

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

# INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 44, Número 4



Octubre - Diciembre 2017  
Callao, Perú



# CARACTERIZACIÓN DE PLAYAS ARENOSAS DEL LITORAL DE LAS REGIONES MOQUEGUA Y TACNA. 2015

## CHARACTERIZATION OF SANDY BEACHES OF THE LITTORAL OF THE REGIONS MOQUEGUA AND TACNA. 2015

Alex Tejada<sup>1</sup>  
Yenny Romucho<sup>1</sup>

Danny Baldarrago<sup>1</sup>  
Javier Villanueva<sup>1</sup>

Beatriz Aragón<sup>1</sup>  
Carmen Liza<sup>2</sup>

### RESUMEN

TEJADA A, BALDARRAGO D, ARAGÓN B, ROMUCHO Y, VILLANUEVA J, LIZA C. 2017. Caracterización de playas arenosas del litoral de las Regiones Moquegua y Tacna. 2015. *Inf Inst Mar Perú*. Vol. 44(4): 529-551.- Se caracterizaron las playas de arena del litoral de las Regiones Moquegua y Tacna; las que presentaron diferencias en configuración y estado morfodinámico, predominando playas de tipo intermedia y disipativa. La macha *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) exhibió escasa presencia en estos ambientes, registrándose un rango de tallas entre 50 y 86 de mm de longitud total (LT). El comportamiento reproductivo, indicó periodo de reposo gonadal en febrero. El muy muy *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) predominó en las playas de ambas regiones, mayores abundancias se encontraron en febrero cuando se registra importante presencia de megalopas; en setiembre, se observó mayor presencia de hembras ovígeras; además, del ingreso de una nueva cohorte. La riqueza de las playas de arena está conformada por 16 especies. En términos de frecuencia de ocurrencia en la comunidad de playas las más importantes fueron *Emerita analoga*; *Excrolana braziliensis* Richardson, 1912 y *Hemipodia simplex* (Grube, 1857). El cangrejo carretero *Ocypode gaudichaudii* Milne Edwards y Lucas, 1843 presentó distribución entre uniforme, agregada y aleatoria por playa y por periodo de muestreo, lo que indicó comportamiento aleatorio de la población ante eventos naturales y antropogénicos.

PALABRAS CLAVE: Playa arenosa, biodiversidad, *Mesodesma donacium*, *Emerita analoga*

### ABSTRACT

TEJADA A, BALDARRAGO D, ARAGÓN B, ROMUCHO Y, VILLANUEVA J, LIZA C. 2017. Characterization of sandy beaches of the littoral of the Regions Moquegua and Tacna. 2015. *Inf Inst Mar Peru*. Vol. 44(4): 529-551.- The sandy beaches of the coast of the Moquegua and Tacna Regions were characterized; those that presented differences in configuration and morphodynamic state, predominating beaches of intermediate and dissipative type. The surf clam *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) exhibited little presence in these environments, registering a size range between 50 and 86 of total length mm (TL). The reproductive behavior indicated a period of gonadal rest in February. The Pacific sand crab *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) predominated on the beaches of both regions; higher abundances were found in February when there was a significant presence of megalopas; in September, a greater presence of ovigerous females was observed, in addition, the income of a new cohort. The richness of the sandy beaches is made up of 16 species. In terms of frequency of occurrence in the beach community, the most important were *Emerita analoga*; *Excrolana braziliensis* Richardson, 1912 and *Hemipodia simplex* (Grube, 1857). The painted ghost crab *Ocypode gaudichaudii* Milne Edwards and Lucas, 1843 presented uniform, aggregated and random distribution by beach and by sampling period, which indicated random behavior of the population before natural and anthropogenic events.

KEYWORDS: Sandy beach, biodiversity, *Mesodesma donacium*, *Emerita analoga*

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas en playas de arena proporcionan hábitat para la macrofauna bentónica y son sistemas dinámicos definidos, principalmente, por la variación en la acción de las olas, régimen de vientos, marea y corrientes, los cuales generan a su vez cambios en las propiedades del sedimento (McLACHLAN y BROWN 2006). Asimismo, se caracterizan por presentar número escaso de especies con alto grado de especialización y movilidad en los diferentes estratos de zonación como respuesta a las continuas variaciones

en las condiciones ambientales, particularmente hidrodinámicas (DEFEO y McLACHLAN 2005).

La mayoría de los invertebrados que viven en playas de arena expuestas, se encuentran en constante estrés físico debido a que son objeto de numerosos eventos antrópicos y ambientales tales como olas, corrientes y mareas que suelen limitar su expansión espacial y temporal (STEINER y LEATHERMAN 1981, WOLCOTT y WOLCOTT 1984, BARROS 1987, DEFEO y DE ALAVA 1995, JARAMILLO *et al.* 1998, BRAZEIRO y DEFEO 1999).

1 IMARPE Sede Ilo, Jr. Mirave N° 101, La Chalaca, Ilo. atejada@imarpe.gob.pe

2 Universidad Nacional de Moquegua. carmen\_liza@outlook.com

La macha *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) es uno de los recursos de mayor importancia económica que habita en estos ambientes; es un molusco bivalvo de importancia comercial en el sur del Perú y se distribuye geográficamente desde Sechura (Perú) hasta la isla Chiloé (Chile) (ÁLAMO y VALDIVIESO 1997).

La pesquería de la macha, se inició en el Perú en la década del 70, registrándose los mayores desembarques en la década del 80 y 90 (ORTEGA *et al.* 2012). Los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98 fueron particularmente fuertes y se caracterizaron por un aumento significativo de la temperatura del mar (ORTEGA *et al.* 2012) causando mortandades masivas de *M. donacium* (ARNTZ *et al.* 1987, BARRIGA y QUIROZ 1998, RIASCOS *et al.* 2008). Entre 1998 y 2005 la abundancia poblacional era casi nula (IMARPE 2006). En la primavera del 2006 se registró un asentamiento importante que ocasionó la recuperación de los bancos naturales en las playas de Tacna e Islay - Arequipa (IMARPE 2007a, b).

En el 2009 y 2010 se llevaron a cabo "Pescas Experimentales" en el litoral de Tacna (IMARPE 2009, 2010) trayendo consigo algunos beneficios económicos a los pescadores artesanales; sin embargo, en los últimos años no se ha observado reclutamientos exitosos en el banco natural de Playa Tacna (TEJADA y PASTOR 2011, 2012, 2013; TEJADA y BALDARRAGO 2014) debido a que este tipo de organismos presentan grandes fluctuaciones en sus abundancias que en parte son explicables por factores climáticos (McLACHLAN *et al.* 1996), lo que ha provocado la drástica disminución poblacional del recurso.

El muy muy *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) se distribuye ampliamente en el fondo arenoso del litoral de Tacna (TEJADA y PASTOR 2013, TEJADA y BALDARRAGO 2014), es un importante eslabón en las tramas tróficas de este ecosistema (ALVITRÉS *et al.* 1999, CONTRERAS *et al.* 2000) debido a que contribuye a disminuir la turbidez en el agua, participan en la producción secundaria intermareal (ALVITRES *et al.* 1999) y sirven de alimento a peces y aves marinas.

Otras especies de importancia ecológica son el cangrejo carretero *Ocypode gaudichadii* Milne Edwards y Lucas, 1843 y el isópodo *Excirolana braziliensis* Richardson, 1912 que habitan este ambiente arenoso (TEJADA y PASTOR 2013, TEJADA y BALDARRAGO 2014, JARAMILLO 1987, CARDOSO y DEFEQ 2003) siendo importantes en el metabolismo de las playas de arena. El cangrejo carretero, tiene un vínculo directo con el mar que le proporciona no solo la humedad necesaria sino también las condiciones para el desarrollo de sus larvas (RUPPERT y Fox 1988) es una especie que se caracteriza por tener pocos depredadores terrestres y competidores, sus hábitos alimenticios son flexibles

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

Este trabajo da a conocer los resultados de las investigaciones en algunas playas de arena de las Regiones Moquegua y Tacna desarrolladas en el 2015, describiendo el estado poblacional de *Mesodesma donacium*, y de otras especies de importancia ecológica como *Emerita analoga* y *Ocypode gaudichadii*; además, se describen aspectos físicos y biológicos que pueden estar jugando un papel importante en la distribución de sus poblaciones.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

**Área de Estudio.**- Comprendió el litoral arenoso de la Región Tacna, desde Llostay por el norte (18°11'13,5"S – 70°37'49,4"W) hasta Santa Rosa por el sur (18°20'48,7"S – 70°22'58,4"W) con una distancia aproximada de 30 km. El área estuvo enmarcada dentro de los cinco sectores de trabajo propuestos por TEJADA *et al.* 2011 (Tabla 1, Fig. 1).

Asimismo, se trabajó en algunas playas de arena del litoral de Moquegua: desde Pozo Lizas (17°41'56,1"S - 71°21'49,3"W) hasta ENERSUR (17°45'0,9"S - 71°14'27,8"W) con 14,5 km de distancia aproximada; además de la playa de Platanales (17°23'17,9"S – 71°23'42,9"W) ubicada al norte de Ilo (Fig. 2).

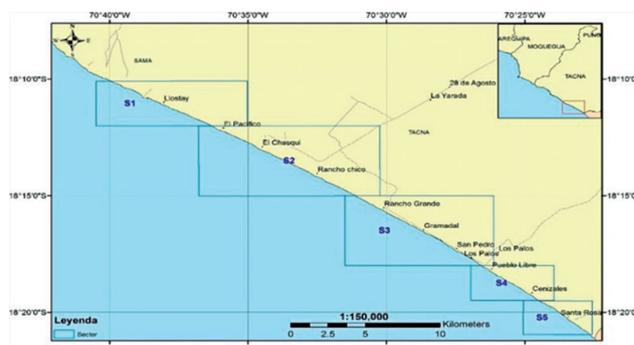


Figura 1.- Área de estudio en el litoral de la Región Tacna



Figura 2.- Área de estudio en el litoral de la Región Moquegua

Tabla 1.- Sectores de muestreo en el litoral de la Región Tacna

Sector	Zona	Ubicación
S1	Cerro Cortado – El Chasqui	18°10'00"S – 18°12'00"S
S2	El Chasqui – Rancho Chico	18°12'00"S – 18°15'00"S
S3	Rancho Chico – Kulauta	18°15'00"S – 18°18'00"S
S4	Kulauta – Cenizales	18°18'00"S – 18°19'30"S
S5	Cenizales – Santa Rosa	18°19'30"S – 18°21'00"S

### Caracterización morfológica y granulométrica

**Zonación de la playa.-** En el litoral arenoso de Tacna se consideraron las playas de Santa Rosa, Pueblo Libre, San Pedro, Rancho Chico y Llostay para monitorear y efectuar una descripción basándose en los estudios de SALVAT (1964, 1967) quien propuso una zonación cimentada completamente en factores físicos, la cual fue subsecuentemente ratificada por POLLOCK y HUMMON (1971) y McLACHLAN (1980) para el ambiente intersticial de playas de arena. El esquema de zonación reconoce cuatro zonas y/o estratos:

- Zona de secado o de arena seca sobre la línea o marca normal de alta marea y humedecida sólo por efecto de spray.
- Zona de retención, bajo la anterior, alcanzada por todas las mareas pero con pérdida gravitacional de agua cuando baja la marea, de forma tal que el sedimento permanece húmedo pero no empapado durante el período de baja mar.
- Zona de resurgencia, la cual experimenta descargas de agua durante la marea baja y se caracteriza por flujo de agua intersticial dentro y fuera del sedimento con la marea.
- Zona de saturación, donde la arena está permanentemente saturada con agua, y un limitado flujo de agua intersticial ocurre.

**Frecuencia y altura de ola.-** El registro de la frecuencia de las olas se realizó desde el límite entre la zona de swash (zona de barrido) y la zona de surf (zona de resaca) registrando el tiempo de arribo de las olas en un punto fijo, para la medición de la altura de ola se aplicó la metodología empleada por ORTIZ y STOTZ (1996) (Fig. 3).

**Pendiente de la playa.-** Se registró el nivel de la pendiente cada 5 m, desde el extremo de la zona de secado hasta la zona de saturación, utilizando un cabo y dos estacas con cintas métricas y una herramienta para determinar el nivel (EMERY 1961); el número de datos tomados dependió de la amplitud de la playa. Posteriormente, se estimó en porcentaje la pendiente utilizando la expresión: **Pendiente (%) = Altura/distancia** (Fig. 4).



Figura 3.- Registro de la altura de ola en playa de arena



Figura 4.- Registro de la pendiente de la playa de arena

**Granulometría.-** En febrero 2015 se tomaron muestras de sedimentos de manera equidistante en la zona de distribución de la macha. En las playas de Santa Rosa, Pueblo Libre, San Pedro, Rancho Chico y Llostay se establecieron perfiles de muestreo desde la zona de secado hasta la zona de saturación obteniéndose muestras de sedimentos utilizando un tubo (core) de 45 mm de diámetro, el análisis se efectuó con un tamizador eléctrico de golpeteo Retsch.

Para la determinación del sedimento predominante se utilizaron tamices entre 0,0625 a 4 mm para las fracciones grava y arena según la escala de Wenworth (BUCHANAN y KAIN 1971, INGRAM 1971). En esta escala, los valores del tamaño de grano se indican en unidades Phi, donde  $\Phi = -\log_2$  (tamaño de grano en mm) (Tabla 2). Los resultados de la composición granulométrica se presentan en un histograma de distribución de frecuencias y con curva acumulada de frecuencias.

Para la determinación del tamaño medio del grano se utilizó la fórmula propuesta por FOLK (1954) (BROWN y MCLACHLAN 1990).

$$Mz = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{50} + \Phi_{16}}{3}$$

Donde:

Φ84: Diámetro correspondiente al 84% de la curva acumulativa (expresado en Φ)

Φ50: Diámetro correspondiente al 50% de la curva acumulativa (expresado en Φ)

Φ16: Diámetro correspondiente al 16% de la curva acumulativa (expresado en Φ)

Tabla 2: Sistema de clasificación de Wenworth.

Tipo	Nombre genérico	Tamaño de Rango (θ)	Diámetro de partícula (mm)
Grava	Roca	< -8	>256
	Canto Rodado	-6 a -8	64 a 256
	Guijarro	-2 a -6	4 a 64
	Granulo	-1 a -2	2 a 4
Arena	Arena muy gruesa	0 a -1	1 a 2
	Gruesa	1 a 0	0,5 a 1
	Media	2 a 1	0,25 a 0,5
	Fina	3 a 2	0,125 a 0,25
	Muy Fina	4 a 3	0,0625 a 0,125
Fango	Limo Grueso	6 a 4	0,0156 a 0,0625
	Limo Fino	8 a 6	0,0039 a 0,0156
	Arcilla	> 8	<0,0039

Para determinar el estado morfodinámico de la playa se calculó el Índice de Dean ( $\Omega$ ) =  $H/W_s \cdot T$ ; donde: H es la altura de ola al momento de la rompiente, T es el periodo de olas y  $W_s$  la velocidad de caída de la arena (SHORT y WRIGHT 1983). El índice toma valores entre 0,1 y 2,0 en playas de tipo reflectivo, entre 2,1 y 5,0 en playas de tipo intermedio y superiores a 5,1 en playas de tipo intermedio (BROWN y McLACHLAN 1990).

