



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



VARIACIÓN ESPACIAL DE LA DIVERSIDAD DE ANFÍPODOS
BENTÓNICOS EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL CENTRO-
NORTE DEL PERÚ

(3. 4° - 9° S), EN LOS OTOÑOS DE 2004 A 2010

Tesis para optar el Título Profesional de Bióloga con Mención en
Hidrobiología y Pesquería

Bach. ANALÍ JIMÉNEZ CAMPEÁN

LIMA – PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

VARIACIÓN ESPACIAL DE LA DIVERSIDAD DE ANFÍPODOS
BENTÓNICOS EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL CENTRO-
NORTE DEL PERÚ

(3. 4° - 9° S), EN LOS OTOÑOS DE 2004 A 2010

Tesis para optar el Título Profesional de Bióloga con Mención en
Hidrobiología y Pesquería

Bach. ANALÍ JIMÉNEZ CAMPEÁN

Asesor: Blgo. LEONARDO ROMERO CHUMPITAZ
Co-asesor: Dr. DIMITRI ALEXEY GUTIÉRREZ AGUILAR

LIMA – PERÚ

2018



A Emilia Rita, mi madre
A Carlos, mi padre; Judith, Frank, William y Janet, mis hermanos.

“Sólo lo difícil es estimulante, sólo lo estimulante es digno de interés”

AGRADECIMIENTO

Al biólogo Leonardo Romero por haber aceptado ser mi asesor de tesis y contribuir enormemente con sus críticas y consejos. Al Dr. Carlos Paredes por haber influido en mi interés por este grupo y ser un amigo incondicional. Asimismo, al Dr. Dimitri Gutiérrez por aceptar ser mi co-asesor, por su apoyo en la realización de esta tesis y permitir realizarlo en el Laboratorio de Bentos Marino del Instituto del Mar del Perú.

Al Blgo. Luis Quipúzcoa, Robert Marquina, Blgo. Williams Yupanqui y Víctor Aramayo, del laboratorio de Bentos Marino de IMARPE, en donde nació la idea del tema de tesis, por todo en conocimiento compartido, confianza, ánimos y soportar mis ocurrencias durante el desarrollo de esta investigación. También a Jorge Cardich y Edson Gómez por el cariño, amistad y momentos compartidos en el laboratorio. Un agradecimiento especial a Dennis Romero por ser mi apoyo, compañía profesional y más.

A los doctores Oliver Coleman, María del Socorro García Madrigal, Ed Hendrycks, Jim Lowry, Alan Myres, Jorge Tam y Blgo. Jorge Pérez por la ayuda taxonómica, bibliografía, consejos y críticas constructivas a la investigación.

A los miembros del Laboratorio de Biología y Sistemática de Invertebrados Marinos y amigos de la facultad de Ciencias Biológicas: Lesly Llaja, Junior Vitor, Luis Lau y André Ampuero por los consejos y apoyo.

A mis amigas y colegas desde Bachillerato para la vida: Maricell Armas, Silvia Valenzuela, Gabriela Huaman, Geraldine Ñañez y Gissela Salamanca.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Bentos Marino	3
2.1.1. Sistemática y ecología de los anfípodos bentónicos	3
2.1.2. Estudios sobre anfípodos bentónicos en el mar peruano	6
2.2. Características oceanográficas sobre la plataforma continental centro-norte	7
2.3. Zona de Mínimo Oxígeno en el mar peruano.....	9
2.4. Características morfológicas y sedimentológicas de la plataforma continental centro-norte del Perú	11
2.5. Factores abióticos que modulan la distribución del macrobentos en la plataforma centro-norte del Perú	12
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	15
4. MATERIALES Y MÉTODOS	17
4.1. Área de estudio	17
4.2. Obtención de datos abióticos.....	20
4.3. Recolección y examinación taxonómica de anfípodos.....	21
4.4. Procesamiento de datos y análisis estadístico.....	23
4.4.1. Parámetros comunitarios	23
4.4.2. Pruebas multivariadas.....	24
4.4.3. Pruebas univariadas no paramétricas.....	25
5. RESULTADOS	26
5.1. Condiciones oceanográficas	26
5.1.1. Temperatura y salinidad de agua de fondo.....	26
5.1.2. Oxígeno disuelto de agua de fondo	27
5.1.3. Condiciones del sedimento superficial.....	28
5.1.4. Distribución espacial de las variables abióticas de fondo	29
5.2. Composición y diversidad de anfípodos bentónicos	32
5.3. Nuevos registros de especies de anfípodos bentónicos	37
5.4. Distribución espacial de la comunidad de anfípodos	39
5.4.1. Análisis de ordenación	43
5.4.2. Análisis de clasificación	44

5.4.3.	Análisis de componentes principales	45
5.4.4.	Diferencias entre grupos de especies y hábitats: Prueba de Mann - Whitney 47	
5.5.	Relación entre los parámetros comunitarios de los anfípodos bentónicos y los factores ambientales	49
5.5.1.	Correlaciones no paramétricas	49
5.6.	Análisis de Correspondencia Canónica.....	51
6.	DISCUSIÓN.....	54
6.1.	Condiciones oceanográficas	54
6.2.	Diversidad de anfípodos bentónicos en plataforma continental centro-norte peruana	57
6.3.	Factores abióticos que influyen la distribución espacial de los anfípodos bentónicos en la Plataforma Continental centro-norte	59
6.4.	Anfípodos bentónicos de la plataforma continental como indicadores biológicos	62
7.	CONCLUSIÓN.....	65
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
9.	ANEXOS.....	80



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de las formas de vida de anfípodos bentónicos: De izquierda a derecha. *Corophium bonelli*, *C. insidiosum*, *Paraphoxus spinosus*, *Ceropus tubularis*, *Ampelisca abdita*, *Stenothoe minuta* y *Lysianopsis alba*. Adaptado por Schmitt (1965), Mills (1967) y Bousfield (1973) y dibujado por M. N. Hubbard. Escala 5mm.....5

Figura 2. Climatología de la distribución horizontal de la temperatura del agua (°C) en la superficie del mar y circulación dominante frente al Perú. Temperatura superficial en invierno (JAS) y circulación en subsuperficie. La temperatura se presenta en escala de colores y las flechas indican la orientación de los flujos dominantes, cuyas siglas corresponden a los descritos en el texto (tomado de Chaigneau et al., 2013; Gutiérrez et al., 2014). El recuadro rojo delimita la zona de estudio.....9

Figura 3. Rango de profundidad de la ZMO (OD=0.5 mL/L) en el Pacífico oriental (Helly y Levin, 2004). Cada barra vertical conecta el límite inferior y superior de la ZMO. El recuadro rojo limita el área de estudio, de 3° a 9° S, donde el límite superior de la ZMO disminuye a mayor latitud.10

Figura 4. Climatología de la distribución anual de la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) frente al Perú. La escala de colores representa el espesor (m) que alcanza en esa región. Las isólineas representan la profundidad del borde superior de la ZMO en intervalos de 50 m. La gráfica muestra las variaciones latitudinales y costa-mar afuera de la ZMO que alcanza su mayor espesor en la zona central (hasta 700 m), siendo más somera igualmente en esta área y a medida que se acerca a la costa. (Gutiérrez et al., 2014).11

Figura 5. Climatología del oxígeno disuelto de fondo (mL/L) en la plataforma continental frente a Perú, con la isóbata de 200m de profundidad en primera línea de color gris que delimita los valores de oxígeno considerados para la figura, en base los datos de los cruceros oceanográficos del IMARPE (1983-2009) (Quipúzcoa et al., en prensa). 13

Figura 6. Patrón latitudinal seguido del modelo de Pearson y Rosenberg (1978) sobre la sucesión bentónica forzada por el enriquecimiento orgánico (Temporal/espacial) (Quipúzcoa et al. en prensa).14

Figura 7. Ubicación de las estaciones de muestreo con presencia de anfípodos bentónicos en la plataforma continental centro-norte peruana en los otoños del 2004 al 2010. La localización de las sub-áreas latitudinales evaluadas están delimitadas por las letras al lado derecho del gráfico (n = 181)..... 18

Figura 8. Mapa de la distribución latitudinal de las variables abióticas: **a)** Temperatura del fondo (°C), con la isoterma de 15°C (línea negra); **b)** Concentración de oxígeno disuelto (mL/L) sobre el fondo con el límite de la ZMO (ODF < 0.5 mL/L, línea negra); **c)** Contenido de clorofila – a en el sedimento superficial (µg/g) durante el Crucero de Evaluación de Recursos Demersales durante la estación de otoño (2004 a 2010).....31

- Figura 9.** Distribución espacial (por profundidad y latitud) de las variables abióticas: concentración de oxígeno disuelto de fondo (ODF, mL/L) en relación a la profundidad **(a)** y grado latitudinal **(b)** y contenido de clorofila-a de sedimento en relación a la profundidad **(c)** y grado latitudinal **(d)**, durante el Crucero de Evaluación de Recursos Demersales, periodos de otoño del 2004 a 2010.32
- Figura 10.** Número (negro) y porcentaje (rojo) de taxa por familia de anfípodos bentónicos registrados en la Plataforma Continental centro-norte peruana, en el periodo estacional de otoño, durante los años del 2004 al 2010.33
- Figura 11.** Principales formas de vida de las especies de anfípodos bentónicos (número de taxa por forma de vida) en la plataforma continental centro-norte peruana, en el periodo estacional de otoño, durante los años del 2004 al 2010. ITd =Tubícola Infaunal; ETd = Tubícola Epifaunal; B = Excavador; FSd = Nadador de superficie; N = madriguera; ND= No Determinado, según Marques y Bellan-Santini (1993).34
- Figura 12.** Porcentaje de frecuencia de las principales especies de anfípodos bentónicos en la Plataforma Continental centro-norte peruana, en el periodo estacional de otoño, durante los años del 2004 al 2010, de un total de 181 estaciones de muestreo entre las latitudes 3.4° a 9° S, de 22 a 380 m de profundidad.36
- Figura 13.** Distribución la Abundancia total (N, m⁻²) y Riqueza de especies (S; 0,1 m⁻²) de anfípodos bentónicos respecto a la **a)** profundidad (m) y **b)** latitud, en el periodo estacional de otoño, Crucero de Evaluación de Recursos Demersales, durante los años del 2004 al 2010.40
- Figura 14.** Gráficos en cajas (Boxplot) de la distribución de las densidades de las especies dominantes de anfípodos bentónicos: **a)** *Heterophoxus oculatus*, **b)** *Ampelisca mexicana* y **c)** *Ampelisca araucana* y diferencias entre las sub-áreas latitudinales mediante la prueba de Kruskal – Wallis, en la plataforma continental centro-norte, por estrato de profundidad de 0 (0-50m), 1 (51-100m), 2 (101-200m) y 3 (>200m).42
- Figura 15.** Análisis de escalamiento no métrico Multidimensional (stress = 0.01, basado en la transformación cuarta e índice de similaridad de Bray-Curtis) de la abundancia promedio de anfípodos bentónicos por área latitudinal. Se observa dos grupos de asociación, demarcadas con las elipses negras, donde se agrupan a las sub-áreas A, B y C (estrato de profundidad 1 y 2) y las sub-áreas D y E (estrato de profundidad 1 y 2). Crucero de evaluación de Recursos Demersales, 2004-2010 (otoño).43
- Figura 16.** Análisis de clasificación comunitaria de anfípodos bentónicos en base a las abundancias promedio estandarizadas por sub-área latitudinal, mediante el índice de similaridad Bray-Curtis. Se observa dos grupos (A, B, C y D y E; con estrato de profundidad 1 y 2, para cada uno). La línea negra indica que la estructura del grupo es significativa a un nivel de 0.05.44
- Figura 17.** Análisis de Componente Principales (PCA, escalamiento 1). Diagrama de los ejes PCA 1 y PCA 2 basados en los factores abióticos del agua de fondo sobre la plataforma

continental centro-norte del Perú. Prof = profundidad, ODF = oxígeno disuelto de fondo; T= temperatura, Sal= salinidad; Cl-a = Clorofila – a de sedimento superficial; Cla/Feop = razón Clorofila – a / feopigmentos. PCA con todos los muestreos con presencia de anfípodos bentónicos.46

Figura 18. Gráficos boxplot de comparaciones de las variables: **a)** riqueza de anfípodos (S); **b)** índice de riqueza de Margalef (d); **c)** concentración de oxígeno disuelto de fondo (ODF) y **d)** Clorofila – a de sedimento superficial (Cl-a), de los dos grupos formados por el análisis multivariado (Test Mann-Whitney, $p < 0.05$), el cual muestra diferencias significativas entre los grupos en el estrato de profundidad de 51 a 100m (Estrato 1).47

Figura 19. Gráficos en cajas (Boxplot) de comparaciones de las variables: **a)** riqueza de anfípodos (S); **b)** índice de riqueza de Margalef (d); **c)** concentración de oxígeno disuelto de fondo (ODF) y **d)** clorofila – a de sedimento superficial (Cl-a), de los dos grupos formados por el análisis multivariado (Test Mann-Whitney, $p < 0.05$), el cual muestra diferencias significativas entre los grupos en el estrato de profundidad de 101 a 200m (Estrato 2). ...48

Figura 20. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), a) escalamientos 1 - asociación de las sub-áreas por estrato profundidad y b) escalamiento 2 - asociación de especies; con los factores abióticos. Diagrama de los ejes CCA 1 y CCA 2 basados en abundancia de las especies de anfípodos bentónicos más importantes en las estaciones de la plataforma continental centro-norte del Perú; las variables ambientales se muestran adicionalmente como vectores, Temp = temperatura de fondo; ODF = oxígeno disuelto de fondo; Sal = Salinidad de fondo; Cla = clorofila – a de sedimento; Cla.Feop = razón de clorofila – a / Feopigmentos; Aar = *Ampelisca araucana*; Wes = *Westwoodilla* sp.; Pga= *Psammogammarus garthi*; Rco = *Resupinus coloni*; Amp = *Ampelisca* sp.; Hoc = *Heterophoxus oculatus*; Aham= *Argissa hamatipes*; Hha= *Hartmanodes hartmanae*; Ame = *Ampelisca mexicana*; Aha = *Ampelisca hancocki*; Gamspp = *Gammaropsis* spp.; Apa = *Ampelisca pacifica*; Abr= *Ampelisca brevisimulata*; Acris = *Ampelisca cristoides*; Bmi = *Byblis* cf. *millsi*; Lispp = *Idunella* spp.; Gmo = *Gracilipleustes monocupis*; Pho = *Photis* sp.; Acr = *Ampelisca cristata*; Alo = *Ampelisca lobata*.53

