

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

FACULTAD DE CIENCIAS Y FILOSOFÍA

“ALBERTO CAZORLA TALLERÍ”



**“EPIBIOSIS POR ALGAS SOBRE *EMERITA*
ANALOGA (STIMPSON 1857) EN PLAYAS ARENOSAS
DE LA COSTA PERUANA”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

AUTOR:

Giulianna Consuelo López Flores

Lima – Perú

2020

ASESOR:

Dr. Wilfredo Gonzáles Lozada

ÍNDICE

| | | |
|-------|---|----|
| I. | Introducción..... | 1 |
| II. | Pregunta de investigación | 4 |
| III. | Objetivos..... | 4 |
| IV. | Materiales y métodos..... | 5 |
| | IV.1. Área y diseño de muestreo..... | 5 |
| | IV.2. Patrones poblacionales y epibiosis por algas..... | 7 |
| | IV.2.1 Variables medidas de <i>Emerita analoga</i> | 7 |
| | IV.2.2. Identificación de epibiontes..... | 8 |
| | IV.3. Análisis de datos..... | 9 |
| V. | Resultados..... | 10 |
| | 1. Patrones poblacionales de <i>E. analoga</i> | 10 |
| | 2. Registro de epibiosis por algas y factores asociados a la ocurrencia..... | 14 |
| | 3. Epibiosis por algas y asociación con atributos morfológicos y reproductivos..... | 18 |
| VI. | Discusión..... | 21 |
| VII. | Conclusiones..... | 27 |
| VIII. | Referencias bibliográficas..... | 28 |
| IX. | Anexos..... | 39 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio. Se muestra la ubicación de los 11 sitios muestreados a lo largo del borde costero. Las playas se encuentran ordenadas de Norte a Sur.

Figura 2. Composición poblacional de *E. analoga* en las 11 playas estudiadas (machos, hembras y hembras ovígeras). Las poblaciones se encuentran ordenadas de norte a sur.

Figura 3. Comparación de la longitud corporal (A), peso fresco (B) y peso seco (C) entre sexos de *E. analoga* en las 11 playas estudiadas. Se muestra las medias \pm error estándar. Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey $P < 0.05$).

Figura 4. Comparación de la condición corporal (CF, $\times 10^{-4}$) entre sexos y playas. Se muestra las medias \pm error estándar. Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey $P < 0.05$).

Figura 5. Ocurrencia de epibiosis dependiendo de la longitud corporal de *E. analoga* separado por sexos para las playas de San Francisco y Hermosa. La gráfica muestra modelo logístico. Los puntos negros representan los valores dicotómicos.

Figura 6. Probabilidad de ocurrencia de epibiosis en las playas de San Francisco y Hermosa dependiendo del sexo.

Figura 7. Porcentaje de epibiontes (principalmente algas) registrados sobre individuos de *E. analoga*.

Figura 8. Porcentaje de individuos de *E. analoga* asociados a diferente número de especies de epibiontes (principalmente algas). Número de epibiontes varió desde 0 (sin epibiontes) hasta 5= diferentes tipos de epibiontes.

Figura 9. Comparación de la longitud corporal (A), peso fresco (B) y peso seco (C) de *E. analoga* en las 2 poblaciones donde se encontraron individuos con epibiosis. La gráfica muestra las medias \pm error estándar. Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey $P < 0.05$).

Figura 10. Comparación de la condición corporal en las 2 poblaciones donde se encontraron individuos con epibiosis. La gráfica muestra las medias \pm error estándar. Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey $P < 0.05$).

Figura 11. Comparación de la inversión reproductiva (A), número de huevos (B) y el peso de huevo (C) en las 2 poblaciones donde se encontraron individuos con epibiosis. La gráfica muestra las medias \pm error estándar. Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey $P < 0.05$).

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proporciones poblacionales, porcentaje de epibiosis y proporción de epibiosis por sexos de *E. analoga* en las playas de Paraíso, San Francisco y Hermosa. El análisis de Chi² representa diferencias entre las proporciones de M:H (total vs epibiosis).

Tabla 2. Modelo logístico predictor de epibiosis utilizado para individuos de *E. analoga*. Se muestran los grados de libertad (df), estadístico de Wald y el p de significancia.

RESUMEN

La epibiosis es una interacción facultativa no simbiótica principalmente acuática, donde un organismo (epibionte) utiliza al otro como sustrato (basibionte). Frecuentemente, los crustáceos decápodos son basibionte debido a su exoesqueleto duro. El decápodo *Emerita analoga* (conocido como “muy muy”), tiene una posición central en la red trófica del intermareal arenoso peruano. Si bien existe abundante investigación sobre epibiosis en decápodos, los estudios en *E. analoga* son escasos, descriptivos y enfocados en una sola localidad, y se requiere estudios que aborden las interacciones epibióticas a nivel interpoblacional. En este trabajo se estudiaron 11 playas arenosas de la costa central del Perú (Lima-Ica), para caracterizar los patrones de epibiosis (principalmente por algas) sobre *E. analoga*. En particular, se evaluó el porcentaje de epibiosis a nivel poblacional, la identidad de las especies epibiontes, la asociación entre la ocurrencia de epibiosis y características morfológicas del basibionte (sexo y tamaño). Finalmente, se evaluó la asociación entre la epibiosis con la condición corporal y el desempeño reproductivo (la inversión reproductiva, el número y la masa de huevos) de *E. analoga*. Encontramos epibiosis por algas en 3 de las 11 playas estudiadas (Hermosa-Ica 13%, San Francisco-Lima 80% y Paraíso-Lima 100%). Se registró 4 especies de algas epibiontes (*Ulva intestinalis*, *U. lactuca*, *Ectocarpus spp* y *Polisiphonia spp*), siendo *U. intestinalis* la especie dominante en las tres playas. La ocurrencia de epibiosis se asoció positivamente con el tamaño corporal de los individuos de *E. analoga*; y solo en Playa Hermosa la ocurrencia fue mayor en hembras que en machos. La condición corporal mostró diferencias entre las playas San Francisco y Playa Hermosa, además de tendencias distintas entre sexos. Finalmente, las hembras *E. analoga* epibióticas tuvieron una menor inversión reproductiva que las no epibióticas, pero no se detectaron diferencias en el número ni la masa de huevos. El estudio contribuye a entender las variaciones geográficas en el porcentaje de epibiosis, los factores que influyen en la ocurrencia de epibiosis y en las posibles consecuencias en el desempeño biológico de *E. analoga*.

Palabras clave: Epibiosis, *Emerita analoga*, playas de arena, inversión reproductiva, crustáceo

ABSTRACT

Epibiosis is a non-symbiotic facultative interaction predominately found in aquatic ecosystems, where one organism (epibiont) uses another as a substrate (basibiont). Decapod crustaceans, due their hard exoskeleton, are common basibionts. *Emerita analoga* (known as "mole crab" or "sand crab"), is a decapod that has a central position in the trophic food web of the Peruvian sandy intertidal ecosystem. Although there is abundant research on epibiosis in decapods, studies on *E. analoga* are scarce, mainly descriptive and focused on a single locality, consequently studies of epibiosis at an inter-population level are required. In this research project, we characterized the epibiosis by algae on *E. analoga* in 11 sandy beaches on the central coast of Peru (Lima-Ica). Specifically, the percentage of epibiosis by algae present in each locality, identity of the algae and the association between the occurrence of epibiosis and morphological characteristics of *E. analoga* (sex and size) were evaluated. Finally, we also evaluated the association between epibiosis, body condition and reproductive performance (reproductive inversion, number and mass of eggs) of *E. analoga*. We found algal epibiosis in 3 of the 11 beaches studied (Hermosa-Ica 13%, San Francisco-Lima 80% and Paraíso-Lima 100%). Four species of epibiont algae (*Ulva intestinalis*, *U. lactuca*, *Ectocarpus spp* and *Polisiphonia spp*) were registered, being *U. intestinalis* the most dominant species. The occurrence of epibiosis was positively associated with the body size of *E. analoga*; and only in Playa Hermosa, this occurrence was higher in females than in males. La condición corporal mostró diferencias entre las playas San Francisco y Playa Hermosa, además de tendencias distintas entre sexos. Body condition showed differences between the San Francisco and Playa Hermosa beaches, in addition of different tendencies between sexes. Finally, the epibiotic females of *E. analoga* had a lower reproductive inversion than non-epibiotic ones, but neither the number nor the egg mass was affected by epibiosis. The study contributes to understand the geographical variations in the percentage of epibiosis by algae, the main influencing factors for the occurrence of epibiosis and the possible consequences on the biological performance of *E. analoga*.

Keywords: epibiosis, *Emerita analoga*, sandy beaches, reproductive inversion, crustacean

I. INTRODUCCIÓN

Un componente importante de las comunidades biológicas, tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos, es el establecimiento de interacciones entre las especies (por ejemplo: competencia, depredación, parasitismo entre otros; Begon et al., 2006). En los ecosistemas acuáticos, el agua cumple un rol importante sobre factores claves para los organismos (por ejemplo: disponibilidad de sustrato), favoreciendo el establecimiento de ciertas interacciones interespecíficas. Una de estas interacciones que ocurren con mayor frecuencia en ambientes acuáticos es la epibiosis (Wahl, 1989; Harder, 2008; Dhuru et al., 2015).

Se entiende como epibiosis a la asociación espacial facultativa, no simbiótica entre 2 organismos: el epibionte (el organismo colonizador), y el basibionte (el organismo utilizado como sustrato) (Wahl, 1989; Wahl & Mark, 1999). Esta interacción es principalmente un mecanismo de colonización de especies sésiles, debido que en la zona nerítica existe una limitada disponibilidad de sustrato duro para el desarrollo (Abelló et al., 1990; Metri et al, 2002). En la mayoría de los casos, la epibiosis no es específica entre especies (Wahl, 2008); además, es frecuente que una misma especie pueda actuar como basibiontes frente a determinadas especies o epibiontes frente a otras (Wahl, 1989; Davis et al., 1989; Fernandez-Leborans, 2010).

Las consecuencias sobre cada una de las especies interactuantes pueden ser variadas. En general, el epibionte es el organismo que se encuentra más beneficiado ya que es el organismo que necesita un sustrato donde desarrollarse; mientras que para los basibiontes se ha reportado que la presencia del epibionte puede afectarlo de manera negativa (ej. aumento de fricción, peso, disminución de flexibilidad), o positiva (ej. mejora de camuflaje, protección contra desecación, aumento de defensa) (Abelló et al., 1990; Wahl & Mark, 1999).

Esta interacción tiene implicancias en diversos aspectos ecológicos y también económicos. Estudios realizados demuestran que las comunidades epibióticas aumentan la diversidad y riqueza de especies, generando microhábitats y aumentando la heterogeneidad del ecosistema marino de fondo blando (Romero et al., 2017). Por otro lado, también se ha reportado que la epibiosis puede alterar (reduciendo o aumentando) el

impacto del estrés, generado por el calentamiento global y la creciente eutroficación de los ecosistemas marinos, sobre los basibiontes (Wahl, 2008; Romero et al., 2017).

Se ha documentado la epibiosis en diversos organismos acuáticos, como ascidias (Wahl et al., 1994), zooplancton (Barea-Arco et al., 2001), moluscos (O'Connor et al., 2006), crustáceos anfípodos (Dunn & Dick, 1998) y crustáceos decápodos (Abelló et al., 1990, Becker, 1996; Albano & Favero, 2011). Este último grupo en particular, es una fuente de sustrato importante para el desarrollo de especies sésiles en zonas arenosas, debido a que su exoesqueleto calcificado se convierte en un sustrato duro disponible (Gili et al., 1993; Fernandez-Leborans, 2010; Bhaduri et al., 2017).

Frecuentemente las investigaciones se enfocan en describir la epibiosis, analizando parámetros como ocurrencia (Becker, 1996; McGraw, 2006), densidad, cobertura y taxa de los organismos epibiontes (Carman & Dobbs, 1997; Schejter & Spivak, 2005; McGraw, 2006). Pocos trabajos indagan las posibles consecuencias de la epibiosis sobre los parámetros de desempeño biológico de las especies interactuantes, particularmente sobre la supervivencia, biomasa y reclutamiento de individuos basibiontes (Barea-Arco et al., 2001; O'Connor et al., 2006; Lima et al., 2017), los cambios morfológicos (Schejter & Spivak, 2005), o la preferencia por el sexo de los individuos basibiontes (Abelló et al., 1990; Hanamura, 2000).

Emerita analoga Stimpson, 1857 (Decapoda, Hippidae) es una de las especies de macrofauna más comunes de las zonas medio e infralitoral superior de las playas de arena (Sánchez Rivas & Alamo, 1974; Fusaro, 1980; Lépéz et al., 2001). Comúnmente denominado “muy muy”, este decápodo se distribuye geográficamente desde Alaska hasta el extremo sur de la costa de Chile, exceptuando la zona tropical (Contreras et al., 1999; Jaramillo, 2000). Se ha determinado que *E. analoga* muestra un mejor desempeño en playas con baja pendiente y arenas finas (Contreras et al., 1999; Jaramillo et al., 2000; Brazeiro, 2005). Por otro lado, dentro del macrozoobentos del litoral arenoso, *E. analoga* presenta una posición central en la red trófica, siendo presa de diversos animales (aves, peces, crustáceos), así como fuente alimenticia para pobladores (Alvitres et al. 1999; Oliver et al., 2003; Alvitres et al, 2005; Oliva et al., 2008; Apín et al., 2010). *E. analoga* es una especie dominante de la macrofauna intermareal, constituyendo hasta una 90% de

la biomasa total y llegando a tener densidades de hasta 84,000 individuos.m⁻² en California (Dugan et al., 2000; Lafferty et al, 2013).

A pesar de que esta especie es de gran importancia para el ecosistema intermareal arenoso y existen abundantes investigaciones de epibiosis en diversas especies de decápodos, la información de epibiosis en *E. analoga* disponible es limitada. A la fecha, se ha reportado epibiosis sobre *E. analoga* por los bivalvos *Semimytilus algosus* (Villegas et al., 2005) y *Mytilus californianus* (Bhaduri et al., 2017); y por algas del género *Enteromorpha* (Firstater et al., 2009; Hidalgo et al., 2010). Mientras que en los estudios de epibiosis sobre *E. analoga* por bivalvos solo se reportan aspectos descriptivos de la interacción (prevalencia, tamaños y zonas de inserción; Villegas et al., 2005; Bhaduri et al., 2017), en los estudios de epibiosis por algas se investigaron posibles impactos sobre el desempeño de *E. analoga*, como el efecto de epibiosis en la condición corporal, el tiempo de enterramiento, o la preferencia de los depredadores sobre individuos con epibiosis (Firstater et al., 2009; Hidalgo et al, 2010). Además, estos estudios fueron realizados en playas focalizadas: Boca del Río - Frontera Perú-Chile (Villegas et al., 2005), Del Monte -California, E.E.U.U. (Bhaduri et al., 2017) y playa Huaquillo -Ancón, Lima-Perú (Firstater et al., 2009; Hidalgo et al., 2010). Diversos estudios han demostrado la relevancia de estudiar interacciones interespecíficas a una escala geográfica mayor, ya que permiten hacer predicciones en la respuesta de la comunidad a lo largo de una gradiente ambiental de mayor escala (Birkerland, 1988; Travis, 1996; Broitman et al., 2001, Sutherland et al.,2013). Estudios descriptivos a una escala geográfica amplia son claves para entender la generalidad de los ecosistemas, evitando la limitación a un espacio y tiempo determinado (Pennings et al., 2003; Sutherland et al.,2013). A la fecha, no hay estudios que comparen los patrones de epibiosis en *E. analoga* a nivel interpoblacional. Esto permitiría evidenciar si hay características comunes en la interacción epibiótica registrada en diferentes playas.

El objetivo de la investigación fue caracterizar la epibiosis por algas sobre *E. analoga* en 11 playas arenosas de la costa peruana, determinar los patrones de ocurrencia de epibiosis por algas e indagar su posible relación con parámetros del desempeño biológico de *E. analoga* (tamaño corporal, condición corporal y desempeño reproductivo).

II. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo varían los patrones de epibiosis por algas sobre *Emerita analoga* y cómo se relaciona con los parámetros del desempeño biológico entre las playas arenosas estudiadas (tamaño corporal, condición corporal y desempeño reproductivo)?

III. OBJETIVOS

Objetivo general

1. Comparar patrones de epibiosis por algas a nivel interpoblacional e indagar su relación con parámetros morfológicos y desempeño biológico en *Emerita analoga*.

Objetivos específicos:

1. Describir las poblaciones de *E. analoga* en 11 playas de la costa central del Perú en relación a la proporción de sexos, variables morfológicas y la condición corporal.
2. Determinar las principales especies de algas epibiontes sobre *E. analoga* en la costa central del Perú.
3. Identificar los principales factores asociados a la ocurrencia de epibiosis por algas en *E. analoga*.
4. Comparar las variables morfológicas, condición corporal y parámetros de desempeño reproductivo de *E. analoga* con y sin epibiosis por algas.