### Aspectos oceanográficos

Se registró información de temperatura superficial de mar (TSM), utilizando un termómetro de mercurio (rango de -10 a 35 °C). Para el análisis de salinidad se aplicó el método de conductividad, utilizando un salinómetro Portasal Guildline 8410 A y, para el análisis de oxígeno disuelto se utilizó el Método de Winkler modificado por Carrit.

### Aspectos biológicos poblacionales

**Estructura de tallas.-** Los ejemplares de macha fueron medidos al milímetro con ayuda de un malacómetro, registrándose la longitud total (LT), que corresponde a la distancia máxima desde el borde posterior al anterior de sus valvas.

**Madurez gonadal y proporción sexual.-** Los ejemplares colectados se agruparon en grupos de tres ejemplares por rango de talla, registrándose la LT y, el peso total (PT) con una balanza Kern de 0,01g de precisión, además del peso húmedo de las partes blandas, constituidas por la masa visceral y la gónada.

Las partes blandas fueron preservadas en alcohol al 97% para el análisis del estado reproductivo y determinación de sexo. Las muestras fueron procesadas mediante la técnica de infiltración en parafina (HUMASON 1979) en el Laboratorio de Biología Reproductiva de la Sede Central - Callao. Se aplicó la escala desarrollada por BUITRÓN y PEREA (1996).

**Relación Longitud-Peso.-** Se realizó un muestreo aleatorio estratificado donde cada clase de talla corresponde a un estrato; para estimar los parámetros de la relación:  $y = a L^b$

**Epibiosis y parasitismo.-** Se analizaron cada uno de los ejemplares colectados para identificar presencia de epibiontes, como el hidrozooario *Clytia* sp., y la incidencia de parásitos, como el poliqueto espionido *Polydora* sp. el que se evidenció por formación de ampollas o lesiones de diversos tipos en la valva del molusco, incluso con acumulación de materia orgánica en su interior; también se analizaron las partes blandas para detectar presencia del céstodo *Rhodobothrium mesodesmatum*.

### ASPECTOS POBLACIONALES DE MACHA

**Evaluación poblacional.-** En febrero 2015 se llevó a cabo la evaluación poblacional en toda la extensión del litoral arenoso de Playa Tacna, comprendiendo desde Llostay por el norte (18°11'13,5"S - 70°37'49,4"W) y por el sur hasta Santa Rosa (18°20'48,7"S - 70°22'58,4"W) que cubre una distancia aproximada de 32 km.

Los muestreos se realizaron por playa (delante de la línea de rompiente de ola), los transectos de muestreo fueron ubicados aproximadamente cada 0,2 a 0,3 km uno de otro, preferentemente en lugares accesibles denominados "pampas" durante las horas de "bajamar". En cada "pampa" se establecieron transectos desde la zona de saturación hasta cerca a la rompiente estableciendo 5 unidades muestrales separadas cada 10 m.

Para el muestreo se utilizó un cuadrante de 0,25 m<sup>2</sup> (TEJADA y BALDARRAGO 2014, TEJADA y PASTOR 2012, 2013; IMARPE 2010, 2011) efectuándose un barrido completo por parte del extractor artesanal (machero) recogiendo todos los ejemplares de macha y otras especies, para lo cual se utilizó una bolsa con malla menor a 1,5 mm y provista de un anillo metálico (capacho).

La estimación de la abundancia poblacional y biomasa de macha se efectuó en base al área de distribución del recurso y se utilizaron las ecuaciones propuestas por BAZIGOS (1981).

**Monitoreos poblacionales.**- Los muestreos se realizaron en junio, setiembre y noviembre, conjuntamente con "macheros". Las estaciones de muestreo estuvieron ubicadas cada 0,5 km. En las playas de Tacna y por estación los macheros, de manera complementaria, realizaron búsqueda de la especie durante 10 minutos debido a la escasa presencia del recurso. Los ejemplares recolectados fueron dispuestos en bolsas de plásticos rotuladas y se anotó presencia de otras especies.

**Prospección poblacional.**- En marzo 2015 se prospectó el litoral de Ilo abarcando desde Pozo de Lizas (17°41'56,1"S - 71°21'49,3"W) hasta el norte de ENERSUR (17°45'0,9"S - 71°14'27,8"W), así como en la playa Platanales (17°23'17,9"S - 71°23'42,9"W). Se siguió la misma metodología explicada en los párrafos anteriores.

#### ASPECTOS POBLACIONALES DE MUY MUY

Se realizaron muestreos mediante transectos perpendiculares a la línea de costa distantes cada dos kilómetros desde Llostay (18°10'S) hasta Santa Rosa (18°20'S). En cada transecto se tomaron dos muestras con sus réplicas en las zonas de rompiente y de oleaje, utilizando un muestreador cilíndrico de 18 x 15 cm, que cubre un área de 0,136 m<sup>2</sup>.

Los ejemplares acopiados fueron llevados al laboratorio, registrándose la longitud del cefalotórax con ayuda de un vernier, identificando el sexo por observación directa de los huevos en los pleópodos de las hembras y del poro genital en el tercer par de coxas de los periópodos de las hembras o el quinto par de periópodos en los machos (ALVITRES y CARRANZA 1995).

En las hembras ovígeras se observó las características de los huevos en relación al color y morfología propuestas por OSORIO *et al.* (1967). En base al desarrollo embrionario de los huevos se establecieron las siguientes fases:

Ovígeras 1: naranja intenso, sin segmentación visible, recién fertilizadas.

Ovígeras 2: naranja claro, con mancha rojiza en el centro, separación de porción libre de yema.

Ovígeras 3: naranja oscuro, el pigmento del ojo del embrión se hace visible.

Ovígeras 4: marrón claro, ojos pequeños, larva fuertemente pigmentada pero contiene yema.

Ovígeras 5: marrón oscuro, con ojos grandes, yema reducida o pequeños parches.

Se determinó la proporción sexual durante cada muestreo, y los resultados fueron sometidos al estadístico de X<sup>2</sup> de Pearson.

#### BIODIVERSIDAD

##### Aspectos comunitarios

Se establecieron transectos a partir de la marca de línea de marea alta (muestreo de 0 m) hasta la proximidad a la zona de rompiente (>100 m) (Fig. 5), donde se recolectaron muestras para el estudio de los macroinvertebrados infaunales (Tabla 3) durante las horas de baja marea.

Tabla 3.- Ubicación geográfica de los transectos para el estudio de comunidades en el litoral de Ilo y Tacna

Región	Zona	Transecto	Posición geográfica	
			S	W
Tacna	Sta. Rosa	T1	18°20'27,4"	70°23'20,8"
	Pueblo Libre	T2	18°18'16,3"	70°26'14,6"
	San Pedro	T3	18°17'15,7"	70°27'43,7"
	Rancho Chico	T4	18°14'41,2"	70°31'37,9"
	Llostay	T5	18°11'46,7"	70°36'41,7"
Moquegua	Pozo de Lizas	T1	17°41'34,0"	71°23'47,8"
	Cruz de Belén	T2	17°41'36,5"	71°21'04,4"
	Coquina	T3	17°42'23,1"	71°19'25,7"
	Boliviamar	T4	17°44'26,6"	71°15'33,0"
	ENERSUR	T5	17°46'01,0"	71°12'33,7"
	Platanales	T6	17°23'17,9"	71°23'42,9"



Figura 5.- Línea de marea alta del día anterior a) y límite posterior de la zona de rompiente b)

Por transecto se obtuvieron muestras cada 10 m, desde la zona de secado hasta la de saturación; cada muestra (A) fue colectada con dos replicas (B y C) se cubrió el área de 0,136 m<sup>2</sup> (Fig. 6).

Los ejemplares se separaron mediante tamices de 500 µm de abertura de malla, y se preservaron en alcohol (96°). En laboratorio las especies se identificaron consultando a TITSCHACK y KOEPCKE (1960), MARINCOVICH (1973), FAUCHALD (1977), CHIRICHIGNO (1979), ÁLAMO y VALDIVIESO (1997), GUZMÁN (1998), VALDOVINOS (1999), TAPIA (2002), entre otros; registrándose el número de individuos por especie (abundancia) y peso (biomasa).

La determinación de la diversidad de especies se refirió a la riqueza de especies siendo equivalente a la diversidad alfa planteado por WHITTAKER (1972).

Mediante la utilización del programa estadístico Primer (CLARKE y WARWICK 1994, CLARKE y GORLEY 2006) se obtuvo los índices ecológicos como el Predominio de Simpson ( $\lambda$ ), la Uniformidad de Pielou's (J), Margalef (d) y la Diversidad de Shannon (H').

**Distribución del cangrejo carretero**

Para la determinación de distribución y abundancia de madrigueras de esta especie, se delimitó un área en la zona de duna y otra en la zona de secado. Con la ayuda de un flexómetro se marcó una cuadrícula de 200 m<sup>2</sup> (20 x 10 m) dentro de la cual se dispuso una grilla de 4 m<sup>2</sup> (2 x 2 m) al ser la unidad de muestreo; del total de unidades de muestreo (50 cuadrantes con 66 vértices), se procedió a obtener al azar 15 de estas unidades y 15 vértices (Fig. 7).

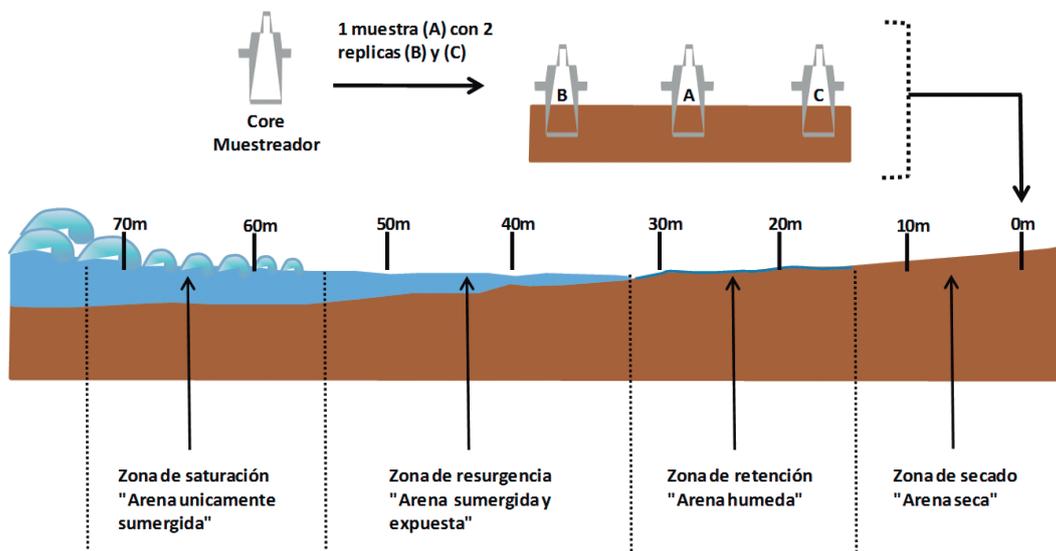


Figura 6.- Diagrama del muestreo de macro-invertebrados de la infauna, mediante transectos y zonación de la playa

ZONA DE DUNA										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	

ZONA DE SECADO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	

Figura 7.- Esquema de muestreo de *O. gaudichadii* en las zonas de duna y secado

En cada una de las unidades se efectuó el censo indirecto del número de individuos de la especie considerando los hoyos activos (donde se evidencia rastros de actividad) y los hoyos inactivos. En cada unidad de muestreo (cuadrante de 4 m<sup>2</sup>) se tomó la medida del diámetro de la madriguera para determinar la disposición espacial de las madrigueras en función al grupo etario y la actividad mostrada por el cangrejo.

En cada uno de los vértices elegidos, se tomaron: distancia entre el punto o vértice con la madriguera más cercana (xi) y distancia entre esta madriguera y la madriguera más próxima (ri). Con los datos obtenidos se estimó un índice basado en el cálculo de las distancias en base al método de HOPKINS y SKELLAM (1954), representado por la siguiente fórmula:

$$H = \frac{\sum xi^2}{\sum ri^2}$$

Este índice (H) toma valores inferiores a 1 en el caso de distribuciones de tipo regular y superiores a 1 al aplicarlo en distribuciones con agregados. En el caso de una distribución aleatoria, las distancias punto-madriguera y distancia madriguera-madriguera seguirán la misma distribución, lo que implica que el índice tomará valores de 0,5. La densidad media por madriguera se calculó para cada uno de los estratos de la cuadrícula por playa evaluada.

### 3. RESULTADOS

#### CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS PLAYAS

Las playas de Tacna se caracterizan por ser expuestas, presentan variaciones de configuración durante el año debido a la dinámica del oleaje. El estado morfodinámico en febrero indica que son de tipo intermedio con valores del índice de Dean ( $\Omega$ ) <5, a excepción de la playa Pueblo Libre que presenta características de una playa disipativa ( $\Omega = 5,1$ ) (Tabla 4).

La menor pendiente, en febrero se presentó en todas las playas con valores <1%, así como en noviembre en las playas de Pueblo Libre, Rancho Chico y Llostay. En junio se presentó la pendiente más pronunciada con valores que variaron entre 1,2% (San Pedro) y 2,8% (Santa Rosa), en setiembre las playas de San Pedro y Llostay presentaron pendiente pronunciada con valores de 2,4% y 1,7% (Tabla 4, Figs. 8, 9).

En Moquegua las playas Platanales, Pozo de Lizas y ENERSUR presentaron menor pendiente con valores menores a 2,5%, mientras que las playas Coquina (11,0%) y Boliviamar (7,8%) presentaron pendiente más pronunciada, estos valores son mayores a los registrados en las playas de Tacna (Tabla 5, Fig. 10).