Figura 21. Serie de tiempo de los índices de eventos El Niño **a)** MEI = Índice multivariado del ENSO, El Niño 3.4; **b)** ONI = Índice de El Niño Oceánico, El Niño 3.4; **c)** ICEN = Índice Costero El Niño, El Niño 1+2 desde los años 2004 hasta 2010. Los rectángulos delimitan los otoños evaluados en el estudio.....56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Posiciones y características de las estaciones de muestreo durante los otoños del 2004 hasta el 2010. Estratos de profundidad: 0: 0 a 50 m, 1: 51 a 100 m, 2: 101 a 200 m; 4: > 200 m.....	19
Tabla 2. Clasificación de los valores de oxígeno registrados en la plataforma continental centro-norte (Kaiho, 1994).....	20
Tabla 3. Anfípodos bentónicos según su forma de vida, ITd =Tubícola Infaunal; ETd = Tubícola Epifaunal; B = Excavador; FSd = Nadador de superficie; N = madriguera; ND= No Determinado, según Marques y Bellan-Santini (1993). (*) a nivel de superfamilia.	35
Tabla 4. Nuevos registros de anfípodos bentónicos para la plataforma continental de Perú.	38
Tabla 5. Resultados del Análisis de Componentes Principales (PCA). Puntajes para las variables ordinales y los ejes PC1 y PC2.	46
Tabla 6. Análisis de correlación de Spearman entre los parámetros abióticos y bióticos en la plataforma continental centro-norte del Perú durante los otoños del 2004 al 2010 (Prof = Profundidad; Temp = Temperatura; ODF = oxígeno disuelto de fondo; Cl-a = clorofila – a; Feop = Feopigmentos; Cl-a/Feop = razón clorofila-a/feopigmentos; Sal = Salinidad; H' = Índice de diversidad de Shannon; d = Índice de riqueza de Margalef; N = Abundancia; S = Riqueza de anfípodos bentónicos.	50
Tabla 7. Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica (ACC). Puntajes para las variables ambientales y las especies de anfípodos bentónicos de los ejes CCA 1 y CCA 2.	52

RESUMEN

Los anfípodos bentónicos constituyen un importante recurso nutricional para los niveles tróficos superiores y representan un buen indicador del estado de los ecosistemas marinos. En este estudio se describe la distribución espacial de anfípodos bentónicos sublitorales frente a Perú ($3^{\circ}24'$ - $9^{\circ}00'S$ y $79^{\circ}30'$ - $81^{\circ}30'W$) en base al análisis de 181 muestras de fondo blando colectadas con una draga tipo Van Veen de 0.1 m^2 de cobertura, a profundidades que oscilaron entre 22 y 380 m durante la estación de otoño, entre los años 2004 a 2010. El estudio determinó un total de 43 taxa en la Plataforma Continental centro-norte peruana, contenidas en los subórdenes Amphilochidea y Senticaudata. Las familias con mayor riqueza fueron: Ampeliscidae, 11 taxa, Oedicerotidae y Photidae, 4 taxa cada una; Liljeborgiidae, 3, Phoxocephalidae, Synopiidae, Megaluropidae, y Lysianassidae, con 2 taxa cada una. *Heterophoxus oculatus* y *Ampelisca mexicana* fueron las especies más frecuentes, entre 50 y 200 m de profundidad, al norte de los 6° S. La riqueza de especies exhibió correlaciones positivas con altos niveles de oxigenación y baja concentración de clorofila-a en el sedimento superficial ($p < 0.01$). No obstante, entre los 6° y 9° S se observó la dominancia de *Ampelisca araucana* asociada a condiciones moderadas de hipoxia ($OD < 0.5\text{ mL/L}$) y altos contenidos de materia orgánica fresca (Cl-a) en el sedimento superficial. Asimismo, estos factores determinaron la agrupación de dos asociaciones de especies con microhábitats incluidos dentro de la Provincia Panameña, incluyendo la zona de transición frente a Paita, y otra en la Provincia Peruana.

Palabras clave: Anfípodos, ecosistemas marinos, indicador, oxigenación, clorofila-a, dominancia.

ABSTRACT

Benthic marine amphipods are an important nutritional resource for higher trophic levels and is a good indicator of the states of marine ecosystems. This study was made in the north central Peruvian continental shelf (3° 24' – 9° 00' S and 79° 30' – 81° 30' W). It described the spatial distribution of sublittoral benthic amphipod, using 181 soft-bottom samples collected with a Van Veen grab of 0.1m², at depths ranging from 22 to 380 m during the autumn season, between 2004 and 2010. In this period, 43 species were identified belonging to Amphilochidea and Senticaudata suborders. The highest richness was in Ampeliscidae family with 11 species; Photidae and Oedicerotidae with 04 species each; Liljeborgiidae, with 03; Phoxocephalidae, Synopiidae, Megalurotidae and Lysianassidae, with 02 species each. *Heterophoxus oculatus* and *Ampelisca mexicana* were the most frequent between the 50 to 200 m depth at the north of 6° S. The richness of species showed positive correlations with high levels of oxygenation and low concentration of chlorophyll – a in the surface sediment ($p < 0.01$). However, between 6° and 9° S, *Ampelisca araucana* was dominant associated with moderate hypoxia conditions (OD < 0.5 mL/L) and high content of fresh organic matter (Chl-a) in the sediment. Therefore, these factors determined the distribution of the two associations of species grouped in the Panamic Province (including the Paita Transition Zone), and Peruvian Province.

Keywords: Amphipods, marine ecosystems, indicator, oxygenation, chlorophyll – a, dominant.

1. INTRODUCCIÓN

En el mar peruano, los invertebrados bentónicos presentan una alta diversidad de especies, registrando tres grupos importantes en términos de biomasa y densidad: los anélidos poliquetos, moluscos y crustáceos (Tam, 1992; Mayor, 1996; Quipúzcoa *et al.*, 2011; Gutiérrez *et al.*, 2005; Arntz *et al.*, 2006). En el grupo Crustacea, la información específica sobre la comunidad de los peracáridos bentónicos del Orden Amphipoda es escasa, tanto a nivel taxonómico como ecológico. No obstante, la familia Ampeliscidae ha sido registrada frecuentemente en los sedimentos de fondo blando de la plataforma continental centro-norte del Perú (Tam, 1992; Gutiérrez, 1989; Gutiérrez *et al.*, 2005; Yupanqui *et al.*, 2007; Quipúzcoa *et al.*, 2011).

Los anfípodos bentónicos son importantes dentro de los ciclos biogeoquímicos por su participación en la descomposición del detritus y en los ciclos de nutrientes (Vegas, 1971), permitiendo la degradación y la redistribución de la materia orgánica (Christiansen y Diel-Christiansen, 1993) como resultado de sus capacidades para localizar, interceptar, consumir y utilizar como alimento la materia orgánica en depósito (Kaufmann, 1994). Asimismo, se encuentran dentro de los principales productores secundarios y terciarios (Carrasco y Arcos, 1984; Oliver *et al.*, 1984; McCurdy *et al.*, 2005) y se consideran bioindicadores de la calidad de agua de mar y del tipo de sedimento en las plataformas continentales (Valerio-Berardo *et al.*, 2000), por su sensibilidad a los cambios ambientales que derivan de las perturbaciones naturales o antrópicas (Conradi *et al.*, 1997; Schaffner y Boesch, 1982; Gómez-Gesteira y Dauvin, 2000). Además, frente a Perú, Velazco *et al.*, (2015) han reportado los distintos tipos de sedimentos de la plataforma continental, los cuales podrían ser favorables para el asentamiento de los anfípodos bentónicos (Marques 1993).

El área en estudio, abarca la plataforma continental centro-norte, denominada así es diversos estudios (Quipúzcoa *et al.*, 2011; Gutiérrez *et al.*, 2011). Esta zona presenta condiciones subsuperficiales oxigenadas generadas por la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell que aflora al norte de los 6° S (Zuta y Guillén, 1970), favoreciendo eventos de surgencia frente a la costa. En esta región, la concentración de oxígeno en las aguas subsuperficiales constituye el factor ecológico determinante de la biomasa y composición de especies bentónicas. Latitudinalmente, el contenido de oxígeno de fondo tiende a aumentar de Sur a Norte (Rosenberg *et al.*, 1983; Mayor *et al.*, 1997; Levin, 2003), contrario al contenido de materia orgánica fresca de origen fitoplanctónico, en el sedimento superficial (clorofila-*a*). Esta relación inversa fue sugerida por Frankenberg y Menzies (1968), lo cual es atribuida a un cambio ambiental en la intensidad y la variación latitudinal de la profundidad del límite superior de la zona de mínimo oxígeno (ZMO), la cual intercepta el margen continental, en la plataforma y talud, generando hábitats en el fondo marino con permanente hipoxia que persisten durante miles de años (Reichart *et al.*, 1998; Levin, 2003).

En esta investigación se evalúa la distribución latitudinal de la diversidad de anfípodos bentónicos en relación a la concentración de oxígeno disuelto en el agua de fondo y a la disponibilidad de alimento en forma de materia orgánica fresca, en la Plataforma Continental centro-norte peruana, durante la estación de otoño en los años 2004 al 2010.

La finalidad de esta investigación fue caracterizar la composición de especies de anfípodos bentónicos, lo cual contribuye al conocimiento de la dinámica de poblaciones de los anfípodos bentónicos en el mar peruano, incrementando la información comunitaria en el Pacífico sudamericano para futuros estudios.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Bentos Marino

El bentos está conformado por todas las especies que viven en relación íntima con el fondo marino, ya sea para fijarse en él, para excavarlo, desplazarse sobre su superficie o para nadar en sus vecindades sin alejarse de éste (Vegas, 1971). Típicamente, el bentos es diferenciado en grupos de tamaño: macrobentos (>500 μm), meiobentos (63 – 500 μm) y microbentos (<63 μm) (Gray y Elliott, 2009). Estos grupos han mostrado diferencias ecológicas de acuerdo a su grado de tolerancia con las condiciones de hipoxia y anoxia. Por ejemplo, el macrobentos disminuye en diversidad y dominancia, mientras que el meiobentos y microbentos pueden habitar en ambientes anóxicos y sulfurosos (Díaz y Rosenberg, 1995; Cardich, 2013).

En el macrobentos de fondo blando, existen tres grupos dominantes en densidad y diversidad: los poliquetos, moluscos y crustáceos (Rosenberg *et al.*, 1983; Quipúzcoa *et al.*, 2011). Dentro del último grupo, los anfípodos bentónicos representan un importante componente taxonómico y ecológico desde los polos hasta las zonas tropicales (Marques y Bellan-Santini, 1993; Appeltans *et al.*, 2012).

2.1.1. Sistemática y ecología de los anfípodos bentónicos

La sistemática del orden Amphipoda ha sido complejo hasta la actualidad (Barnard y Karaman, 1991; Bousfield y Hendrycks, 1994, 1995; Martin y Davis, 2001; Myers y Lowry, 2003). Sin embargo, recientemente el estudio de Lowry y Myers (2017) ha dividido a los anfípodos en seis (06) subórdenes (Pseudingolfiellidea, Hyperiidea, Colomastigidea,

Hyperioptera, Senticaudata -descrita en Lowry y Myers, 2013- y Amphilochea), 223 familias, 1618 géneros y al menos con 10,000 especies a nivel mundial. La mayoría de los anfípodos son marinos y estuarinos (sobre el 81% del total); seguido de los dulceacuícolas (19%) y finalmente con las especies del supralitoral o terrestre, con el 3% del total.

Los anfípodos marinos son principalmente bentónicos aunque están representados por componentes pelágicos (por lo general una etapa reproductiva y en la dispersión activa de los adultos). Habitan en una gran variedad de sustratos que incluyen fondos duros y blandos, en vegetación acuática sumergida y asociados con otros organismos bentónicos (por ejemplo, esponjas, medusas, corales, anémonas, tunicados), lo que evidencia su alta tolerancia ecológica (Barnes, 1987). Asimismo, su alta diversidad morfológica sugiere una gran radiación adaptativa (Bousfield, 1970; Sainte-Marie, 1991), que les ha conferido la capacidad de colonizar diversos hábitats marinos, en una amplia distribución latitudinal y rango de profundidad, desde la zona intermareal hasta abisal (Thomas, 1993; Bryazgin, 1997; Escobar-Briones y Winfield, 2003; Lecroy *et al.*, 2009), características por las que resultan importantes modelos para realizar estudios zoogeográficos (Watling, 1979; Dauvin *et al.*, 2012).

Los anfípodos del suborden Amphilochea y Senticaudata son esencialmente habitantes de fondos blandos. Aunque todos pueden nadar, lo hacen con poca frecuencia. Esta cualidad tiene lugar de modo intermitente entre reptar y excavar. Al dejar el sustrato, se les clasifica en dos categorías ligadas al interface agua-sedimento (Van Dolah y Bird, 1980): i) “Epifaunales”, cuando tienen la capacidad de desplazarse activamente sobre el fondo, consumiendo diferentes recursos alimenticios, e incluyen especies carnívoras, carroñeras, detritívoras y algunas suspensívoras; ii) “Infaunales”, que excavan y se desplazan en el

interior de sustrato (fango, arena) construyendo túneles, tubos o madrigueras, e incluyen corofídeos y ampelíscidos.

Según su forma de vida (Figura 1) de acuerdo a Biernbaum (1979), se considera los siguientes términos: excavadores, tubícolas infaunales, tubícolas epifaunales, constructores de madriguera y los habitantes de la superficie libre.

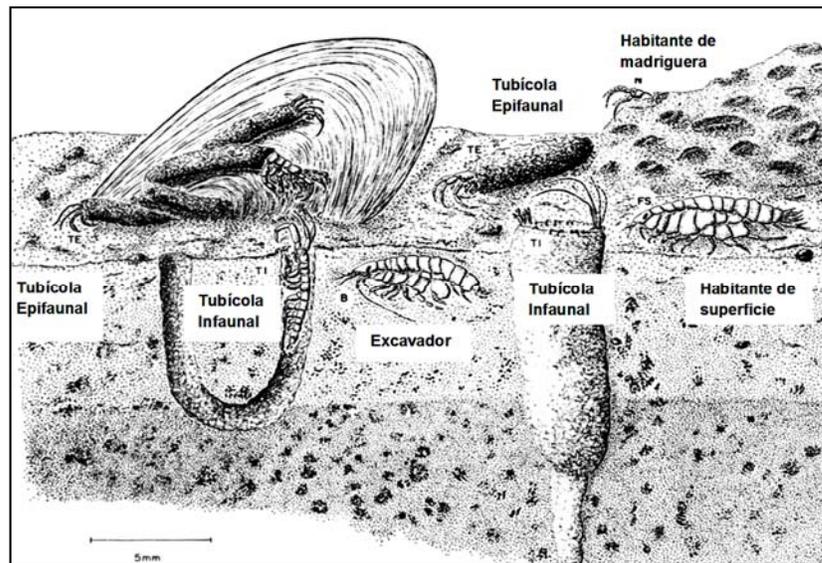


Figura 1. Representación de las formas de vida de anfípodos bentónicos: De izquierda a derecha. *Corophium bonelli*, *C. insidiosum*, *Paraphoxus spinosus*, *Ceropus tubularis*, *Ampelisca abdita*, *Stenothoe minuta* y *Lysianopsis alba*. Adaptado por Schmitt (1965), Mills (1967) y Bousfield (1973) y dibujado por M. N. Hubbard. Escala 5mm.