IV. MATERIALES Y METODOS

IV.1. Área y diseño de muestreo

Este trabajo se llevó a cabo a lo largo del borde costero de Lima e Ica en 3 muestreos realizados en el mes de junio del 2017. Se muestrearon 11 playas arenosas, en las cuales se ha reportado presencia de *E. analoga*. Las estaciones de muestreo se ubicaron a lo largo de 530 km de franja costera, llegando desde la Playa Paraíso, Huacho, Lima (11°12'52.6"S, 77°36'26.3"W) hasta la Playa Hermosa, Marcona, Ica (15°21'21.2"S, 75°10'10.7"W) (Figura 1).

Durante el mes de muestreo (junio-2017), dentro de las 50mn, la temperatura superficial del mar (TSM) promedio entre el Callao y Talara fue de 19°C, mientras que en la zona de San Juan (Marcona), esta TSM mostró un promedio de 17°C (IMARPE, 2017). La anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) fue 0.7°C entre el Callao y San Juan, presentando una disminución en comparación a los meses previos (ENFEN, 2017). Por otro lado, los vientos superficiales frente a la costa peruana presentaron velocidades moderadas y fluctuantes entre 2.0 a 8.5 m/s y la dirección del viento presentó un patrón normal (IMARPE, 2017). Por último, el índice LABCOS, el cual refleja amplitud de la variabilidad térmica superficial en el litoral peruano, fue de 0.56°C durante el mes de muestreo, indicando la presencia de un evento El Niño débil (IMARPE, 2017).

Debido a que *E. analoga* presenta una distribución agregada, en cada una de las playas se identificó el parche de agregación de *E. analoga* y se recolectaron aproximadamente 200 muestras para estandarizar el muestreo en las 11 playas. Se utilizaron utilizando baldes cilíndricos, los cuales fueron introducidos a la zona intermareal arenosa. El material recolectado fue filtrado utilizando un tamiz de 3 mm y lavado hasta retirar toda la arena. Los especímenes obtenidos fueron guardados en bolsas plásticas con cierre hermético con alcohol al 70 % hasta su análisis en el laboratorio.

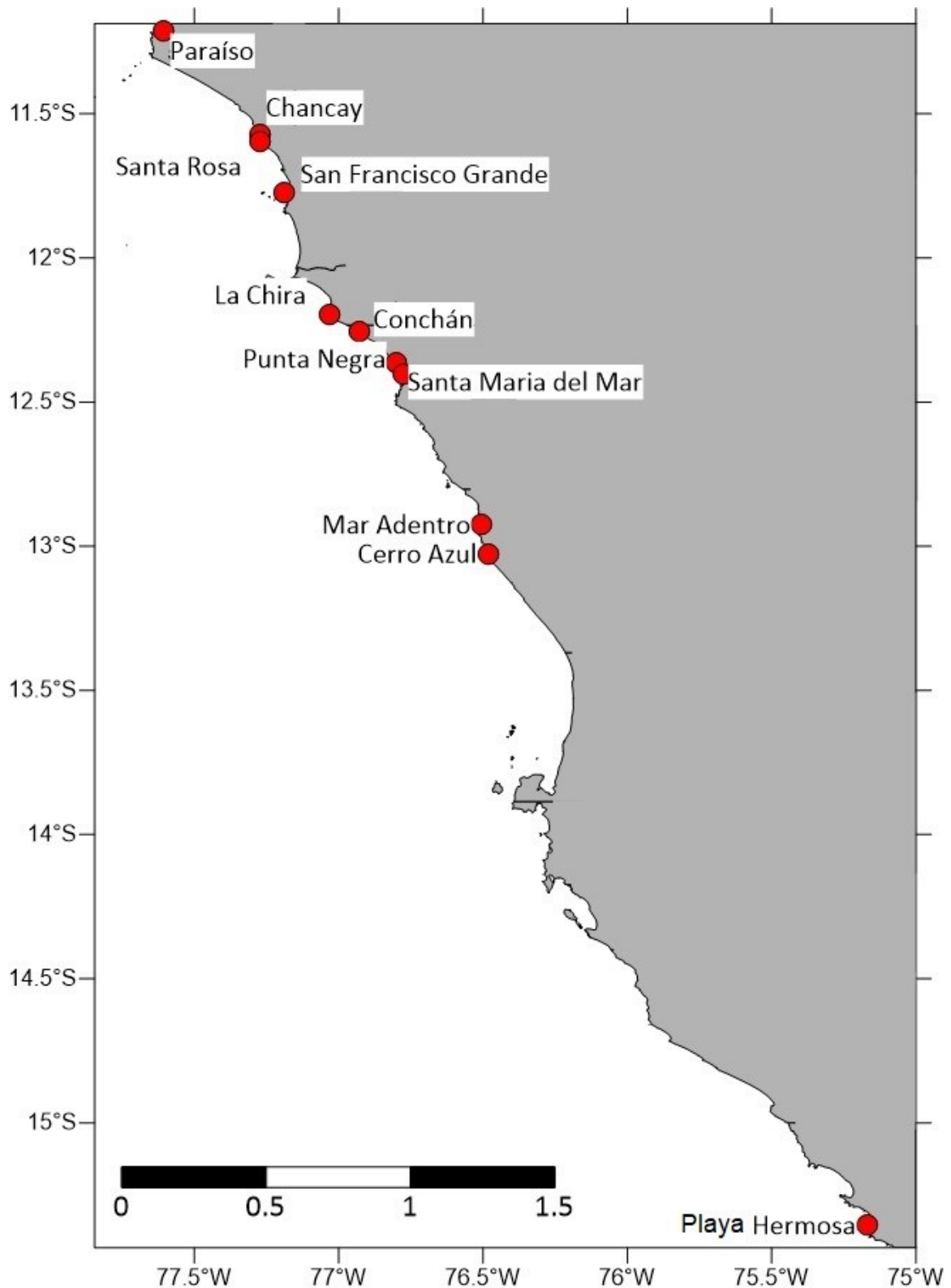


Figura 1. Mapa del área de estudio. Se muestra la ubicación de los 11 sitios muestreados a lo largo del borde costero. Las playas se encuentran ordenadas de Norte a Sur.

IV.2. Patrones poblacionales y epibiosis por algas

IV.2.1. Variables medidas de *Emerita analoga*

De cada individuo se registró: el sexo, el tamaño corporal, el peso húmedo y peso seco. También se obtuvo la condición corporal, un parámetro que indica el estado de bienestar fisiológico del individuo (Peig & Green, 2009). Adicionalmente, en las hembras se registró el estado reproductivo (con o sin huevos), y se estimó variables relacionadas al desempeño reproductivo (número de huevos, peso de huevos e inversión reproductiva) (Anexo 2).

La estimación del tamaño corporal (mm) corresponde a la longitud del cefalotórax (CL). Esta medición va desde la punta del rostrum hasta la muesca posterior del cefalotórax (Anexo 3). Se registró utilizando un vernier digital Stanley 6 PLG (precisión 0.1mm). Para la clasificación sexual de los individuos se siguió los criterios de Brazeiro (2005). Las hembras presentan pleópodos mientras que los machos carecen de ellos y poseen un hemipene. Las hembras ovígeras se determinan por la presencia de huevos adheridos a los pleópodos. Adicionalmente, los juveniles no poseen caracteres sexuales y son más pequeños ($CL \leq 4\text{mm}$).

Después de registrar el peso húmedo (WM) de cada individuo apropiadamente codificado, se procedió a la obtención del peso seco (DM). Se colocaron los especímenes en la estufa (60°C por 72h) hasta obtener la medición constante del peso utilizando una balanza analítica (Sartorius TE214S Talent Analytical, precisión de 0.0001g). En el caso de las hembras ovígeras, antes de registrar el WM, la masa de huevos fue retirada con la ayuda de pinzas bajo un estereoscopio (Zeiss Stemi DV4, 10x-40x) para ser luego pesada independientemente del resto del individuo.

Para determinar la condición corporal, se utilizó la función de poder (power function) descrita por Huxley (1950):

$$Y = a.X^b$$

siendo X = longitud del cefalotórax, Y = peso húmedo, b = constante alométrica, y a = constante considerada como factor de condición (CF). Esta fórmula fue aplicada para cada sexo de cada población, obteniendo los valores de la constante alométrica por cada grupo a comparar. Se consideró como población a todos los individuos obtenidos de una

misma playa. El ajuste del modelo fue evaluado mediante el coeficiente de determinación (R^2) (Anexo 4). Para la condición corporal total, la constante a fue despejada y aplicada para cada individuo. Debido que esta variable expresa la variación del peso según el ritmo de crecimiento, la constante a fue utilizada como indicador cuantitativo del grado de bienestar fisiológico en varios decápodos, incluyendo *E. analoga* (Sanchez Rivas 1988; Araújo & Lira, 2012; Alvitres et al., 2014).

Para el procesamiento de las masas de huevos se utilizó la metodología de Hernaéz et al. (2008). De cada masa extraída, se obtuvo 3 submuestras de 100 huevos cada una, las cuales fueron procesadas simultáneamente con el resto de la masa de huevos bajo las mismas condiciones de secado que el resto del tejido (60°C por 48h). A partir de las siguientes formulas se obtuvo el número total de huevos (NE):

$$NE = \frac{OM}{E} \quad \text{siendo} \quad E = \frac{S}{100}$$

donde: E = peso seco del huevo, S = peso promedio de las submuestras secas y OM = peso de la masa total de huevos. Este procedimiento ha sido utilizado anteriormente en otras especies del género *Emerita* (Edritanti et al., 2016)

Finalmente, se calculó la inversión reproductiva (RO) de las hembras ovígeras mediante el cociente entre la masa seca del total de huevos y el peso seco del resto del individuo (Clarke et al, 1991). Esta variable es utilizada como indicador de inversión energética en las hembras (Havenhead & Todd, 1989; Clarke et al., 1991)

IV.2.2. Identificación de epibiontes

Con el propósito de caracterizar la epibiosis por algas sobre *E. analoga*, cada individuo se inspeccionó bajo un estereoscopio. Se registró las regiones corporales y apéndices de *E. analoga* donde se insertaban las algas utilizando una guía morfológica (Knox & Boolootian, 1963). Las algas presentes fueron retiradas de los especímenes con la ayuda de un bisturí y fueron preservadas en bolsas plásticas con cierre hermético enumeradas según el individuo correspondiente.

Adicionalmente, se registró la especie y el número de especies de algas encontradas por cada individuo de *E. analoga* procesado. La identificación taxonómica de las algas epibiontes se llevó a cabo a través fotografías tomadas al microscopio, y comparadas con

guías taxonómicas y bases de datos disponibles en línea (Guiry & Guiry, 2019; Acleto & Zuñiga, 1998). Finalmente, se registró la presencia de otros organismos epibiontes.

IV.3. Análisis de datos

Para la comparación de las variables morfológicas teniendo en cuenta el sexo y playa de procedencia de los individuos de *E. analoga*, se utilizó un análisis de varianza de dos factores (playa y sexo). Para evaluar si hubo asociación en el establecimiento de epibiosis y el sexo de los individuos muestreados, se utilizó un análisis de chi-cuadrado. Para evaluar si las variables morfológicas (tamaño corporal, peso húmedo, peso seco y condición corporal) de *E. analoga* difieren entre individuos con y sin epibiosis, se implementó un ANOVA de tres factores (playa, sexo y epibiosis). Para evaluar si la probabilidad de ocurrencia de epibiosis puede ser explicada por la playa, el sexo y el tamaño corporal de *E. analoga*, se implementó un modelo de regresión logística. Finalmente, para establecer si hay asociación entre la epibiosis y el desempeño reproductivo de las hembras ovígeras de *E. analoga* (inversión reproductiva, número y peso de huevos), se implementó un ANOVA de dos factores (playa y epibiosis). Previo a los ANOVAs implementados, se verificó el supuesto de normalidad a través del análisis Shapiro-Wilk. En los ANOVAs que se detectó un efecto estadísticamente significativo ($P < 0.05$), se realizó una prueba a posteriori Tukey HSD.

V. RESULTADOS

1. Patrones poblacionales de *E. analoga*

De las 11 playas estudiadas, en 9 de ellas el porcentaje de machos fue mayor al 50% (rango de 54.5% a 98.5%), excepto en Punta Negra (26.0%) y Paraíso (32.8) (Fig. 2). Solo en 7 poblaciones se registraron hembras ovígeras (promedio de 14.0%, rango de 0.5% a 43.0%).

Las variables morfológicas estudiadas (longitud corporal [CL], peso fresco [WM], y peso seco [DM]) variaron significativamente debido al efecto de la población, sexo y la interacción de ambos factores (Anexo 5). Estas mostraron el mismo patrón en todas las poblaciones, siendo las hembras las que presentaron los mayores valores en comparación con los machos (Fig. 3). En relación a la condición corporal (CF), los machos tuvieron valores mayores que las hembras en casi todas las poblaciones (Fig. 4). En las poblaciones de San Francisco y Playa Hermosa, la CF no mostró diferencias significativas entre sexos y solo en la población de Maradentro, las hembras tuvieron mayores CF que los machos (Fig. 4).

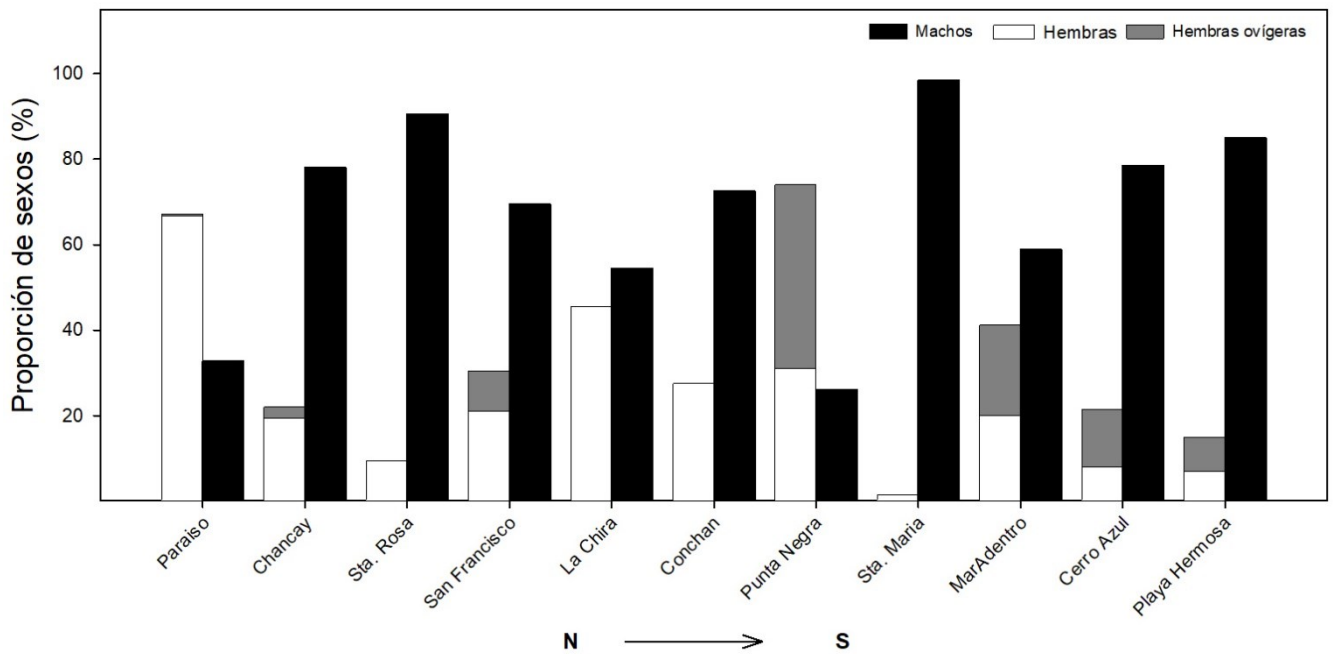


Figura 2. Composición poblacional de *E. analoga* en las 11 playas estudiadas (machos, hembras y hembras ovígeras). Las poblaciones se encuentran ordenadas de norte a sur.