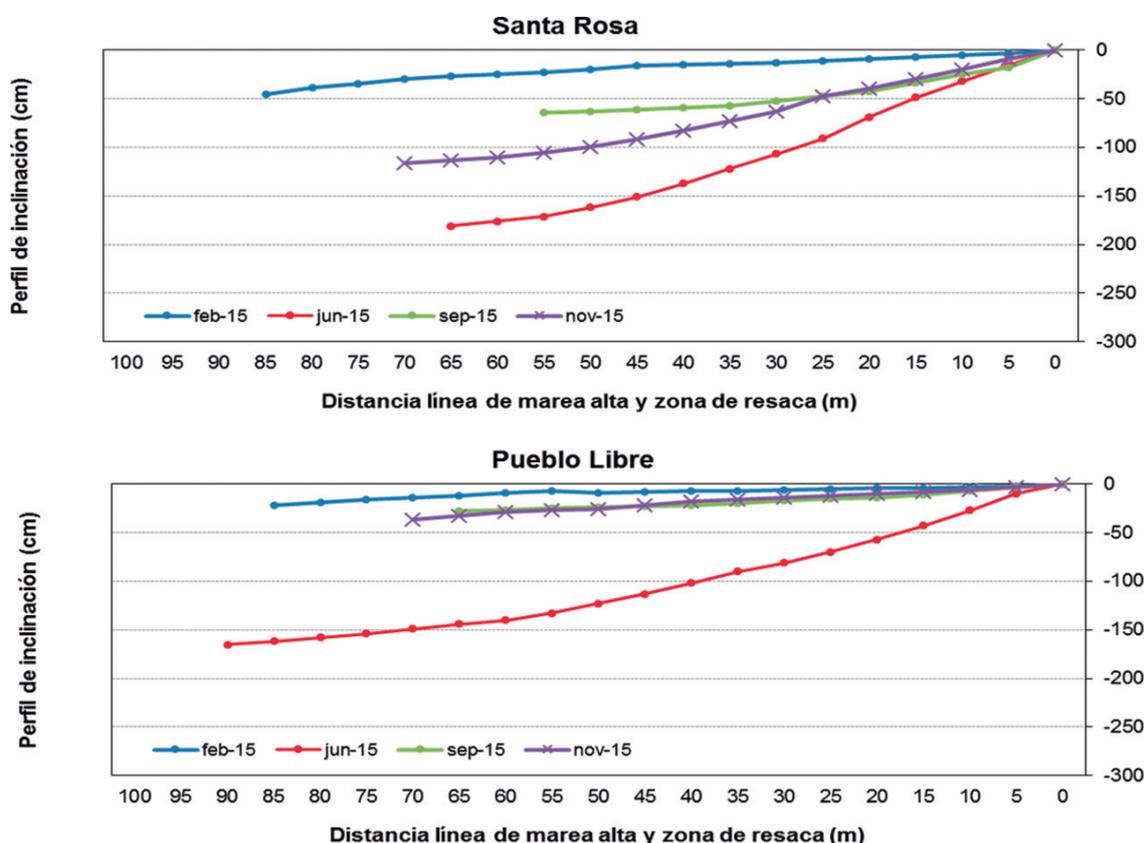


Figura 8.- Perfil de inclinación en playas Santa Rosa (T1) y Pueblo Libre (T2). 2015

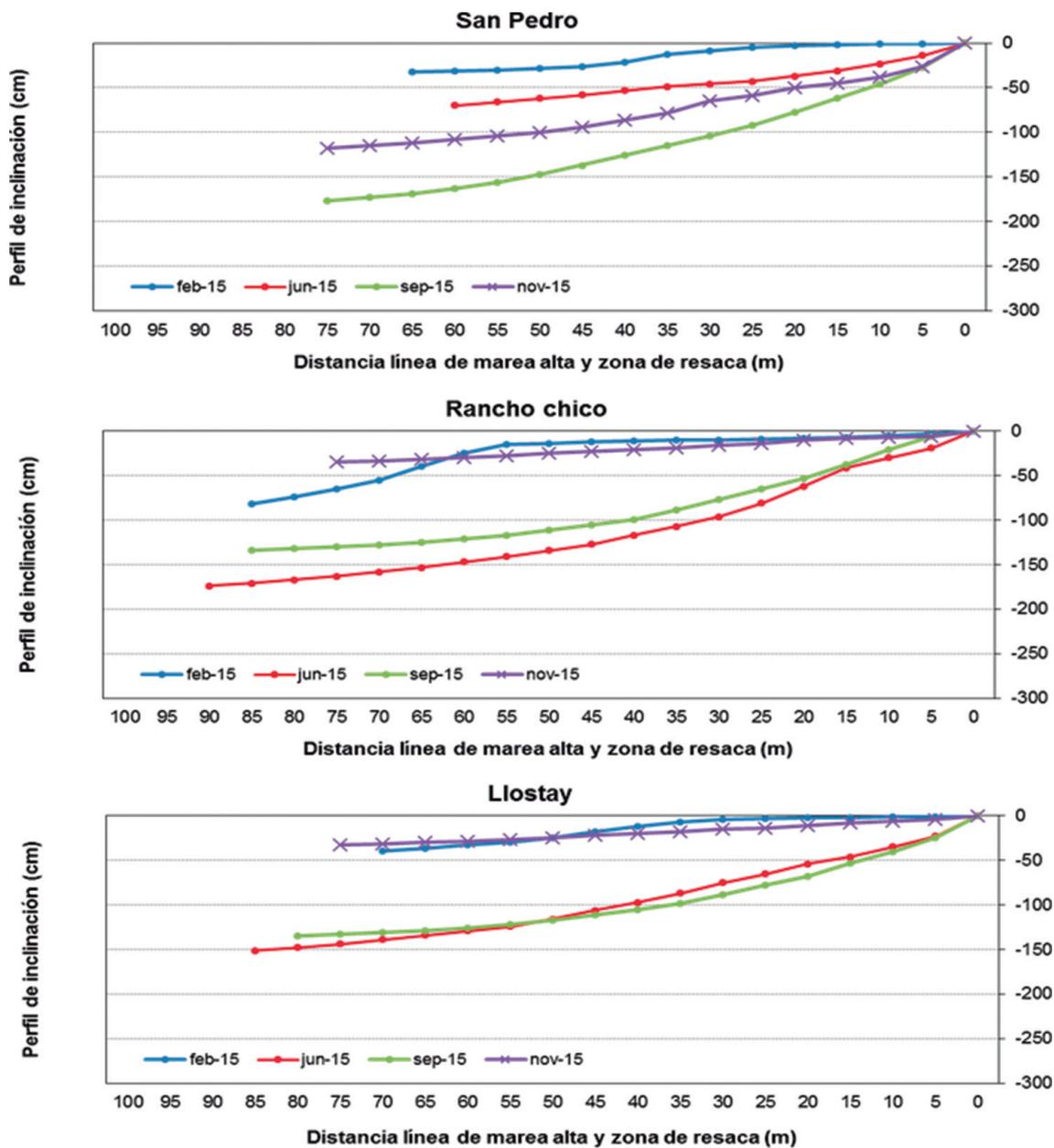


Figura 9.- Perfil de inclinación en las playas de San Pedro (T3), Rancho Chico (T4) y Llostay (T5). 2015

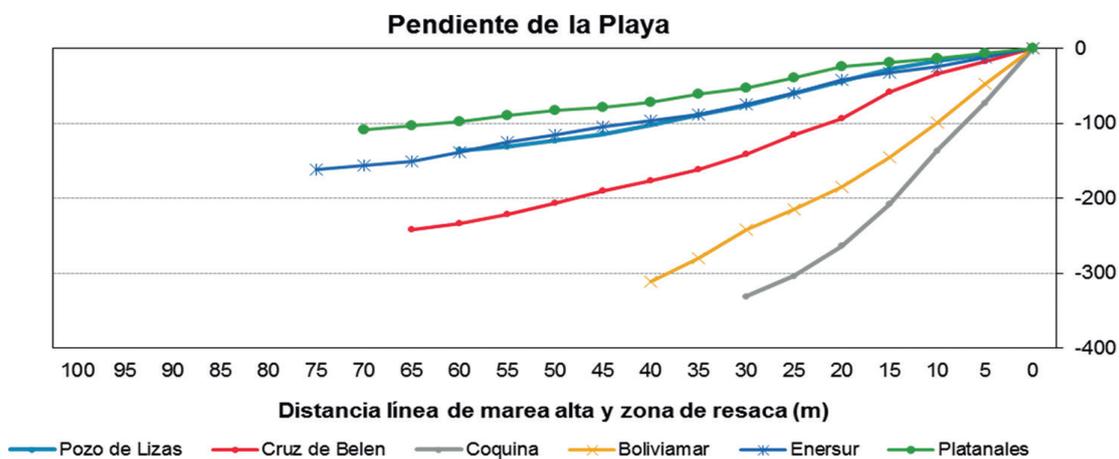


Figura 10.- Perfil de inclinación en las playas Pozo de Lisas, Cruz de Belén, Coquina, Bolivia mar, ENERSUR y Platanales. Marzo 2015

En febrero (verano) se observó la zona de secado con mayor extensión en relación con los otros meses monitoreados. La mayor extensión en la zona de saturación se alcanzó en junio, 50 m en Santa Rosa y 90 m en Rancho Chico. El ancho intermareal fue mayor en setiembre con valores que fluctuaron entre 50 m (Santa Rosa y San Pedro) y 65 m (Llostay) siendo menor en febrero con valores entre 25 m (San Pedro) y 40 m (Santa Rosa, Pueblo Libre y Llostay) (Tabla 4).

La frecuencia de ola presentó poca variabilidad. Los valores promedio variaron entre 10 y 18 segundos en las playas Pueblo Libre (febrero) y San Pedro (setiembre), respectivamente. La altura de ola fue

mayor en setiembre con valores promedio entre 106 a 118 cm y menor en febrero (99 - 114 cm) y junio (101 - 112 cm) (Tablas 4, 5).

En las playas de Moquegua la zona de secado presentó corta extensión (<25 m); las pendientes fueron pronunciadas en las playas de Coquina y Boliviama; la zona de saturación estuvo entre 35 a 42 m de la línea de alta marea presentando el ancho intermareal <25 m. En las otras playas, la zona de saturación estuvo ubicada entre 65 a 80 m de la línea de alta marea; la frecuencia de olas varió entre 7 a 11 s, arribando las olas con mayor frecuencia que en Tacna; la altura de ola varió entre 99 cm (Platanales) y 137 cm (Coquina) (Tabla 5).

Tabla 4.- Características de las playas Santa Rosa (T1), Pueblo Libre (T2), San Pedro (T3), Rancho Chico (T4) y Llostay (T5). Región Tacna. 2015

Zonificación (m)	Febrero				
	Santa Rosa	Pueblo Libre	San Pedro	Rancho Chico	Llostay
Secado	0-50	0-45	0-35	0-50	0-40
Retención	50-70	45-70	35-45	50-65	40-55
Resurgencia	70-90	70-85	45-60	65-85	55-80
Saturación	>90	>85	>60	>85	>80
Ancho intermareal (m)	40	40	25	35	40
Pendiente (%)	0,54	0,26	0,50	0,96	0,56
X Frecuencia de ola (s)	17	13	17	14	16
X Altura de ola (m)	0,99	1,14	1,12	1,06	1,03
Índice de Dean	3,45	5,09	3,72	4,15	3,83
Zonificación (m)	Junio				
	Santa Rosa	Pueblo Libre	San Pedro	Rancho Chico	Llostay
Secado	0-25	0-25	0-25	0-30	0-25
Retención	25-35	25-40	25-40	30-35	25-40
Resurgencia	35-50	40-80	40-65	35-90	40-70
Saturación	>50	>80	>65	>90	>70
Ancho intermareal (m)	50	55	40	60	45
Pendiente (%)	1,16	1,83	1,17	1,93	1,78
X Frecuencia de ola (s)	18	13	10	17	14
X Altura de ola (m)	1,18	1,01	1,12	1,02	1,11
Zonificación (m)	Setiembre				
	Santa Rosa	Pueblo Libre	San Pedro	Rancho Chico	Llostay
Secado	0-10	0-10	0-20	0-20	0-20
Retención	10-35	10-40	20-45	20-50	20-55
Resurgencia	35-60	40-70	45-70	50-80	55-85
Saturación	>60	>70	>70	>80	>85
Ancho intermareal (m)	50	60	50	50	60
Pendiente (%)	1,16	0,43	2,36	1,58	1,69
X Frecuencia de ola (s)	18	14	13	15	15
X Altura de ola (m)	1,18	1,15	1,09	1,06	1,06
Zonificación (m)	Noviembre				
	Santa Rosa	Pueblo Libre	San Pedro	Rancho Chico	Llostay
Secado	0-25	0-35	0-30	0-25	0-10
Retención	25-55	35-50	30-40	25-60	10-50
Resurgencia	55-70	50-70	40-70	60-80	50-80
Saturación	>70	>70	>70	>80	>80
Ancho intermareal (m)	45	35	40	55	70
Pendiente (%)	1,66	0,53	1,57	0,47	0,44
X Frecuencia de ola (s)	16	16	15	15	14
X Altura de ola (m)	1,10	1,10	1,11	1,08	1,06

Tabla 5.- Características de las playas Pozo de Lizas, Cruz de Belén, Coquina, Boliviamar, ENERSUR y Platanales en el litoral de la provincia de Ilo, Región Moquegua. Marzo - 2015

Zonificación	Pozo de Lizas	Cruz de Belén	Coquina	Boliviamar	ENERSUR	Platanales
Secado	0-22	0-25	0-9	0-20	0-25	0-22
Retención	22-46	25-40	9-22	20-35	25-50	22-55
Resurgencia	46-65	40-65	22-35	35-42	50-80	55-75
Saturación	>65	>65	>35	>42	>80	>75
Ancho intermareal (m)	45	40	25	20	55	53
Pendiente (%)	2,27	3,72	11,03	7,78	2,15	1,54
X Frecuencia de ola (s)	08	10	09	07	08	11
X Altura de ola (m)	1,02	1,13	1,37	1,17	1,28	0,99

### Granulometría

En las playas de Tacna (febrero), se determinó que la fracción de arena fina predominó en las zonas estudiadas, y la fracción de arena muy fina presentó valores importantes en la zona de secado donde se registran las especies como *Excirrolana braziliensis* y *O. gaudichuadii*. En la figura 11, se puede observar la diferente granulometría por cada playa estudiada.

Latitudinalmente se observó en la zona donde se distribuye el recurso macha, que la fracción de arena fina presentó sus mayores valores en las playas de Llostay (18°11'S) y Pacífico (18°12'S) y los menores porcentajes en Rancho Chico (18°14'S), Rancho Grande (18°15'S) y Gramadal (18°16'S). La fracción de arena media presentó mayores porcentajes (21-24%) en las latitudes 18°14'S, 18°15'S y 18°16'S, así como la fracción de arena gruesa mostró porcentajes entre 6 y 12 (Figs. 12, 13).

En relación al tamaño medio del grano ( $\phi$ ) en el área de distribución del recurso macha en las playas de Tacna, desde la zona de saturación hasta la zona de rompiente, se evidenció predominio de la fracción de arena fina (tamaño de grano de 0,125 a 0,25 mm –  $\phi$  3-2).

### ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS

#### Temperatura (°C)

En el litoral de Tacna la temperatura superficial del mar presentó predominio de anomalías térmicas positivas en todos los meses de muestreo al comparar con la temperatura patrón de la Estación Costera Fija de Ilo, estas anomalías variaron entre +1,7 °C (junio) y +3,2 °C (febrero). Los mayores valores térmicos se registraron en las playas Pacífico (18°12'S) (21,1 °C), El Chasqui (18°13'S) (22,1 °C), Cenizales (18°19'S) (21,3 °C) y Santa Rosa (18°20'S) (21,7 °C) durante febrero; entre Llostay (18°11'S) (18,0 °C) y Gramadal (18°15'S) (18,2 °C) durante junio; en la zona de San Pedro (18°17'S) (18,0°C) en septiembre y en las zonas de San Pedro (19,3°C) y Pueblo Libre (19,0°C) en la latitud 18°18'S durante noviembre (Tabla 6).