Los anfípodos bentónicos marinos obtienen gran parte de sus alimentos de la columna de sedimentos o el agua, los principales modos de alimentación, como: Suspensívoros, detritívoros de superficie, detritívoros enterrados, carroñeros, carnívoros, comensales y herbívoros (Bousfield, 1973; Biernbaum, 1979; Lowry y Myers, 2017). Casi todos los anfípodos se alimentan de detritos; recogen lodo, restos de plantas y animales muertos valiéndose de los gnatópodos (géneros *Maera* y *Eriopisa*), y obtienen detritos raspando del fondo con las antenas. Algunas formas excavadoras raspan detritos y diatomeas de los

granos de arena (Caprélidos). El género *Corophium* y otros tubícolas, tamizan pequeñas partículas de materia orgánica a través de cerdas filtradoras de gnatópodos (Caine, 1974). Además, los anfípodos consumen a diario restos orgánicos de hasta 100% de su peso en los juveniles y el 60% de su peso en los adultos (Bek, 1972). Por ello, los anfípodos bentónicos juegan un papel importante en la descomposición del detritus, dentro del ciclo de nutrientes (Robertson y Mann, 1980) y promueven el intercambio de gases (principalmente el oxígeno y el nitrógeno) que, en conjunto, contribuye a las altas tasas de producción secundaria y terciaria para el flujo de energía a niveles tróficos superiores (Carrasco y Arcos, 1984; Marques y Bellan-Santini, 1993; Coyle y Highsmith, 1994 ;Duffy y Hay, 2000; Valério-Berardo *et al.*, 2000; Soliman y Rowe, 2008).

2.1.2. Estudios sobre anfípodos bentónicos en el mar peruano

El Perú fue explorado por importantes expediciones oceanográficas y biológicas, por las cuales se han registrado y descrito especies de anfípodos en: Stebbing (1906), Walker (1910), Barnard (1954); Barnard (1979), Thomas y Barnard (1986), Barnard y Karaman (1991), González y Watling (2003) y Gutiérrez *et al.* (2008).

Otras investigaciones sobre bentos marinos de Colombia (Barnard, 1954) y Ecuador (Ortiz *et al.*, 1994 y 2004), describen y reportan anfípodos bentónicos marinos del norte del Perú. En el Pacífico Oriental Tropical, la publicación de García-Madrigal (2007) registró especies de la costa norte peruana. Asimismo, para el mar de Chile también han sido reportados especies de anfípodos por Gallardo (1962), González (1991); González y Thiel (2004) y Pérez-Schultheiss (2016). Todos estos estudios constituyen las referencias sobre la diversidad y distribución de anfípodos en el mar peruano.

En el Perú, los anfípodos marinos han sido mencionados en listados generales de especies de crustáceos (Del Solar *et al.* 1970) y un trabajo de inventario de macrofauna (Paredes *et al.* 1988), ambos poco difundidos. Por otro lado, los anfípodos son incluidos en listas de macrobentos de algunos trabajos de investigación, lo cuales se basaron en estudios ecológicos y de diversidad del macrobentos, que incluyen anfípodos en términos de abundancia y biomasa, tanto de la franja costera (Tarazona, 1988; Paredes *et al.*, 1988) como en la plataforma continental (Gutiérrez, 1989; Tam, 1992; Mayor, 1996; Quipúzcoa *et al.*, 1998; Gutiérrez *et al.*, 2005; Yupanqui *et al.*, 2007). Cabe anotar que estos estudios llegan sólo a nivel de género o familia y en pocos casos a nivel específico, como la identificación de la familia Ampeliscidae en la plataforma continental central (Gutiérrez, *et al.* 2005).

2.2. Características oceanográficas sobre la plataforma continental centro-norte

Las características de temperatura y oxígeno de la zona centro norte del Perú esta modulado por la dinámica de masas de agua del Pacífico Tropical. En el Pacífico Tropical Sur Ecuatorial (PTSE) la circulación marina presenta a nivel superficial la Corriente Ecuatorial Sur (CSE), que transporta aguas más frías del PTSE hacia el Pacífico central; en cambio, en la capa subsuperficial (100 – 300 m), la Corriente Submarina Ecuatorial (CSSE), también conocida como Corriente de Cromwell, transporta grandes volúmenes de agua hacia el sur. La bifurcación del ramal sur de esta corriente da origen a las aguas ecuatoriales subsuperficiales (AESS), que se presentan entre los 50 – 300m, y disminuyen de espesor hacia el sur. Debido a su origen, son masas de agua con alto contenido de oxígeno disuelto. Puede presentar una proyección latitudinal sur hasta los 7° S, con rangos de oxígeno disuelto entre 0.5 a 1.5 mL/L en los otoños de periodos normales; pero que se desplazan más hacia el sur durante los eventos cálidos El Niño; tal como ocurrió en los

años 1982-83, 1987, 1992, 1997-98 (oxígeno de fondo > 2.0 mL/L; Arntz *et al.*, 2006; Gutiérrez *et al.*, 2008). La temperatura también varía del mismo modo, alcanzando temperaturas >16 °C entre 90 – 180 m de profundidad, y >18 °C en estratos menores a 90 m (Zuta y Guillén, 1970; Graco *et al.*, 2007; Tenorio *et al.*, 2011; Gutiérrez *et al.*, 2014).

Por otro lado, la capa subsuperficial costera presenta la Corriente Subsuperficial Perú-Chile (CSPCh) que fluye hacia el sur a lo largo del talud superior y la plataforma continental (Figura 2), la cual es alimentada por la CSSE, la Contracorriente Subsuperficial Primaria (CCSSp) y la Contracorriente Subsuperficial Secundaria (CCSSs). Éstas dos últimas también conocidas como 'jets de Tsuchiya' (Gutiérrez *et al.*, 2014).

Las surgencias son estructuras oceanográficas que modulan la dinámica de las masas de agua en el litoral peruano. En la plataforma continental centro-norte del Perú han sido identificados importantes centros de surgencia a los 5° S (Paíta), 6° S (Punta Aguja), 9° S (Chimbote); además de otras hacia el sur: 12° S (Callao) y 15° S (San Juan) (Zuta y Guillén, 1970; Rojas De Mendiola, 1981). Estos centros de surgencia movilizan diferentes masas de agua (Zuta y Guillén, 1970), algunas masas de aguas relativamente oxigenadas como las de La Extensión Sur de la CSSE que afloran al norte de la latitud 6° S; otras deficientes en oxígeno de la CSPCh que se dirigen hacia el polo aflorando al norte de los 12° S y en ocasiones un poco más al sur (Zuta y Guillén, 1970, Graco *et al.*, 2007).

De lo anterior, en la plataforma continental, la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua de fondo tiende a aumentar latitudinalmente de sur a norte (Rosenberg *et al.*, 1983), influenciado por los sistemas de surgencia, masas de aguas oxigenadas (Zuta y Guillén, 1970; Rojas De Mendiola, 1981) y la variación del límite superior de la zona de mínima de oxígeno.

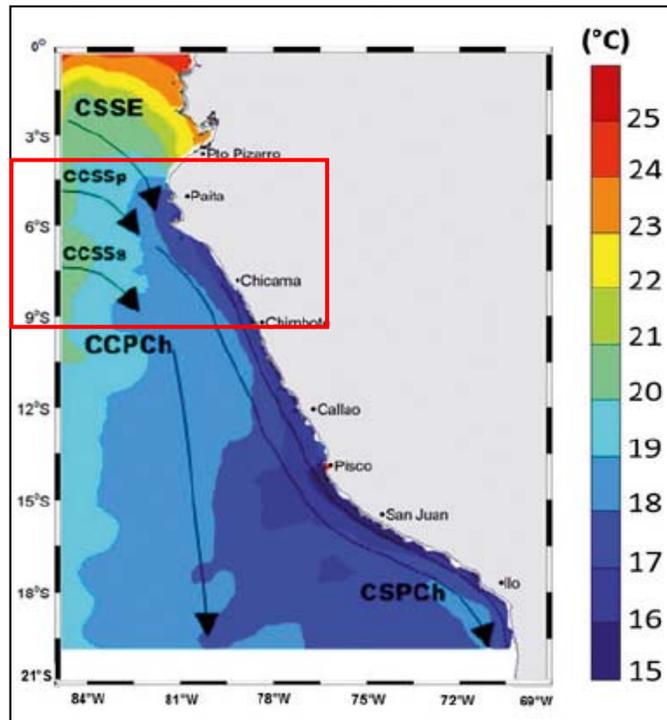


Figura 2. Climatología de la distribución horizontal de la temperatura del agua (°C) en la superficie del mar y circulación dominante frente al Perú. Temperatura superficial en invierno (JAS) y circulación en subsuperficie. La temperatura se presenta en escala de colores y las flechas indican la orientación de los flujos dominantes, cuyas siglas corresponden a los descritos en el texto (tomado de Chaigneau *et al.*, 2013; Gutiérrez *et al.*, 2014). El recuadro rojo delimita la zona de estudio.

2.3. Zona de Mínimo Oxígeno en el mar peruano

Las regiones donde la concentración de oxígeno disuelto en el océano es menor a 0.5mL/L son denominadas zona de mínimo oxígeno (ZMO) o zonas deficientes de oxígeno. Éstas pueden estar presentes a diferentes profundidades en la columna de agua, desde la plataforma continental hasta la zona abisal (10 a 1300 m).

El margen continental frente a Perú es intersectado por la ZMO del Pacífico Sudeste, con límites entre 30 a 600 metros de profundidad, donde el límite superior de la ZMO disminuye

a mayor latitud (Helly y Levin, 2004; Fuenzalida *et al.*, 2009, Ledesma *et al.*, 2011) (Figura 3). Además, la intensidad y el espesor de la ZMO se amplían de norte a sur frente a la costa peruana, debido a que las tasas de degradación de materia orgánica sobrepasan las tasas de advección del oxígeno asociado al afloramiento costero (Gutiérrez *et al.*, 2006, 2008). El límite superior de la ZMO frente a Callao varía entre 10 y 50 m en superficie y depende de la estacionalidad (Ledesma *et al.*, 2011; Gutiérrez *et al.*, 2008) (Figura 3 y 4).

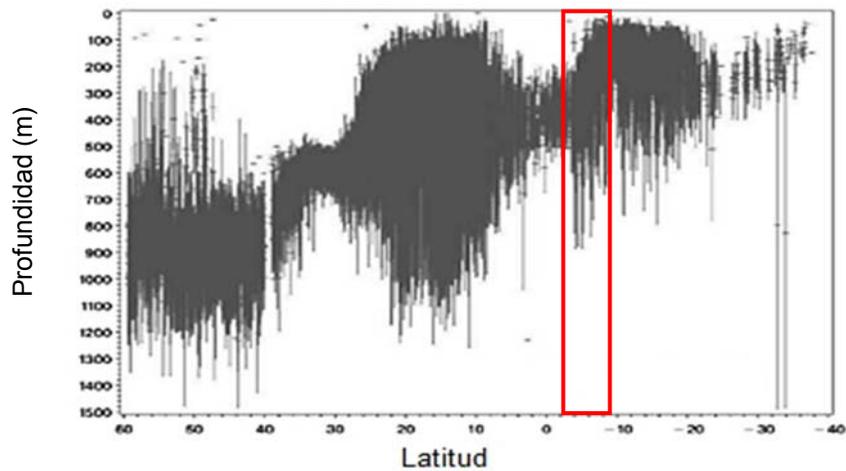


Figura 3. Rango de profundidad de la ZMO ($OD=0.5$ mL/L) en el Pacífico oriental (Helly y Levin, 2004). Cada barra vertical conecta el límite inferior y superior de la ZMO. El recuadro rojo limita el área de estudio, de 3° a 9° S, donde el límite superior de la ZMO disminuye a mayor latitud.

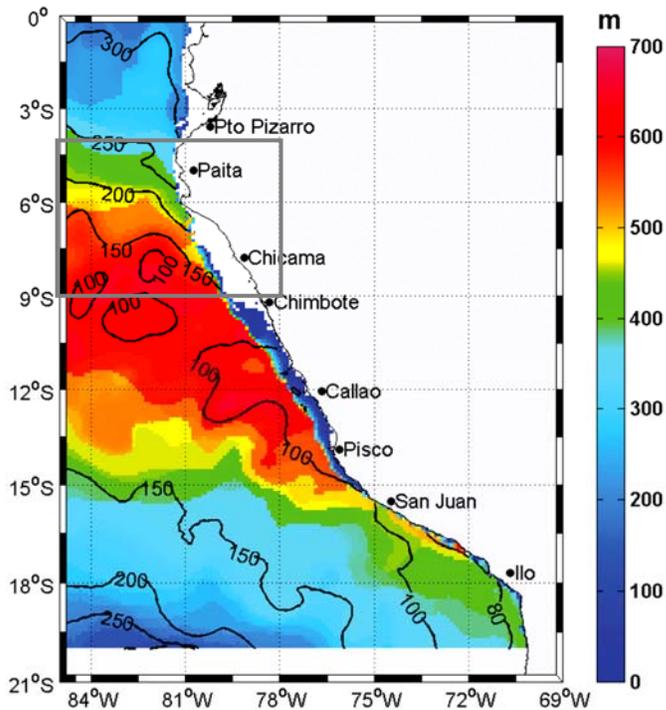


Figura 4. Climatología de la distribución anual de la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) frente al Perú. La escala de colores representa el espesor (m) que alcanza en esa región. Las isolíneas representan la profundidad del borde superior de la ZMO en intervalos de 50 m. La gráfica muestra las variaciones latitudinales y costa-mar afuera de la ZMO que alcanza su mayor espesor en la zona central (hasta 700 m), siendo más somera igualmente en esta área y a medida que se acerca a la costa. (Gutiérrez *et al.*, 2014).

2.4. Características morfológicas y sedimentológicas de la plataforma continental centro-norte del Perú

En el área de estudio se pueden identificar dos zonas, agrupados en función del contenido de materia orgánica, textura, características morfológicas del sedimento, entre otras (Delgado y Gomero, 1988; Velazco *et al.*, 2015). La primera zona se encuentra entre 3°30' y 6°15' S (frontera con Ecuador hasta Pta. Falsa), donde el ancho de la plataforma varía entre 3 y 30 millas náuticas (14 mn en promedio). La pendiente del talud superior es bastante pronunciada, presentando caídas bruscas y en el extremo noroccidental de esta zona, se halla el Banco Natural de Máncora, cuyo fondo es rocoso e irregular. Además, el contenido de materia orgánica varía entre 5 y 10% en tanto que el contenido de carbono orgánico presenta valores entre 1 y 2% y los sedimentos generalmente corresponden a *facies* de fango y arenas, principalmente de origen terrígeno. Por otro lado, la segunda zona se encuentra entre 6°15' y 9°30' S (desde Punta Falsa hasta Huarmey), donde el ancho de la plataforma se incrementa hasta alcanzar su máxima magnitud, entre 22 y 70 mn (70 mn

en promedio). De forma similar, el contenido de materia orgánica varía entre 5 y 15% mientras que el carbono orgánico por lo general varía de 2 y 5%, siendo los sedimentos facies texturales de arenas y fango de origen terrígeno y biogénico (predominantemente constituido por foraminíferos).