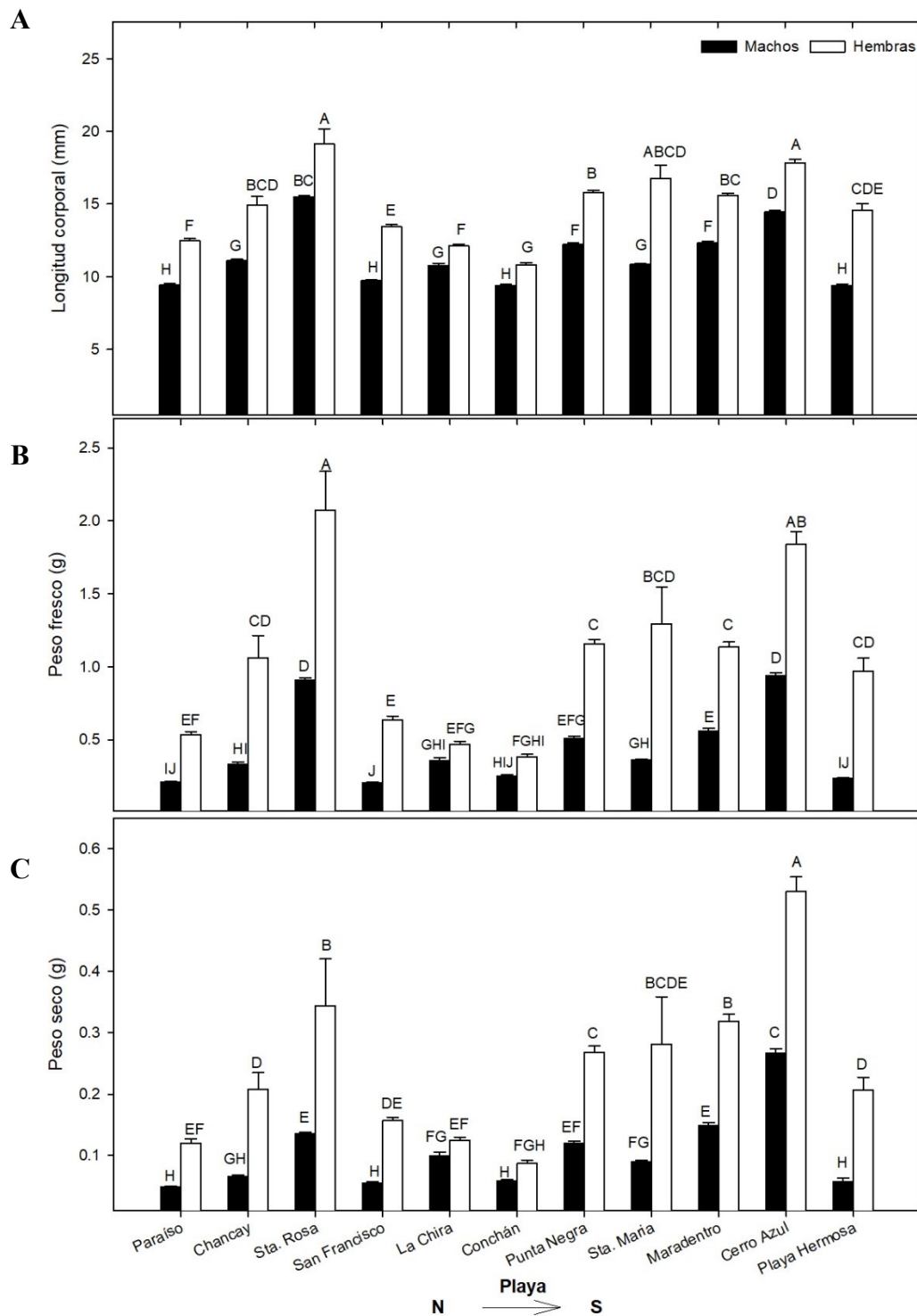


Figura 3. Comparación de la longitud corporal (A), peso fresco (B) y peso seco (C) entre sexos de *E. analoga* en las 11 playas estudiadas. Se muestra las medias \pm error estándar. Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey $P < 0.05$).

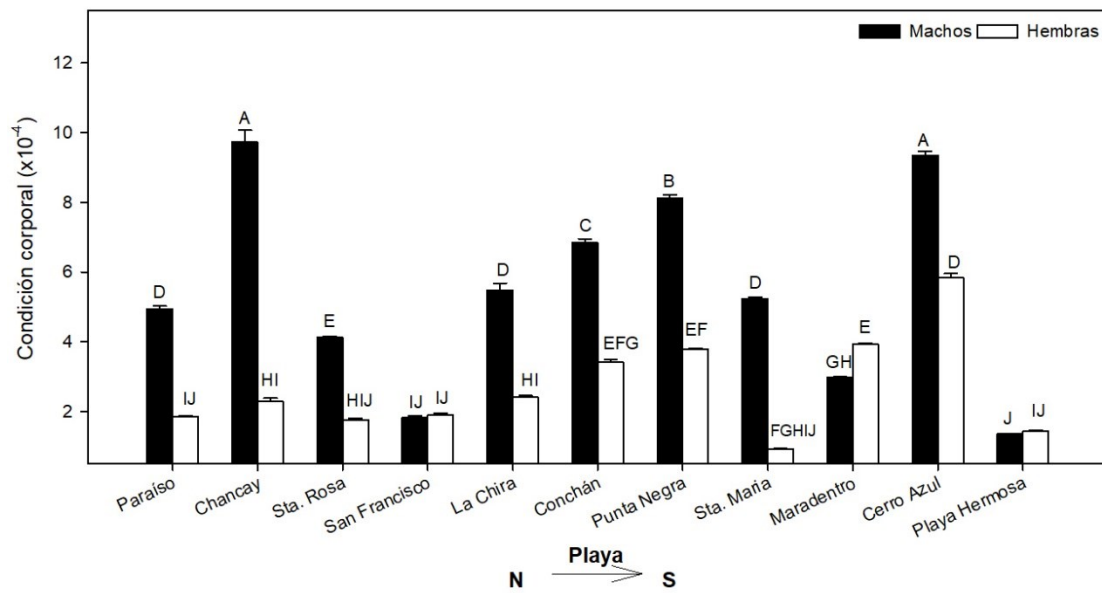


Figura 4. Comparación de la condición corporal (CF, x10⁻⁴) entre sexos y playas. Se muestra las medias ± error estándar. Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey P<0.05).

2. Registro de epibiosis por algas y factores asociados a la ocurrencia

Se registró individuos de *E. analoga* con epibiosis por algas en tres de las once playas: Paraíso (100% de epibiosis), San Francisco (83%) y Playa Hermosa (13%). En San Francisco, la proporción de hembras de *E. analoga* con epibiosis no varió significativamente del porcentaje poblacional; mientras que, en Playa Hermosa, el porcentaje de hembras epibióticas fue significativamente mayor que el esperado en base a su porcentaje poblacional (Tabla 1).

A partir del modelo logístico determinamos que la probabilidad de encontrar un individuo de *E. analoga* con epibiosis por algas es afectada significativamente por los factores playa, la interacción playa X sexo, y positivamente por la longitud corporal (Tabla 2, Fig. 5). Además, solo en Playa Hermosa, la probabilidad de encontrar una hembra con epibiosis fue mayor que en los machos (Fig. 6).

La principal zona de inserción de algas epibiontes fue la parte anterior (antenas, rostrum, muescas branquial y cervical del cefalotórax y en el ischiopodito del 3er maxilípodo) (Anexo 6), la cual está expuesta a las corrientes marinas. En algunos casos, las algas también se encontraron insertadas en el primer par de pereópodos. La mayoría de *E. analoga* con epibiosis presentaron una cobertura de alga abundante y densa.

Se identificaron 4 especies de algas epibiontes: *Ulva intestinalis*, *Ulva lactuca*, *Ectocarpus spp* y *Polisiphonia spp* (Anexo 7), siendo *U. intestinalis* el epibionte predominante en las tres playas con una elevada incidencia (aprox.100%) (Fig. 7). Las otras algas fueron encontradas en porcentajes de incidencia siempre menores que *U. intestinalis*. Adicionalmente, se encontraron individuos que presentaban bivalvos epibiontes. En relación a la diversidad de epibiontes, las playas Paraíso y San Francisco registraron la mayor diversidad, incluyendo algunos casos de bivalvos no identificados (Fig. 7; Anexo 9). En Playa Hermosa solo se registró como epibiontes a las dos especies de *Ulva* (Fig. 7). En las tres playas se encontraron individuos de *E. analoga* con más de un tipo epibionte (Fig. 8; Anexo 8). En la playa San Francisco se registró la gama más amplia de combinaciones de epibiontes (hasta 5 tipos en un mismo individuo); mientras que en la playa Paraíso los individuos de *E. analoga* usualmente se asociaron a *U. intestinalis* (Fig. 8).

Tabla 1. Proporciones poblacionales, porcentaje de epibiosis y proporción de epibiosis por sexos de *E. analoga* en las playas de Paraíso, San Francisco y Playa Hermosa. El análisis de Chi2 representa diferencias entre las proporciones de M:H (total vs epibiosis).

| Playa | % epibiosis | Prop M:H | | | |
|---------------|-------------|----------|-----------|--------|-----------------|
| | | Total | Epibiosis | Chi2 | p |
| Paraíso | 100.0 | 0.5 | 0.5 | | |
| San Francisco | 83.0 | 2.3 | 2.2 | 0.310 | 0.575 |
| Playa Hermosa | 13.5 | 5.7 | 0.6 | 56.320 | < 0.0001 |

Tabla 2. Modelo logístico predictor de epibiosis por algas utilizado para individuos de *E. analoga*. Se muestran los grados de libertad (df), estadístico de Wald y el p de significancia.

| Factores | Df | Wald Stat. | p |
|-----------------|----|------------|-----------------|
| CL ¹ | 1 | 6.45380 | 0.011072 |
| Playa (P) | 1 | 78.67035 | 0.000000 |
| Sexo (S) | 1 | 0.52409 | 0.469100 |
| P x S | 1 | 13.03558 | 0.000306 |

¹CL= Longitud corporal

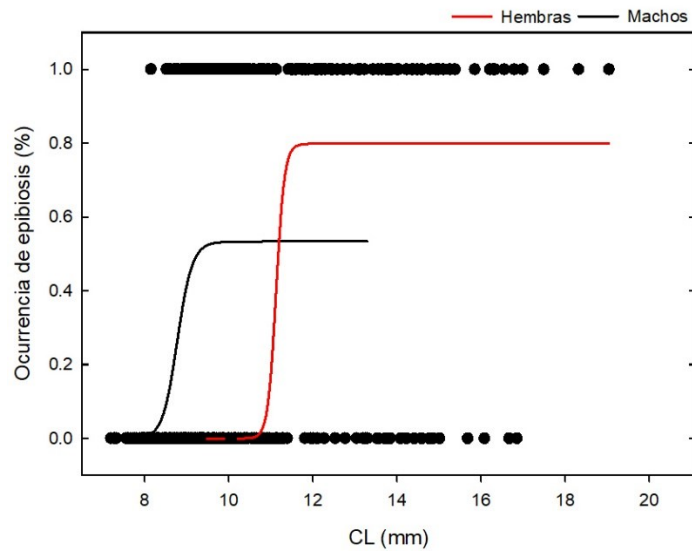


Figura 5. Ocurrencia de epibiosis por algas dependiendo de la longitud corporal de *E. analoga* separado por sexos para las playas de San Francisco y Playa Hermosa. La gráfica muestra modelo logístico. Los puntos negros representan los valores dicotómicos.

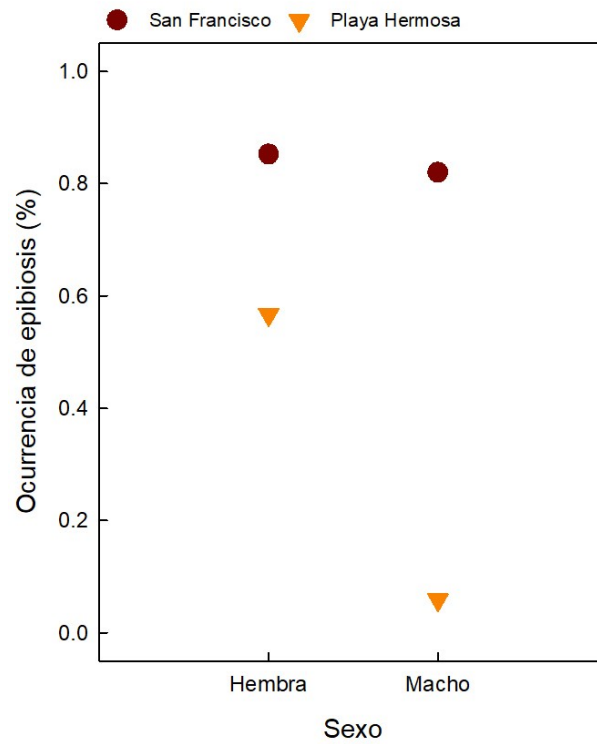


Figura 6. Probabilidad de ocurrencia de epibiosis en las playas de San Francisco y Playa Hermosa dependiendo del sexo.

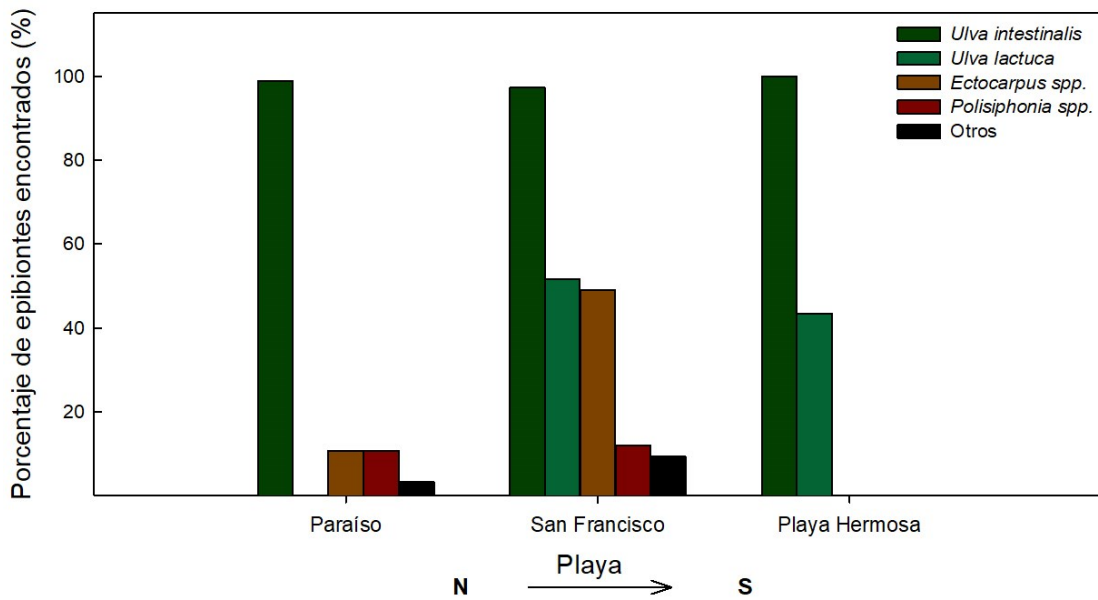


Figura 7. Porcentaje de epibiontes (principalmente algas) registrados sobre individuos de *E. analoga*.

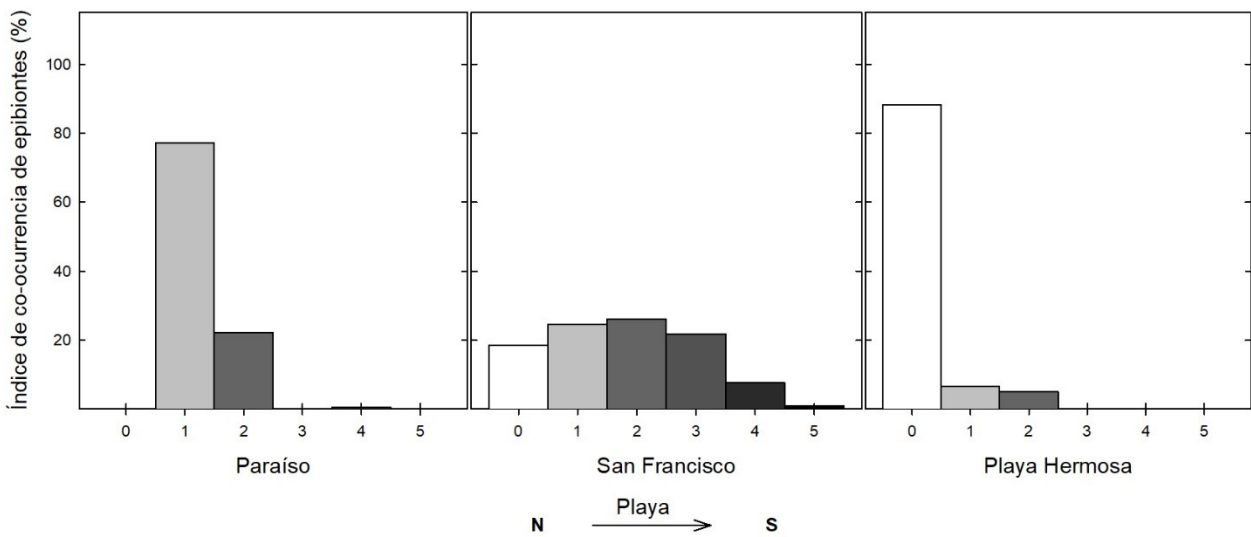


Figura 8. Porcentaje de individuos de *E. analoga* asociados a diferente número de especies de epibiontes (principalmente algas). Número de epibiontes varió desde 0 (sin epibiontes) hasta 5= diferentes tipos de epibiontes.