Tabla 6.- Temperatura Superficial del Mar (°C) en el litoral de la Región Tacna. 2015

Latitud S	Temperatura superficial (°C)			
	Febrero	Junio	Setiembre	Noviembre
18°10'	20,2			
18°11'	19,6	18,0	16,7	17,3
18°12'	21,1	18,0	17,0	17,2
18°13'	22,1	17,9	17,2	17,2
18°14'	20,6	18,0	17,7	17,5
18°15'	19,6	18,2	17,2	18,1
18°16'	20,5	17,9	17,6	18,6
18°17'	20,7	17,6	18,0	19,3
18°18'	19,9	17,6	17,5	19,0
18°19'	21,3	17,8	17,8	18,1
18°20'	21,7	17,7	17,6	18,2

En el litoral de Moquegua los valores de temperatura superficial en marzo variaron entre 18,0 °C y 21,4 °C, con promedio 19,8 °C, las condiciones fueron cálidas y las anomalías fueron positivas en toda el área de estudio en comparación con la temperatura patrón de la Estación Costero Fija de Ilo (marzo 17,2 °C). Los mayores rangos de temperatura se presentaron al norte de Pozo de Lizas (17°41'S) y Coquina (17°42'S) con valores >21,0 °C; los menores valores térmicos (19,5°) se registraron al norte de ENERSUR (17°45'LS) (Fig. 14).

#### Salinidad (ups)

Durante el 2015 las concentraciones halinas en el litoral de Tacna, generalmente presentaron valores >35,0 ups; en febrero las concentraciones variaron entre 34,994 y 35,295 ups, en junio entre 35,000 y 35,174 ups, y en septiembre entre 34,913 y 35,102 ups. En febrero, los altos valores se relacionaron con anomalías térmicas altas (+3,2°C). También, se observó presencia de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) desde febrero, intensificándose en junio; en setiembre predominaron las Aguas costeras Frías (ACF). Los altos valores de salinidad fueron producto del desarrollo del evento El Niño Costero, que incrementó las temperaturas en todo el litoral peruano (Tabla 7).



Figura 11.- Granulometría (%) de las playas estudiadas en el litoral de la Región Tacna. 2015

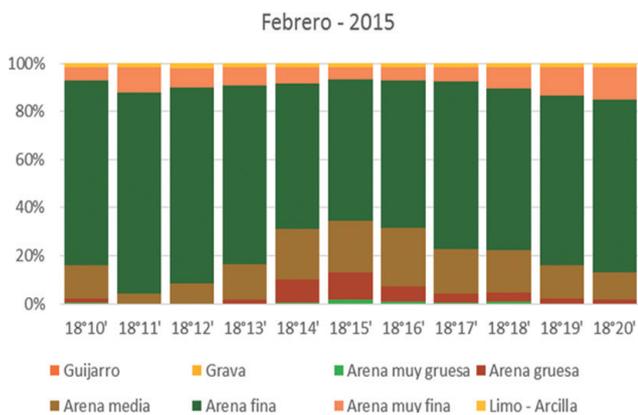


Figura 12.- Granulometría (%) latitudinal desde Llostay (18°10'S) hasta Santa Rosa (18°20'S), Tacna. Febrero 2015

Tabla 7.- Salinidad Superficial del Mar (ups) en el litoral de la Región Tacna. 2015

Latitud S	Salinidad Superficial (ups)		
	Febrero	Junio	Setiembre
18°11'	35,025	35,151	35,016
18°12'	35,129	35,136	35,003
18°13'	35,007	35,070	35,035
18°14'	35,066	35,130	35,055
18°15'	35,196	35,122	35,049
18°16'	35,034	35,114	35,022
18°17'	35,024	35,113	35,046
18°18'	35,028	35,122	35,010
18°19'		35,092	34,924
18°20'		35,089	34,986

En Moquegua la concentración halina en marzo varió entre 34,965 ups (17°42'27"S) hasta 35,133 ups (17°44'2,4"S) siendo valores característicos de ACF en la estación de verano que podrían incrementarse si continuaran las condiciones térmicas >20,0 °C. Las mayores concentraciones se dieron en las latitudes 17°41'S, 17°44'S y 17°45'S con valores >35,00 ups donde las temperaturas fueron >19,5 °C; las menores concentraciones halinas se dieron frente a Coquina

(17°42'S) con <35,00 ups y registros térmicos >20,0 °C (Fig. 15). A nivel de fondo presentaron valores entre 34,968 y 35,034 ups.

**Oxígeno (mL/L)**

Las concentraciones de oxígeno disuelto a nivel superficial durante el año 2015 en el litoral de Tacna se dan en la Tabla 8.

La concentración de oxígeno disuelto a nivel superficial al sur de Punta Coles en Moquegua varió entre 4,98 mL/L y 7,33 mL/L, con promedio 5,99 mL/L; las mayores concentraciones (>7,0 mL/L) se registraron frente a Pozo de Lizas (17°41'S) y los menores valores frente a Boliviamar (17°45'S) observándose un núcleo <5,5 mL/L frente al aeropuerto (17°42'S) en la zona frente a Coquina predominaron concentraciones entre 6,0 y 6,5 mL/L (Fig. 16).

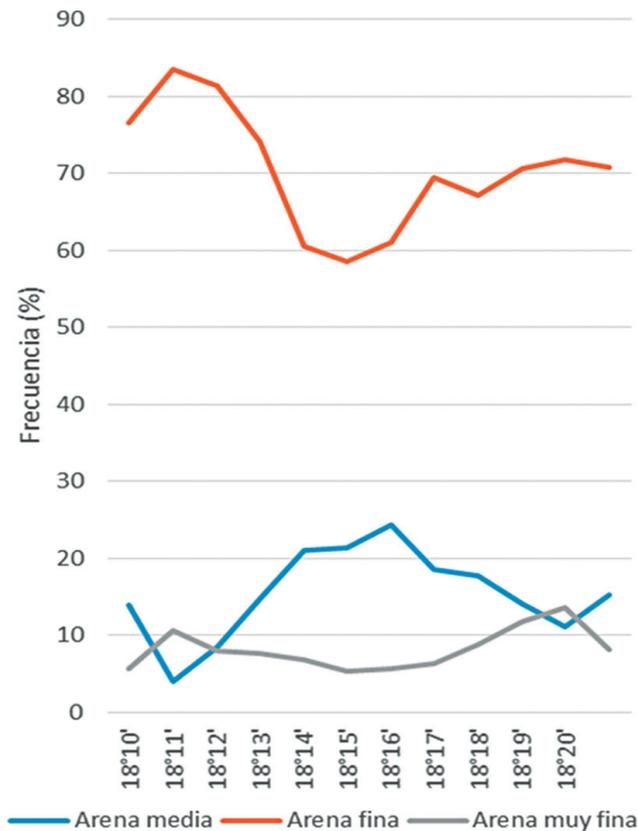


Figura 13.- Fracciones de arena, latitudinalmente. Tacna, Febrero 2015

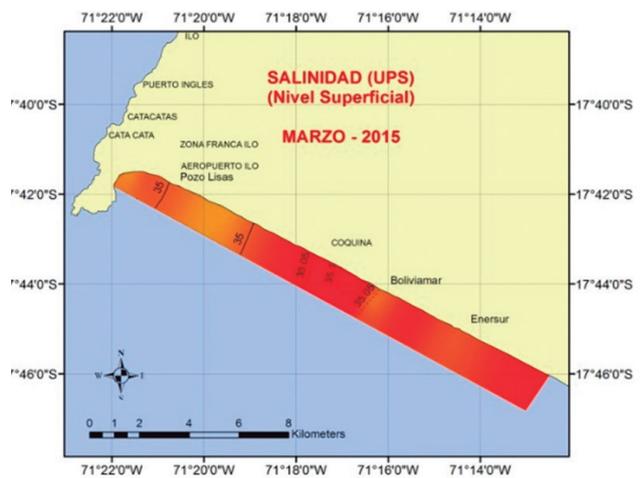


Figura 15.- Salinidad superficial del mar (ups) entre Pozo de Lizas y ENERSUR. Región Moquegua. Marzo 2015

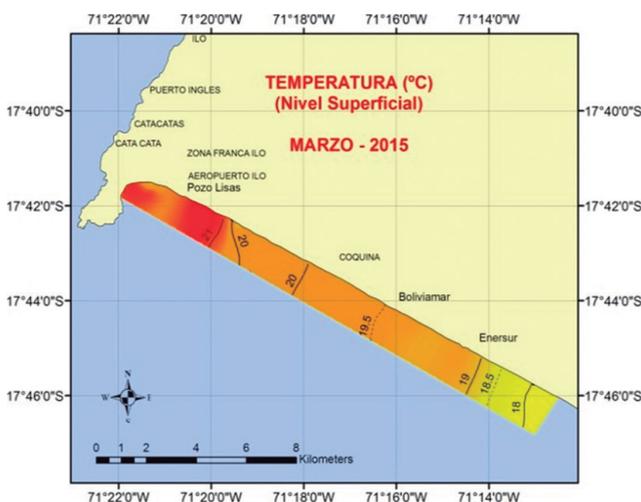


Figura 14.- TSM (°C) entre Pozo de Lizas-ENERSUR. Moquegua. Marzo 2015

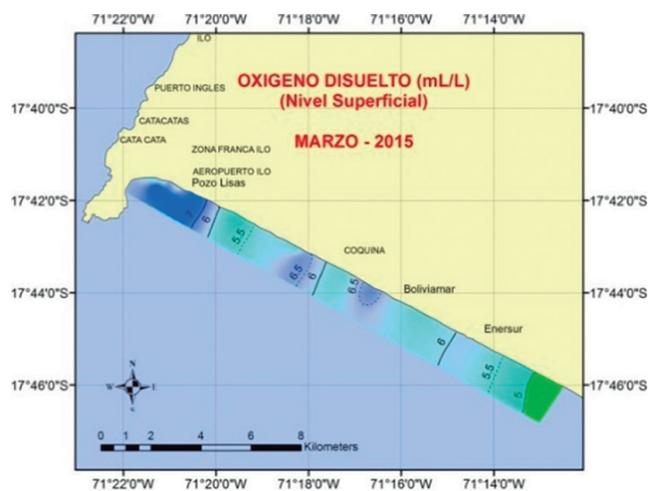


Figura 16.- Oxígeno disuelto (mL/L) en Pozo de Lizas-ENERSUR. Marzo 2015

Tabla 8.- Oxígeno Superficial del Mar (mL/L) en el litoral de la Región Tacna. 2015

Latitud S	Oxígeno superficial (mL/L)			
	Febrero	Junio	Setiembre	Noviembre
18°11'	6,24	7,42	6,20	5,37
18°12'	6,21	6,86	6,08	4,81
18°13'	5,99	7,32	6,48	5,07
18°14'	6,32	7,68	6,11	6,74
18°15'	6,17	7,21	6,52	6,71
18°16'	6,85	7,68	6,45	6,72
18°17'	6,38	7,14	6,09	6,41
18°18'	6,35	7,40	5,97	6,76
18°19'	7,03	7,15	5,97	8,41
18°20'	6,33	7,49	6,05	7,16

**ASPECTOS BIOLÓGICO POBLACIONALES DE MACHA**

**Estructura de tallas**

Los 57 ejemplares recolectados fueron adultos. El rango de tallas estuvo comprendido entre 50 y 86 mm de longitud total (LT). Se observó tres grupos modales (59 mm, 74 mm y 80 mm). El 21% fueron menores a la talla mínima de captura (TMC = 70 mm). En junio, setiembre y noviembre se recolectaron 6 ejemplares, y sus tallas variaron entre 52 y 71 mm LT.

**Madurez gonadal y proporción sexual**

En febrero se procesaron histológicamente 44 muestras, identificándose 15 machos, 4 hembras y 25 indiferenciados. El 25% de hembras se encontró en estadio I (reposo), el 25% en el estadio II (en maduración) y el 50% en el estadio V (recuperación). En machos 26,7% se encontró en estadio II, el 6,7% en estadio III (maduro) y el 66,6% en estadio V (post expulsante). La condición reproductiva observada es propia del mes de estudio, ya que con la información histórica disponible en los meses de verano de los últimos años ha predominado el estadio V (recuperación/post expulsante) en ambos

sexos; además, suele presentarse alto número de individuos indiferenciados (catalogados en estadio V) es decir, sus gónadas están completamente vacías haciendo difícil diferenciar el sexo. La proporción sexual favoreció a los machos 1,0 H : 3,8 M.

En febrero 2015 se observó que el factor de condición (K) continúa la tendencia decreciente observada en diciembre 2014. Al analizar los datos de manera histórica se encuentra un patrón estacional con mayores valores de agosto a octubre, periodo que coincide con la máxima madurez del recurso, próximo a su periodo de desove, mientras que los menores valores se observaron entre enero y junio (Fig. 17).

**Relación Longitud vs Peso**

Se analizaron 50 ejemplares de macha con tallas entre 50 y 86 mm, peso total entre 12,27 y 74,47 g y peso del cuerpo entre 2,92 y 12,17 g. El valor de la pendiente de la relación LT - PT fue de 3,3801 (LC al 95%: 3,1531 – 3,6071) que estaría influenciado por el mayor peso de la valvas infestadas con *Polydora* sp., que forma ampollas en la valva; la relación de LT - PC generó valores de b = 2,4704 (LC al 95%: 2,0784 – 2,8624) (Fig. 18).

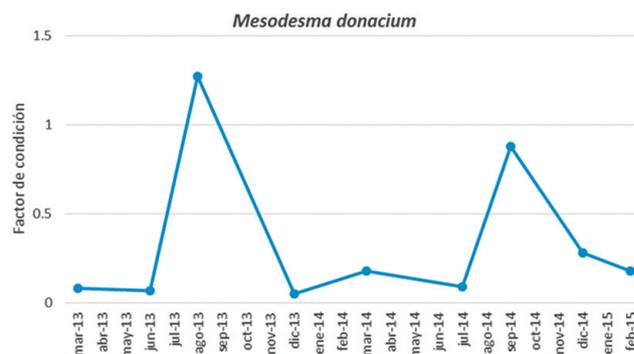


Figura 17.- Factor de condición (k) de *M. donacium*. Tacna. Marzo 2013-Febrero 2015

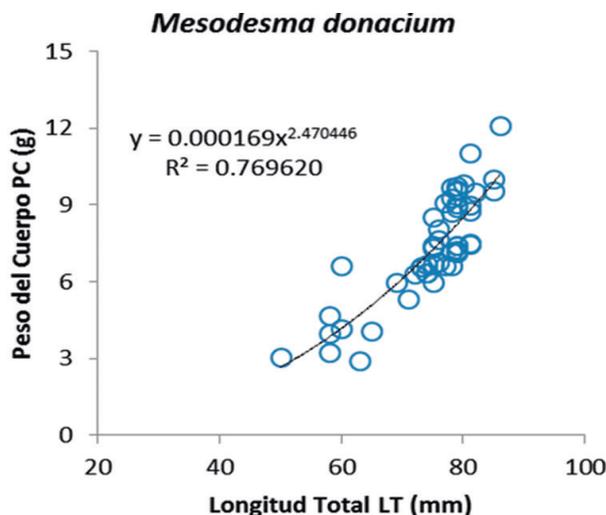
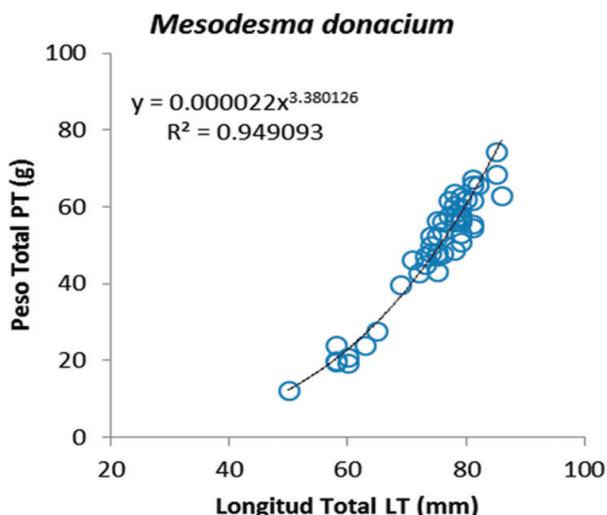


Figura 18.- Relación Longitud Total (LT) vs Peso Total (PT) y Peso del Cuerpo (PC) de *M. donacium* en el litoral de Tacna, Febrero – 2015

**Epibiosis y parasitismo**

En febrero se determinó presencia de la hidromedusa *Clytia* sp. en 12% del total de ejemplares recolectados; la prevalencia de poliquetos del género *Polydora* fue 86%, mientras que la presencia de *Rhodobotrium* sp. se manifestó en 14% de individuos estudiados.