2.5. Factores abióticos que modulan la distribución del macrobentos en la plataforma centro-norte del Perú

En el subsistema bentónico marino de Perú, los factores físico-químicos y sedimentológicos de fondo, así como los eventos climáticos naturales, EN y LN, determinan variaciones espaciales y temporales en la presencia, abundancia y biomasa de los invertebrados bentónicos (Mayor *et al.*, 1997; Gutiérrez, 2000). Durante un evento EN, la concentración de oxígeno disuelto en el fondo se incrementa, mientras que el total de carbono orgánico y la calidad de materia orgánica disminuyen (Gutiérrez, 2000). Este escenario afecta a la comunidad de los organismos bentónicos reduciendo su densidad y aumentando la diversidad rápidamente (Levin *et al.*, 1991; 2002).

Aunque la variación climática actual puede influenciar la producción primaria y disponibilidad de oxígeno, afectando la talla y distribución de los organismos bentónicos en las zonas deficientes de oxígeno (Levin *et al.*, 2002), se conoce que las condiciones de hipoxia en la plataforma se incrementan a mayor latitud hasta mantenerse permanentes de la costa central peruana hacia el sur (Graco *et al.* 2007; Gutiérrez *et al.*, 2005; 2008) (Figura 5).

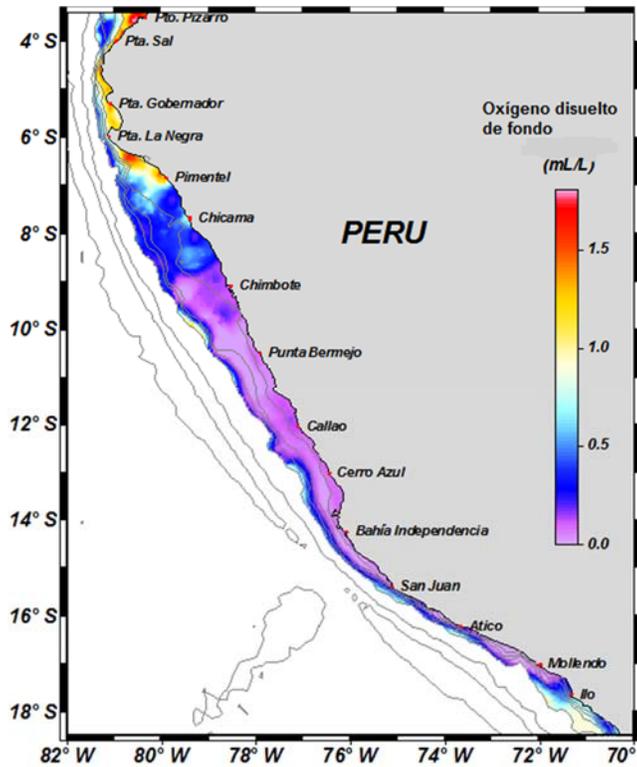


Figura 5. Climatología del oxígeno disuelto de fondo (mL/L) en la plataforma continental frente a Perú, con la isóbata de 200m de profundidad en primera línea de color gris que delimita los valores de oxígeno considerados para la figura, en base los datos de los cruceros oceanográficos del IMARPE (1983-2009) (Quipúzcoa *et al.*, en prensa).

En la plataforma continental frente a Perú, la materia orgánica fresca de origen fitoplanctónico se acumula en el sedimento superficial (fitodetritus en forma de clorofila-a) lo que puede ser considerado como alimento fresco disponible, la cual presenta un gradiente latitudinal creciente, observándose las mayores áreas enriquecidas orgánicamente entre 8 y 9° S (Figura 6).

El déficit de oxígeno se agudiza debido a la respiración de la materia orgánica, lo que genera condiciones de anoxia y en algunos casos producción de sulfuro de hidrógeno (H₂S). Estas condiciones se evidencian con la presencia de bacterias filamentosas del género *Candidatus Marithioploca* spp. (Salman *et al.*, 2011; Gallardo *et al.*, 2013), estas condiciones se presentan hasta el límite superior de la ZMO, y que es somera hacia

latitudes mayores, lo que ocasiona que la abundancia y la diversidad de la macrofauna bentónica disminuya (Levin, 2003; Gutiérrez *et al.*, 2006; Gutiérrez, *et al.*, 2011).

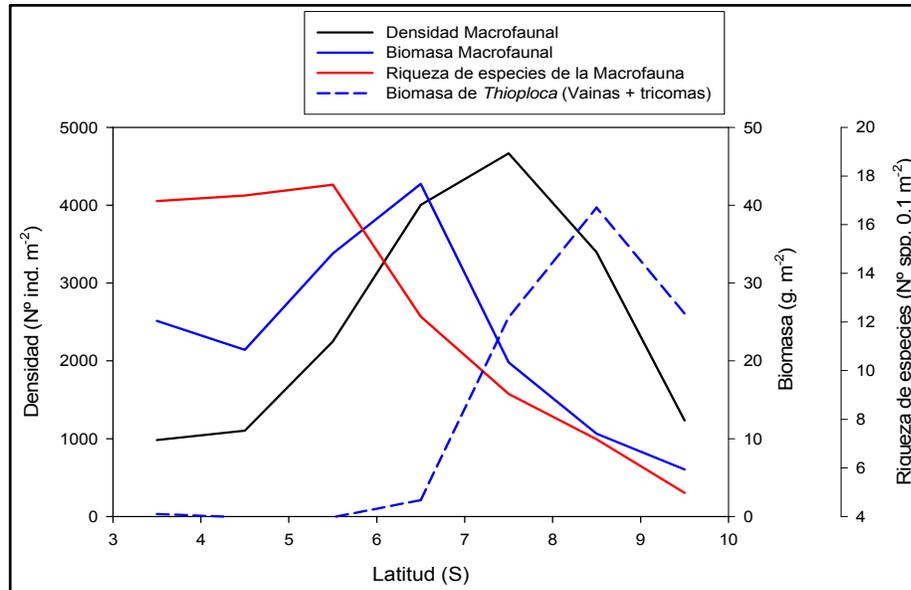


Figura 6. Patrón latitudinal seguido del modelo de Pearson y Rosenberg (1978) sobre la sucesión bentónica forzada por el enriquecimiento orgánico (Temporal/espacial) (Quipúzcoa *et al.* en prensa).



3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Hipótesis

La diversidad de anfípodos bentónicos es mayor en latitudes bajas, donde el oxígeno disuelto en el agua de fondo es más alto y el contenido de clorofila-a de sedimento superficial es más bajo; mientras que, en latitudes mayores, los anfípodos presentan baja diversidad, donde disminuye el oxígeno disuelto en el agua de fondo e incrementa el contenido de clorofila-a, dando origen a especies tolerantes y/o dominantes.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo General

- Determinar la relación de la variación latitudinal de la diversidad de los anfípodos bentónicos con el oxígeno disuelto en el agua de fondo y la concentración de clorofila-a en los sedimentos superficiales de la plataforma continental centro norte del Perú (03,40° a 09° S) durante los otoños de los años 2004 a 2010.

3.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la composición taxonómica y abundancia de los anfípodos bentónicos por sub-áreas latitudinales en la plataforma continental centro norte peruano durante la estación de otoño de 2004 a 2010.
- Determinar los parámetros comunitarios de anfípodos bentónicos, número de especies, riqueza de Margalef y diversidad de Shannon por sub-áreas latitudinales



de la plataforma continental centro norte peruano durante la estación de otoño de 2004 a 2010.

- Detectar comunidades y asociaciones de anfipodos a lo largo del área y periodo de estudio (otoño de 2004 a 2010).
- Relacionar el gradiente latitudinal de la diversidad de anfipodos bentónicos respecto a los factores abióticos (oxígeno disuelto y clorofila-a de sedimento superficial) en la plataforma continental centro norte peruano durante la estación de otoño de 2004 a 2010.



4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

La zona de estudio se ubica sobre la plataforma continental centro-norte peruana, entre los $3^{\circ}24' - 9^{\circ} 00' S$ y los $79^{\circ}30' - 81^{\circ}30' W$, frente a los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad y Ancash. El muestreo fue realizado desde Puerto Pizarro (Tumbes) a Punta Chao (Ancash) en el marco del Crucero de Evaluación de Recursos Demersales realizado por el Instituto del Mar del Perú, durante los otoños (mayo y junio) de los años 2004 al 2010.

La plataforma continental de la zona de estudio estuvo diferenciada en 6 sub-áreas latitudinales: $03^{\circ} - 04^{\circ}$ (A), $04^{\circ} - 05^{\circ}$ (B), $05^{\circ} - 06^{\circ}$ (C), $06^{\circ} - 07^{\circ}$ (D), $07^{\circ} - 08^{\circ}$ (D), $08^{\circ} - 09^{\circ}$ (E) y $09^{\circ} - 10^{\circ}$ (F) (Figura 7 y Tabla 1). Los lances y/o estaciones de muestreo fueron distribuidas aleatoriamente dentro de 4 estratos de profundidad: 0 – 50 m, 51 – 100 m, 101 – 200 m y mayor a 200 m (Figura 7 y Tabla 1b). El rango de profundidad estuvo entre 24 a 380 m.

En total, en el periodo de estudio se colectaron de 250 muestras de macrobentos, una por cada estación (sin réplica). Se consideraron 181 (n) muestras que se presentaban en buen estado de conservación (Figura 7 y Tabla 1). Estas muestras fueron reexaminadas con el fin de separar los anfípodos bentónicos. Éstas estuvieron distribuidas según el estrato de profundidad, codificado anteriormente: 20 muestras en ambientes menores a 50 m, 68 muestras entre 50 a 100 m, 61 muestras entre 100 a 200 m y 32 muestras en ambientes mayores a 200 m de profundidad (Tabla 1).

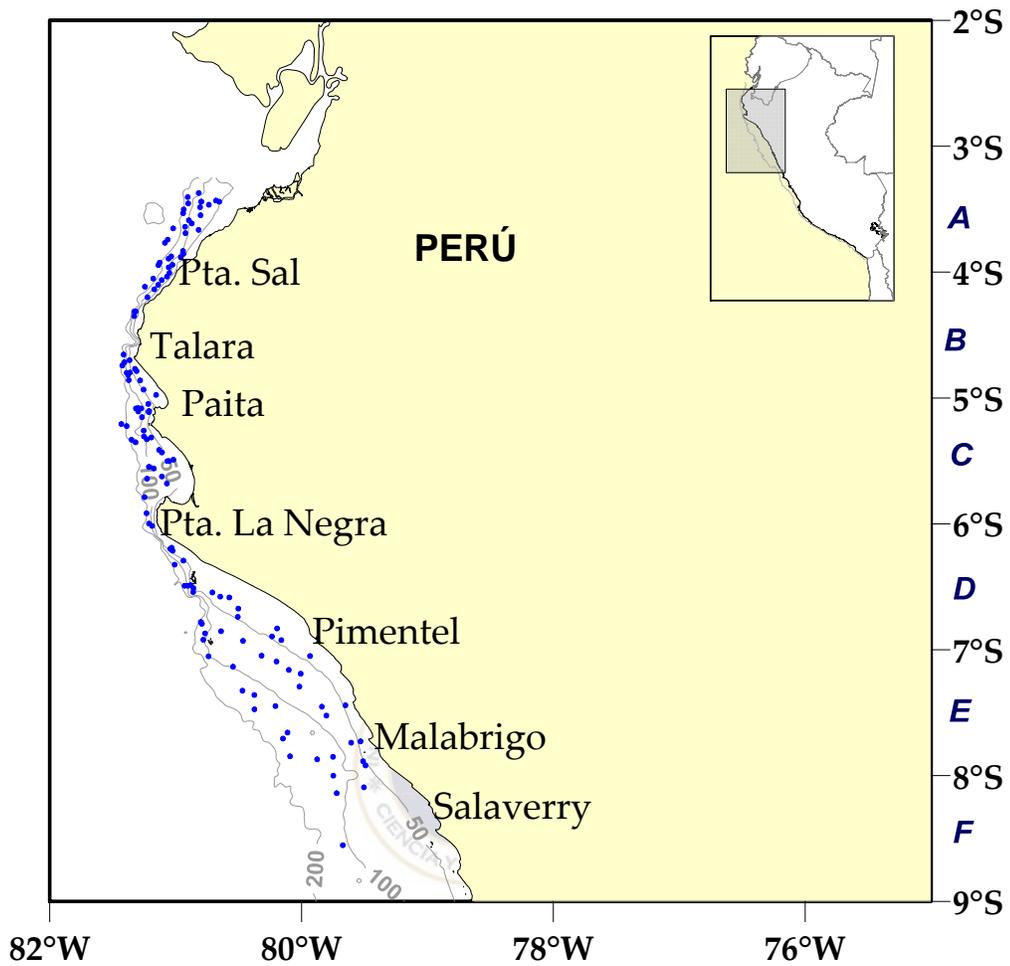


Figura 7. Ubicación de las estaciones de muestreo con presencia de anfípodos bentónicos en la plataforma continental centro-norte peruana en los otoños del 2004 al 2010. La localización de las sub-áreas latitudinales evaluadas están delimitadas por las letras al lado derecho del gráfico (n = 181).

Tabla 1. Posiciones y características de las estaciones de muestreo durante los otoños del 2004 hasta el 2010. Estratos de profundidad: 0: 0 a 50 m, 1: 51 a 100 m, 2: 101 a 200 m; 4: > 200 m.

Año	Rango de Profundidad (m) (Estratos)	N° estaciones por área latitudinal						N° Total de Estaciones
		A	B	C	D	E	F	
		03 - 04°	04 - 05°	05 - 06°	06 - 07°	07 - 08°	08 - 09°	
2004	≤ 50 (0)	0	0	1	1	1	0	3
	51 a 100 (1)	2	3	1	1	1	0	8
	101 a 200 (2)	3	2	3	3	3	1	15
	201 a 372 (3)	0	0	2	2	1	0	5
2005	≤ 50 (0)	0	1	0	2	0	0	3
	51 a 100 (1)	2	3	3	1	1	0	10
	101 a 200 (2)	2	1	3	1	3	0	10
	201 a 372 (3)	4	2	2	0	1	0	9
2006	≤ 50 (0)	0	1	0	1	0	0	2
	51 a 100 (1)	1	2	3	1	1	0	8
	101 a 200 (2)	0	0	0	4	1	0	5
	201 a 372 (3)	0	0	0	0	0	0	0
2007	≤ 50 (0)	0	1	0	2	1	0	4
	51 a 100 (1)	2	1	4	2	3	0	12
	101 a 200 (2)	3	1	2	1	1	0	8
	201 a 372 (3)	3	0	1	0	0	0	4
2008	≤ 50 (0)	0	0	0	1	0	0	1
	51 a 100 (1)	1	2	3	1	0	0	7
	101 a 200 (2)	1	0	2	0	0	3	6
	201 a 372 (3)	0	0	0	0	0	0	0
2009	≤ 50 (0)	0	2	0	1	0	0	3
	51 a 100 (1)	4	1	4	2	3	1	15
	101 a 200 (2)	2	1	3	2	2	1	11
	201 a 372 (3)	3	2	3	0	0	1	9
2010	≤ 50 (0)	1	0	1	1	1	0	4
	51 a 100 (1)	1	2	3	1	1	0	8
	101 a 200 (2)	0	1	1	1	3	0	6
	201 a 372 (3)	0	1	1	2	1	0	5
Total		35	30	46	34	29	7	181

4.2. Obtención de datos abióticos

El registro, análisis y procesamiento de la información oceanográfica fue operada con un perfilador CTD, equipado con sensores de conductividad, temperatura y profundidad, para obtener perfiles verticales en la columna de agua. El gradiente de profundidad estudiado fue delimitado y mediante botellas Niskin se obtuvieron muestras de agua a profundidades estándar, para posteriormente realizar estimaciones del contenido de oxígeno disuelto, para lo cual utilizó el método de Winkler modificado por Carpenter (Carrit y Carpenter, 1966). Estos parámetros permitieron identificar la masa de agua, corrientes y condiciones de oxigenación.