3. Epibiosis por algas y asociación con atributos morfológicos y reproductivos

Para estos análisis se tomaron en cuenta solo las poblaciones de San Francisco y Playa Hermosa, debido a que en estas dos poblaciones registraron individuos de ambas condiciones (con y sin epibiosis).

En estas poblaciones, para las variables morfológicas referidas a tamaño corporal (longitud, peso fresco y peso seco) detectamos diferencias significativas entre las playas, el estado de epibiosis, el sexo del basibionte y la interacción de estos factores (Anexo 10). Si bien en ambas playas las hembras tuvieron valores superiores que los machos en las 3 variables, únicamente en la población de Playa Hermosa, las hembras con epibiosis fueron significativamente más grandes que las hembras sin epibiosis (Fig. 9).

En relación a la condición corporal, detectamos efectos significativos de los factores playa y de la interacción Sexo x Epibiosis (Anexo 10). La condición corporal promedio en la playa San Francisco fue significativamente mayor que en Hermosa (prueba de Tukey HSD, $p < 0.0001$, Fig. 10). Además, al comparar individuos con epibiosis de aquellos sin epibiosis, la condición corporal aumentó significativamente en las hembras, pero disminuyó en los machos (prueba de Tukey HSD, $p < 0.001$ para cada contraste, Fig. 10).

Con respecto a las variables de desempeño reproductivo estudiadas, la inversión reproductiva fue afectado significativamente por los factores playa y la epibiosis, pero no por la interacción de ambos factores (Anexo 11). La inversión reproductiva promedio fue significativamente mayor en la playa San Francisco que en Playa Hermosa (prueba de Tukey HSD, $p < 0.05$, Fig. 11). Asimismo, en ambas playas, las hembras sin epibiosis tuvieron mayor RO que aquellas con epibiosis (prueba de Tukey HSD, $p < 0.05$, Fig. 11).

Por otro lado, el número de huevos no fue afectado significativamente por ninguno de los factores estudiados y en el peso de los huevos solo se evidenció un efecto de la playa, siendo los huevos de las hembras de Playa Hermosa más pesados que en San Francisco (Fig. 11).

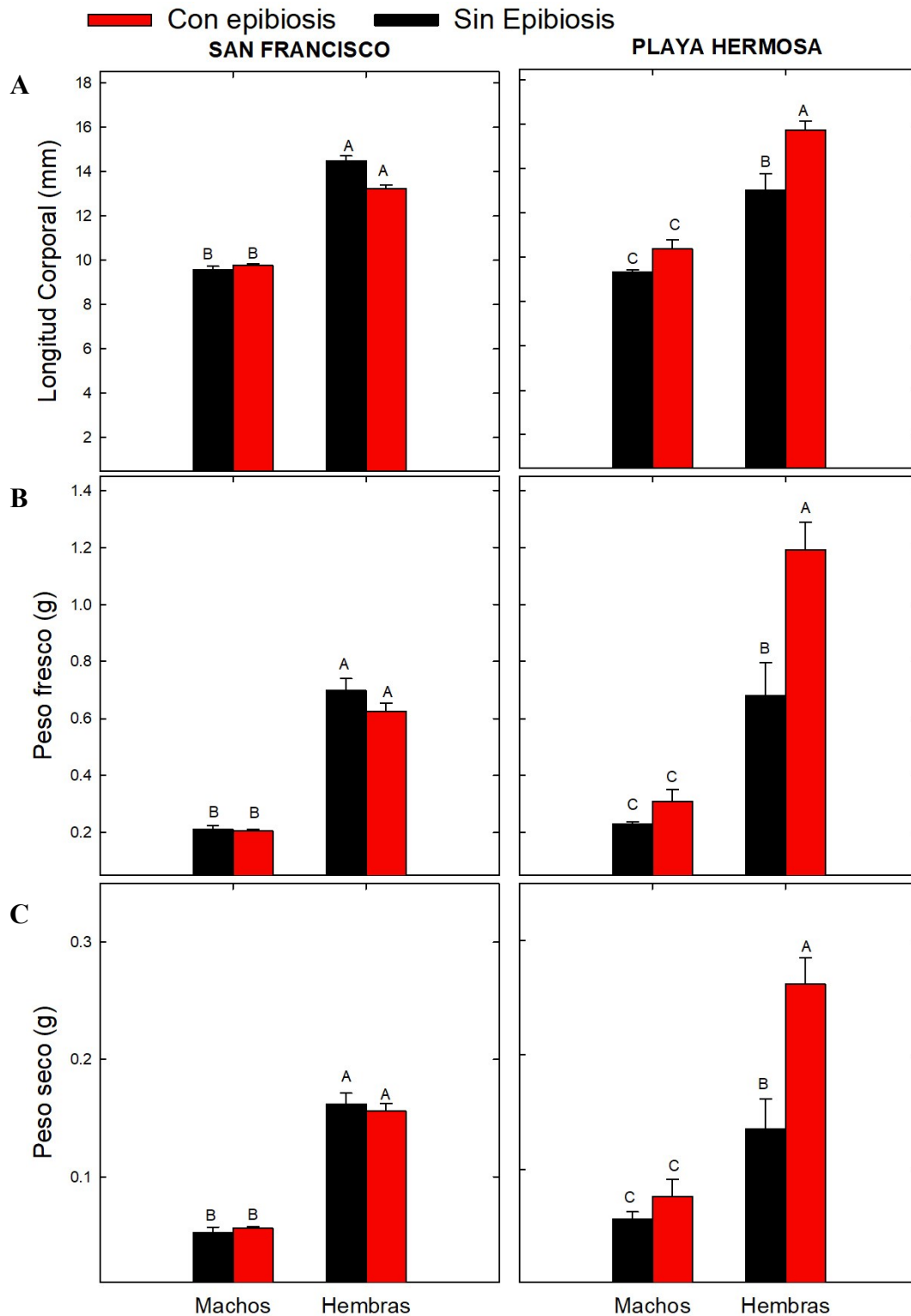


Figura 9. Comparación de la longitud corporal (A), peso fresco (B) y peso seco (C) de *E. analoga* en las 2 poblaciones donde se encontraron individuos con epibiosis por algas. La gráfica muestra las medias \pm error estándar. Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey $P < 0.05$).

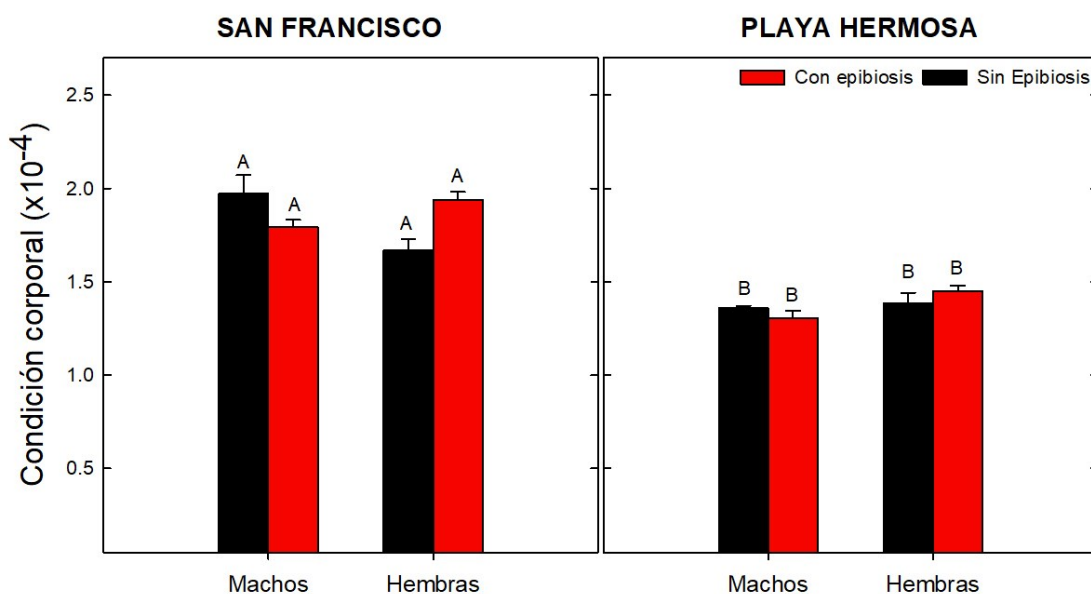


Figura 10. Comparación de la condición corporal en las 2 poblaciones donde se encontraron individuos con epibiosis por algas. La gráfica muestra las medias \pm error estándar. Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey $P < 0.05$).

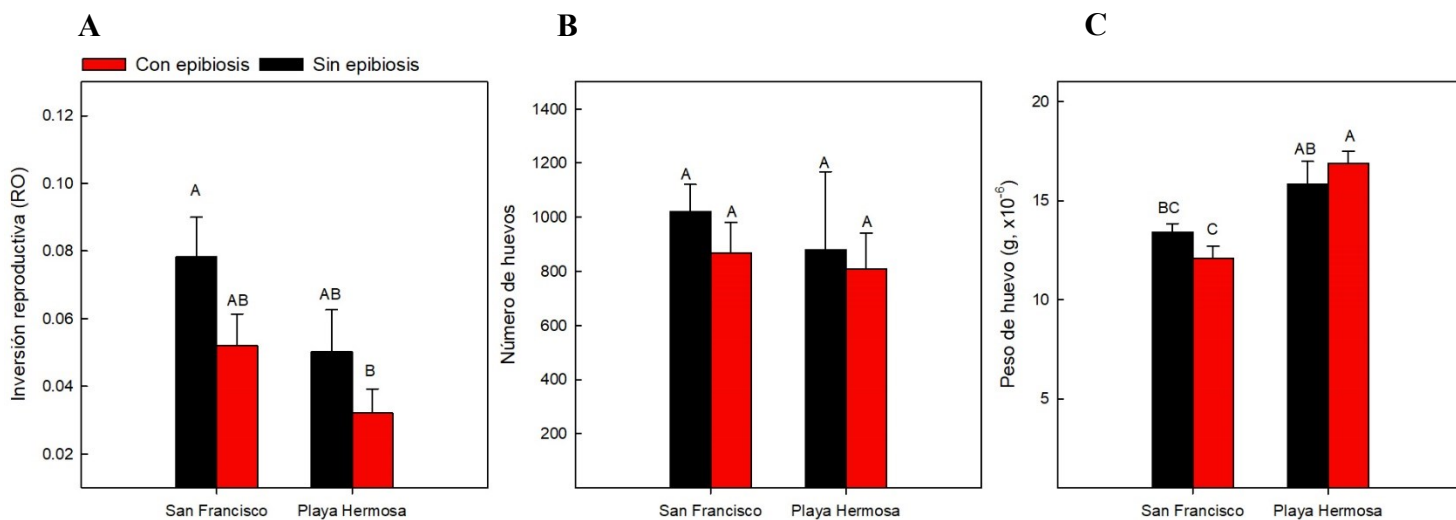


Figura 11. Comparación de la inversión reproductiva (A), y número de huevos (B) y el peso de huevo (C) en las 2 poblaciones donde se encontraron individuos con epibiosis por algas. La gráfica muestra las medias \pm error estándar. Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey $P < 0.05$).

VI. DISCUSIÓN

1. Patrones poblacionales de *E. analoga*

En la mayoría de las playas estudiadas durante el mes de junio, se observó una mayor proporción de machos (Fig. 2). Estos resultados fueron concordantes con otros estudios realizado en California y Chile, donde gran parte del año la proporción de machos supera al de hembras (Jaramillo et al., 2000; López et al., 2001; Contreras et al., 2000; Contreras et al., 2003; Lastra et al., 2004; Brazeiro, 2005). En Perú, también se ha registrado dominancia de machos (ratios de 16:1 machos/hembras) en la playa de Conchán durante una temporada similar a la de nuestro estudio (Sánchez &  lamo, 1974; Sánchez Rivas, 1988). Sin embargo, esta dominancia de machos no es consistente en todas las localidades, habiendo casos donde no hay diferencias entre las proporciones de sexos (Contreras et al., 1999).

En relación a la proporción de hembras ovígeras, registramos una gran variación inter poblacional, siendo esta frecuentemente baja (Fig. 2). Diversos estudios realizados en Chile y Perú reportan proporciones bajas de hembras ovígeras durante todo el año, acorde con nuestros resultados (Sanchez Rivas, 1988; Contreras et al., 1999; López et al., 2001; Contreras et al., 2003). Cabe mencionar que otros estudios han encontrado proporciones de hembras ovígeras altos (mayores al 30%) en temporadas diferentes a la reproductiva, y atribuyen el cambio de proporciones a las variaciones espaciales y temporales (e.j. temperatura del agua, disponibilidad de alimento, pendiente y tamaño del grano de arena de la playa) (Dugan & Hubbard, 1996; Contreras et al., 1999; Contreras et al., 2000). Sin embargo, en este trabajo no se han medido variables ambientales ni temporales de cada playa con las que podamos establecer alguna relación similar.

Emerita analoga presenta dimorfismo sexual, siendo las hembras de mayor longitud y peso que los machos en todas las poblaciones (Fig. 3), lo cual es congruente con otros estudios donde se han reportado que las hembras adultas pueden medir entre 15 mm y 30 mm, mientras que los machos pueden alcanzar medidas de hasta 22 mm (Knox & Boolootina, 1963; Penchaszadeg, 1971; Sánchez &  lamo, 1974; Jaramillo et al., 2000). Además de las diferencias entre sexos, se encontraron diferencias en el tamaño promedio entre playas (Fig. 4). Estudios tanto en *E. analoga* como en otras especies del género reportan individuos más grandes en playas con características morfodinámicas

favorables, como lo son la baja pendiente y el sedimento fino (Brazeiro, 2005; Celentano & Defeo, 2006; Veas et al., 2014). Sin embargo, en nuestro trabajo esta información no fue registrada. Futuros trabajos pueden considerar estas variables como explicativas de las diferencias en los tamaños de los individuos entre playas.

En relación a la condición corporal (CF), en la mayoría de las poblaciones, los machos presentaron valores mayores al de las hembras (Fig. 4). Este CF nos permitió evaluar el estado de salud de cada individuo (LeCren, 1951; Rodríguez, 1985). En diversos decápodos, este parámetro varía por factores propios del organismo y del ambiente (localidad o temporada de muestreo) (Pinheiro & Fiscarelli, 2009; Araújo et al., 2012; Araújo & Lira, 2012; Gopalakrishnan et al., 2014; Rocha et al., 2015; Taddei et al., 2017).

En este estudio, el mes de muestreo pudo haber sido el principal factor que influyó en los reducidos valores de CF presente en los machos en comparación al de las hembras. Como se mencionó anteriormente, a pesar de que se puede encontrar hembras ovígeras de *E. analoga* durante todo el año, esta especie presenta un pico reproductivo durante los meses de primavera-verano. Se ha reportado que la CF incrementa notoriamente durante la época reproductiva, ya que las hembras designan energía a reproducción cesando el crecimiento; una vez concluida esta temporada, el CF disminuye (Firstater et al., 2009; Araújo & Lira, 2012). El muestreo de este trabajo se llevó a cabo en el mes de junio, cuando el cual el ciclo reproductivo está completo. El desfase de temporadas de este estudio y la época reproductiva podría explicar los valores de CF. Sin embargo, se necesita más información a una escala temporal mayor para confirmar estos supuestos.

2. Registro de epibiosis por algas y factores asociados a la ocurrencia

Se encontró epibiosis por algas en 3 de las 11 playas muestreadas. En las 3 playas con ocurrencia de epibiosis, la zona corporal anterior presentó la mayor cantidad de epibiosis tanto en machos como hembras (Anexo 6). Firstater et al, (2009) indicó una alta incidencia de epibiosis en la misma zona anterior; sin embargo, en su estudio solo pudo evaluar hembras, por lo que nuestros resultados sugieren que no hay diferencia las zonas de inserción asociadas al sexo. Tras el enterramiento de este organismo para alimentarse, la zona corporal anterior queda expuesta a la marea facilitando su colonización (Anexo 1).

Por otro lado, en Playa Hermosa, el mayor porcentaje de individuos con epibiosis fueron las hembras a pesar de su reducido porcentaje poblacional (Tabla 1), patrón previamente reportado (Firstater et al., 2009). Además, mediante el modelo logístico, se determinó que la ocurrencia de epibiosis se ve asociada de manera positiva al tamaño corporal (Tabla 2; Fig. 5), y si bien encontramos mayor ocurrencia en hembras, este patrón varió entre playas, siendo las diferencias entre sexos más marcadas en Playa Hermosa (Fig. 6).

Por lo general, las hembras se encuentran distribuidas en zonas más profundas del intermareal, presentando algunos cambios en la distribución con respecto a la marea y morfodinámica de la playa (MaCGinitie, 1938; Jaramillo et al., 2000; Lépez et al., 2001). Se ha propuesto que esta distribución en la playa es un factor importante para el establecimiento de epibiosis (Firstater et al., 2009), pues facilita el encuentro con los propágulos de las algas, explicando la alta incidencia de epibiosis en las hembras.