**ASPECTOS POBLACIONALES**

**Distribución y Abundancia (Nº de individuos/m²)**

En febrero se realizaron 126 transectos en el área de estudio, resultando 90 negativos para macha (71%), registrándose su presencia desde Llostay hasta Santa Rosa; sin embargo, su distribución se caracterizó por presentar pequeños parches con densidades promedio <1 ind/m², principalmente entre Rancho Chico (18°14'S) y San Pedro (18°17'S) que corresponden al sector S3 (Rancho Chico – Kulauta). En el sector S4, entre Kulauta y Cenizales, no se registró macha (Fig. 19).

En los muestreos de junio, setiembre y noviembre el recurso fue muy escaso, sólo se registró en Rancho Grande (18°15'S), Gramadal (18°16'S) y San Pedro (18°17'S).

En el litoral de Moquegua en marzo el 100% de las estaciones por orilla, fueron negativas para macha, en los muestreos por mar sólo se encontró un ejemplar de 7 mm frente a Boliviamar (17°44'S).

**Biomasa y abundancia poblacional**

La biomasa total de macha entre Llostay y Santa Rosa (Tacna) se estimó en 22,2 t (±39,5%). La

mayor densidad (242.667 ind.) y biomasa (12,5 t) se registraron en el sector S3 (Rancho Chico – Kulauta).

**ASPECTOS BIOLÓGICO-POBLACIONALES DE MUY MUY**

**Estructura de tallas**

*E. analoga*, en el litoral de Tacna presentó tallas entre 2 y 27 mm de LC (longitud cefalotorácica). La moda principal fue variable durante los muestreos, en febrero fue 8 mm LC, en junio 10 mm LC, en setiembre y noviembre se presentaron hasta tres grupos modales (10 mm, 3-4 mm y 14-15 mm) (Fig. 20).

En Moquegua, las tallas variaron entre 3 y 25 mm de LC, con dos grupos modales: 9 y 4 mm (Fig. 21).

Al analizar la estructura de tallas de la población por sexo en el litoral de Tacna, se observó que los machos presentaron rango de talla entre 6 y 19 mm de LC y modas de 8 mm en febrero y 10 mm en junio, setiembre y noviembre; asimismo, se evidenció el ingreso de un nuevo grupo de edad en noviembre con moda en 8 mm. Las tallas de las hembras variaron entre 6 y 27 mm LC, presentando modas diferentes en cada uno de los muestreos 8 mm (febrero), 12 mm (junio), 14 mm (setiembre) y 15 mm (noviembre); también se registró el ingreso de un nuevo grupo de edad en noviembre con moda en 8 mm. Las megalopas (individuos pequeños con pleópodos plumosos y ojos con pedúnculo corto) presentaron mayores incidencias en setiembre con moda en 4 mm (Fig. 22).



Figura 19.- Distribución y abundancia (Nº de individuos/m²) de *M. donacium* en el litoral de la Región Tacna. Febrero - 2015

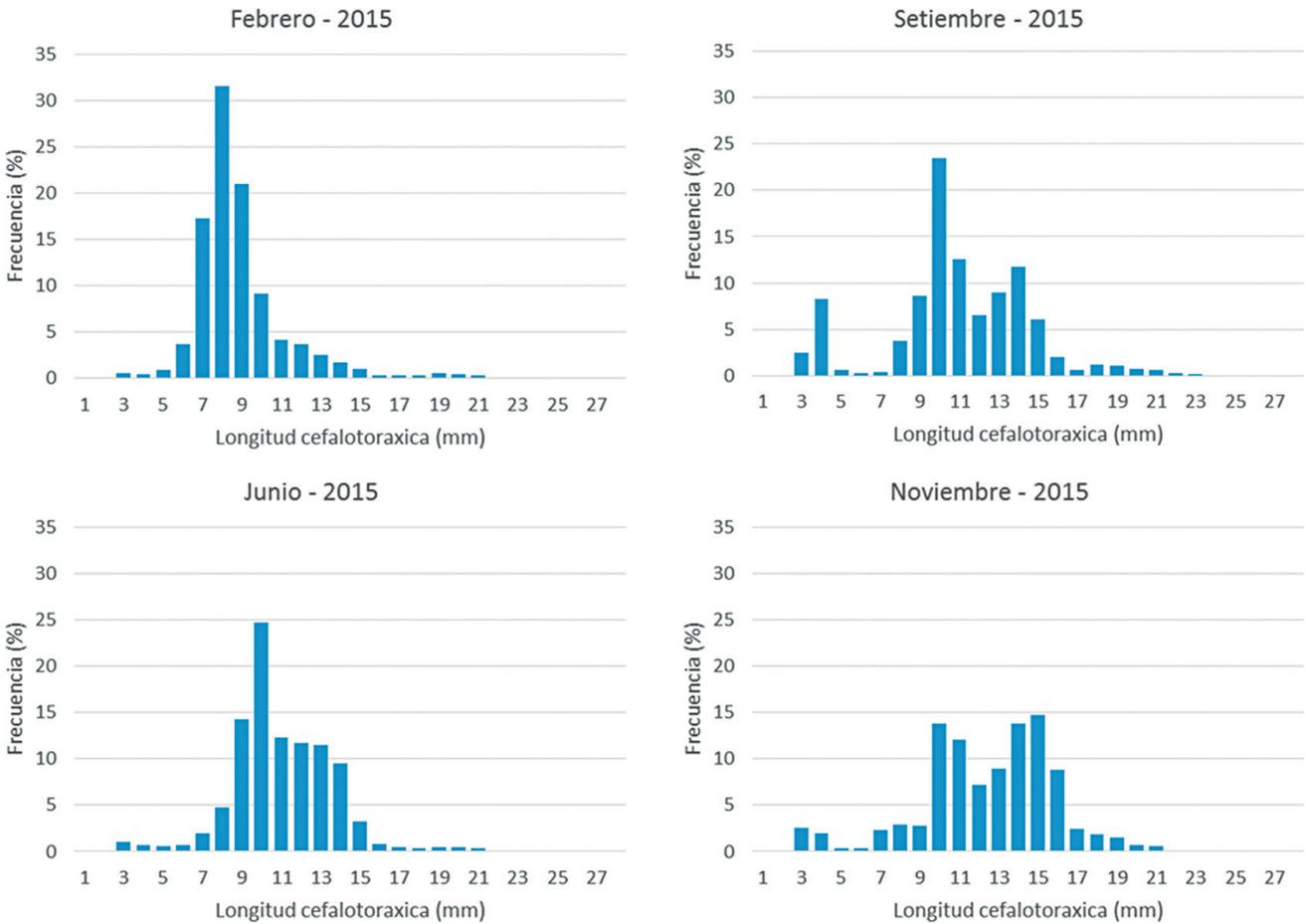


Figura 20.- Estructura por tallas de *E. analoga* en el litoral de la Región Tacna

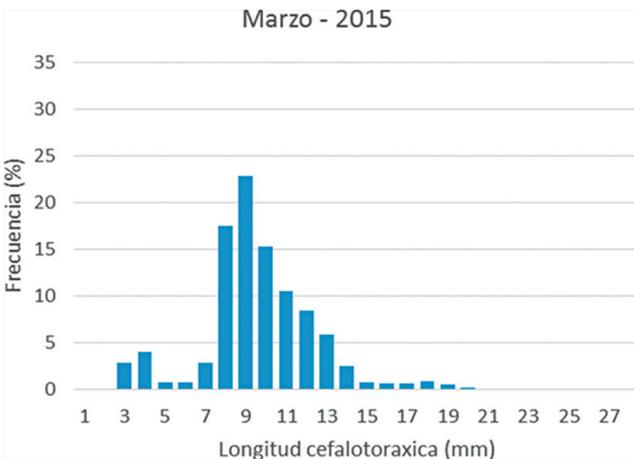


Figura 21.- Estructura por tallas de *E. analoga*. Región Moquegua

Las hembras presentaron tallas entre 6 y 25 mm de LC y moda en 11 mm, mientras que los machos variaron entre 6 y 19 mm y moda en 9 mm (Fig. 23).

**Madurez gonadal y proporción sexual**

La condición reproductiva de las hembras de *E. analoga* en setiembre mostró mayor porcentaje de hembras ovígeras (50,7%), mientras que en febrero

y marzo se registró el menor porcentaje (3 y 7%). En relación a los estadios de desarrollo de las hembras ovígeras predominaron las ovígeras 5 en setiembre, mientras que las ovígeras 1 y 2 en noviembre (Fig. 24).

La proporción sexual fue de 1,0:1,0 en febrero y marzo; en junio y setiembre fue ampliamente favorable a los machos, lo que se confirmó al aplicar la prueba de  $\chi^2$  y se observaron diferencias significativas, asimismo en noviembre la proporción fue favorable a las hembras (1,2:1,0).

**Factor de condición**

El factor de condición muestra marcada variabilidad, los registros más bajos se dan en marzo, incrementándose en junio y obteniendo valores más altos en setiembre, disminuyendo ligeramente en noviembre (Fig. 25).

**Relación Longitud vs Peso**

Se analizaron ejemplares con tallas entre 2 y 27 mm LC. El valor de la pendiente de la relación LC - PT varió entre 2,9284 y 3,1468 en hembras, mientras que en los machos fluctuó entre 2,7786 y 3,0149. Las hembras presentaron mayor peso total que los machos, sobre todo en noviembre y junio (Tabla 9, Fig. 26).

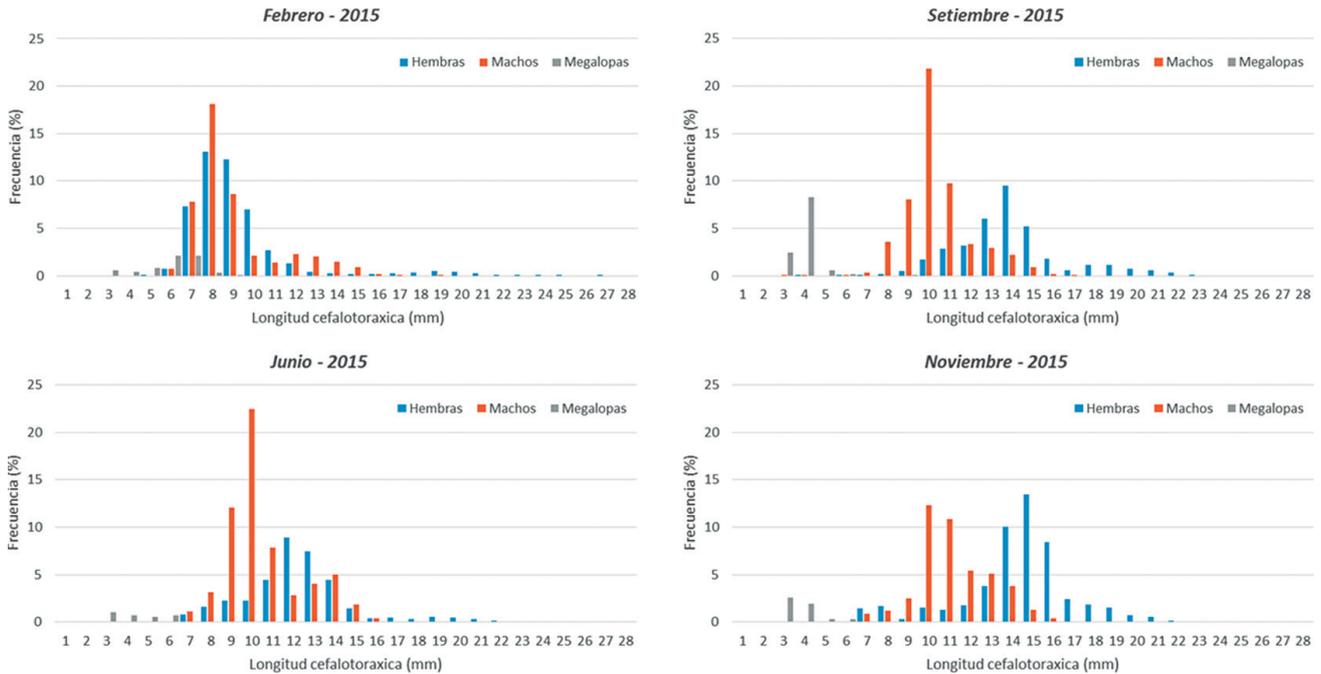


Figura 22.- Distribución de tallas de *E. analoga*, por sexo (hembras, machos y megalopas) en el litoral de la Región Tacna

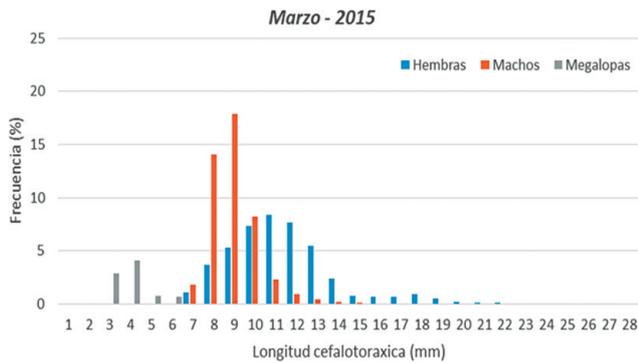


Figura 23.- Distribución de tallas de *E. analoga*, por sexo (hembras, machos y megalopas) en el litoral de la Ilo, Región Moquegua

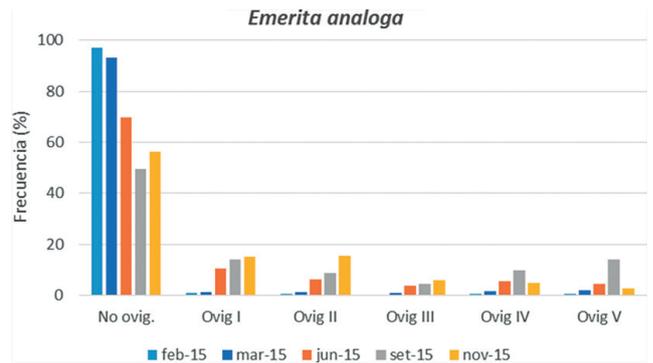


Figura 24.- Estadios de desarrollo de hembras de *E. analoga* en el litoral de las Regiones de Moquegua y Tacna

Tabla 9.- Parámetros relacionados con la relación Longitud – Peso de *E. analoga* por sexo durante los muestreos efectuados en el litoral de Ilo y Tacna. 2015

Parámetros	Hembras					Machos				
	feb	mar	jun	set	nov	feb	mar	jun	set	nov
a	0,00035	0,00028	0,00032	0,00050	0,00027	0,00046	0,00053	0,00038	0,00058	0,00047
b	3,04936	3,09303	3,08654	2,92836	3,14676	2,91917	2,77862	3,01494	2,84475	2,91568
R <sup>2</sup>	0,92828	0,95658	0,96255	0,94730	0,95160	0,91357	0,83240	0,93125	0,92878	0,89497
R	0,96347	0,97805	0,98110	0,97329	0,97550	0,95581	0,91236	0,96501	0,96373	0,94603

**Aspectos poblacionales**

En el litoral de Tacna el recurso presentó densidades promedio que variaron entre 188 y 1308 ind/m<sup>2</sup>, registrándose menores valores en junio y noviembre; en febrero se observaron las mayores densidades debido a la presencia de ejemplares juveniles (megalopas).