Para esta investigación, se establecieron los siguientes términos respecto a los valores de oxígeno de fondo: óxico alto, óxico bajo, subóxico, disóxico y anóxico, correspondientes a los rangos definidos por Kaiho (1994), los cuales expresan mejor el rango de valores registrados para episodios de oxigenación a lo largo de la plataforma continental centro norte peruana. El término óxico alto corresponde a valores por encima de 3 mL/L, como se define en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los valores de oxígeno registrados en la plataforma continental centro-norte (Kaiho, 1994).

Terminología para la oxigenación	
>3	Óxico Alto
1.5-3	Óxico Bajo
0.3-1.5	Subóxico
0.1-0.3	Disóxico
0-0.1	Anóxico

Además, se colectaron muestras utilizando una draga tipo Van Veen para el análisis de clorofila - a de sedimento superficial. El análisis de este parámetro fue determinado

mediante el método de extracción a partir de muestras húmedas, previamente congeladas y de acuerdo al método de fluorimetría (fluorométrico) detallado por Gutiérrez (2000). Los valores de fitopigmentos fueron expresados en unidades $\mu\text{g/g}$ y constituyen la suma de la clorofila-a y feopigmentos. Estos últimos fueron usados como indicadores de la cantidad de alimento disponible. La razón entre Cl-a y feopigmentos (Cl-a/Feop) fue considerada como indicadora del contenido de materia orgánica fresca (recién sedimentada) en el sedimento superficial.

4.3. Recolección y examinación taxonómica de anfípodos

Las muestras de macrobentos se colectaron con una draga tipo Van Veen de 0.1 m^2 o 0.075 m^2 (en algunas estaciones del año 2006) de área de cobertura. Una vez colectadas, las muestras de sedimento fueron vertidas dentro de una bolsa tamizadora de $500 \mu\text{m}$ y lavadas con chorros de agua de mar. Los organismos retenidos se fijaron en formol al 10%, sólo hasta la llegada del laboratorio de Bentos Marino del IMARPE. Durante el desarrollo del estudio, en el laboratorio, la selección de anfípodos consistió en separarlos del resto de macroinvertebrados. Se utilizó placas Petri de vidrio para observar al microscopio estereoscópico, cuantificar y determinar los individuos hasta el menor nivel taxonómico posible.

La clasificación sistemática de los subórdenes se basó en la publicación de Lowry y Myres (2017). Los anfípodos bentónicos fueron identificados a nivel de familia, género y/o especie de acuerdo a las descripciones de Barnard (1954, 1960a, 1960b, 1979), Chapman (2007), Dickinson (1982a,b), Thomas y Barnard (1986), Barnard y Karaman (1991) y varias publicaciones especializadas (Barnard y Drummond, 1978; Thomas y Barnard, 1983; Jarrett y Bousfield, 1994; Bousfield y Chevrier, 1996; Jansen, 2002; Bousfield y Hendrycks, 2004).

Se determinó la abundancia (ind.m^{-2}) específica de los anfípodos bentónicos, usando un contómetro y un microscopio estereoscópico SPENCER con aumentos de 20X y 40X. Además, para visualizar las disecciones se utilizó un microscopio óptico NIKON modelo Eclipse R200, con aumentos de 100, 400 y 1000X. Al encontrarse ejemplares incompletos, sólo se contaron las porciones cefálicas, para evitar repeticiones en el conteo. Asimismo, se obtuvo la biomasa (g.m^{-2}) de los organismos por peso húmedo, que consistió en eliminar la humedad externa de los especímenes con papel secante para pesarlos en una balanza analítica SAUTER o SARTORIUS de cuatro dígitos. Finalmente fueron preservados en solución de alcohol al 70% en crioviales.

Cada especie estuvo representada por la frecuencia de aparición o frecuencia relativa (%), con el fin de permitir la clasificación de las especies más dominantes en grupos relevantes. En función a esto, se dividieron en seis categorías según el sistema de clasificación de Marques y Bellan-Santini (1993) y Bryazgin (1997): VC, muy frecuente ($> 20\%$); QC, bastante común (10 a 20%); C, común (3 a 10%); U, poco frecuentes (1 a 3%), R, raro (0.5 a 1%); VR, muy raro ($<0.5\%$).

Para analizar la distribución espacial de las variables abióticas se tomaron en cuenta todas las estaciones de muestreo. Sin embargo, para el análisis de la distribución latitudinal de anfípodos bentónicos, se tomó en cuentas sólo las estaciones con presencia de anfípodos bentónicos (de todos los años). Asimismo, para realizar las comparaciones entre variables abióticas y bióticas se evaluó las muestras de los estratos de profundidad 1 (de 50 a 100 m) y 2 (de 101 a 200 m), debido a que presentaron un número representativo de muestras.

4.4. Procesamiento de datos y análisis estadístico

4.4.1. Parámetros comunitarios

Los atributos de la estructura comunitaria de los anfípodos bentónicos seleccionados para las comparaciones con las variables abióticas fueron: el número total de especies (S), el índice de Riqueza de Margalef (d) y el índice de diversidad de Shannon (H' , \log_2) (Shannon 1948), calculados usando el programa Primer versión 6.

El cálculo del índice de la diversidad permite la evaluación de la riqueza biológica de un medio determinado y la comparación de la fauna de diferentes ambientes, a partir de las muestras tomadas, así el índice de Shannon (Shannon, 1948) presenta una mayor sensibilidad frente a las perturbaciones del medio y es el más usado por que considera dos componentes de la diversidad: la riqueza de especies (S) y la equidad (J'). Este índice se mide en “bits.ind⁻¹” o unidades de información, y toma valores desde 0 (cuando todos los individuos pertenecen a la misma especie) hasta 5 o 6, y teóricamente infinito (cuando los individuos están repartidos en especies distintas). La equidad (J'), mediante el Índice de Pielou, expresa la relación de la diversidad real (H) a la diversidad máxima (\log_2 (S)). La riqueza (d), usando el índice de Margalef, permite comparar la cantidad de especies independientemente del número de individuos (Clarke y Warwick, 1994).

Para establecer cuáles fueron las especies que más contribuyeron a las diferencias observadas, entre las sub-áreas o grupos latitudinales, se empleó el análisis de similitud de porcentajes (SIMPER) (Clarke, 1993).

Las figuras de distribución espacial de la abundancia, riqueza e índice de diversidad se realizaron mediante el software SURFER versión 13.0, empleando para la interpolación el método kriging (Journel y Huiybnegts, 1978).

4.4.2. Pruebas multivariadas

4.4.2.1. Análisis de Ordenación

Los métodos de ordenación en el análisis ecológico multivariado son utilizados para reducir las dimensiones de espacio original (las variables), acumulando la mayor parte de varianza en el sentido de unos pocos ejes o dimensiones principales, permitiendo vislumbrar las estructuras ecológicas. Las estaciones de muestreo y/o especies pueden proyectarse en los planos definido por cada par de ejes, obteniéndose una nube de puntos (estaciones de muestreo o especies) que aparecen agrupados conforme a una estructura lógica, sujeta a una interpretación ecológica (Legendre y Legendre, 1998).

La determinación de la afinidad entre sub-áreas de muestreo se realizó por medio del análisis de escalamiento no métrico multidimensional (nMDS), considerando la técnica de ligamiento promedio UPGMA (Unweighted Pair Group Average Linkage). En este procedimiento, cada taxón funciona como variable y la abundancia como atributo. Los datos de abundancia fueron previamente transformados a la raíz cuarta. Los grupos de sub-áreas se representaron adecuadamente en un mapa bidimensional, validado por un coeficiente de estrés. Los valores de este coeficiente pueden variar; si es menor a 0.05 implica una excelente representación, si es menor a 0.1 es bueno, si es menor a 0.2 es aún útil, pero si es mayor a 0.3 es un poco mejor que puntos al azar (Clarke y Warwick, 1994).

Para evaluar la relación entre las variables abióticas y la abundancia de las especies de anfípodos bentónicos dominantes, se aplicó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) (Clarke y Ainsworth, 1993). Este análisis de ordenación espacial de los taxa obtenido en base a las estaciones o sub-áreas latitudinales fue efectuado mediante el programa R versión 3.1.2 y Primer versión 6.

4.4.2.2. Análisis de Clasificación

Para la clasificación de las especies y sub-áreas, se aplicó el índice de Similitud de Bray-Curtis; con la técnica de agrupamiento aglomerativo de enlace promedio aritmético no ponderado UPGMA (Unweighted Pair Group Average Linkage) (Sneath y Sokal, 1973). Este método se realizó para determinar dendrogramas de modo R (para variables) y modo Q (para objetos).



4.4.3. Pruebas univariadas no paramétricas

Para la determinación del tipo de distribución de los datos, se utilizó el test de normalidad de Shapiro - Wilks. Asimismo, se realizó el análisis de similitud (ANOSIM) (Clarke y Warwick, 1994) entre los años de muestreo para probar la similaridad comunitaria. Por otro lado, para reconocer la existencia de diferencias entre las sub-áreas latitudinales, utilizando el estrato de profundidad 1 y 2 (independientemente), se empleó el test de Kruskal-Wallis o Mann-Whitney, que sirve para contrastar la hipótesis de que K muestras cuantitativas han sido obtenidas de la misma población (Zar, 1996). Por otro lado, para la determinación de la asociación de las especies de anfípodos con los factores abióticos se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman. Estas pruebas estadísticas se realizaron mediante el programa R Project, versión 3.1.2.

5. RESULTADOS

5.1. Condiciones oceanográficas

5.1.1. Temperatura y salinidad de agua de fondo

Dentro de las estaciones con presencia de anfípodos se encontró que en el otoño del año 2004 (Figura 8a), la temperatura del agua de fondo presentó un mínimo de 10.10 °C (Área C, Estación C51, 363 m) y un máximo de 16.30 °C (sub-área A, Estación 87, 53 m). Asimismo, la salinidad de agua de fondo tuvo un mínimo de 34.66 (C, E51, 363 m) y un máximo de 35.06 (E, E11, 43 m), registrando la presencia de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS).

Durante el año 2005, la temperatura estuvo en el rango de 10.18 °C (sub-área B, Estación C22, 346 m) a 16.87 °C (sub-área A, C1, 52 m) mientras que la salinidad mínima fue 34.73 (B, C22, 346 m) y una máxima de 35.08 (D, C67, 38 m). Estos datos evidenciaron presencia de Aguas Ecuatoriales Profundas (AEP) y AESS. En el siguiente año (2006), la temperatura presentó valores entre 15.45 °C (Área D, Estación C25, 59m) y 17.50 °C (D, C44, 37 m) y la salinidad fluctuó entre 34.93 (E, C1, 54 m) y 35.09 (B, C73, 37 m), con presencia de AESS.

En el año 2007, la temperatura osciló entre 11.57 °C (sub-área A, Estación C6, 380m) y 17.0 °C (A, C18, 64m). El valor mínimo de salinidad fue de 34.88 (B, C25, 77m) y el máximo de 35.15 (A, C10, 103m). Estos valores evidenciaron la presencia de AEP y AESS.

En el 2008, la temperatura del agua de fondo presentó como mínimo 14.26 °C (sub-área F, Estación C12, 175 m) y máximo de 21.30 °C (A, C9, 72m). Además, la salinidad mínima fue

34.95 (A, C9, 72 m) y máximo de 35.10 (C, C58, 64 m), con registró AEES, en presencia de aguas cálidas.

En el 2009, la temperatura presentó como mínimo 9.10 °C (sub-área B, Estación C74, 298 m) y máximo de 18.27 °C (A, C92, 61 m). Asimismo, la salinidad mínima fue 34.67 (B, C74, 298m) y máximo de 35.06 (D, C28, 74 m). Estos valores registraron presencia de AEP y AEES.

Durante el 2010, la temperatura presentó un mínimo de 8.65 °C (sub-área B, Estación E19, 350 m) y máximo de 20.44 °C (A, C12, 47 m). Asimismo, la salinidad mínima fue de 34.66 (B, E19, 350 m) y máximo de 35.07 (C, C49, 60 m). Los valores evidenciaron la presencia de AEP y AEES.



5.1.2. Oxígeno disuelto de agua de fondo

En el otoño del año 2004 (Figura 8b), el oxígeno disuelto en el agua de fondo presentó un valor mínimo, subóxico, de 0.34 mL/L (sub-área B, Estación E51, 363 m) y máximo, óxico bajo, de 1.8mL/L (A, C92, 61 m). Asimismo, en el 2005, el oxígeno disuelto presentó un valor mínimo, subóxico, de 0.29 mL/L (B, C22, 346 m) y máximo, óxico bajo, de 2.42mL/L (C, C38, 82 m). Durante el 2006, el oxígeno disuelto fluctuó de un rango de 0.78 mL/L (D, C25, 59 m) y 2.03 mL/L (B, C73, 37 m), subóxico y óxico bajo respectivamente. Mientras que en el 2007, el oxígeno presentó como mínimo 0.29 mL/L (E, C85, 55 m) y máximo de 2.51 mL/L (B, C30, 45 m), disóxico y óxico bajo respectivamente. En el año 2008, el oxígeno presentó un rango 0.2 mL/L, disóxico (F, C102, 175 m) y 2.85mL/L, óxico bajo (A, C9, 72 m). En el 2009, el oxígeno presentó un valor mínimo, anóxico, de 0.08 mL/L (B, C75, 372 m) y máximo, óxico bajo, de 2.20 mL/L (A, C94, 75 m). En el año 2010, el oxígeno de fondo

presentó un rango de 0.06 mL/L, anóxico (D, C74, 344 m) y 2.72 mL/L, óxico bajo (A, C12, 47 m).