Sugerimos que el asentamiento de las algas se inicia en hembras, que son los individuos de mayor tamaño y ubicados en zonas más cercanas a la marea, para luego colonizar progresivamente los individuos de mayor tamaño disponibles (hembras más pequeñas y los machos más grandes). Esto explicaría que en Playa Hermosa (donde el porcentaje de epibiosis es bajo (13.5%) la asociación con hembras fue significativa pero que en playa San Francisco (donde el porcentaje de epibiosis es aprox. 80%; Tabla 1) encontremos que la epibiosis está positivamente relacionado con el tamaño, pero ya no con el sexo de los individuos.

Una diferencia importante encontrada entre las 3 playas con epibiosis fue el porcentaje de ocurrencia (Tabla 1). Firstater et al (2009) reportó una ocurrencia de epibiosis en *E. analoga* máxima de 2% durante el mes de febrero en una playa adyacente a San Francisco (Huaquilla, Ancón), además de que no fueron encontrados individuos con epibiosis durante el mes de junio. En este estudio, por el contrario, se encontraron prevalencias superiores al 10% durante el mes de junio (Tabla 1). Diversas condiciones ambientales pueden explicar estas diferencias sustanciales en la prevalencia de epibiosis, siendo una de ellas la temperatura superficial del mar (TSM). Durante la temporada de muestreo de Firstater et al., 2009 (diciembre 2005 - noviembre 2006), la TSM en las estaciones costeras alcanzó valores de 14-15°C, predominando durante el primer semestre del año las anomalías negativas, con un máximo de -3°C (Anexo 12; IMARPE, 2005-2006). Por

el contrario, durante el periodo de diciembre 2016 a mayo 2017 (período cercano a nuestro muestreo), se presentó un evento calificado como “El Niño Costero” de magnitud moderada (ENFEN, 2017). Durante este fenómeno, la temperatura superficial del mar frente a las costas del litoral peruano llegó a alcanzar valores hasta de 3°C por encima de lo normal (Callao; Anexo 12,13). A pesar de que la temperatura superficial del mar se encontraba entre 17°-19°C, durante los meses anteriores a junio, esta TSM llegó a superar los 20°C frente al Callao (Anexo, 13; IMARPE, 2017). Un punto importante a considerar es que en Playa Hermosa (San Juan de Marcona), la TSM no varió más de 1.5°C sobre lo normal, y podría explicar la menor incidencia de epibiosis en comparación a las otras dos playas (Anexo 13).

Otros factores importantes a tomar en cuenta son el grado de protección de las playas y el grado de contaminación proveniente de actividades antropogénicas. Las 3 playas en las que se presentó epibiosis podrían ser consideradas como playas protegidas o sistemas semicerrados (Anexo 14). En estos sistemas semicerrados, diversos factores modifican la circulación de la corriente, resultando en un sistema complejo e inestable (Quispe, 2007). En particular, el viento genera patrones de circulación superficial, llegando a formar giros dentro de la bahía, generando apilamiento de agua, estratificación e inducción de corrientes dentro del sistema (Fischer et al., 1979; Amador-Buenrostro et al., 1991; Valle Levinson et al., 2001; Quispe, 2007). Además, en las 3 playas se ha reportado un grado de contaminación proveniente actividades antropogénicas (eliminación de residuos sólidos y materia orgánica) y fuentes de nitrógeno animal (Cruz, 2002; Cruz et al., 2007; Arévalo et al., 2015; Sarmiento, 2017). Estos factores ambientales en conjunto pueden ser factores claves para crear un ambiente propicio para los propágulos de algas.

Los géneros encontrados como epibiontes en estudio fueron *Enteromorpha*, *Ectocarpus* y *Polysiphonia*, los cuales han sido reportados previamente como epibiontes comunes, ya sea para *E. analoga* (Firstarter et al, 2009), y otros organismos, como copépodos, moluscos e incluso caparzones de tortugas marinas (Wahl, 1996; Frick et al., 1998; Baez et al. 2001; Seaborn, 2014; Jaramillo et al., 2016). El género más dominante fue *Ulva spp* (*Enteromorpha spp*, per Hayden et al., 2003, Fig. 7), patrón encontrados en otros estudios (López et al., 2000; McGaw, 2006; Dubois et al., 2006; Rohde et al., 2008). Este género de alga es generalista, tolerante a un amplio rango de salinidad y calidad de agua y

produce una alta cantidad de propágulos con gran adherencia, propiedad que aumenta con la temperatura (Callow et al., 1997; Tan et al., 1999).

Estas características de *Ulva spp*, en conjunto con las características ambientales presentes durante el año de estudio pudo favorecer la producción de propágulos de algas, lo cual conllevó a la alta ocurrencia de epibiosis en las playas (Lotze & Worm; 2002; Mayer-Pinto & Junqueira, 2003). Sin embargo, en esta investigación no se realizaron mediciones de los factores ambientales in situ, datos que podrían ser considerados para futuras investigaciones.

3. Epibiosis por algas y asociación con atributos morfológicos y reproductivos

En Playa Hermosa, las hembras más grandes presentaron epibiosis (Fig. 9). Esta asociación positiva con el tamaño del basibionte para la colonización de las algas ha sido observada en estudios anteriores, ya sea para *E. analoga* (Firstater et al., 2009) u otros decápodos, debido a que individuos de mayor tamaño presentan menos eventos de muda y mayor área de colonización, facilitando el establecimiento de epibiontes (Siegel, 1984; Gili et al, 1993; Abelló et al., 1999; Gunamalai, & Subramoniam, 2002; Hidalgo et al., 2010). Esta característica, en conjunto al patrón de distribución de las hembras en la playa, podría explicar la asociación encontrada con el sexo en Playa Hermosa.

La CF aumentó en las hembras con epibiosis, mientras que en los machos disminuyó (Fig.10). Se ha sugerido que el incremento en la CF en las hembras puede explicarse por la disminución de las actividades motoras y aumento de la alimentación tras migrar a zonas más bajas y estables (Firstater et al., 2009). Se ha reportado anteriormente que la presencia de epibiosis aumenta el tiempo de enterramiento y la tasa de depredación en *E. analoga*, por lo que el traslado a zonas de menor depredación podría generar un beneficio a las hembras (Hidalgo et al., 2010). Por el contrario, los machos se encuentran en zonas más superficiales e inestables, por lo que es posible que la presencia de las algas, aparte de aumentar el riesgo de depredación, aumenten la fuerza de arrastre del agua, removiéndolos fácilmente de la arena, por lo que requieran gastar más energía en actividades motoras (Williams, 1947; Wahl, 2008; Hidalgo et al., 2010). Sin embargo, no hay estudios experimentales que permitan comprobar estos supuestos.

Por otro lado, la presencia de epibiosis mostró un efecto negativo en la inversión reproductiva de *E. analoga*, mas no en el número ni peso de los huevos (Fig. 11, Anexo

11). Estudios realizados en bivalvos, copépodos y gasterópodos reportan una reducción en otros componentes reproductivos (producción de huevos y en la madurez de las gónadas) con la presencia de epibiontes (Buschbaum & Reise, 1999; Chan & Chan, 2005; Eschweiler & Buschbaum, 2011). Estos resultados indican que la presencia epibiosis puede disminuir la inversión reproductiva, sugiriendo que, más allá de las consecuencias ecológicas negativas de esta interacción en el enterramiento y tasa de depredación, existiría un costo en la asignación energética entre reproducción y otras funciones.

4. Modelo teórico de epibiosis por algas en *Emerita analoga*

Con estos antecedentes, podemos hipotetizar que la ocurrencia de la epibiosis por algas en *Emerita analoga* es un evento altamente modulado por las condiciones ambientales de las playas. A pesar de que este evento es predominante durante los meses de verano (Firstater et al, 2009), la presencia de factores ambientales favorables (alta temperatura superficial del mar, alto contenido de nutrientes) (Anexo 15, A), ocasionaría una rápida y explosiva reproducción de las algas presentes en el intermareal (Anexo 15, B). El proceso de colonización de las algas en *E. analoga* empezaría con las hembras de mayor tamaño, las cuales presentan menos eventos de muda y se encuentran en zonas más profundas del intermareal (Anexo 15, C). Progresivamente, la colonización seguiría en individuos de tamaños más reducidos (hembras pequeñas y machos grandes), hasta colonizar los machos más pequeños (Anexo 15, C). Por último, intuimos que la presencia de epibiosis por algas en *E. analoga* es un evento desventajoso para la especie, pues, en adición de aumentar el tiempo de enterramiento y brindarles mayor visibilidad a depredadores (Firstater et al., 2009; Hidalgo et al., 2010), presenta implicancias en la inversión reproductiva.

VII. CONCLUSIONES

1. En la mayoría de las 11 playas arenosas de la costa central de Lima, hubo una dominancia de machos de *E. analoga* y además se puede observar claramente el dimorfismo sexual de tamaño, representativo de la especie, con diferencias interpoblacionales en el tamaño y peso promedio.
2. Se encontró epibiosis por algas en solo 3 de las 11 playas muestreadas (Paraíso, San Francisco y Playa Hermosa). A pesar de que hubo algunas similitudes interpoblacionales (especies epibiontes y dominancia de *Ulva intestinalis*), la epibiosis mostró patrones contrastantes en las poblaciones (niveles distintos de ocurrencia de epibiosis, diversidad y de co-ocurrencia de epibiontes)
3. El tamaño de los individuos de *Emerita analoga* es uno de los factores determinantes en la ocurrencia de epibiosis, debido a esto, en casos de ocurrencia baja, las hembras son las más colonizadas.
4. La asociación entre la epibiosis y variables morfológicas de *E. analoga* fue dependiente de playa y sexo. Sin embargo, la presencia de una asociación negativa con la inversión reproductiva en ambas playas con epibiosis nos lleva a concluir que la presencia de esta interacción puede indicar una desventaja para la especie.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Abelló P, Villanueva R, Gili JM. Epibiosis in deep-sea crab populations as indicator of biological and behavioural characteristics of the host. *J Mar Biol Assoc U K.* noviembre de 1990;70(04):687.

Acleto OC, Zuñiga R. Introducción a las algas. Editorial Escuela Nueva; 1998.

Albano P, Favero F. *Mimachlamys varia* (Mollusca, Bivalvia) epibiontic on *Galathea strigosa* (Decapoda, Galatheidae) in the North Adriatic Sea. *Crustaceana.* 2011;84(1):107-15.

Alvitres Castillo VR, Fupuy Chung J, Chanamé Céspedes JL, Chambergo Llontop AG. Aspectos biológicos de *Emerita* análoga en relación al ciclo “El Niño Oscilación Sur” 1996-2000, Lambayeque-Perú. 2005

Alvitres V, Chanamé J, Fupuy J, Chambergo A, Cortez M. Cambios en la prevalencia de los helmintos parásitos de *Emerita* analoga por efecto de «El Niño 1997-98». *Revista Peruana de Biología.* 1999;6(3):069-76.

Amador-Buenrostro A, Serrano-Guzmán SJ, Argote-Espinoza MA. Numerical Model Of The Circulation Induced By The Wind At Bahia De Los Angeles, B.C., Mexico. *Ciencias Marinas.* 6 de marzo de 1991;17(3):39-57.

Apín YC, Ocaña FA, Cala de la Hera YR, Gómez LM. Estructura poblacional de *Emerita* sp (Crustacea: Decapoda) en playa Levisa, Granma, Cuba. 2010;

Araújo M de SLC de, Lira JJPR de. Condition factor and carapace width versus wet weight relationship in the swimming crab *Callinectes danae* Smith 1869 (Decapoda: Portunidae) at the Santa Cruz Channel, Pernambuco State, Brazil. *Nauplius.* junio de 2012;20(1):41-50.

Araújo MSLC, Castiglioni DS, Coelho PA. Width-weight relationship and condition factor of *Ucides cordatus* (Crustacea, Decapoda, Ucididae) at tropical mangroves of Northeast Brazil. *Iheringia Ser Zool.* septiembre de 2012;102(3):277-84.

Arévalo W, Maldonado M, Iglesias S, Cabrera C, Concepción L. Evaluación de la calidad ambiental del ecosistema de la bahía de Ancón durante octubre 2013. *Revista del Instituto*

de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica. 2015;18(36).

Báez JC, Camisias JA, Valeiras J, Conde F, Flores-Moya A. First record of the epizoic red seaweed *Polysiphonia caretta* Hollenberg in the Mediterranean Sea. Acta Bot Malac. 2001; 26:197-201.

Barea-Arco J, Pérez-Martínez C, Morales-Baquero R. Evidence of a mutualistic relationship between an algal epibiont and its host, *Daphnia pulex*. Limnol Oceanogr. junio de 2001;46(4):871-81.

Becker K. Epibionts on carapaces of some malacostracans from the Gulf of Thailand. J Crustac Biol. 1996;16(1):92-104.

Begon M, Townsend CR, Harper JL. Ecology: from individuals to ecosystems. 2006.

Bhaduri RN, Valentich-Scott P, Hilgers M, Singh R. New host record for the California mussel *Mytilus californianus* (Bivalvia, Mytilidae), epibiotic on the Pacific sand crab *Emerita analoga* (Decapoda, Hippidae) from Monterey Bay, California (U.S.A.). Crustaceana. 2017;90(1):69-75.

Birkerland C. Geographic comparisons of coral-reef community processes. Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium. 1988;1:211-20.

Brazeiro A. Geomorphology induces life history changes in invertebrates of sandy beaches: the case of the mole crab *Emerita analoga* in Chile. J Mar Biol Assoc U K. febrero de 2005;85(1):113-20.

Broitman B, Navarrete S, Smith F, Gaines S. Geographic variation of southeastern Pacific intertidal communities. Mar Ecol Prog Ser. 2001;224:21-34.

Buschbaum C, Reise K. Effects of barnacle epibionts on the periwinkle *Littorina littorea* (L.). Helgol Mar Res. 30 de agosto de 1999;53(1):56-61.

Cadman LR, Weinstein MP. Size-Weight Relationships of Postecdysial Juvenile Blue Crabs (*Callinectes Sapidus Rathbun*) from the Lower Chesapeake Bay. J Crustac Biol. 1 de abril de 1985;5(2):306-10.

Callow ME, Callow JA, Pickett-Heaps JD, Wetherbee R. Primary adhesion of *Enteromorpha* (Chlorophyta, Ulvales) propagules: Quantitative settlement studies and video microscopy. *J Phycol.* diciembre de 1997;33(6):938-47.

Carman KR, Dobbs FC. Epibiotic microorganisms on copepods and other marine crustaceans. *Microsc Res Techniq.* 1997; 37:116-35.

Celentano E, Defeo O. Habitat harshness and morphodynamics: life history traits of the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguayan sandy beaches. *Mar Biol.* 2006;149(6):1453-61.

Chan DHL, Chan BKK. Effect of epibiosis on the fitness of the sandy shore snail *Batillaria zonalis* in Hong Kong. *Mar Biol.* marzo de 2005;146(4):695-705.

Clarke A, Hopkins CCE, Nilssen EM. Egg Size and Reproductive Output in the Deep-Water Prawn *Pandalus borealis* Kroyer, 1838. *Funct Ecol.* 1991;5(6):724.

Contreras H, Defeo O, Jaramillo E. Life History of *Emerita analoga* (Stimpson) (Anomura, Hippidae) in a Sandy Beach of South-Central Chile. *Estuar Coast Shelf Sci.* enero de 1999;48(1):101-12.

Contreras H, Jaramillo E, Duarte C, McLachlan A. Population abundances, growth and natural mortality of the crustacean macroinfauna at two sand beach morphodynamic types in southern Chile. *Rev Chil Hist Nat.* 2003; 76:543-61.

Contreras H, Jaramillo E, Quijon P. Natural history of *Emerita analoga* (Anomura, Hippidae) in a sandy beach of northern Chile. *Rev Chil Hist Nat.* 2000;73(4):705-15.

Cowles D. *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) [Internet]. Salish Sea Invertebrates. Walla Walla University; 2016. Disponible en: https://inverts.wallawalla.edu/Arthropoda/Crustacea/Malacostraca/Eumalacostraca/Eucarida/Decapoda/Anomura/Family_Hippidae/Emerita_analoga.html

Cruz Z. Evaluación del Estado de Conservación de las Lagunas “El Paraíso”, Provincia de Huaura, Departamento de Lima, Perú. Tesis para optar por el título de Ingeniero Forestal; 2002.

Davis AR, Targett NM, McConnell OJ, Young CM. Epibiosis of marine algae and benthic invertebrates: natural products chemistry and other mechanisms inhibiting settlement and overgrowth. En: Bioorganic marine chemistry. Springer; 1989. p. 85-114.

Dhuru S, Patankar P, Desai I, Suresh B. Structure and Dynamics of Rotifer Community in a Lotic Ecosystem. En: Aquatic Ecosystem: Biodiversity, Ecology and Conservation. Springer; 2015. p. 67-92.