El análisis descriptivo determinó densidad promedio de 833 ind/m<sup>2</sup> en febrero, 380 ind/m<sup>2</sup> en junio, 636 ind/m<sup>2</sup> en setiembre y 391 ind/m<sup>2</sup> en noviembre. Las mayores densidades se observaron en Rancho Chico (18°14'S), Llostay (18°11'S), Pacifico (18°12'S) y San Pedro (18°17'S) en febrero; mientras que las menores densidades se registraron en junio en San Pedro (18°17'S) y Cenizales (18°19'S) (Fig. 27).

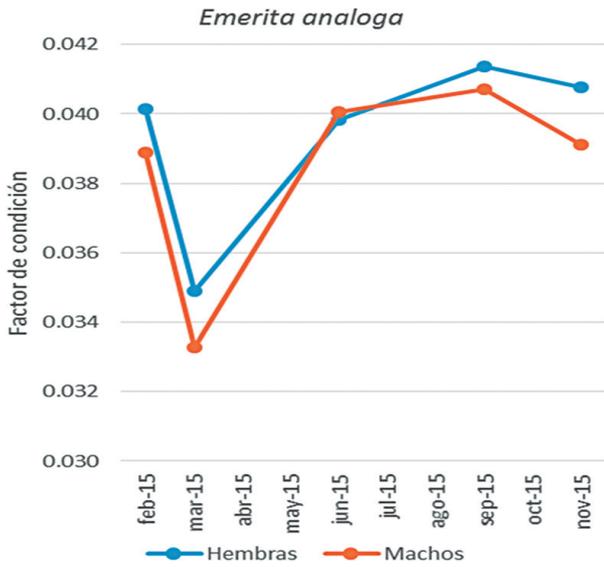


Figura 25.- Variación media mensual del factor de condición (FC) de *E. analoga* Febrero – Noviembre 2015

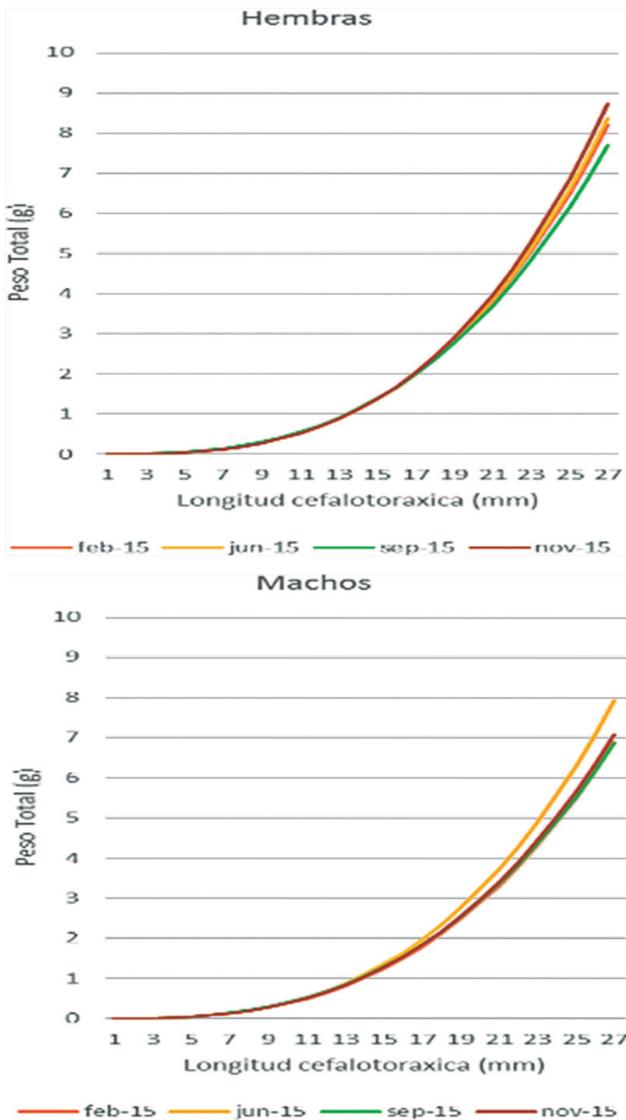


Figura 26.- Relación Longitud cefalotoraxica (LC) – Peso Total (PT) de *E. analoga* por periodo de muestreo. Regiones de Moquegua y Tacna

Respecto a la biomasa el valor medio ( $\text{g/m}^2$ ) varió entre 106,3 y 697,2  $\text{g/m}^2$ , registrándose los menores valores en junio; mientras que en setiembre se detectaron las mayores biomásas (Fig. 28).

En el litoral de Ilo, la densidad promedio en marzo fue de 1444 ind/ $\text{m}^2$  y biomasa 894,6  $\text{g/m}^2$ , los mayores valores estuvieron en la zona de ENERSUR ( $17^\circ 45'S$ ) y los menores en Pozo de Lizas ( $17^\circ 41'S$ ) comportamiento similar se observó en relación a la biomasa.

## BIODIVERSIDAD

### Estructura comunitaria e Índices ecológicos

En el litoral de Tacna se registraron 16 especies durante el periodo de muestreo distribuidos en cinco grupos taxonómicos. El grupo más importante fue Artrópodos en abundancia y riqueza de especies; seguido de anélidos, moluscos, nematodos y nemertinos con registros variables por zona y mes monitoreado. Las especies más importantes por frecuencia de ocurrencia y abundancia fueron *E. braziliensis* y *E. analoga* y en menor grado *Hemipodia simplex* (Grube, 1857) que fueron dominantes en las zonas de secado, saturación y retención, respectivamente.

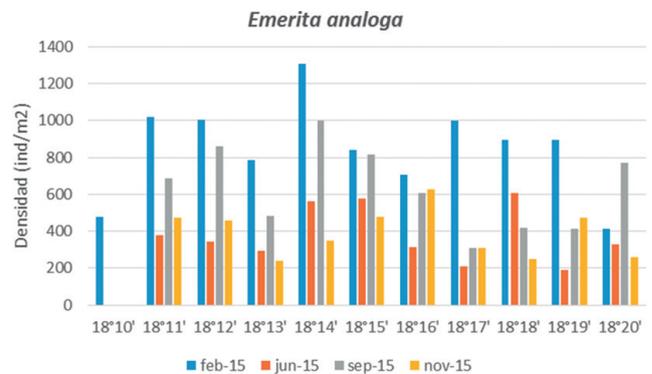


Figura 27.- Densidad ( $\text{ind/m}^2$ ) de *E. analoga* por periodo de muestreo y por grado latitudinal. Tacna

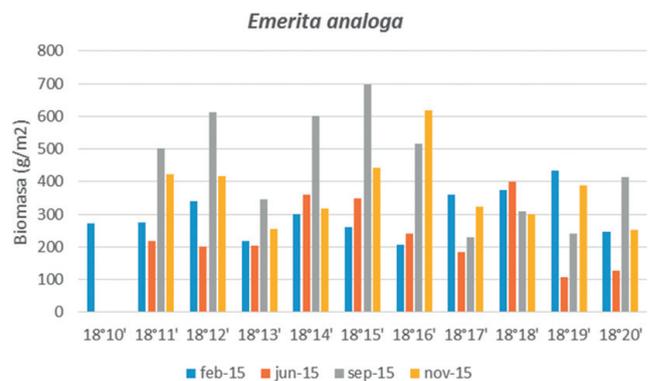


Figura 28.- Biomasa ( $\text{g/m}^2$ ) de *E. analoga* por periodo de muestreo y por grado latitudinal. Tacna

El análisis temporal de los índices ecológicos permitió determinar tendencia decreciente de riqueza (s) y abundancia (N) hacia el mes de junio como consecuencia del estado morfodinámico de la playa, al soportar marcadas modificaciones (mayor pendiente y menor amplitud de playa) en comparación con los otros meses.

Los valores de diversidad ( $H'$ ) fueron  $>1,0$  bits/ind.; el índice de predominio de Simpson ( $\lambda$ ) indicó dominancia numérica de pocas especies dentro de la comunidad y los bajos valores de uniformidad ( $J'$ ) pusieron de manifiesto la desigualdad en la importancia relativa que existe entre las especies de la comunidad infaunal (Tabla 10).

En el intermareal de las playas de Ilo se registraron 13 taxa, distribuidos en cinco grupos taxonómicos. En abundancia y biomasa los artrópodos fueron los más representativos; los nemertinos solo se ubicaron en Pozo de Lizas. El análisis espacial de la riqueza

no indicó variabilidad; las playas de Coquina y Boliviamar presentaron menor registro de especies (4) debido a la mayor pendiente que limitó la amplitud intermareal (estrato de saturación a partir 35 m) y por lo tanto distribución de especies. La especie más importante en términos de abundancia y biomasa en la comunidad de playas fue *E. analoga* que predominó principalmente en el estrato de saturación hasta la zona de retención en algunas playas; en la playa de Coquina el poliqueto *H. simplex* registró mayor abundancia, *E. braziliensis* presentó densidades bajas en comparación a lo registrado en otras zonas de Ilo y Tacna.

El índice de diversidad de Shannon  $H'$  mostró valores  $>1,0$  bits/ind. Los valores de dominancia ( $\lambda$ ) fueron inversamente proporcionales a los de uniformidad ( $J'$ ) que indicaron dominancia numérica de algunas especies dentro de la comunidad, principalmente en las playas de Boliviamar, ENERSUR y Platanales (Tabla 11).

Tabla 10.- Índices ecológicos por zona de muestreo, intermareal. Región Tacna. 2015

Zona	Índice ecológico	Mes de monitoreo			
		Feb	Jun	Set	Nov
Sta. Rosa	Especies	8	9	7	10
	Individuos (N)	2059	1447	1249	1133
	Margalef (d)	1,781	2305	1,651	2,712
	Pielou ( $J'$ )	0,471	0,468	0,650	0,558
	Shannon ( $H'$ )	1,412	1,483	1,825	1,855
	Simpson ( $\lambda$ )	0,426	0,421	0,325	0,338
Pueblo Libre	Especies	8	9	8	7
	Individuos (N)	3512	1549	1635	1551
	Margalef (d)	1,609	2,261	1,899	1,629
	Pielou ( $J'$ )	0,432	0,558	0,596	0,529
	Shannon ( $H'$ )	1,296	1,769	1,787	1,484
	Simpson ( $\lambda$ )	0,461	0,363	0,362	0,440
San Pedro	Especies	11	8	10	12
	Individuos (N)	3870	862	1678	2296
	Margalef (d)	2,248	2,424	2,441	2,797
	Pielou ( $J'$ )	0,377	0,505	0,465	0,347
	Shannon ( $H'$ )	1,304	1,515	1,545	1,245
	Simpson ( $\lambda$ )	0,489	0,431	0,485	0,537
Rancho Chico	Especies	9	8	10	10
	Individuos (N)	1912	1312	2038	1486
	Margalef (d)	2,108	1,991	2,360	2,507
	Pielou ( $J'$ )	0,409	0,384	0,579	0,550
	Shannon ( $H'$ )	1,296	1,152	1,923	1,827
	Simpson ( $\lambda$ )	0,463	0,642	0,322	0,353
Llostay	Especies	9	8	12	10
	Individuos (N)	2592	1796	2092	1430
	Margalef (d)	1,974	1,899	2,898	2,481
	Pielou ( $J'$ )	0,423	0,438	0,422	0,570
	Shannon ( $H'$ )	1,341	1,313	1,514	1,892
	Simpson ( $\lambda$ )	0,483	0,455	0,441	0,342

En el muestreo submareal se registraron 14 especies agrupadas en cuatro grupos taxonómicos; el grupo de artrópodos fue el más representativo en abundancia y biomasa. Los nemertinos solo fueron registrados en Coquina y Boliviamar. El anfípodo *Eudevenopus gracilipes* (Schellenberg, 1931) fue la especie con mayor aporte porcentual a la abundancia, principalmente en Coquina y Boliviamar y *E. analoga* registró aportes importantes en Pozo de Lizas; asimismo se registró un ejemplar de *M. donacium* de 7 mm LT en Boliviamar.

La diversidad  $H'$  presentó valores  $>1,0$  bits/ind., los valores  $<0,5$  de índice de uniformidad estuvieron asociados principalmente a la dominancia observada de *E. gracilipes* en Coquina y Boliviamar (Tabla 11).

### Distribución de cangrejo carretero

La distribución de las madrigueras del cangrejo carretero en las playas de Tacna presentó diferencias por

periodo de muestreo y estrato de zonación. En junio se registró la mayor cantidad de madrigueras en la zona de duna con valores promedio de 5 madrigueras/m<sup>2</sup> a excepción de Santa Rosa (4 madrigueras/m<sup>2</sup>); y en la zona de secado de 5 madrigueras/m<sup>2</sup> en setiembre (San Pedro). El menor número de madrigueras se presentó en febrero tanto para la zona de duna como en la zona de secado con valores de 1 y 2 madrigueras/m<sup>2</sup>.