5.1.3. Condiciones del sedimento superficial

5.1.3.1. Fitopigmentos

La materia orgánica “fresca” o fitodetritus (clorofila - a) en el sedimento superficial, durante el año 2004, varió de 3.14 (sub-área A, estación E87, 80 m) a 43.97 $\mu\text{g/g}$ (sub-área E, estación E5, 80 m). En el 2005, esta variable presentó un rango de 0.88 (A, C19, 340m) a 10.64 $\mu\text{g/g}$ (E, C87, 212 m). Asimismo, en el 2006 las concentraciones de Cl - a presentaron un rango de 1.32 (C, C53, 66 m) y 9.97 $\mu\text{g/g}$ (E, C1, 54 m). Mientras que en el 2007, el valor mínimo fue de 0.50 (B, C25, 77 m) y un máximo de 9.76 $\mu\text{g/g}$ (E, E15, 43 m). En el 2008, los valores fluctuaron entre 3.64 (D, C70, 35 m) a 16.17 $\mu\text{g/g}$ (F, C116, 106 m). Además, en el 2009 se registraron valores de 0.97 (B, C65, 46 m) a 22.99 $\mu\text{g/g}$ (F, C5, 201 m). Finalmente en el 2010, variaron de 0.34 (A, C23, 63 m) hasta 5.61 $\mu\text{g/g}$ (D, C66, 250 m).

El contenido de feopigmentos en el sedimento superficial, durante el muestreo del año 2004, varió de 55.11 (sub-área A, estación C87, 53 m) a 405.52 $\mu\text{g/g}$ (sub-área E, estación E5, 80 m). Mientras que en el año 2005 se registró en el rango de 14.5 (B, E140, 34m) a 159.23 $\mu\text{g/g}$ (E, C87, 212 m). En el 2006, varió de 16.37 (C, C53, 66 m) a 102.74 $\mu\text{g/g}$ (E, C12, 129 m). Durante el otoño de 2007, el rango fue de 24,01 (B, C30, 45 m) a 109,09 $\mu\text{g/g}$ (E, E15, 43 m). En el 2008, el contenido varió de 29.39 (D, C70, 35 m) a 100.63 $\mu\text{g/g}$ (B, C32, 72 m). Asimismo, en el 2009, el rango fue de 11.56 (C, C49, 69 m) a 219.88 $\mu\text{g/g}$ (F, C5, 201 m). Además, en el 2010, los valores variaron de 2.98 (A, C23, 63 m) a 42.54 $\mu\text{g/g}$ (B, C81, 104 m).

Asimismo, la razón de clorofila – *a*/ feopigmentos (Cl-*a*/Feop) fue registrada dentro del rango 0.02 (sub-área B, estación C25, a 77 m de profundidad, en el año 2007) a 0.26 (F, C116, 106 m, 2008).

5.1.3.2. Textura de sedimentos superficiales

La textura de los sedimentos de la plataforma continental centro norte del Perú son muy variables en cuanto al porcentaje de arena, limo y arcilla. Se determinó cualitativamente las texturas de las muestras de sedimento, de acuerdo a las bitácoras de muestreo y se observaron algunas texturas predominantes como: arena fangoso, fango, fango arenoso y fango arcilloso c/s olor, con presencia de conchuelas o foraminíferos. Al respecto, Velazco *et al.*, (2015) describieron las características de las plataforma continental peruana y su composición sedimentaria.



5.1.4. Distribución espacial de las variables abióticas de fondo

La distribución de la temperatura de fondo mostró que los mayores valores se encontraron hacia el norte (latitudes bajas). En donde también se registró valores influenciados por los eventos cálidos (otoños del 2008, 2009, 2010). En la Figura 8a, se observa la presencia de la isoterma de 15 °C (línea negra), indicadora de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell, localizándose hasta pasado los 7° S, cercana a la costa al norte y sur del área de estudio .

La distribución del contenido de oxígeno disuelto de fondo mostró que los mayores valores se encontraron en latitudes bajas, frente a Puerto Pizarro (3° 30' S), Talara, Paita y Pimentel disminuyendo a medida que aumentaba la latitud (Figura 8b, Figura 9b). Esta tendencia se

evidenció en los años 2004 y 2008 al 2010 (Figura 9b). En la distribución vertical registró que el oxígeno disuelto de fondo disminuye a mayores profundidades (Figura 9a). En tanto, las mayores concentraciones fueron encontradas en menores profundidades y latitudes bajas, hacia el norte del área de estudio (Figura 9b). Por su parte, el límite de la zona de mínima de oxígeno ($OD > 0.5 \text{ mL/L}$, línea negra) se ubicó generalmente hacia latitudes del sur, por encima de los 6° S , aunque hacia el norte también se pudo observar a mayores profundidades (Figura 8b).

Las Figuras 8c y 9d muestran que el contenido de materia orgánica de origen fitoplanctónico (clorofila – a), aumentó desde latitud norte hacia latitud sur (especialmente en los otoños del 2004, 2008 y 2009). Los valores más altos fueron registrados frente a los puertos de Chicama (Malabrigo, otoño 2004) y en menor grado en Salaverry (2008 y 2009); es decir, alrededor del sur de las latitudes 6° S y generalmente en zonas pobres de oxígeno disuelto. Asimismo, a distribución vertical mostró que a mayor profundidad el contenido de Clorofila – a disminuye, aunque también se observó menores valores en estaciones someras (Figura 9c). Los valores de feopigmentos mostraron el mismo comportamiento.

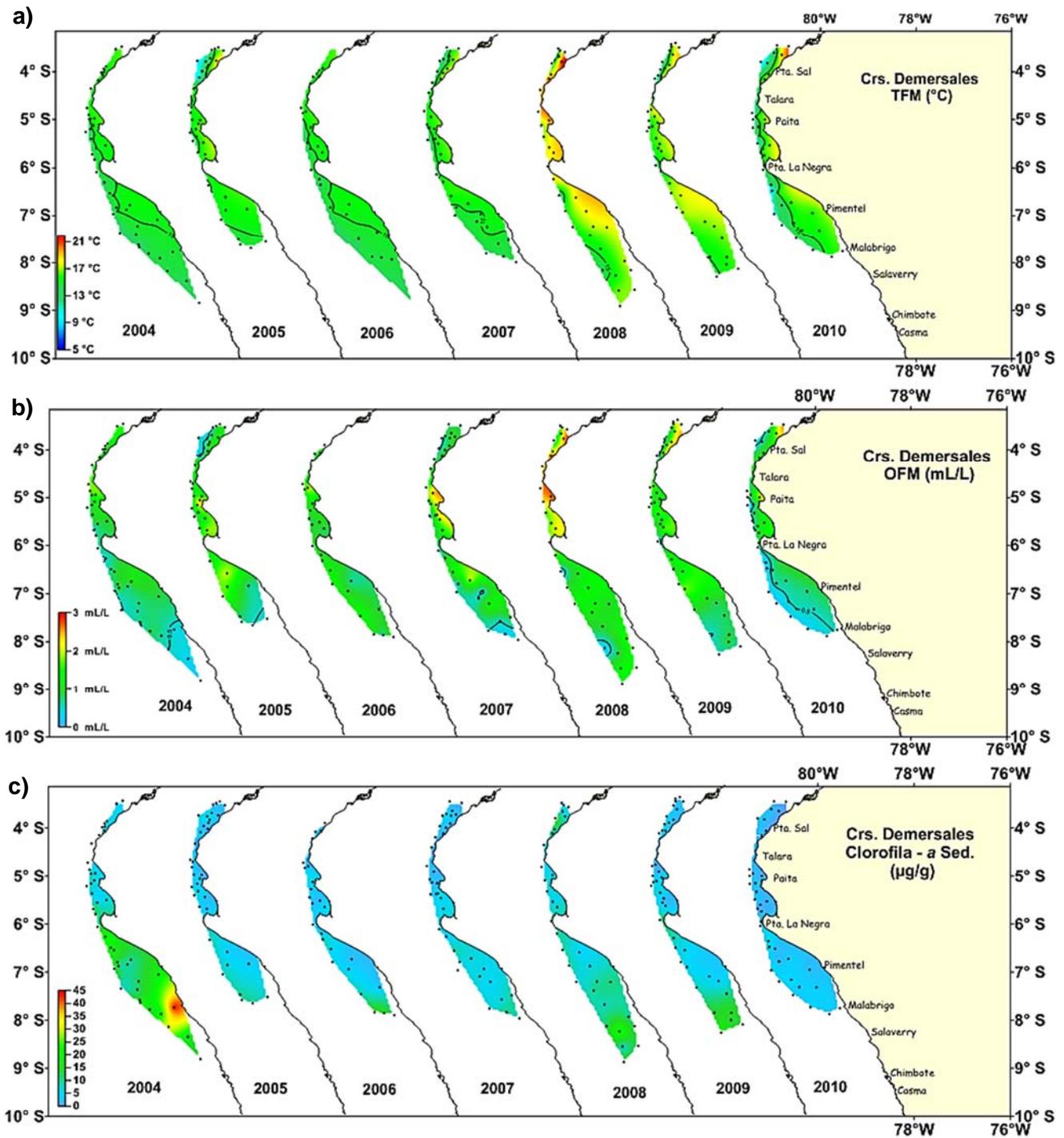


Figura 8. Mapa de la distribución latitudinal de las variables abióticas: **a)** Temperatura del fondo (°C), con la isoterma de 15°C (línea negra); **b)** Concentración de oxígeno disuelto (mL/L) sobre el fondo con el límite de la ZMO (ODF < 0.5 mL/L, línea negra); **c)** Contenido de clorofila – a en el sedimento superficial (µg/g) durante el Crucero de Evaluación de Recursos Demersales durante la estación de otoño (2004 a 2010).

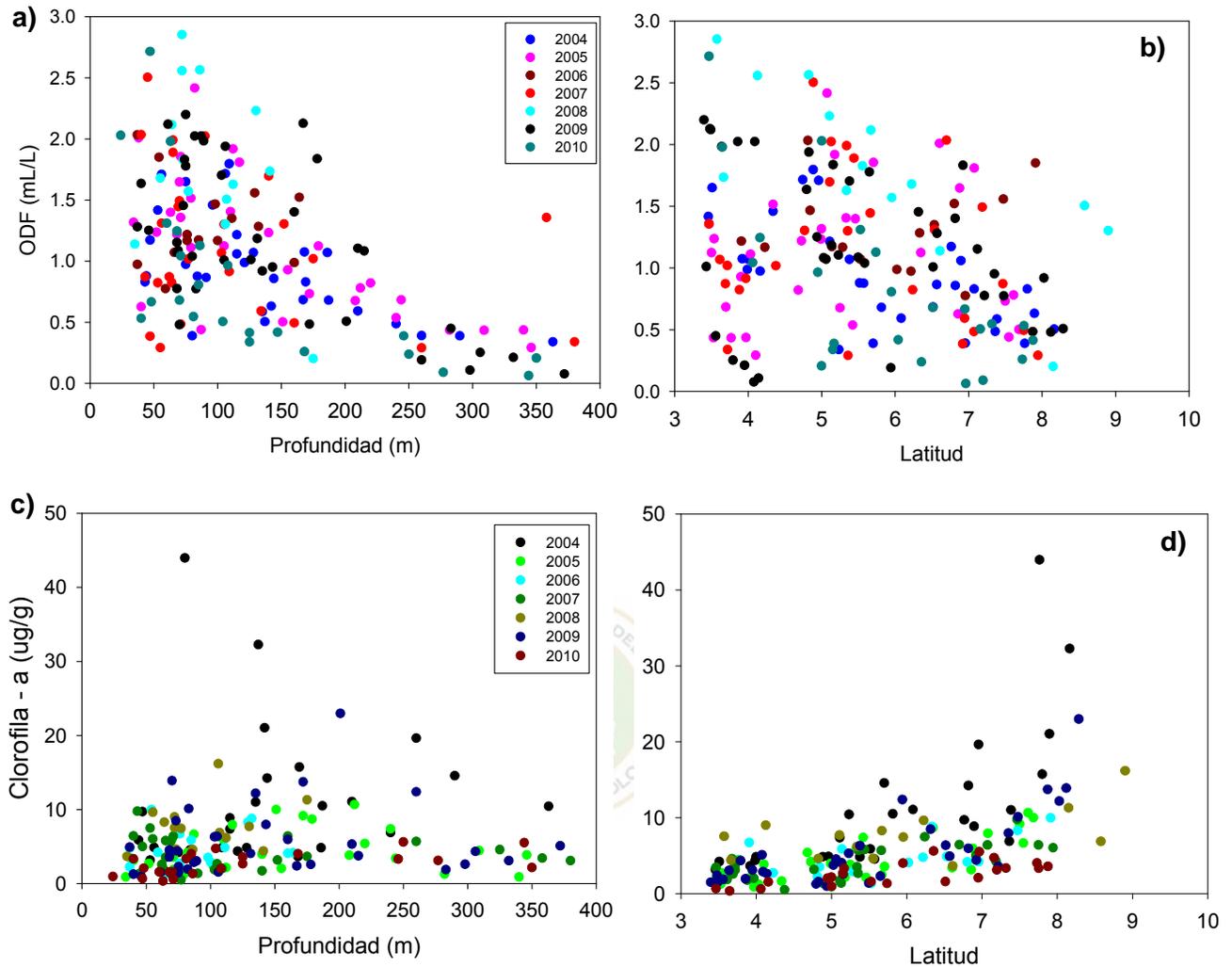


Figura 9. Distribución espacial (por profundidad y latitud) de las variables abióticas: concentración de oxígeno disuelto de fondo (ODF, mL/L) en relación a la profundidad (a) y grado latitudinal (b) y contenido de clorofila-a de sedimento en relación a la profundidad (c) y grado latitudinal (d), durante el Crucero de Evaluación de Recursos Demersales, periodos de otoño del 2004 a 2010.

5.2. Composición y diversidad de anfípodos bentónicos

El material considerado en el presente estudio (181 muestras) constituyó un total de 2499 individuos que fueron separados e identificados hasta el menor nivel taxonómico posible y

en los cuales se reconocieron 43 taxa, dentro de 2 subórdenes: Amphilochidea y Senticaudata. En Amphilochidea se registró 15 familias, con 33 taxa, dentro de las cuales 19 fueron identificadas a nivel de especie, y 9 a nivel de género, 5 a nivel de familia; mientras que Senticaudata presentó 6 familias y una superfamilia, con 10 taxa; dentro de las cuales 2 fueron identificadas a nivel de especie, 7 a nivel de género y un taxa en superfamilia (Anexo 1, 2 y 3).

El mayor número de taxa fue registrado dentro Amphilochidea, en la familia Ampeliscidae, con 11 taxa (25.58% del total, Figura 10, barras de color rojo). Las familias Oedicerotidae y Photidae, con 4 taxa cada una; Liljeborgiidae, con 3 taxa; Phoxocephalidae, Synopiidae, Megalurotidae, y Lysianassidae, con 2 taxa cada una. Una taxa fue registrada en cada una de las familias Aoridae, Argissidae, Pleustidae, Eriopisidae, Eusiridae, Platyschnopidae, Stenothoidae, Hyalidae, Urothoidae, Uristidae, Unciolidae, Caprellidae y la superfamilia Hadziidea (Figura 10, Tabla 3).