Dubois S, Commito JA, Olivier F, Retière C. Effects of epibionts on *Sabellaria alveolata* (L.) biogenic reefs and their associated fauna in the Bay of Mont Saint-Michel. Estuar Coast Shelf Sci. julio de 2006;68(3-4):635-46.

Dugan JE, Hubbard DM, Lastra M. Burrowing abilities and swash behavior of three crabs, *Emerita analoga* Stimpson, *Blepharipoda occidentalis* Randall, and *Lepidopa californica* Efford (Anomura, Hippoidea), of exposed sandy beaches. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 2000;255(2):229-45.

Dugan JE, Hubbard DM. Local variation in populations of the sand crab *Emerita analoga* on sandy beaches in southern California. Rev Chil Hist Nat. 1996; 69:579-88.

Dunn AM, Dick JTA. Parasitism and epibiosis in native and non-native gammarids in freshwater in Ireland. Ecography. diciembre de 1998;21(6):593-8.

Edritanti O, Farajallah A, Wardiatno Y. Reproductive Biology of Ovigerous Female *Emerita emeritus* (Crustacea, Decapoda) in Bengkulu Coastal Waters, Indonesia: Egg Production and Reproductive Output. Croat J Fish. 1 de septiembre de 2016;74(3):103-9.

ENFEN. Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, junio 2017. Informe Técnico Enfen. Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño; 2017(Año 3). N° 06

Eschweiler N, Buschbaum C. Alien epibiont (*Crassostrea gigas*) impacts on native periwinkles (*Littorina littorea*). Aquat Invasions. septiembre de 2011;6(3):281-90.

Fernandez-Leborans G. Epibiosis in Crustacea: An Overview. Crustaceana. 2010;83(5):549-640.

- Firstater FN, Hidalgo FJ, Lomovasky BJ, Gallegos P, Gamero P, Iribarne OO. Effects of epibiotic *Enteromorpha* spp. on the mole crab *Emerita analoga* in the Peruvian central coast. J Mar Biol Assoc U K. marzo de 2009;89(02):363.
- Fischer HB, List JE, Koh CR, Imberger J, Brooks NH. Mixing in Inland and Coastal Waters. Elsevier; 2013. 500 p.
- Flores E, Mujica A. Distribución y abundancia de larvas de *Emerita analoga* (Stimpson 1857) (Decapoda, Anomura) en la zona de Coquimbo y Caldera, Chile. Gayana. 2009;73(2):211-21.
- Frick M, Williams KL, Robinson M. Epibionts associated with nesting loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in Georgia, USA. Herpetol Rev. 1998; 29:211-4.
- Fusaro C. Growth rate of the sand crab, *Emerita analoga* (Hippidae) in two different environments. Fish Bull. 1978;76(2):7.
- Fusaro C. Temperature and Egg Production by the Sand Crab, *Emerita Analoga* (Stimpson) (Decapoda, Hippidae). Crustaceana. 1980;38(1):55-60.
- Gili J-M, Abelló P, Villanueva R. Epibionts and intermolt duration in the crab *Bathynectes piperitus*. Mar Ecol Prog Ser. 1993; 98:107-13.
- Gopalakrishnan A, Rajkumar M, Rahman MM, Sun J, Antony PJ, Venmathi maran BA, et al. Length-weight relationship and condition factor of wild, grow-out and 'loose-shell affected' giant tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798) (Decapoda: Penaeidae). J Appl Ichthyol. febrero de 2014;30(1):251-3.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2019. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>
- Hanamura, Yukio. Seasonality and infestation pattern of epibiosis in the beach mysid *Archaeomysis articulata*. Hydrobiologia. 2000; 427:121-7.
- Harder T. Marine epibiosis: concepts, ecological consequences and host defence. En: Marine and industrial biofouling. Springer; 2009. p. 219-31.

Havenhand JN, Todd CD. Reproductive Effort of the Nudibranch Molluscs *Adalaria proxima* (Alder & Hancock) and *Onchidoris muricata* (Muller): An Evaluation of Techniques. *Functional Ecology*. 1989;3(2):153.

Hayden HS, Blomster J, Maggs CA, Silva PC, Stanhope MJ, Waaland JR. Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct genera. *Eur J Phycol*. agosto de 2003;38(3):277-94.

Hernández P, Palma S, Wehrtmann IS. Egg production of the burrowing shrimp *Callichirus seilacheri* (Bott 1955) (Decapoda, Callinassidae) in northern Chile. *Helgol Mar Res*. diciembre de 2008;62(4):351-6.

Hidalgo FJ, Firstater FN, Lomovasky BJ, Gallegos P, Gamero P, Iribarne OO. Macroalgal fouling on the intertidal mole crab *Emerita analoga* facilitates bird predation. *Helgol Mar Res*. diciembre de 2010;64(4):367-76.

Huxley JS. Relative growth and form transformation. *Proc Royal Soc Lond*. 28 de noviembre de 1950;137(889):465-9.

IMARPE. Boletín Semanal de la Temperatura Superficial del Mar en el Litoral Peruano [en línea]. Callao, Instituto del Mar del Perú. 2005; N°45-48. http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/lista_.php?id_seccion=I0108010107000000000000

IMARPE. Boletín Semanal de la Temperatura Superficial del Mar en el Litoral Peruano [en línea]. Callao, Instituto del Mar del Perú. 2006; N°1-24. http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/lista_.php?id_seccion=I0108010101000000000000

IMARPE. Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras junio 2017. Grupo de Trabajo Institucional El Niño. 2017

Jaramillo E, Dugan J, Contreras H. Abundance, Tidal Movement, Population Structure and Burrowing Rate of *Emerita analoga* (Anomura, Hippidae) at a Dissipative and a Reflective Sandy Beach in South Central Chile. *Mar Ecol*. octubre de 2000;21(2):113-27.

Jaramillo R, Garrido O, Asencio G, Barria P, Cumillaf J, Arcos C, et al. *Polysiphonia* spp as epibiont of *Caligus rogercresseyi* (Crustacea: Copepoda) in *Salmo salar* farming centers. *Arch med vet*. 2016;48(3):321-4.

Knox C, Boolootian R. Functional Morphology of the external appendages of *Emerita analoga*. Bull S Calif Acad Sci. junio de 1963;62(2):45-68.

Lafferty KD, McLaughlin JP, Dugan JE. Novel foraging in the swash zone on pacific sand crabs (*Emerita analoga*, Hippidae) by mallards. The Wilson Journal of Ornithology. 2013;125(2):423-6.

Lastra M, Jaramillo E, Lopez J, Contreras H, Duarte C, Rodriguez JG. Population Abundances, Tidal Movement, Burrowing Ability and Oxygen Uptake of *Emerita analoga* (Stimpson) (Crustacea, Anomura) on a Sandy Beach of South-Central Chile. Mar Ecol. mayo de 2004;25(1):71-89.

Le Cren ED. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). J Anim Ecol. 1951;20(2):201-19.

Lépez I, Furet L, Aracena O. Población de *Emerita analoga* (Stimpson 1857) en playas Amarilla y Rinconada, Antofagasta: aspectos abióticos, bióticos y concentración de cobre. Gayana. 2001;65(1):55-76.

Lima SFB, Lucena RA, Queiroz V, Guimarães CRP, Breves A. The first finding of *Ostrea cf. puelchana* (Bivalvia) living as epibiont on *Callinectes exasperates* (Decapoda). Acta Sci Biol Sci. 3 de mayo de 2017;39(1):79.

López DA, Riquelme VA, González ML. The effects of epibionts and predators on the growth and mortality rates of *Argopecten purpuratus* cultures in southern Chile. Aquac Int. 2000;8(5):431-42.

Lotze HK, Worm B. Complex interactions of climatic and ecological controls on macroalgal recruitment. Limnol Oceanogr. noviembre de 2002;47(6):1734-41.

MacGinitie GE. Movements and Mating Habits of the Sand Crab, *Emerita analoga*. Amer Midl Naturalist. marzo de 1938;19(2):471.

Marinovic B. Laboratory Dissections: *Emerita*. [Internet]. Bio 122: Invertebrate zoology. Physical & Biological Sciences. UC Santa Cruz. 2019 disponible en: <https://courses.pbsci.ucsc.edu/eeb/bioe122/LabManual/Emerita/emerita.pdf>

Mayer-Pinto M, Junqueira AOR. Effects of organic pollution on the initial development of fouling communities in a tropical bay, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*. noviembre de 2003;46(11):1495-503.

McGaw IJ. Epibionts of Sympatric Species of Cancer Crabs in Barkley Sound, British Columbia. *J Crustac Biol*. 2006;26(1):85-93.

Metri, R., Rocha, R. M. D., & Marenzi, A. Epibiosis reduction on productivity in a mussel culture of *Perna perna* (Linné, 1758). *Braz. arch. biol. technol*. 2002; 45(3): 325-331.

Monterrey Bay Aquarium (MonterreyAq.) (2018). A duo of flocculent feathers flicker to and fro in a foraging fandango as each filament feverishly filters food from the fluctuating sea flow [Twitter]. Obtenido de <https://twitter.com/MonterreyAq/status/1071169907180490752>

Negreiros ML, Costa TM, Fransozo A. Epibiosis and molting in two species of *Callinectes* (Decapoda: Portunidae) from Brazil. *Rev Biol Trop*. 1995;43(1-3):257-64.

O'Connor NE, Crowe TP, McGrath D. Effects of epibiotic algae on the survival, biomass and recruitment of mussels, *Mytilus L.* (Bivalvia: Mollusca). *J Exp Mar Biol Ecol*. enero de 2006;328(2):265-76.

Oliva ME, Barrios I, Thatje S, Laudien J. Changes in prevalence and intensity of infection of *Proflicollis altmani* (Perry, 1942) cystacanth (Acanthocephala) parasitizing the mole crab *Emerita analoga* (Stimpson, 1857): an El Niño cascade effect? *Helgoland Marine Research*. 2008;62(1):57.

Oliver I, Alberto J, Alvariño Flores L. Efecto Ecotoxicológico agudo del Mercurio sobre Larvas del "Muy Muy" *emerita analoga* (Stimpson)(Decapoda: Hippidae) procedentes de cuatro localidades de Lima. *Ecología Aplicada*. 2003;2(1):111-5.

Osborn DA. LiMPETS: Long-term Monitoring Program and Experiential Training for Students. En: *Oceans 2003 Celebrating the Past. Teaming Toward the Future* (IEEE Cat No03CH37492) [Internet]. San Diego, CA, USA: IEEE; 2003. p. 2265-2273 Vol.4. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1282839/>

Peig J, Green AJ. New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos*. diciembre de 2009;118(12):1883-91.

Penchaszadeh P. Observaciones cuantitativas preliminares en playas arenosas de la costa Central del Perú con especial referencia a las poblaciones Muy-Muy. (*Emerita analoga*)-(Crustacea, nomura hippidae). Oficina de Ciencias de la UNESCO para América Latina. 1 de enero de 1971;177.

Pennings SC, Selig ER, Houser LT, Bertness MD. Geographic variation in positive and negative interactions among salt marsh plants. *Ecology*. junio de 2003;84(6):1527-38.

Pinheiro MAA, Fiscarelli AG. Length-weight relationship and condition factor of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ucididae). *Braz arch biol technol*. abril de 2009;52(2):397-406.

Quispe JM. Simulación de la hidrodinámica en la Bahía de Paracas, Pisco-Perú; utilizando forzantes físicos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2007

Rocha SS da, Silva RLS da, Santos J de L, Oliveira G de. Length-weight relationship and condition factor of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) from a reservoir in Bahia, Brazil. *Nauplius*. diciembre de 2015;23(2):146-58.

Rodríguez A. Biología del langostino *Penaeus kerathurus* (Forsk., 1775) del golfo de Cádiz. I. Reproducción. *Inv Pesq*. diciembre de 1985;49(4):581-95.

Rohde S, Hiebenthal C, Wahl M, Karez R, Bischof K. Decreased depth distribution of *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae) in the Western Baltic: effects of light deficiency and epibionts on growth and photosynthesis. *Eur J Phycol*. 1 de mayo de 2008;43(2):143-50.

Sánchez R G, Alamo V. V. Algunos aspectos de la biología del «muy muy» (*Emerita analoga*). Callao: IMARPE; 1974 oct p. 36. (Serie de informes Especiales). Report No.: IM-167.

Sanchez Rivas G. Algunos aspectos bio-ecológicos del "Muy Muy" *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) (DECAPODA: ANOMURA) en playas al sur de Lima [Doctoral]. [Lima, Perú]: UNMSM; 1988.

Sarmiento Mamani CP. Plan estratégico ecoturístico de la Reserva Nacional Punta San Juan y las playas en el Distrito de Marcona, Provincia de Nazca, Región Ica (2018–2022) [Licenciatura]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2017.

Schejter L, Spivak E. Morphometry, sexual maturity, fecundity and epibiosis of the South American spider crab *Libidoclaea granaria* (Brachyura: Majoidea). J Mar Biol Assoc U K. agosto de 2005;85(4):857-63.

Seaborn T. Limpets and Their Algal Epibionts: Costs and Benefits of *Acrosiphonia* spp and *Ulva lactuca* Growth. Journal of Marine Biology. 2014; 2014:1-7.

Siegel PR. Food-induced size-specific molt synchrony of the sand crab, *Emerita analoga* (Stimpson). The Biological Bulletin. diciembre de 1984;167(3):579-89.

Sutherland WJ, Freckleton RP, Godfray HCJ, Beissinger SR, Benton T, Cameron DD, et al. Identification of 100 fundamental ecological questions. Gibson D, editor. J Ecol. enero de 2013;101(1):58-67.

Taddei FG, Herrera DR, Davanzo TM, Silva TE da, Costa RC da, Fransozo A. Length/weight relationship and condition factor of *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) and *M. brasiliense* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) in two locations in the state of São Paulo. Nauplius. 2017; 25:2358-936.

Tan IH, Blomster J, Hansen G, Leskinen E, Maggs CA, Mann DG, et al. Molecular phylogenetic evidence for a reversible morphogenetic switch controlling the gross morphology of two common genera of green seaweeds, *Ulva* and *Enteromorpha*. Mol Biol Evol. 1 de agosto de 1999;16(8):1011-8.

Travis J. The Significance of Geographical Variation in Species Interactions. The American Naturalist. 1996;148:S1-8.

Valle-Levinson A, Wong K-C, Bosley KT. Observations of the wind-induced exchange at the entrance to Chesapeake Bay. 2001.

Veas R, Hernández-Miranda E, Quiñones RA. Body shape and burial behavior of the sand crab *Emerita analoga* (Stimpson 1857) in a reflective to intermediate morphodynamic range of sandy beaches. Mar Biol. octubre de 2014;161(10):2345-57.

Villegas MJ, Stotz W, Laudien J. First record of an epibiosis between the sand crab *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) (Decapoda: Hippidae) and the mussel *Semimytilus algosus* (Gould, 1850) (Bivalvia, Mytilidae) in southern Peru. Helgol Mar Res. marzo de 2006;60(1):25-31.

Wahl M, Hay ME, Enderlein P. Effects of epibiosis on consumer-prey interactions. En: Interactions and Adaptation Strategies of Marine Organisms. Springer; 1997. p. 49-59.

Wahl M, Jensen P, Fenical W. Chemical control of bacterial epibiosis on ascidians. Mar Ecol Prog Ser. 1994; 110:45-57.

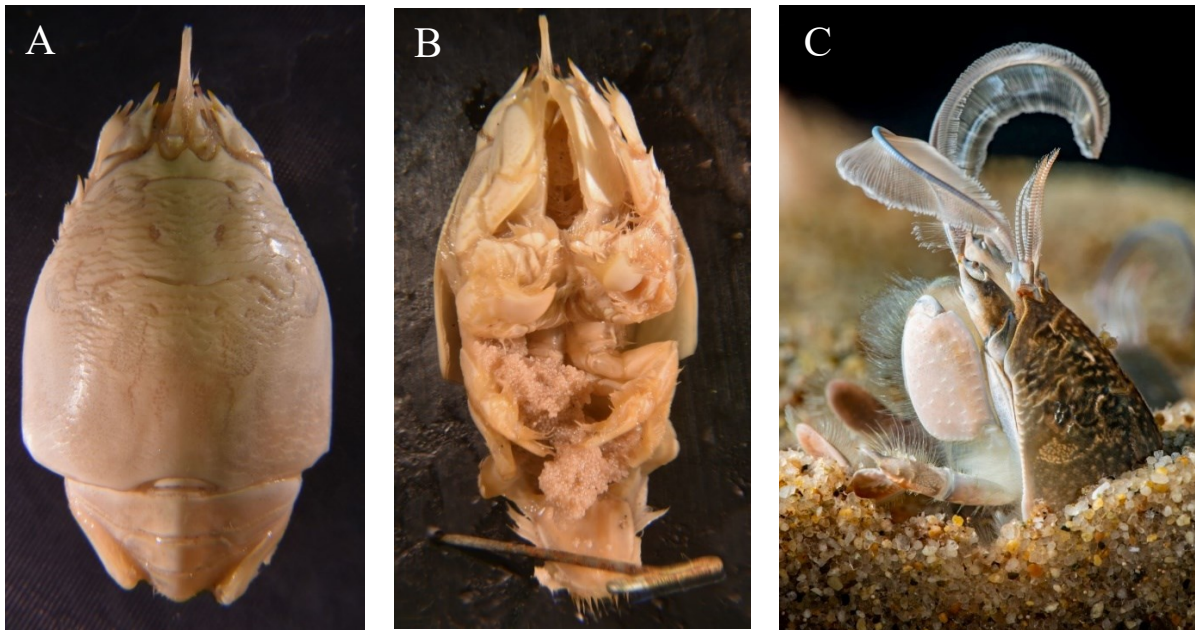
Wahl M, Mark O. The predominantly facultative nature of epibiosis: experimental and observational evidence. Mar Ecol Prog Ser. 1999; 187:59-66.

