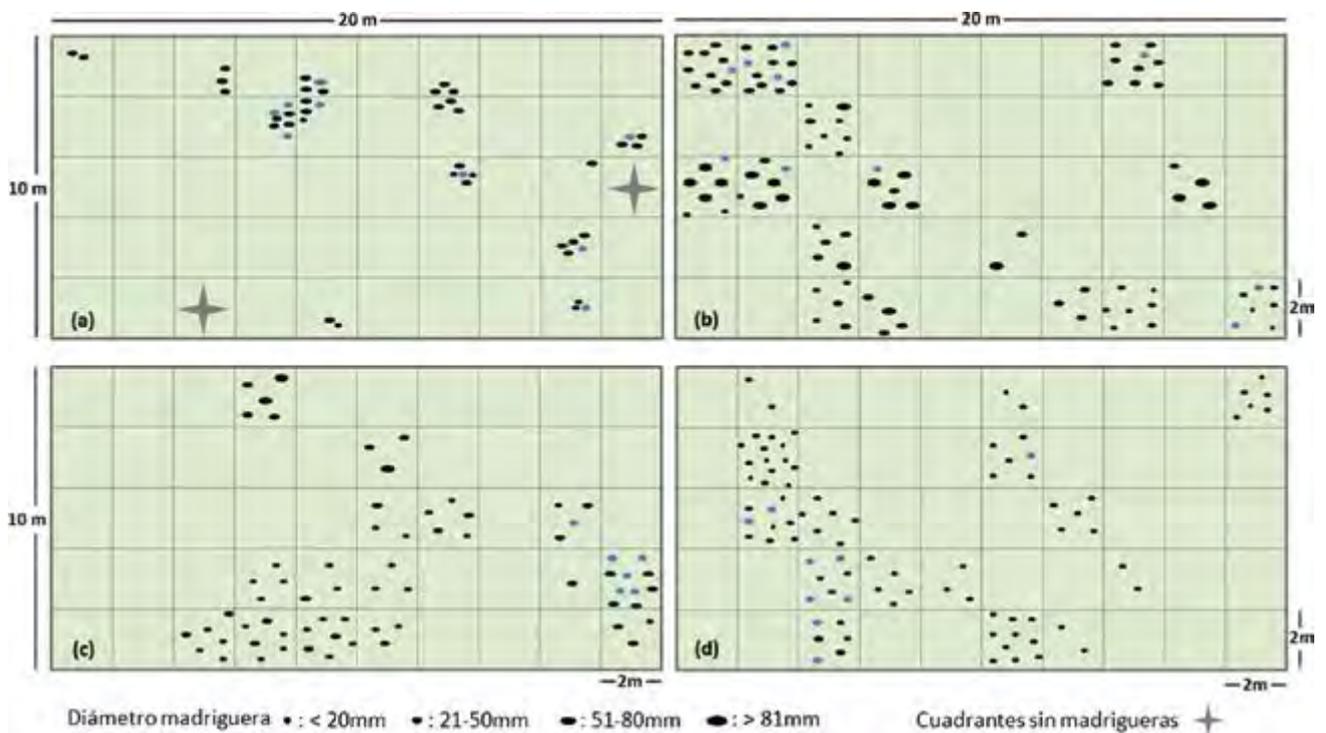


Figura 6.- Cuadrículas de distribución espacial de madrigueras de *O. gaudichaudii* durante las estaciones: (a) verano, (b) otoño, (c) invierno, (d) primavera en la playa de Rancho Chico, Tacna 2010 – 2013. Madrigueras activas (círculo negro), madrigueras inactivas (círculo azul). Diámetro de madrigueras: (a) <math>< 20\text{ mm}</math>, (b) 21-50 mm, (c) 51-80 mm y (d) >math>80\text{ mm}</math>

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A pesar que el cangrejo carretero *Ocypode gaudichaudii*, se distribuye a lo largo de la costa del Pacífico desde el Golfo de Fonseca (El Salvador) incluyendo las islas Galápagos hasta el norte de Chile, ha sido poco estudiada a escala global y casi nula a escala local. En este trabajo se describe un método indirecto que cuantifica la abundancia, detallando la distribución espacial, temporal, estructura por tallas y el patrón de actividad de la especie.

Este análisis se basa en el conteo indirecto a través del censo de madrigueras y no en el conteo directo de individuos, siendo un método simple que permite estudiar el comportamiento y respuesta frente a actividades antrópicas que pueden afectar el estado de conservación de los ecosistemas que habitan estos cangrejos.

Debe considerarse que el esfuerzo de muestreo difiere al de otros trabajos realizados en playas arenosas de México y Chile, en donde se evaluaron *O. quadrata* y *O. gaudichaudii*, respectivamente, por lo que no fue posible comparar las abundancias entre éstas y las obtenidas en el presente trabajo.