La dispersión fue regular en la zona de duna en las playas de Pueblo Libre y Rancho Chico con valores de dispersión (H)  $<1$ , de la misma manera en las playas de Santa Rosa y Llostay excepto en setiembre donde la distribución fue agregada. En San Pedro la dispersión de las madrigueras fue agregada con valores de 1,1 y 1,5. En la zona de secado presentó distribución regular en la mayoría de playas y distribución agregada en junio y setiembre en algunas playas, lo cual se podría deber al fuerte oleaje que se presenta en invierno y/o por competencia por alimento (Tabla 12).

Tabla 11.- Índices ecológicos por zona de muestreo a nivel intermareal y submareal. Región Moquegua. 2015

Muestreo	Índices ecológicos	Zonas de muestreo					
		Pozo Lizas	Cruz de Belén	Coquina	Boliviamar	Enersur	Platanales
Por orilla (intermareal)	Especies	11	8	4	4	8	7
	Individuos (N)	510	1428	1710	1743	2790	1078
	Margalef (d)	1,604	0,964	0,403	0,402	0,882	0,859
	Pielou (J')	0,508	0,448	0,634	0,305	0,125	0,265
	Shannon (H')	1,758	1,345	1,268	0,609	0,375	0,744
Por mar (submareal)	Especies	9		8	11	8	
	Individuos (N)	581		1219	1001	122	
	Margalef (d)	1,257		0,985	1,447	1,457	
	Pielou (J')	0,560		0,360	0,310	0,452	
	Shannon (H')	1,777		1,080	1,073	1,355	
	Simpson ( )	0,487	0,523	0,463	0,808	0,905	0,757

Tabla 12.- Variables del Método de Hopkins estimados en las playas del litoral de Tacna. 2015

ZONA DE DUNAS																				
Variables	Santa Rosa				Pueblo Libre				San Pedro				Rancho Chico				Llostay			
	Feb	Jun	Set	Nov	Feb	Jun	Set	Nov	Feb	Jun	Set	Nov	Feb	Jun	Set	Nov	Feb	Jun	Set	Nov
Número de Hoyos promedio (N)	1	4	3	4	1	5	3	2	1	5	2	3	1	5	4	4	1	5	2	1
Número de Hoyos Activos promedio (Na)	1	3	1	3	0	5	2	2	1	4	1	3	1	4	4	3	1	4	1	1
Número de Hoyos Inactivos promedio (Ni)	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0
Promedio distancia Xi (mm)	64	249	374	185	71	218	236	238	75	228	317	280	61	197	208	194	48	171	312	303
Promedio distancia Ri (mm)	110	340	238	317	91	335	379	362	101	257	344	243	78	231	284	250	57	236	289	517
Promedio distancia Yi (mm)	101	309	340	279	105	360	254	491	87	287	433	288	77	234	225	317	55	273	370	426
Promedio diametro hoyo (mm)	8	78	193	66	8	51	72	62	11	83	140	97	7	82	52	54	9	64	104	205
Promedio profundidad del hoyo (mm)	30	258	354	259	34	309	318	286	43	344	366	359	27	343	270	322	40	307	301	395
Valor H	0.5	0.6	3.2	0.4	0.6	0.5	0.4	0.5	0.8	1.2	1.1	1.5	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	1.1	0.4

ZONA DE SECADO																				
Variables	Santa Rosa				Pueblo Libre				San Pedro				Rancho Chico				Llostay			
	Feb	Jun	Set	Nov	Feb	Jun	Set	Nov	Feb	Jun	Set	Nov	Feb	Jun	Set	Nov	Feb	Jun	Set	Nov
Número de Hoyos promedio (N)	2	4	2	3	1	4	4	2	2	1	5	2	1	2	4	2	2	1	3	2
Número de Hoyos Activos promedio (Na)	1	3	2	2	1	4	3	2	2	1	4	2	1	2	2	2	1	1	2	1
Número de Hoyos Inactivos promedio (Ni)	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Promedio distancia Xi (mm)	45	250	393	303	39.4	249.6	514.1	326.5	28.67	412.9	212	359.8	50.8	332.5	286	373.1	46.93	382	245	364.7
Promedio distancia Ri (mm)	69	406	386	333	71.33	235.7	445.9	394	44.07	470.3	309.2	430	72.8	363.7	361	393	61.87	703	365	439
Promedio distancia Yi (mm)	69	412	524	460	76.73	415.2	452.3	500	37.07	494.5	255.2	453	68.2	450.7	306	484	42.67	538	395	466
Promedio diametro hoyo (mm)	8	42	19	37	7.511	25.6	26.42	56	6.511	75.93	28.62	50	6.356	56.58	69	47	7.022	58	68	106
Promedio profundidad del hoyo (mm)	23	226	199	204	35.33	185	205.3	249	27.62	331.9	227.4	216	24.62	263.3	288	231	30.49	316	249	253
Valor H	0.6	0.4	1.1	1.1	0.3	2.4	1.4	0.8	0.4	0.6	0.6	0.7	0.6	1.3	0.7	0.8	0.6	0.4	0.5	0.9

Tabla 13.- Variables del Método de Hopkins estimados en las playas del litoral de Moquegua. Marzo 2015

Variables	ZONA DE DUNA			ZONA DE SECADO			
	Pozo de Lizas	Enersur	Platanales	Pozo de Lizas	Boliviamar	Enersur	Platanales
N° madrigueras/m <sup>2</sup>	1	2	2	1	2	2	2
N° madrigueras activas/m <sup>2</sup>	1	2	1	1	2	2	2
N° madrigueras inactivas/m <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Promedio distancia Xi (mm)	445	251	409	426	678	545	403
Promedio distancia Ri (mm)	352	494	416	537	648	392	557
Promedio distancia Yi (mm)	453	506	414	601	546	355	481
Promedio diametro de madriguera (mm)	57	73	180	60	55	56	71
Promedio profundidad de madriguera (mm)	228	264	210	264	292	192	198
<b>Valor H</b>	2.6	0.2	1.1	0.7	1.3	2.0	0.5

Las madrigueras de mayor tamaño se presentaron en la zona de duna con diámetro promedio que varió entre 7 y 205 mm y en la zona de secado entre 6 y 106 mm. En setiembre y noviembre se presentaron las madrigueras de mayor tamaño tanto en la duna como en la zona de secado. La profundidad de la madriguera fue mayor en la zona de duna con valores promedio entre 27 y 395 mm y en la zona de secado entre 23 y 332 mm (Tabla 12).

En las playas del litoral de Moquegua la densidad de madrigueras fue similar, variando entre 1 y 2 madrigueras/m<sup>2</sup>. La dispersión fue variable en la zona de duna y en la de secado, en Pozo de Lizas presentó distribución agregada en la zona de duna y regular en la de secado, comportamiento similar en la playa de Platanales, sin embargo en ENERSUR la distribución fue agregada en la zona de secado y regular en la duna (Tabla 13).

En relación al tamaño de la madriguera se observó que variaron entre 57 y 180 mm en la zona de duna y entre 55 y 71 mm en la de secado. Por playa monitoreada las mayores se registraron en Platanales. La profundidad de la madriguera fue mayor en la zona de duna en las playas de ENERSUR y Platanales, mientras que en Pozo de Lizas fue mayor en la zona de secado (Tabla 13).

#### 4. DISCUSIÓN

Las playas del litoral de Tacna presentan características morfodinámicas similares a las playas de Coquimbo, Guanaqueros y Tongoy (Chile) con un predominio de arena fina y media donde la macha se distribuye ampliamente (ORTIZ y STOTZ 1996, JARAMILLO *et al.* 1998); en Moquegua (Ilo) algunas playas presentaron pendiente pronunciada y ancho intermareal corto, este tipo de playas mayormente presentan escaso número de especies (McLACHLAN y DORVLO 2005).

La macha *Mesodesma donacium* presentó en las playas de Tacna una población conformada por escaso número de individuos, siendo notoria la ausencia de reclutamientos exitosos (IMARPE 2008, TEJADA *et al.* 2009, TEJADA y PASTOR 2011, 2012, 2013; TEJADA y BALDARRAGO 2014); este comportamiento de ausencia

o reclutamientos discontinuos en el tiempo es común en esta especie (ABURTO y STOTZ 2013) así como en la pesquería de otros bivalvos como *Tivela stultorum* (Mawe, 1823) que tiene fuertes reclutamientos y posteriormente la pesquería colapsa (McLACHLAN *et al.* 1996), *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 (RIPLEY y CASWELL 2006) y *Spisula solidissima* (Dillwyn, 1817) (WEINBERG 1999).

La población de *M. donacium* en los bancos naturales de Tacna entre setiembre 2006 y febrero 2015 ha presentado un periodo de incremento entre setiembre 2006 a febrero 2008, para luego presentar una tendencia decreciente hasta febrero 2015 (TEJADA y PASTOR 2013, TEJADA y BALDARRAGO 2014, IMARPE 2015). La población ha venido disminuyendo producto de la pesquería (pescas experimentales), de la extracción furtiva y de la mortalidad natural; no se observaron reclutamientos exitosos en los últimos años (Fig. 29).

La macha en febrero presentó inactividad reproductiva predominando el estadio V de recuperación y/o postexpulsantes, este comportamiento es similar a lo observado en años anteriores, asimismo esta condición nos indicaría que el desove del recurso se presenta entre setiembre y diciembre (SALGADO y ISHIYAMA 1979, TEJADA *et al.* 2009, TEJADA *et al.* 2011, JEREZ *et al.* 1999); sin embargo, a pesar de producirse desoves no se han registrado asentamientos importantes en las playas del litoral de Tacna; esto debido a que el éxito del reclutamiento de cada cohorte varía de año en año dependiendo de las interacciones del ambiente físico, el desove y el asentamiento (CALVO *et al.* 1998).

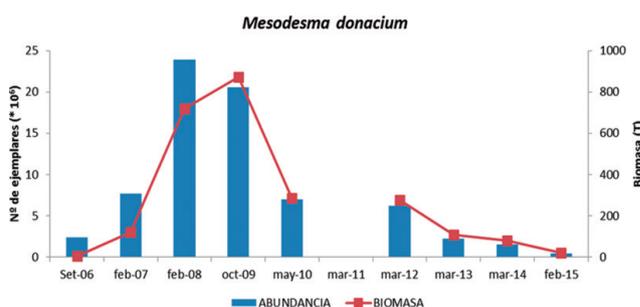


Figura 29.- Abundancia (N° de ejemplares) y Biomasa (t) de *M. donacium* en el litoral de Tacna. Setiembre 2006 – Febrero 2015

En los ejemplares colectados en Tacna se determinó alta incidencia de infestación por *Polydora* sp. (86%) situación observada en los últimos años (TEJADA y PASTOR 2011, 2012, 2013; TEJADA y BALDARRAGO 2014) que podría estar afectando el desove de la especie, así como de algunas funciones biológicas, como crecimiento, condición corporal y actividad de excavación (RIASCOS *et al.* 2008); asimismo, el parásito *P. biocipitalis* Blake y Woodwick, 1972 induce un nivel de stress en *M. donacium* que incluso en condiciones ambientales adversas causa mortalidad selectiva con consecuencias en menor fecundidad y reclutamiento (RIASCOS 2009).

*Emerita analoga* presenta variaciones en su población de manera latitudinal (DUGAN y HUBBARD 1996) y estacional, influenciado por reclutamientos, lo que se evidenció en los muestreos de febrero y marzo (Moquegua) cuando se observó gran cantidad de megalopas; asimismo, en setiembre se registró el ingreso de una nueva cohorte, comportamiento similar a lo registrado en la playa Hornitos, Antofagasta - Chile donde se determinó la existencia de dos reclutamientos uno en primavera y otro en verano (CONTRERAS *et al.* 2000) y a lo reportado por ALVITRES y CARRANZA (1995) para las playas de Las Delicias y Huanchaquito (La Libertad, Perú). Las densidades de este decápodo en los últimos tres años se han mantenido sin mayores variaciones conservando el patrón de distribución a lo largo de la playa Tacna (TEJADA y PASTOR 2013, TEJADA y BALDARRAGO 2014); asimismo, en las zonas donde se observaron las menores densidades (18°14'S - 18°16'S) coincidieron con los lugares donde se registró presencia de *M. donacium*, por lo que los cambios temporales en la abundancia de *E. analoga* y *M. donacium* podrían estar relacionadas con las interacciones bióticas, situación descrita por ARNTZ *et al.* (1987) quienes registraron que durante un periodo de dominancia de *E. analoga*, *M. donacium* estuvo ausente en las playas del Perú, posteriormente *M. donacium* dominó por lo que sugirió que las poblaciones densas del bivalvo pueden excluir a las de *E. analoga*. DUGAN *et al.* 2004, reportó evidencias sobre las interacciones biológicas negativas posibles entre la macroinfauna en playas expuestas, indicando además la importancia de las condiciones físicas en la interacción de las especies que se distribuyen en la playa.

Las especies más frecuentes de la macroinfauna en las playas de Moquegua y Tacna fueron el decápodo *E. analoga*, el isópodo *E. braziliensis* y el poliqueto *H. simplex* que dominaron las zonas de saturación, secado y retención, respectivamente, esta distribución se observó en playas del norte de Chile (JARAMILLO *et al.* 1998). Por otro lado, la riqueza de especies fue mayor en los periodos donde se observó menor pendiente, mientras que en invierno y en

algunas playas de Moquegua, donde se registraron condiciones inestables con mayor pendiente, la riqueza de especies fue ligeramente menor. Esta relación entre la pendiente y la riqueza la describen DEFEO y McLACHLAN (2013), DEFEO y McLACHLAN (2005) y JARAMILLO *et al.* (1998); asimismo, BALLY (1981) determinó que tanto la diversidad (riqueza de especies) como la abundancia decrecen con el incremento de exposición, los individuos aumentan de tamaño, y a menudo producen altas biomásas, siendo los crustáceos los más exitosos en playas reflectivas donde su movilidad les permite hacer frente a la turbulencia.

Las poblaciones del cangrejo carretero *O. gaudichaudii* presentaron cierto grado de segregación, observándose madrigueras de mayor tamaño en la zona de duna en relación a la zona de secado, lo cual ha sido descrito para *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) en playas de Cuba (OCAÑA *et al.* 2012) y en Brasil (TURRA *et al.* 2005). Asimismo, en la mayoría de playas se observó distribución uniforme con valores del índice de Hopkins (H) <1 que implicaría renovación de la población. En los meses de julio y setiembre en la playa Pueblo Libre se evidenció distribución agregada (H>1) que estaría influenciada por los cambios en el hábitat, producto del fuerte oleaje característico del otoño e invierno y que no necesariamente podría deberse a influencia humana (TURRA *et al.* 2005). La densidad de madrigueras en el presente estudio es similar a las registradas para otras especies de *Ocypode* (BARROS 2001, SCHLACHER *et al.* 2011, JONAH *et al.* 2015, MAIA-CARNEIRO *et al.* 2013)

## 5. CONCLUSIONES

La población de macha *Mesodesma donacium*, ha disminuido en número y biomasa en las playas de Tacna en relación a años anteriores, mientras que en Moquegua-Ilo no se evidencia recuperación de sus poblaciones por lo que las condiciones no son propicias para su explotación.

El muy muy *Emerita analoga* es la especie más representativa en las playas de Ilo y Tacna, presentando distribución de tallas conformada por dos grupos de edad, evidenciando el ingreso de una nueva cohorte en febrero y setiembre.