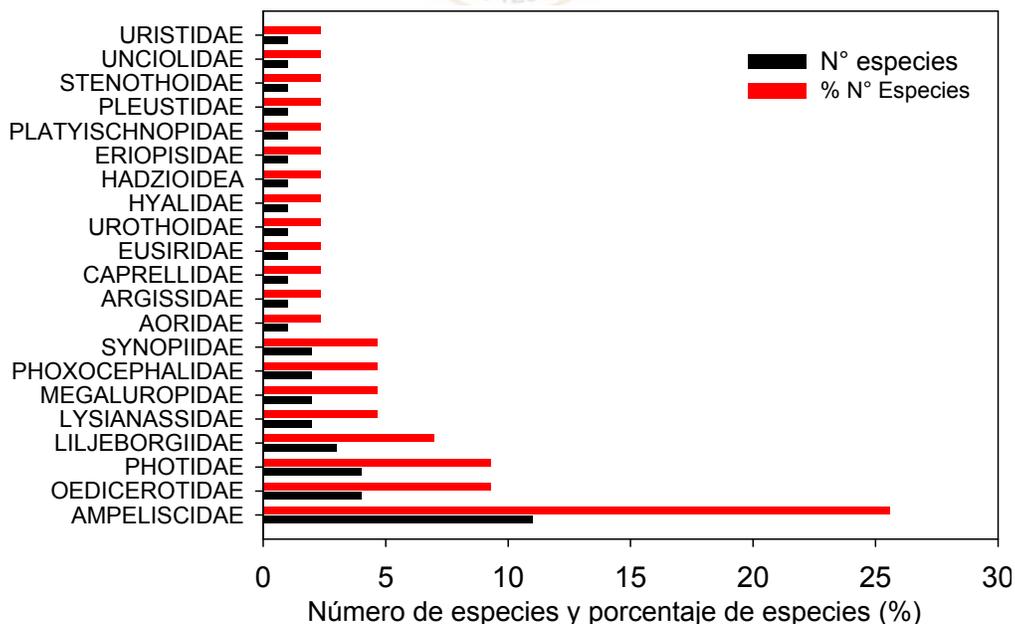


Figura 10. Número (negro) y porcentaje (rojo) de taxa por familia de anfípodos bentónicos registrados en la Plataforma Continental centro-norte peruana, en el periodo estacional de otoño, durante los años del 2004 al 2010.

La plataforma continental peruana presenta diferentes sustratos sedimentológicos, en los cuales los anfípodos presentan diferentes formas de vida y comportamiento alimenticio (Figura 11). Entre las formas de vida más frecuentes (Marques y Bellan-Santini, 1993; De-La-Ossa-Carretero *et al.*, 2012) se registraron los siguientes: tubícola infaunal con tipo de alimentación de depósitos y filtradores, donde hallamos a la familia Ampeliscidae y Argissidae (13 taxa del total, 30%); tubícola epifaunal, con la familia Aoridae, Liljeborgiidae, Eriopisidae, Photidae y Eusiridae (6 taxa). Además de los excavadores, con Phoxocephalidae, Synopiidae, Oedicerotidae, Pleustidae y Platyschnopidae (12 taxa) (Tabla 3). Finalmente los organismo de vida libre, como la especie de *Caprella* sp. y *Hyale niger*, también habitan en la zona sublitoral (2 taxa).

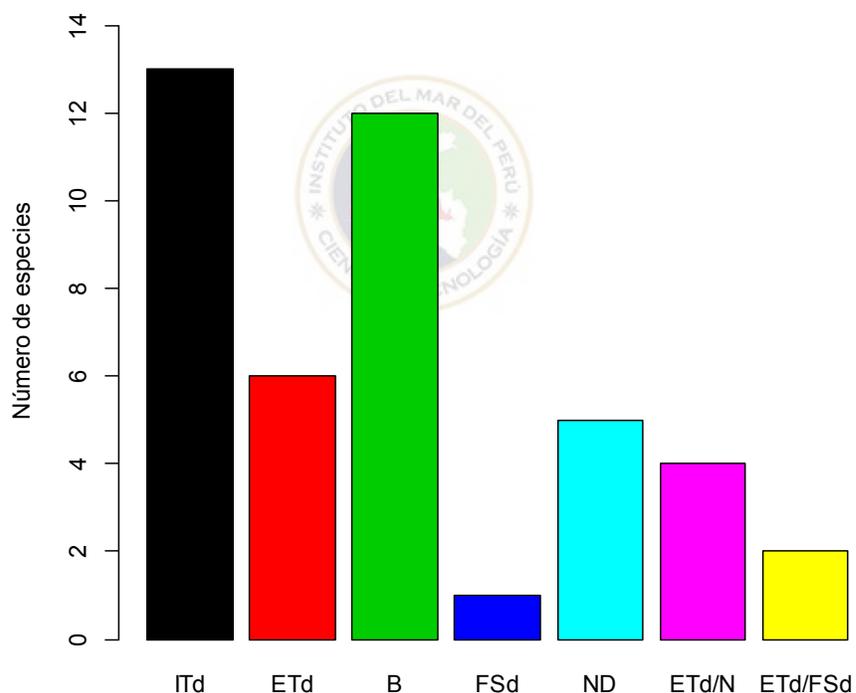


Figura 11. Principales formas de vida de las especies de anfípodos bentónicos (número de taxa por forma de vida) en la plataforma continental centro-norte peruana, en el periodo estacional de otoño, durante los años del 2004 al 2010. ITd =Tubícola Infaunal; ETd = Tubícola Epifaunal; B = Excavador; FSd = Nadador de superficie; N = madriguera; ND= No Determinado, según Marques y Bellan-Santini (1993).

Tabla 3. Anfípodos bentónicos según su forma de vida, ITd =Tubícola Infaunal; ETd = Tubícola Epifaunal; B = Excavador; FSd = Nadador de superficie; N = madriguera; ND= No Determinado, según Marques y Bellan-Santini (1993). (*) a nivel de superfamilia.

SUBORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Forma de vida
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca araucana</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevisimulata</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca cristata</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca cristoides</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca hancocki</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca lobata</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca mexicana</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca pacifica</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca pugetica</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Argissa hamatipes</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Byblis cf. millsi</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca sp. nov</i>	ITd
AMPHILOCHIDEA	PLATYISCHNOPIIDAE	<i>Eudevenopus honduranus</i>	B
AMPHILOCHIDEA	PLEUSTIDAE	<i>Gracilipleustes monocuspis</i>	B
AMPHILOCHIDEA	PHOXOCEPHALIDAE	<i>Heterophoxus oculatus</i>	B
AMPHILOCHIDEA	LILJEBORGIIDAE	<i>Idunella diffusa</i>	ETd/N
AMPHILOCHIDEA	MEGALUROPIIDAE	<i>Resupinus coloni</i>	B
AMPHILOCHIDEA	SYNOPIIDAE	<i>Tiron tropakis</i>	B
AMPHILOCHIDEA	STENOTHOIDAE	<i>Metopella aporpis</i>	ETd/N
AMPHILOCHIDEA	OEDICEROTIDAE	<i>Bathymedon sp.</i>	B
AMPHILOCHIDEA	PHOXOCEPHALIDAE	<i>Harpiniopsis sp.</i>	B
AMPHILOCHIDEA	LILJEBORGIIDAE	<i>Idunella sp 1</i>	ETd/N
AMPHILOCHIDEA	LILJEBORGIIDAE	<i>Idunella sp 2</i>	ETd/N
AMPHILOCHIDEA	OEDICEROTIDAE	<i>Hartmanodes hartmanae</i>	B
AMPHILOCHIDEA	EUSIRIDAE	<i>Rhachotropis sp. nov.</i>	ETd
AMPHILOCHIDEA	OEDICEROTIDAE	<i>Synchelidium sp. nov.</i>	B
AMPHILOCHIDEA	SYNOPIIDAE	<i>Syrrhoë sp.</i>	B
AMPHILOCHIDEA	OEDICEROTIDAE	<i>Westwoodilla sp.</i>	B
AMPHILOCHIDEA	MEGALUROPIIDAE	Megaluropidae	ND
AMPHILOCHIDEA	URISTIDAE	Uristadae	ND
AMPHILOCHIDEA	LYSIANASSIDAE	Lysianassidae sp. 1	ND
AMPHILOCHIDEA	LYSIANASSIDAE	Lysianassidae sp. 2	ND
AMPHILOCHIDEA	UROTHOIDAE	Urothoidea	B
SENTICAUDATA	ERIOPISIDAE	<i>Psammogammarus garthi</i>	ETd/FSd
SENTICAUDATA	HYALIDAE	<i>Hyale niger</i>	FSd
SENTICAUDATA	UNCIOLIDAE	<i>Acumedeutopus sp.</i>	ETd
SENTICAUDATA	PHOTIDAE	<i>Gammaropsis sp. 1</i>	ETd
SENTICAUDATA	PHOTIDAE	<i>Gammaropsis sp. 2</i>	ETd
SENTICAUDATA	PHOTIDAE	<i>Gammaropsis sp. 3</i>	ETd
SENTICAUDATA	PHOTIDAE	<i>Photis sp.</i>	ETd
SENTICAUDATA	CAPRELLIDAE	<i>Caprella sp.</i>	ETd/FSd
SENTICAUDATA	AORIDAE	<i>Meridiolembos sp.</i>	ETd
SENTICAUDATA	HADZIOIDEA*	Hadzioidea	ND

La frecuencia de ocurrencia o abundancia relativa de las especies de anfípodos mostró diferencias marcadas y de acuerdo a las categorías propuestas por Marques y Bellan – Santini (1993): *Ampelisca araucana* y *Heterophoxus oculatus* fueron consideradas “bastante comunes”. Asimismo, *A. brevisimulata*, *A. hancocki*, *A. mexicana*, *A. pacifica*, *A.*

pugetica, *Ampelisca* sp. nov., *Eudevenopus honduranus*, *Westwoodilla* sp., *Psammogammarus garthi* y *Photis* sp. estuvieron dentro de la categoría “común”. Mientras que *Gracilipleustes monocuspis*, *I. diffusa*, *R. coloni*, *Synchelidium* sp. fueron “poco común”. Finalmente las especies consideradas “raras” y “muy raras” fueron *Metopella aporpis*, *Bathymedon* sp., *Tiron tropakis*, *Hartmanodes hartmanae*, *H. niger*, *Rhachotropis* sp. nov., *Syrrhoe* sp., *Gammaropsis* spp., *Caprella* sp. y taxa de la familia Uristidae, Lysianassidae, y Aoridae (Figura 12, Anexo 3).

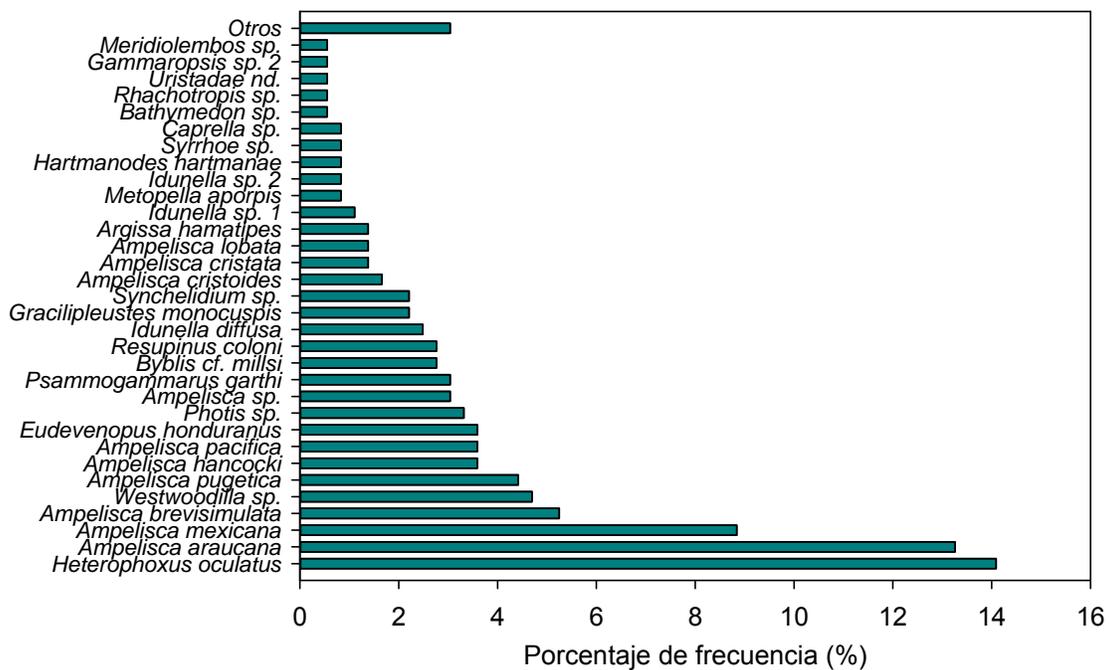


Figura 12. Porcentaje de frecuencia de las principales taxa de anfípodos bentónicos en la Plataforma Continental centro-norte peruana, en el periodo estacional de otoño, durante los años del 2004 al 2010, de un total de 181 estaciones de muestreo entre las latitudes 3.4° a 9° S, de 22 a 380 m de profundidad.

La densidad de anfípodos bentónicos varió entre 0 y 1760 ind/m² (con presencia de 10 ind/m² de *Ampelisca araucana* en la estación C90, sub-área E, a 87 m, en 2005). La riqueza (S) presentó un mínimo de 0 spp/0.1m², generalmente en las sub-áreas de mayor latitud (hacia el sur), y llegando a registrarse un máximo de 11 spp/ 0.1m², a nivel del sub-área

latitudinal B, a 37 m, en el otoño del 2006. La riqueza de Margalef varió de 0 a 1.46 (en la misma estación donde el número de taxa fue mayor). Finalmente, el indicador cuantitativo de la estructura comunitaria de anfípodos bentónicos, el índice de diversidad de Shannon (H'), varió de 0 a 2.97 bitios.ind.⁻¹ (sub-área latitudinal B, a 37 m, 2006).

Los otoños de los años evaluados fueron siete, donde el número de estaciones analizadas por año no fue uniforme, lo que permitió que el número de taxa registradas variara de año a año. Así en el 2004, se determinó 33 taxa, seguido de 27, en el 2005; 22, en 2006; 21 en 2007; 12 en 2008 (sólo se registró 8 estaciones con presencia de anfípodos distribuidas al azar en la zona de estudio); 21, en 2009; y 15, para 2010.

5.3. Nuevos registros de especies de anfípodos bentónicos

Un total de 43 taxa de anfípodos bentónicos fueron determinados y clasificados de acuerdo a Lowry y Myres (2017) (Tabla 3, Anexo 1). Además, la identificación de las especies y géneros fueron corroboradas con la clasificación actual de la base de datos de organismos marinos (WoRMS, 2017). Entre ellos, se reportó 14 especies como nuevos registros para Sudamérica y el mar peruano: *Ampelisca hancocki*, *Araucana araucana*, *Ampelisca cristata*, *Ampelisca cristoides*, *Ampelisca pacifica*, *Ampelisca brevisimulata*, *Argissa hamatipes*, *Byblis millsii*, *Idunella diffusa*, *Heterophoxus oculatus*, *Metopella aporpis*, *Gracilipleustes monocuspis*, *Hyale niger*, *Psammogammarus garthi*, según las descripciones taxonómicas y distribución geográfica en el mundo (Tabla 4). En su mayoría, los nuevos registros estuvieron distribuidos hacia las sub-áreas del norte de estudio; a excepción de *A. araucana*, limitada hacia las sub-áreas del sur. Además, se encontró 3 nuevas especies de los géneros *Synchelidium*, *Rhachotropis* y *Ampelisca* según las diferencias de caracteres taxonómicos en las descripciones de Barnard (1954), Dickinson (1982a), Barnard y

Karaman (1991), Bousfield y Hendrycks (1995); Bousfield y Chevrier (1996) y Coleman com. pers., (2017); distribuidos generalmente en las sub-áreas del norte del estudio (Tabla 3).