Al considerar únicamente las madrigueras con actividad de uso reciente por parte de los cangrejos, se puede determinar que este método mide, de manera indirecta, la distribución y patrón de actividad de la especie, y evalúa y compara el estado de salud de estos ecosistemas.

En aquellas playas donde las actividades humanas son más frecuentes, presentaron un número significativamente menor de madrigueras que en playas donde las actividades humanas son menos frecuentes. Ante ello, resulta factible determinar que el número de madrigueras y su distribución espacial representen indicadores útiles para medir los impactos antrópicos que se presentan en estos ecosistemas.

Los resultados concuerdan con lo reportado por OCAÑA *et al.* (2016) quienes determinaron que la mayor abundancia de cangrejos se presenta en playas más conservadas siendo a su vez concordante con lo reportado por STEINER y LEATHERMAN (1981).

Estudios realizados por BLANKENSTEYN (2006), NEVES y BEMVENUTI (2006), ARAUJO *et al.* (2008), SOUZA *et al.* (2008), MAGALHÃES *et al.* (2009) basados en el conteo indirecto de cangrejos, indican que las playas con mayor perturbación por actividades humanas presentan menor número de madrigueras, y de acuerdo a los resultados de este trabajo se

puede demostrar que toda actividad antrópica que se realice en torno a las playas de arena afectan de manera directa en la distribución y abundancia de *O. gaudichaudii* con resultados negativos que ocurren en el corto y mediano plazo, lo que implica que este cangrejo puede ser considerado como un excelente indicador del nivel de perturbación.

El índice de Byth-Ripley resulta eficiente, para la diferenciación entre los tipos de distribución espacial aquí descritos, ya que los valores de dispersión reflejan una misma tendencia entre la distribución simulada a través del índice I_{BR} y la distribución de madrigueras observada en campo (Fig. 3).

Los datos de distribución espacial del presente trabajo se relacionan con lo descrito por autores como ALBERTO y FONSECA (1999) quienes en Brasil observaron que las mayores densidades de madrigueras tienden a situarse entre los 20 y 30 m de distancia a la línea de marea alta, y según nuestros resultados corresponde al área circundante entre el límite inferior de la zona de dunas y el límite superior de la zona de resaca.

Los variogramas constituyen una herramienta que ayudan a analizar cómo están distribuidas las variables y permiten determinar el comportamiento espacial, mientras que la estadística se limita al análisis del conjunto más no al orden de las variables analizadas.

En este estudio, el patrón de actividad mostrado por *O. gaudichaudii* se relaciona principalmente con los periodos diurnos donde manifiesta mayor actividad, estando inactivos en horas de oscuridad. El mismo comportamiento lo reporta CRANE (1941), quien determina que *O. gaudichaudii* es un animal típicamente diurno a diferencia de *O. occidentalis* que es activo únicamente de noche.

Por otro lado, KOEPCKE (1953) y STRACHAN *et al.* (1999), afirman que la actividad de *O. gaudichaudii* es casi exclusivamente nocturna. Estos autores se basaron en las huellas encontradas en los recorridos hacia la zona de dunas, probablemente en búsqueda de alimento (cadáveres de aves).

KOEPCKE (1953) manifiesta que *O. gaudichaudii* vive preferentemente en la zona intercotidal, constituyendo un lugar importante para la obtención de alimento. Sin embargo, en este estudio esta zona constituye únicamente un área de alimentación durante las horas de máxima actividad, siendo su principal zona de ubicación el límite inferior de la zona de dunas (donde las madrigueras son preferentemente de mayor diámetro) y el límite superior de la zona de resaca (con presencia de madrigueras de menor diámetro).

Agradecimiento

Se agradece la colaboración de Ygor Sanz y al personal del Laboratorio Costero de Ilo del Instituto del Mar del Perú por su ayuda durante el trabajo de campo, así como en el apoyo logístico. A Raúl Castillo por su constancia y motivación en la iniciativa del presente trabajo.