La riqueza de especies fue característica de las playas de arena conformada por pocas especies siendo las más abundantes *Emerita analoga*, el isópodo *Excirologa braziliensis* y el poliqueto *Hemipodia simplex*.

El cangrejo carretero *Ocypode gaudichaudii* presentó mayormente distribución uniforme en las playas del litoral de Tacna, evidenciándose algunos cambios debido a la dinámica de la playa en invierno.

## 6. REFERENCIAS

- ABURTO J, STOTZ W. 2013. Learning about TURFs and natural variability: Failure of surf clam management in Chile. *Ocean & Coastal Management* 71 (2013): 88-98.
- ÁLAMO V, VALDIVIESO V. 1997. Lista Sistemática de moluscos Marinos del Perú. Boletín – Volumen extraordinario. Instituto del Mar del Perú. ISSN 0378-7699.
- ALVITRES V, CARRANZA M, VENEROS B, CHANAMÉ J. 1995. Biología reproductiva de *Emerita analoga*, en playas Las Delicias y Huanchaquito - abril-diciembre 1995. Informe Proyecto RIBEN: Monitoreo del impacto biológico del Fenómeno el Niño sobre los recursos de la costa y áreas marinas someras del Perú.
- ARNTZ W E, BREY T, TARAZONA J, ROBLES A. 1987. Changes in the structure of a shallow sandy-beach community in Peru during an El Niño event. *South African Journal of Marine Science*, 5(1), 645-658.
- BALLY R. 1981. The ecology of three sandy beaches on the west coast of South Africa. Tesis de Doctorado, University of Cape Town (Sudáfrica). 404 p.
- BARRIGA E, QUIRÓZ M. 1998. Efecto del fenómeno El Niño 1997-98, sobre las poblaciones del recurso macha (*Mesodesma donacium*) en los bancos naturales del litoral de Moquegua y Tacna. Resúmenes del IV Congreso Latinoamericano de Ecología. E-4.
- BARROS. 2001. Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. *Biological Conservation* 97: 399 – 404.
- BAZIGOS C. 1981. El diseño de reconocimiento de pesca con redes de arrastre. FAO. Com. Coord. Invest. Cient. (COCIC – CPPS). 24-28 noviembre 1980. Lima, CPPS. Series Seminarios y Estudios, 3:1-17.
- BRAZEIRO A, DEFEQ O. 1999. Effects of harvesting and density dependence on the demography of sandy beach populations: the yellow clam *Mesodesma mactroides* of Uruguay. *Mar Ecol Prog Ser* 182: 127-135.
- BROWN A, McLACHLAN A. 1990. Ecology of sandy shores. Elsevier, Amsterdam.
- BUCHANAN J B, KAIN J M. 1971. Measurement of the Physical and Chemical Environment. In: IBP HANDBOOK No 16, Methods for the Study of Marine Benthos. N. Holme and A. McIntyre (Eds). Chapter 3, pp. 31-45.
- BUITRÓN B, PEREA A. 1996. Informe sobre el estado reproductivo de "Macha" *Mesodesma donacium* de la zona de Ilo durante Febrero y Marzo 1996. Informe Interno.
- CALVO J; MORRICONI E, ORLER P. 1998. Estrategias reproductivas en organismos marinos: Moluscos bivalvos y equinodermos. En: El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Tomo II: Moluscos de interés comercial. Pgs. 195 -230. INIDEP. Mar del Plata.
- CARDOSO R, DEFEQ O. 2003. Geographical patterns in reproductive biology of the Pan-American sandy beach isopod *Excirrolana braziliensis*. *Marine Biology* 143: 573–581.
- CLARK K, WARWICK R. 1994. Changes in marine communities: an approach to statically analysis and interpolation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 144 pp.
- CLARKE K R, GORLEY R N. 2006. PRIMER v6: User manual/tutorial, PRIMER-E, Plymouth UK, 91pp (& 192pp) [491]
- CHIRICHIGNO N. 1979. Lista de crustáceos del Perú (Decapoda y Stomatopoda). Informe N° 35, Callao Perú.
- CONTRERAS H, JARAMILLO E, QUIJÓN P. 2000. Natural history of *Emerita analoga* (Stimpson) (Anomura, Hippidae) in a sandy beach of northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 73: 705-715.
- DEFEQ O, McLACHLAN A. 2013. Global patterns in sandy beach macrofauna: Species richness, abundance, biomass and body size. *Geomorphology*. 199:106 - 114.
- DEFEQ O, McLACHLAN A. 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series*. 295: 1-20.
- DEFEQ O, DE ALAVA 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.
- DUGAN J E, HUBBARD D M. 1996. Local variation in populations of the sand crab *Emerita analoga* on sandy beaches in southern California. *Revista Chilena de Historia Natural*. 69: 579-588.
- DUGAN J E, JARAMILLO E, HUBBARD D M, CONTRERAS H, DUARTE C. 2004. Competitive interactions in macroinfaunal animals of exposed sandy beaches. *Oecologia*. 139(4): 630-640.
- EMERY K O. 1961. A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography*. 6: 90-93.
- FAUCHALD K. 1977. The Polychaeta worms. Definitions and keys to the Orders, Families and genera California.
- FOLK R L. 1954. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill, Texas.
- GUZMÁN N, SAÁ S, ORTLIEB L. 1998. Catálogo descriptivo de los Moluscos litorales (Gastropoda y Pelecypoda) de la zona de Antofagasta, 23°S (Chile). Estudios Oceanológicos. Volumen 17. Facultad de Recursos del Mar. Universidad de Antofagasta de Chile.
- HOPKINS B, SKELLAM J G. 1954. A new method for determining the type of distribution of plant individuals. *Annals of Botany*. 18(2): 213-227.
- HUMASON G L. 1979. Animal Tissue Techniques, 661 pp. W.H. Freeman and Co. San Francisco.
- IMARPE. 2015. Evaluación poblacional del recurso *Mesodesma donacium* "macha" en el banco natural de playa Tacna. Febrero – 2015. IMARPE – Sede Ilo. Informe Preliminar.
- IMARPE. 2008. Situación actual del Recurso Macha (*Mesodesma donacium*) en el litoral de la Región Tacna. Diciembre – 2008. Instituto del Mar Perú. Sede Regional Ilo. Informe Interno.
- IMARPE. 2007a. Evaluación del recurso macha (*Mesodesma donacium*) en el litoral de la Región Tacna. Febrero - 2007. Instituto del Mar Perú. Sede Regional Ilo. Informe Interno.
- IMARPE. 2007b. Evaluación del recurso macha (*Mesodesma donacium*) en el litoral de la provincia de Islay, Región Arequipa. Marzo - 2007. Instituto del Mar Perú. Sede Regional Ilo. Informe Interno.
- IMARPE. 2006. Evaluación del recurso macha (*Mesodesma donacium*) en el litoral de la Región Tacna. Setiembre - 2006. Instituto del Mar Perú. Sede Regional Ilo. Informe Interno.
- INGRAM R. 1971. Sieve Analysis. In: procedures in Sedimentary Petrology. Eds. Carver, RE, de. Cap. 3. P.49-67. New York.
- JARAMILLO E. 1987 Community ecology of Chilean sandy beaches. Ph.D. Dissertation, University of New Hampshire, Durham, U.S.A. 216 pp.
- JARAMILLO E, CARRASCO F, QUIJÓN P, PINO M, CONTRERAS H. 1998. Distribución y estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica en la costa del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 71: 459 – 478.

- JEREZ G, ARIZ L, BAROS V, OLGUIN A, GONZÁLEZ J, OLIVA J, OJEDA V, DÍAZ E. 1999. Estudio biológico Pesquero del recurso macha en la I y III Regiones. FIP N° 97 – 33.
- JONAH F, AHETO D, ADJEI-BOATENG D, AGBO N, BOATENG I, SHIMBA M. 2015. Human use and modification of beaches and dunes are linked to ghost crab (*Ocypode* spp) population decline in Ghana. *Regional Studies in Marine Science*. 2: (2015) 87–94.
- MAIA – CARNEIRO T, ARNT T, GUIMARÃES L, GUTIÉRREZ P, DUARTE C. 2013. Density and spatial distribution of *Ocypode quadrata* (Decapoda, Ocypodidae) in an insular environment in the state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoociencias*. 15 (1, 2, 3): 91-96.
- MARINCOVICH L. 1973. Intertidal Mollusks of Iquique, Chile. *Natural History Museum of Los Angeles County. Science Bulletin*. 16: 1-49.
- McLACHLAN A. 1980. Exposed sandy beaches as semi-closed ecosystems. *Mar. environ. Res.* 4: 59-63.
- McLACHLAN A, BROWN A C. 2006. *The Ecology of Sandy Shores*. Academic Press, Burlington.
- McLACHLAN A, DORVLO A. 2005. Global patterns in sandy beach macrofauna communities. *Journal of Coastal Research*. 21: 674–687.
- McLACHLAN A, DUGAN J E, DEFEO O, ANSELL A D, HUBBARD D M, JARAMILLO E, PENCHASZADEH P. E. 1996. Beach clam fisheries. *Oceanography and marine biology: An annual review*. Vol. 34.
- OCAÑA F, VEGA A, CÓRDOVA E. 2012. Distribución espacial de *Ocypode quadrata* (decapoda: Ocypodidae) en ocho playas de la norte oriental de Cuba. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 60 (3): 1177-1186.
- ORTEGA L, CASTILLA J C, ESPINO M, YAMASHIRO C, DEFEO O. 2012. Effects of fishing, market price, and climate on two South American clam species. *Mar Ecol Prog Ser.* Vol. 469: 71–85.
- ORTIZ M, STOTZ W. 1996. Distribución de juveniles recientemente asentados de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Mollusca: Bivalvia: Mesodesmatidae) en tres bahías de la cuarta región: Variables físicas y químicas que le caracterizan. *Biol. Pesquera (Chile)*. 25: 27 – 40.
- OSORIO C, BAHAMONDE N, LOPEZ M T. 1967. El limanche. *Emerita analoga*, Bol. Mus. Nac. de Hist. Nat., Chile. 61-116.
- POLLOCK L, HUMMON W. 1971. Cyclic changes in interstitial water content, atmospheric exposure and temperature in a marine beach. *Limnol. & Oceanogr.* 16: 522-535.
- RIASCOS J M. 2009. Thriving and declining population dynamics of the macha (*Mesodesma donacium*, Bivalvia, Mesodesmatidae) along a latitudinal gradient of the Humboldt Current Upwelling System (Doctoral dissertation. University of Bremen, Germany).
- RIASCOS J M, HEILMAYER O, OLIVA M E, LAUDIEN J, ARNTZ W E. 2008. Infestation of the surf clam *Mesodesma donacium* by the spionid polychaete *Polydora biocippitalis*. *Journal of Sea Research*. 59(4): 217-227.
- RIPLEY B J, CASWELL H. 2006. Recruitment variability and stochastic population growth of the soft-shell clam, *Mya arenaria*. *Ecological modelling*. 193(3): 517-530.
- RUPPERT E, FOX R. 1988. *Seashore animals of the Southeast: A guide to common shallow-water invertebrates of the southeastern Atlantic coast*. Univ of South Carolina Press.
- SALGADO I, ISHIYAMA V. 1979. Ciclo de madurez sexual y desove de la macha *Mesodesma donacium*. *Revista de Ciencias de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Vol. 71, N°1: 20 – 28.
- SALVAT B. 1964. Les conditions hydrodynamiques interstitielles des sédiments meubles intertidaux et la répartition verticales de la jeune endogée. *C.R. Acad. Sci. Paris* 259: 1576 – 1579.
- SALVAT B. 1967. La macrofauna carcinologique endogée des sédiments meubles intertidaux (Tanaidacés, Isopodes et Amphipodes): éthologie, bionomie et cycle biologique. *Mémoire du Muséum National d'Histoire Naturelle Paris Série A Zoologie* 45: 1-275.
- SCHLACHER T A, DE JAGER R, NIELSEN T. 2011. Vegetation and ghost crabs in coastal dunes as indicators of putative stressors from tourism. *Ecological Indicators* 11: 284 – 294.
- STEINER A, LEATHERMAN S. 1981. Recreational impacts on the distribution of ghost crabs *Ocypode quadrata* Fab. *Biological Conservation Volume 20, Issue 2, Pages* 111–122.
- SHORT A, WRIGTH L. 1983. Physical variability of sandy beaches. *Sandy beaches as ecosystem*. McLachlan, A. y T. Erasmus (Eds.). W. Junk Publishers. The Hague. 133-144.
- TEJADA A, BALDARRAGO D. 2014. Investigaciones sobre recursos de fondo blando con énfasis en el recurso “macha” en el litoral de la región de Tacna. *IMARPE – Sede Ilo. Informe Anual* 2013.
- TEJADA A, PASTOR R. 2013. Investigaciones sobre recursos de fondo blando con énfasis en el recurso “macha” en el litoral de las regiones de Moquegua y Tacna. *IMARPE – Sede Ilo. Informe Anual* 2012.
- TEJADA A, PASTOR R. 2012. Bases Biológicas para una Pesquería Sustentable del Recurso Macha (*Mesodesma donacium*) en las Regiones de Moquegua y Tacna. *IMARPE – Sede Regional Ilo. Informe Anual* 2011.
- TEJADA A, PASTOR R. 2011. Bases Biológicas para una Pesquería Sustentable del Recurso Macha (*Mesodesma donacium*) en las Regiones de Moquegua y Tacna. *IMARPE – Sede Regional Ilo. Informe Anual* 2010.
- TEJADA A, PASTOR R, GAMARRA A, CÁRDENAS F, BUITRÓN B, CASTILLO R. 2009. Bases Biológicas para una Pesquería Sustentable del Recurso Macha (*Mesodesma donacium*) en las Regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna. *IMARPE – Sede Regional Ilo. Informe Anual* 2008.
- TURRA A, GONÇALVES M A O, DENADAI M R. 2005. Spatial distribution of the ghost crab *Ocypode quadrata* in low-energy tide-dominated sandy beaches. *Journal of Natural History*. 39(23): 2163-2177.
- TITSCHACK E, KOEPCKE H. 1960. *Beitrag zur Neotropischen Fauna. II Band Heft 1* Perú.
- VALDOVINOS C. 1999. Biodiversidad de moluscos chilenos: base de datos taxonómica y distribucional. *Gayana Zool. (Chile)*. 63: 59–112.
- WEINBERG J R. 1999. Age-structure, recruitment, and adult mortality in populations of the Atlantic surfclam, *Spisula solidissima*, from 1978 to 1997. *Marine Biology*. 134(1): 113-125.
- WHITTAKER R. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 213-251.
- WOLCOTT T G. 1978. Ecological role of ghost crabs *Ocypode quadrata* (Fab.) on an ocean beach: scavengers or predators? *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 31: 67-82.
- WOLCOTT T G, WOLCOTT D L. 1984. Impact of Off-road vehicles on macroinvertebrates of a Mid-Atlantic beach. *Biological Conservation*. 29: 217 - 240.