Wahl M. Fouled snails in flow: potential of epibionts on *Littorina littorea* to increase drag and reduce snail growth rates. Mar Ecol Prog Ser. 1996; 138:157-68.

Wahl M. Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. Mar Ecol Prog Ser. 1989; 58:175-89.

Wahl, M. Ecological lever and interface ecology: epibiosis modulates the interactions between host and environment. Biofouling, 2008;24(6), 427-438.

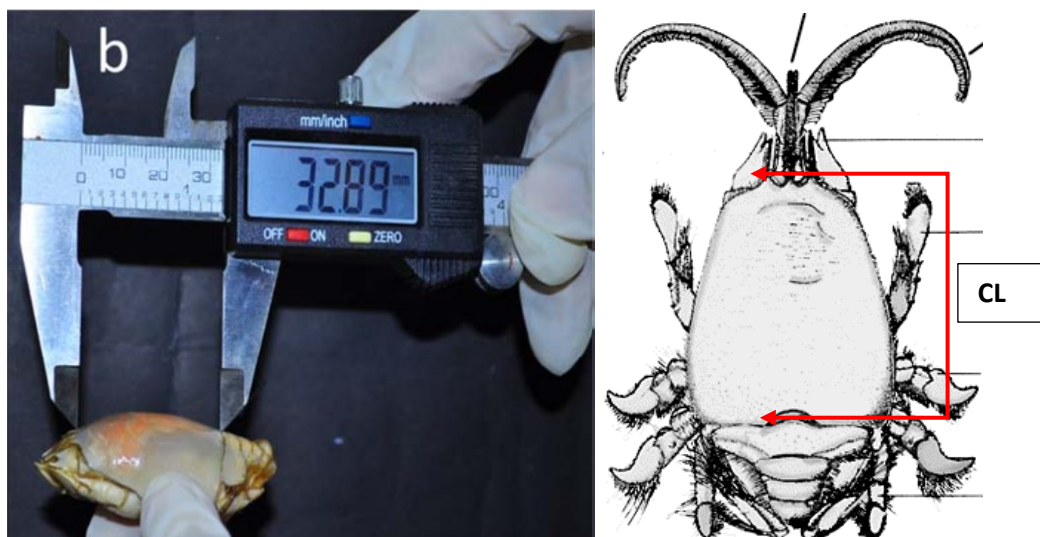
ANEXOS



Anexo 1. Fotos del organismo de estudio *Emerita analoga*. Vista (A) dorsal (B) ventral (C) sumergida. Fuentes: Dave Cowles (Walla Walla University); Monterey Bay Aquarium (MontereyAq, 2018)

Anexo 2. Tabla de variables medidas en *Emerita analoga*.

| Clasificación | Variable | Abrev. | Unidad |
|-------------------------------|------------------------|--------|--------|
| <i>Variables morfológicas</i> | Longitud corporal | CL | mm |
| | Peso Húmedo | WM | g |
| | Peso Seco | DM | g |
| <i>Condición corporal</i> | | CF | |
| <i>Desempeño Reproductivo</i> | Inversión reproductiva | RO | |
| | Carga de huevos | NE | |
| | Peso de huevos | E | |



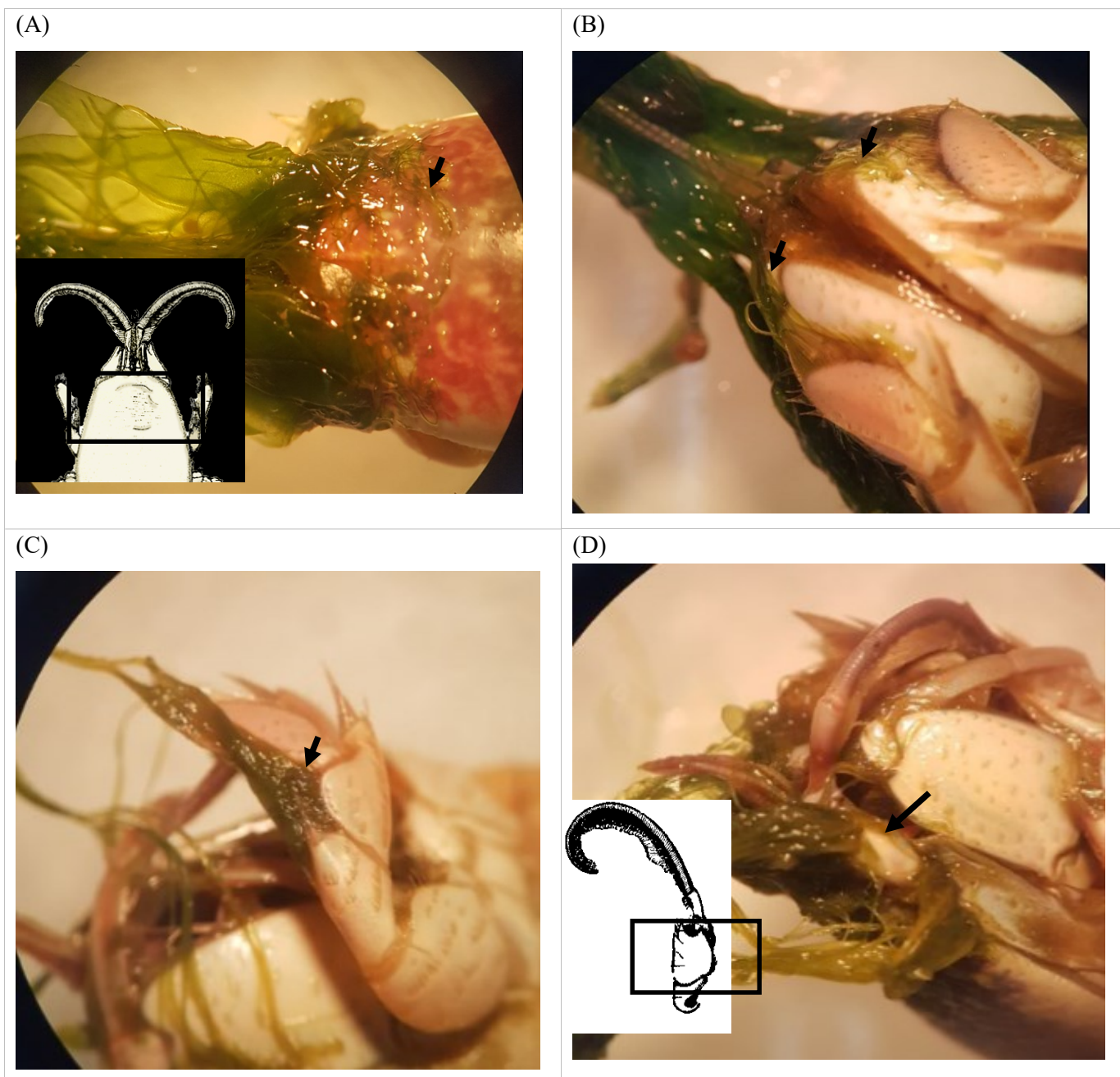
Anexo 3. Gráfica de la medida de CL (Fuente: Edritanti et al., 2016)

Anexo 4. Fórmulas de función de poder (Huxley, 1951) para cada uno de los sexos y playas.

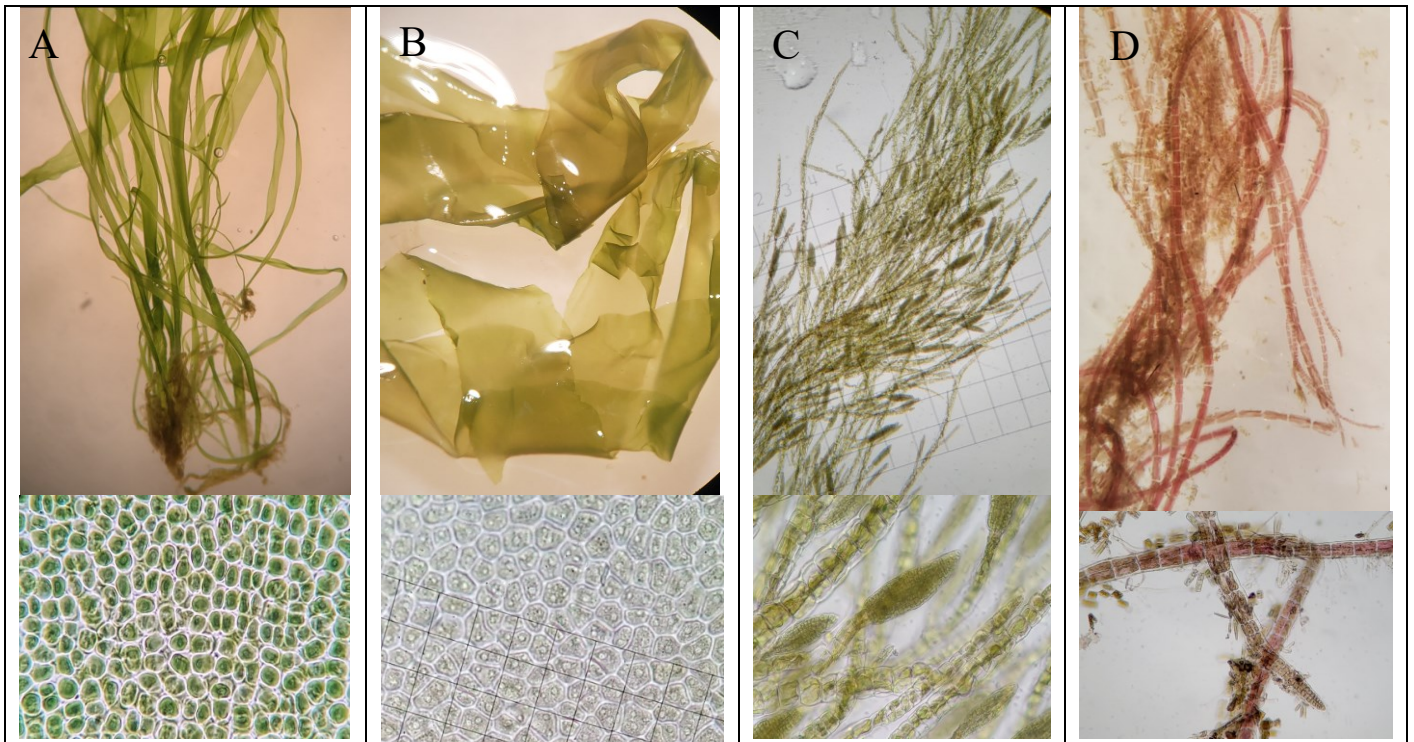
| Playa | Sexo | Ecuación $WM=aCL^b$ | N | R ² |
|---------------|------|------------------------|-----|-------------------------|
| Paraíso | H | $y = 0.0002x^{3.1317}$ | 125 | R ² = 0.9181 |
| | M | $y = 0.0005x^{2.6875}$ | 61 | R ² = 0.7963 |
| Chancay | H | $y = 0.0002x^{3.0529}$ | 44 | R ² = 0.923 |
| | M | $y = 0.0009x^{2.4201}$ | 156 | R ² = 0.2552 |
| Santa Rosa | H | $y = 0.0002x^{3.1241}$ | 19 | R ² = 0.9805 |
| | M | $y = 0.0004x^{2.8025}$ | 181 | R ² = 0.9027 |
| San Francisco | H | $y = 0.0002x^{3.1156}$ | 61 | R ² = 0.7444 |
| | M | $y = 0.0002x^{3.0823}$ | 139 | R ² = 0.4202 |
| La Chira | H | $y = 0.0002x^{3.0255}$ | 91 | R ² = 0.6812 |
| | M | $y = 0.0005x^{2.6991}$ | 109 | R ² = 0.6553 |
| Conchán | H | $y = 0.0003x^{2.9396}$ | 55 | R ² = 0.735 |
| | M | $y = 0.0007x^{2.6215}$ | 145 | R ² = 0.6722 |
| Punta Negra | H | $y = 0.0004x^{2.8966}$ | 148 | R ² = 0.936 |
| | M | $y = 0.0008x^{2.5684}$ | 52 | R ² = 0.7982 |
| Santa María | H | $y = 9E-05x^{3.3862}$ | 3 | R ² = 0.9636 |
| | M | $y = 0.0005x^{2.7335}$ | 197 | R ² = 0.8314 |
| Maradentro | H | $y = 0.0004x^{2.8939}$ | 86 | R ² = 0.9006 |
| | M | $y = 0.0003x^{2.9876}$ | 123 | R ² = 0.9418 |
| Cerro Azul | H | $y = 0.0006x^{2.7891}$ | 43 | R ² = 0.7986 |
| | M | $y = 0.0009x^{2.5811}$ | 157 | R ² = 0.6867 |
| Playa Hermosa | H | $y = 0.0001x^{3.2605}$ | 30 | R ² = 0.965 |
| | M | $y = 0.0001x^{3.2936}$ | 170 | R ² = 0.9421 |

Anexo 5. Análisis de varianza de dos vías para características morfológicas (CL, WM, DM, CF) en individuos de *E. analoga*. Los factores corresponden a las 11 playas y sexos evaluados. Valores de P de los efectos significativos son mostrados en negrita.

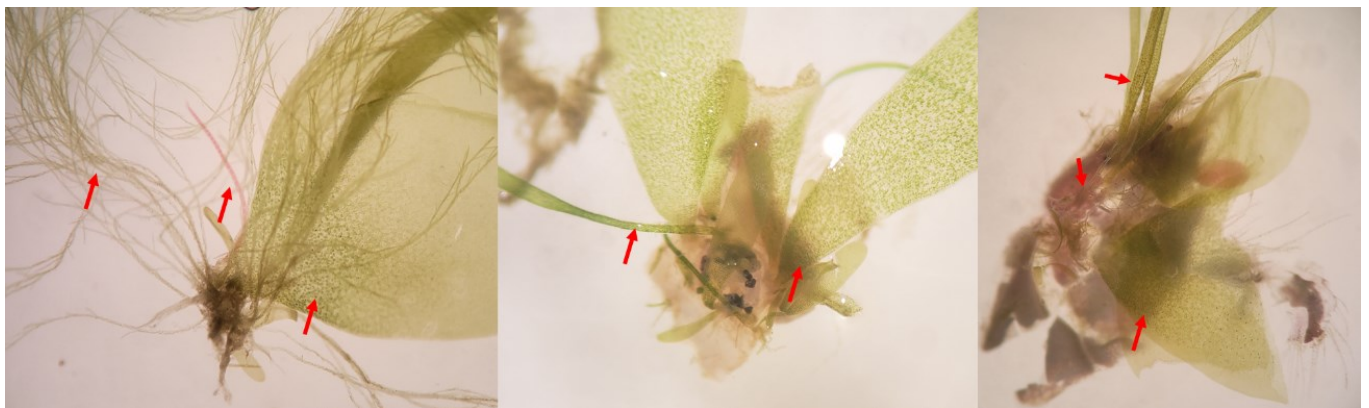
| | GL | MS | F | p |
|-----------------------------|-----------|-----------|----------|-------------------|
| CL (mm) | | | | |
| Playa | 10 | 582.3619 | 268.8347 | <0.0001 |
| Sexo | 1 | 2303.44 | 1063.332 | <0.0001 |
| Playa×Sexo | 10 | 44.62 | 20.59812 | <0.0001 |
| Error | 2173 | 2.166245 | | |
| R²= 0.734 | | | | |
| WM (mm) | | | | |
| Playa | 10 | 18.53993 | 233.1819 | <0.0001 |
| Sexo | 1 | 70.60 | 887.9023 | <0.0001 |
| Playa×Sexo | 10 | 3.20 | 40.27353 | <0.0001 |
| Error | 2173 | 0.079508 | | |
| R²= 0.655 | | | | |
| DM (mm) | | | | |
| Playa | 10 | 1.260967 | 203.9995 | <0.0001 |
| Sexo | 1 | 3.55 | 573.9995 | <0.0001 |
| Playa×Sexo | 10 | 0.19 | 31.28854 | <0.0001 |
| Error | 2173 | 0.006181 | | |
| R²= 0.604 | | | | |
| CF (mm) | | | | |
| Playa | 10 | 469.9771 | 241.6832 | <0.0001 |
| Sexo | 1 | 1467.99 | 754.9051 | <0.0001 |
| Playa×Sexo | 10 | 212.92 | 109.4936 | <0.0001 |
| Error | 2173 | 1.9446 | | |
| R²= 0.780 | | | | |



Anexo 6. Individuos con algas. Principalmente se encuentran en la sección anterior del individuo. Las flechas indican zona de inserción de algas: (A) Muecas branquial y cervical en el cefalotórax, junto con el rostrum (B) 3er par de maxilípedos (C) 1er par de pereópodos (D) Antena secundaria



Anexo 7. Algas epibiontes identificadas en *Emerita analoga*. (A) *Enteromorpha intestinalis* (B) *Ulva lactuca* (C) *Ectocarpus* spp. (D) *Polisiphonia* spp



Anexo 8. Diversas combinaciones de algas epibiontes encontradas en *Emerita analoga*. Las flechas indican las diferentes algas presentes.