5. REFERENCIAS

- ALBERTO R M F, FONTOURA N F. 1999. Age structure spatial distribution of *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) on a sandy beach from the South Coast of Brazil (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). *Revista Brasileira de Biología*. 59(1): 95-421.
- ARAUJO C C V, ROSAL D M, FERNANDES J M. 2008. Densidade e distribuição espacial do caranguejo *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) (Crustacea, Ocypodidae) em três praias arenosas do Espírito Santo, Brasil. *Biotemas*. 21: 73-80.
- BARROS F. 2001. Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. *Biol. Conservat.* 97: 399-404.
- BLANKENSTEYN A. 2006. O uso do caranguejo maria-farinha *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) (Crustacea, Ocypodidae) como indicador de impactos antropogênicos em praias arenosas da Ilha de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23: 870-876.
- BRAZEIRO A, DEFEO O. 1999. Effects of harvesting and density dependence on the demography of sandy beach populations: the yellow clam *Mesodesma mactroides* of Uruguay. *Marine Ecology Progress Series*. 182: 127-135.
- BYTH K, RIPLEY B D. 1980. On sampling spatial patterns by distance methods. *Biometrics*. 36(2): 279-284.
- CLARKE M, PEÑA R. 1988. Zonación de la macroinfauna en una playa de arena del norte de Chile. *Estud. Oceanol.* 7: 17-31.
- CRANE J. 1941. On the growth and ecology of brachyuran crabs of the genus *Ocypode*. *Zoologica*. 26: 297-310.
- DEFEO O, DE ÁLAVA A. 1995. Effects of human activities on long-term trends in sandy beach populations: the wedge clam *Donax hanleyanus* in Uruguay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 123: 73-82.
- DEFEO O, McLACHLAN A. 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 295: 1-20.
- DEFEO O, McLACHLAN A. 2011. Coupling between macrofauna community structure and beach type: a deconstructive meta-analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 433: 29-41.
- FISHER J B, TEVESZ M J S. 1979. Within-habitat patterns of *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) (Decapoda Brachyura). *Crustaceana*. 5: 31-36.
- HUBBARD D M, DUGAN J E, SCHOOLER N K, VIOLA S N. 2014. Local extirpations and regional declines of endemic upper beach invertebrates in southern California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 150: 67-75.
- JARAMILLO E. 1987. Sandy beach macroinfauna from the Chilean coast: zonation patterns and zoogeography. *Vie Milieu*. 37:165-174.
- JARAMILLO E, CONTRERAS H, QUIJON P. 1996. Macroinfauna and human disturbance in Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 69: 655-663.
- MAGALHÃES W F, LIMA J B, BARROS F, DOMINGUEZ J M L. 2009. Is *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) a useful tool for exposed sandy beaches management in Bahia state (Northeast Brazil)? *Brazilian Journal of Oceanography*. 57: 149-152.
- MASSELINK G, SHORT A D. 1993. The Effect of Tide Range on Beach Morphodynamics and Morphology: A Conceptual Beach Model. *Jour. of Coastal Res.* 9 – 3: 785-800.
- NEL R, CAMPBELL E E, HARRIS L, HAUSER L, SCHOEMAN D S, McLACHLAN A, DU PREEZ D R, BEZUIDENHOUT K, SCHLACHER T A. 2014. The status of sandy beach science: Past trends, progress, and possible futures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 150: 1-10.
- NEVES F M, C.E. BEMVENUTI C E. 2006. The ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) as a potential indicator of anthropic impact along the Rio Grande do Sul coast, Brazil. *Biological Conservation*. 133: 431-435.
- OCAÑA F A, DE JESÚS NAVARRETE A, DE JESÚS NAVARRETE R M, RIVERA J J O. 2016. Efectos del disturbio humano sobre la dinámica poblacional de *Ocypode quadrata* (Decapoda: Ocypodidae) en playas del Caribe mexicano. *Revista de Biología Tropical/International Journal of Tropical Biology and Conservation*. 64(4).
- PENTTINEN A, STOYAND D, HENTTONEN H. 1992. Marked point processes in forest statistics. *Forest Science*. 38 (4): 806-824.
- PIELOU E. 1977. *Mathematical Ecology*. John Wiley & Sons, Inc. 386 pp.
- RUPPERT E E, FOX R S. 1988. *Animales de la orilla del mar al sureste – en Guía de común invertebrados de aguas someras de la costa atlántica del sudeste*. Universidad del Sur de Carolina Press. Columbia, Carolina del Sur. 429 pp.
- SCAPINI F. 2014. Behaviour of mobile macrofauna is a key factor in beach ecology as response to rapid environmental changes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 150: 36-44.
- SCHLACHER T A, 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: 354-367.
- SOUZA J R B, LAVOIE N, BONIFÁCIO P H, ROCHA C M C. 2008. Distribution of *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) on sandy beaches of Northeastern Brazil. *Atlântica*. 30: 139-145.
- STEINER A J, LEATHERMAN S P. 1981. Recreational impacts on the distribution of ghost crab *Ocypode quadrata* Fab. *Biological Conservation*. 20: 111-122.
- STRACHAN P H, SMITH R C, HAMILTON D A B, TAYLOR A C Y ATKINSON R J A. 1999. Studies on the ecology and behaviour of the ghost crab, *Ocypode cursor* (L) in northern Cyprus. *Scientia Marina*. 63(1): 51-60.
- WOLCOTT T G, WOLCOTT D L. 1984. Impact of off-road vehicles on macroinvertebrates of a mid-Atlantic beach. *Biol. Conserv.* 29: 217-240.
- WOLCOTT T G. 1978. Ecological role of ghost crabs, *Ocypode quadrata* (Fab.) on an ocean beach: scavengers or predators? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 31: 67-82.
- WoRMS EDITORIAL BOARD. 2018. World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2018-02-28. doi:10.14284/170