Anexo 9. Bivalvos epibiontes encontrados.

Anexo 10. Análisis de varianza de tres vías para características morfológicas (CL, WM, DM, CF) en individuos de *E. analoga*. Los factores corresponden a las playas de San Francisco y Playa Hermosa, ambos sexos y ambas condiciones de epibiosis evaluadas. Efectos significativos son mostrados en negrita.

| | GL | MS | F | P |
|-----------------------------|-----|----------|--------|-------------------|
| CL (mm) | | | | |
| Playa | 1 | 4.751345 | 3.25 | 0.0721 |
| Sexo | 1 | 723.48 | 495.26 | <0.0001 |
| Epibiosis | 1 | 17.00 | 11.64 | 0.0007 |
| Playa x Sexo | 1 | 0.99 | 0.68 | 0.4101 |
| Playa x Epibiosis | 1 | 54.25 | 37.14 | <0.0001 |
| Sexo x Epibiosis | 1 | 0.11 | 0.07 | 0.7867 |
| Playa x Sexo x Epibiosis | 1 | 22.97 | 15.72 | 0.0001 |
| Error | 392 | 1.461 | | |
| R²= 0.701 | | | | |
| WM (mm) | | | | |
| Playa | 1 | 1.07 | 42.34 | <0.0001 |
| Sexo | 1 | 11.94 | 472.37 | <0.0001 |
| Epibiosis | 1 | 0.62 | 24.59 | <0.0001 |
| Playa x Sexo | 1 | 0.44 | 17.23 | <0.0001 |
| Playa x Epibiosis | 1 | 1.06 | 42.01 | <0.0001 |
| Sexo x Epibiosis | 1 | 0.32 | 12.50 | 0.0005 |
| Playa x Sexo x Epibiosis | 1 | 0.59 | 23.40 | <0.0001 |
| Error | 392 | 0.025 | | |
| R²= 0.699 | | | | |
| DM (mm) | | | | |
| Playa | 1 | 0.025372 | 6.71 | 0.0100 |
| Sexo | 1 | 0.53 | 140.90 | <0.0001 |
| Epibiosis | 1 | 0.05 | 12.93 | 0.0004 |

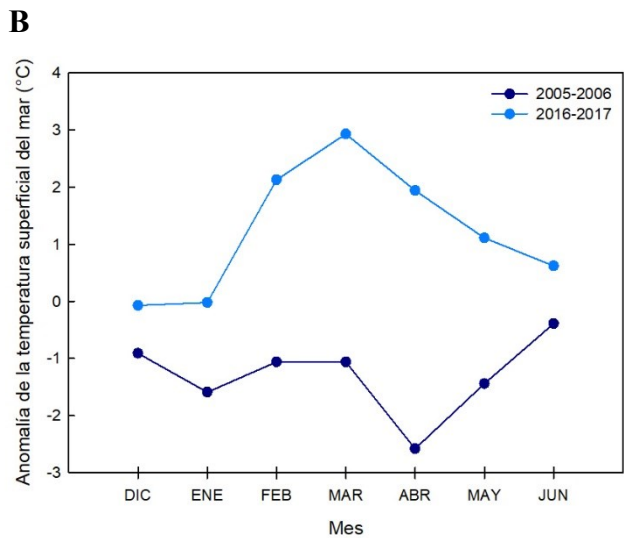
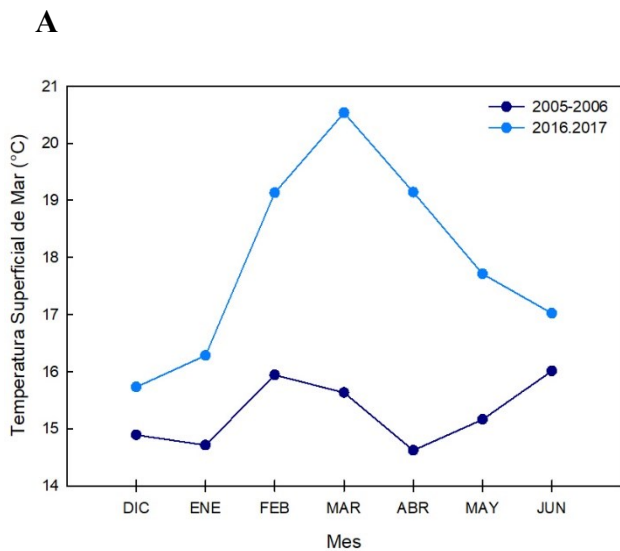
| | | | | |
|-----------------------------|-----|----------|-------|---------------|
| Playa x Sexo | 1 | 0.01 | 1.90 | 0.1687 |
| Playa x Epibiosis | 1 | 0.05 | 13.88 | 0.0002 |
| Sexo x Epibiosis | 1 | 0.02 | 5.87 | 0.0159 |
| Playa x Sexo x Epibiosis | 1 | 0.03 | 8.50 | 0.0038 |
| Error | 392 | 0.003783 | | |
| R²= 0.422 | | | | |

CF (mm)

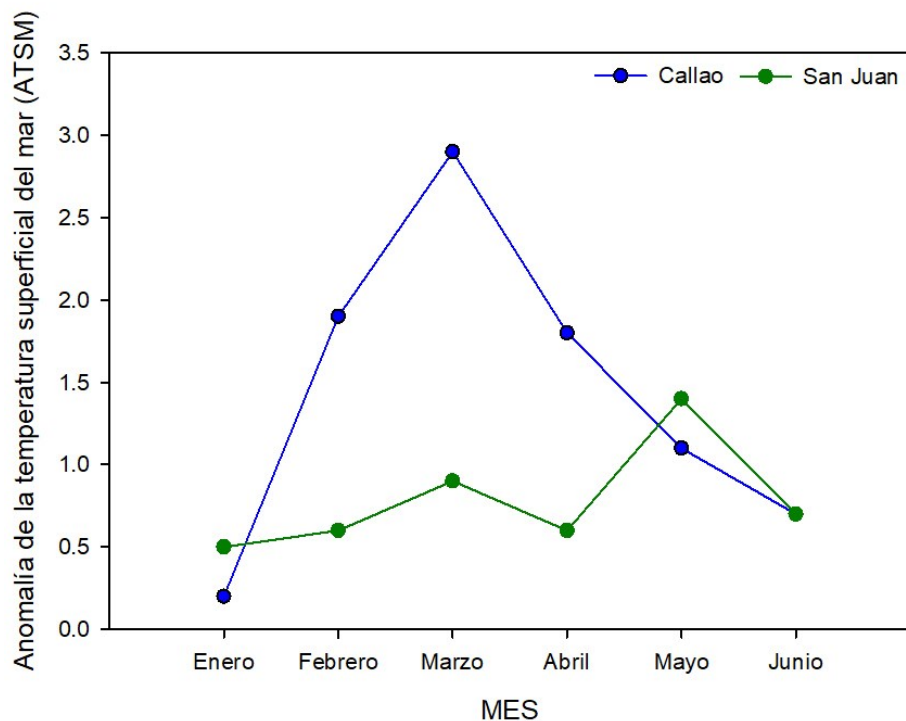
| | | | | |
|-----------------------------|-----|----------|-------|-------------------|
| Playa | 1 | 8.368763 | 92.15 | <0.0001 |
| Sexo | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.9475 |
| Epibiosis | 1 | 0.02 | 0.26 | 0.6096 |
| Playa x Sexo | 1 | 0.25 | 2.73 | 0.0996 |
| Playa x Epibiosis | 1 | 0.01 | 0.16 | 0.6860 |
| Sexo x Epibiosis | 1 | 0.75 | 8.27 | 0.0042 |
| Playa x Sexo x Epibiosis | 1 | 0.26 | 2.91 | 0.0888 |
| Error | 392 | 0.090818 | | |
| R²= 0.401 | | | | |

Anexo 11. Análisis de varianza de dos vías para características reproductivas (RO, Huevos, E) en individuos de *E. analoga*. Los factores corresponden a las playas de San Francisco y Playa Hermosa y ambas condiciones de epibiosis evaluadas. Efectos significativos son mostrados en negrita

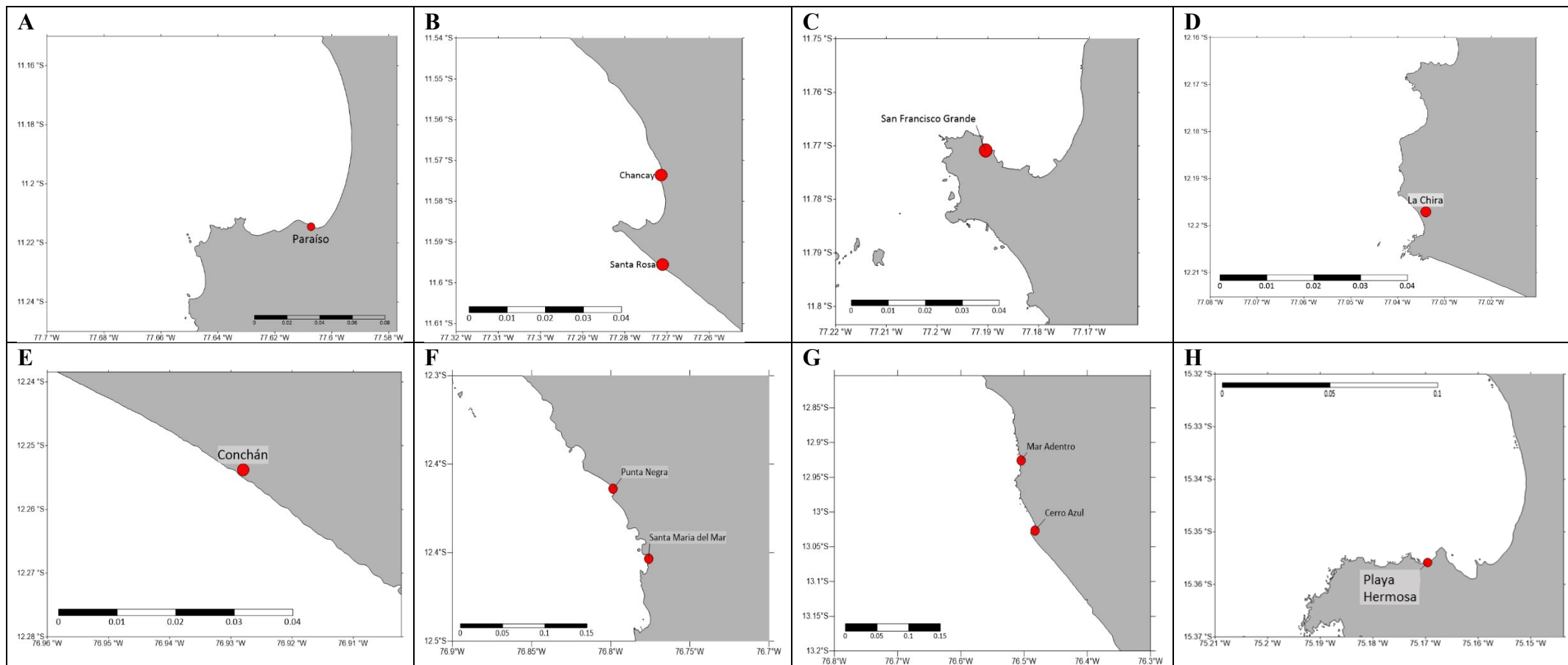
| | GL | MS | F | p |
|----------------------------|----|----------|-------|-------------------|
| RO | | | | |
| Playa | 1 | 0.004787 | 5.48 | 0.0259 |
| Epibiosis | 1 | 0.00 | 4.66 | 0.0388 |
| Playa×Epibiosis | 1 | 0.00 | 0.16 | 0.6909 |
| Error | 31 | 0.000874 | | |
| R²=0.271 | | | | |
| Huevos | | | | |
| Playa | 1 | 60376.92 | 0.40 | 0.5317 |
| Epibiosis | 1 | 76257.30 | 0.51 | 0.4827 |
| Playa×Epibiosis | 1 | 9494.47 | 0.06 | 0.8034 |
| Error | 21 | 149324.2 | | |
| R²=0.050 | | | | |
| E | | | | |
| Playa | 1 | 0 | 29.64 | <0.0001 |
| Epibiosis | 1 | 0.00 | 0.05 | 0.8295 |
| Playa×Epibiosis | 1 | 0.00 | 3.18 | 0.0897 |
| Error | 20 | 0 | | |
| R²=0.628 | | | | |



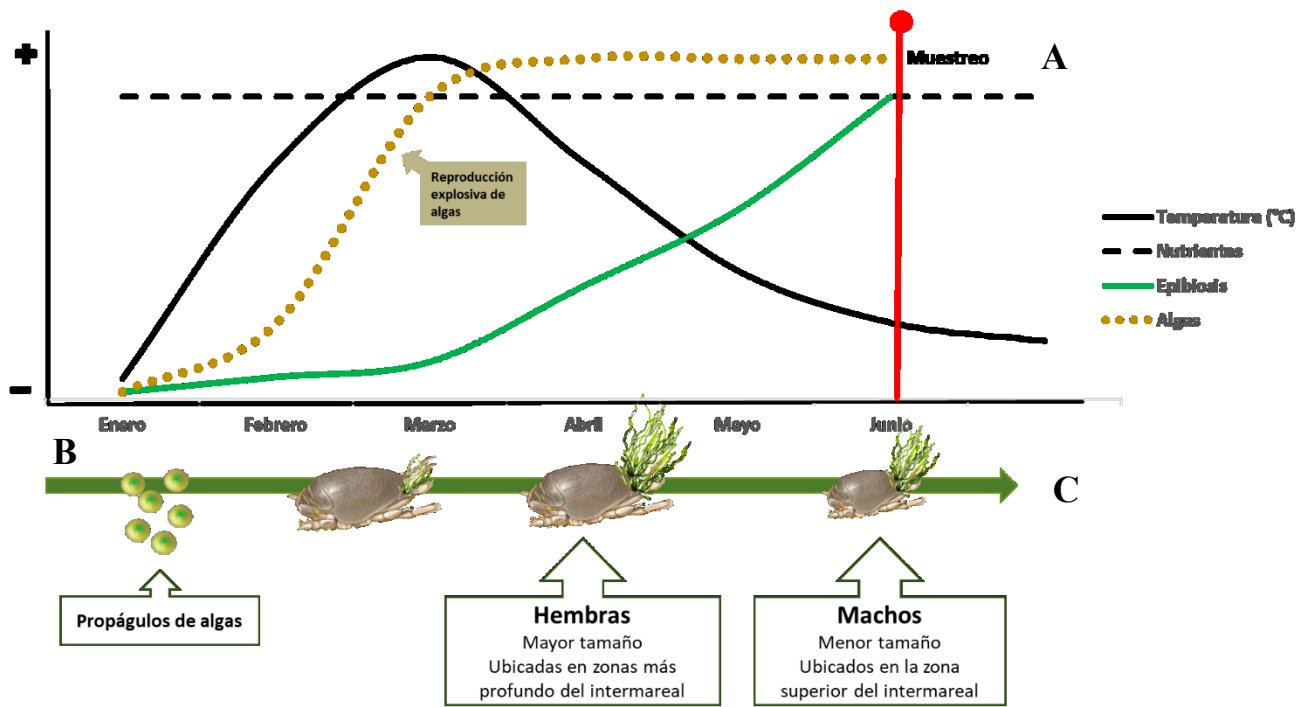
Anexo 12. Comparación entre 2005-2006 y 2016-2017 de **(A)** Temperatura superficial del mar (°C) **(B)** Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C). Datos obtenidos de IMARPE.



Anexo 13. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) en el semestre de enero-junio 2017 en el Callao y San Juan. Datos obtenidos de ENFEN, 2017.



Anexo 14. Mapa de las playas de muestreo. (A) Paraíso (B) Chancay y Santa Rosa (C) San Francisco (D) La Chira (E) Conchán (F) Punta Negra y Santa María del mar (G) Mar Adentro y Cerro Azul (H) Playa Hermosa



Anexo 15. Modelo teórico predictivo de epibiosis por algas en *Emerita analoga*. (A) Factores abióticos (B) Propagación de algas (C) Epibiosis en *Emerita analoga*