Tabla 4. Nuevos registros de anfípodos bentónicos para la plataforma continental de Perú.

Especie	Distribución	Profundidad (m)	Referencia
<i>Ampelisca araucana</i>	Golfo de Arauco, Chile	60	Gallardo, 1962
<i>Ampelisca brevisimulata</i>	Océano Pacífico, Alaska a Panamá	20 a 400	Barnard, 1954; Dickinson, 1982a
<i>Ampelisca cristata</i>	Archipiélago Alexander hasta Costa Rica	0 a 152	Barnard, 1954; Dickinson, 1982a
<i>Ampelisca cristoides</i>	Pacífico norte, California hasta Colombia	3 a 80	Barnard, 1954; García-Madrigal, 2007
<i>Ampelisca hancocki</i>	Columbia British hasta Costa Rica	9 a 200	Barnard, 1954; Dickinson, 1982a; Madrigal, 2007
<i>Ampelisca pacifica</i>	Bahía Monterey, California hasta Panamá	20 a 550	Barnard, 1954; Dickinson, 1982; Madrigal, 2007
<i>Byblis cf. millsii</i>	Islas de la Reina Charlotte, al sur de California	0 a 100	Dickinson, 1982b
<i>Argissa hamatipes</i>	Norte del Atlántico, Mar de Japón, Pacífico, Golfo de California	4 a 1096	Barnard, 1967; Nagata, 1965
<i>Gracilipleustes monocuspis</i>	Sur de California	76	Barnard y Given, 1960; Hendrycks y Bousfield, 2004
<i>Hyale niger</i>	Australia, Mediterráneo, California	0 a 4	Barnard, 1962
<i>Heterophoxus oculatus</i>	Islas de la Reina Charlotte al sur de California	40 a 600	Jarrett y Bousfield, 1994
<i>Idunella diffusa</i>	Punta Concepción (México) hasta California	12 a 172	Karaman, 1980
<i>Metopella aporpis</i>	Sur de California	46 a 77	Barnard, 1962
<i>Psammogammarus garthi</i>	Costas del Pacífico de Norte América	0 a 2	Barnard, 1952

5.4. Distribución espacial de la comunidad de anfípodos

Durante el periodo de estudio, la variación de las condiciones oceanográficas pudo haber permitido que la composición y abundancia de las especies de anfípodos bentónicos aumente o disminuya. Para comprobar que no existieron diferencias entre la composición de especies y abundancia, durante los años de estudio, se utilizó la prueba de ANOSIM de una vía. Esta prueba demostró de que la comunidad de anfípodos bentónicos no presentó diferencias significativas entre los otoños de los años evaluados ($R = -0.008$, $p > 0.05$). Esto permitió utilizar todas las estaciones (181) para encontrar los grupos de comunidades y asociaciones de especies sobre la plataforma continental centro norte de Perú.

La abundancia de anfípodos bentónicos se distribuyó heterogéneamente alrededor de todo el área de estudio (Figura 13b). En relación a la profundidad, se observó que las mayores abundancias estuvieron dentro de los 50 a 200 m; en cambio se registró más especies hasta los 200 m (Figura 13a). Asimismo, se registró mayores valores de abundancia en las sub-áreas latitudinales del norte, donde se presentaron los géneros *Ampelisca* y de la especie *Heterophoxus oculatus* (4° - 6° S, frente a Paita, Anexo 6); y al sur por la dominancia de *Ampelisca araucana* (7° - 9° S, de Pimentel a Chicama) (Figura 13b; Anexo 6). Por otro lado, la distribución de la riqueza de anfípodos bentónicos fue mayor hacia latitudes menores (3.4° - 6°S) y en estaciones someras (Figura 13b).

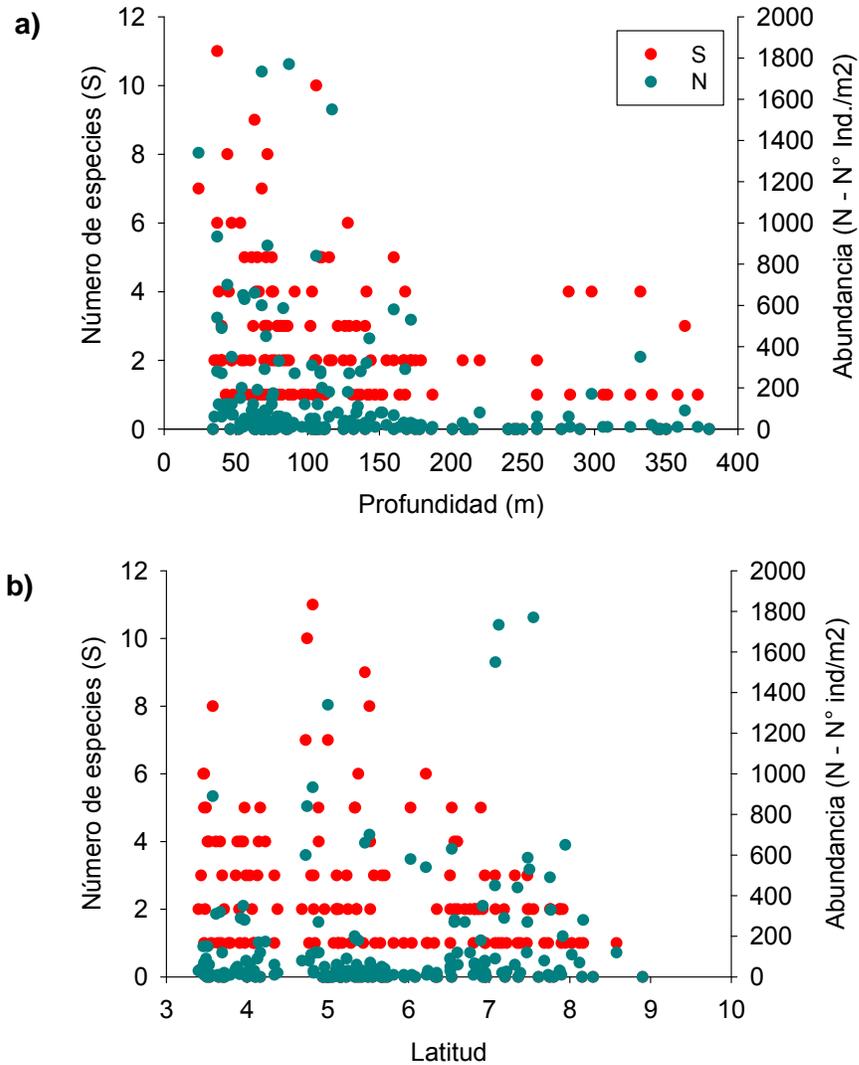


Figura 13. Distribución la Abundancia total (N, m⁻²) y Riqueza (S; 0,1 m⁻²) de anfípodos bentónicos respecto a la **a)** profundidad (m) y **b)** latitud, en el periodo estacional de otoño, Crucero de Evaluación de Recursos Demersales, durante los años del 2004 al 2010.

En este contexto, se determinó las taxa más representativas de cada área latitudinal; tomando en cuenta todas las estaciones de los años estudiados y evaluando independientemente los estratos de profundidad 1 y 2 (de 50 a 200 m). Para ambos estratos de profundidad, en la sub-área A se registró a *Heterophoxus oculatus*, *Ampelisca mexicana*, *Eudevenopus honduranus*, *Ampelisca brevisimulata*, *Ampelisca pacifica*, *Ampelisca hancocki* e *Idunella diffusa*, Seguido de la sub-área B, con *H. oculatus*, *A. mexicana*, *A.*

pacífica y *Synchelidium* sp.; seguido de la sub-área C: con *H. oculatus*, *A. mexicana*, *Metoperlla aporpis* y *Byblis* cf. *millsi*. Por otro lado, en la sub-área D presentó *A. araucana*, *A. pugetica*, *Resupinus coloni*, *Westwoodilla* sp. y *Gracilipleustes monocuspis*. Finalmente, para las sub-áreas E y F, la especie más representativa (al 90%) fue *A. araucana* (prueba SIMPER, Anexo 4 y 5). Por otra parte, los dos estratos de profundidad se diferenciaron por la importancia de *G. monocuspis*, *Synchelidium* sp. nov. y *Westwoodilla* sp. para el estrato 2 (101 a 200 m).

Entonces, del total de taxa registradas, tres fueron las dominantes: *Heterophoxus oculatus*, *Ampelisca mexicana* y *Ampelisca araucana*; las cuales presentaron una distribución espacial particular. En la figura 14a se observa que la distribución de la abundancia o densidad de *H. oculatus* se encontró limitada hasta el sub-área C (5-6°S), a partir de los 50 m de profundidad; al igual que *A. mexicana* (Figura 14b), con diferencias significativas a medida que aumentó la latitud, especialmente en el estrato de profundidad de 101 a 200 m (prueba de Kruskal – Wallis, $p < 0.05$). Sin embargo, se observó que la distribución de *A. araucana* estuvo limitada al sur del grado 6° S (Sub-área D), entre los 0 a 200 m de profundidad, con diferencias significativas éntrelas sub-áreas en el estrato 1 y 2 (Figura 14c, prueba de Kruskal – Wallis, $p < 0.05$). Asimismo, se determinó mayores valores de densidad de *A. araucana*, respecto de *A. mexicana* y *H. oculatus*.

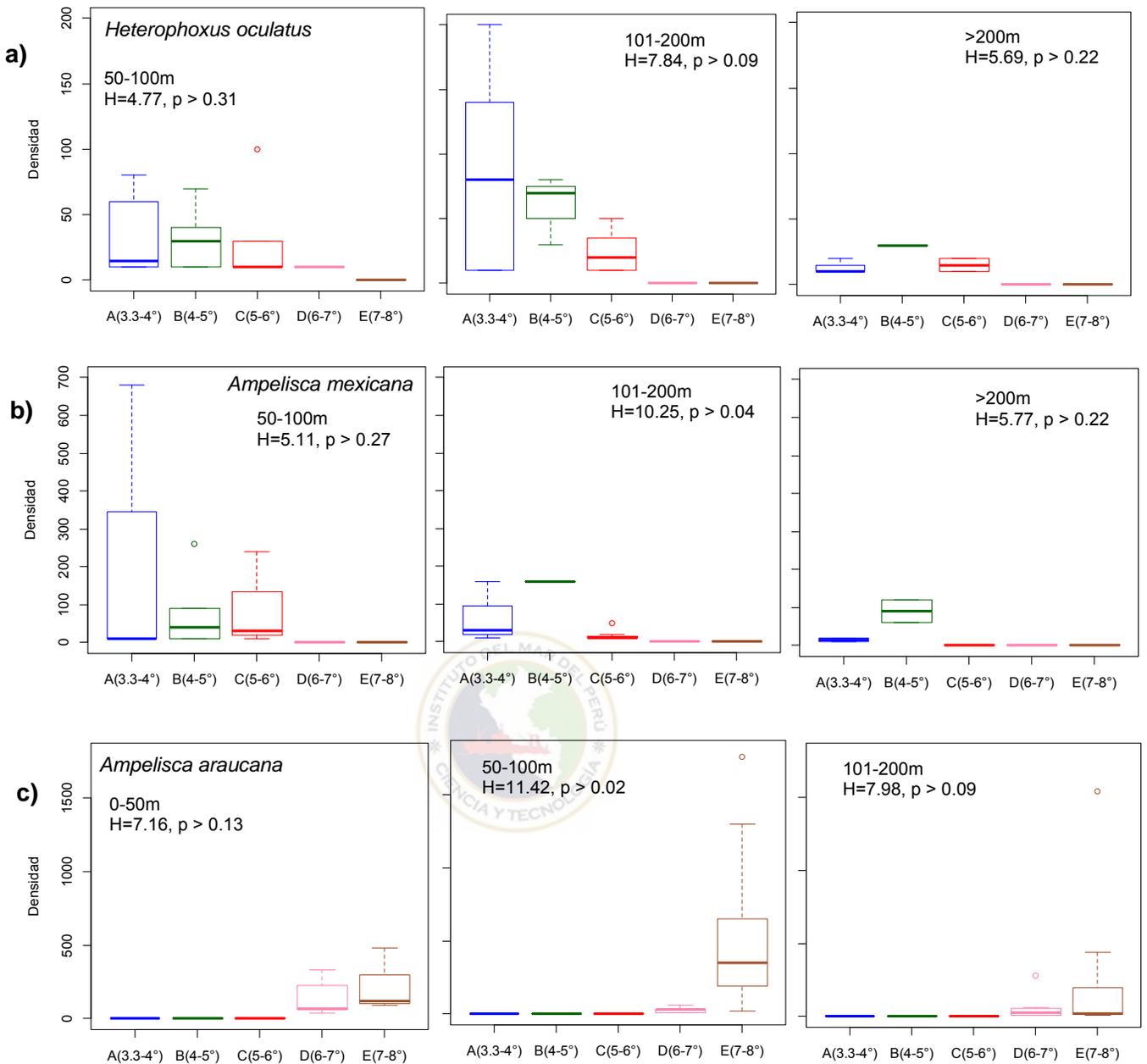


Figura 14. Gráficos en cajas (Boxplot) de la distribución de las densidades de las especies dominantes de anfípodos bentónicos: **a)** *Heterophoxus oculatus*, **b)** *Ampelisca mexicana* y **c)** *Ampelisca araucana* y diferencias entre las sub-áreas latitudinales mediante la prueba de Kruskal – Wallis, en la plataforma continental centro-norte, por estrato de profundidad de 0 (0-50m), 1 (51-100m), 2 (101-200m) y 3 (>200m).

5.4.1. Análisis de ordenación

El análisis multivariado de ordenación mediante el método no paramétrico NMDS, permitió diferenciar dos grupos de comunidades entre las latitudes que engloba la zona en estudio. Éstos se agruparon de acuerdo a la composición y abundancia de las especies por área latitudinal y estrato de profundidad (1 y 2), lo cual se evidencia en la proximidad de las sub-áreas en el gráfico, basado en el índice de Similaridad de Bray-Curtis. La primera comunidad estuvo conformada por las sub-áreas: A1, A2, B1, B2, C1 y C2, con dominancia de *Heterophoxus oculatus* y *Ampelisca mexicana*. La segunda estuvo conformada por las sub-áreas D y E (estratos 1 y 2), con dominancia de *A. araucana* y *A. pugetica*. (Figura 15). La buena representación de la gráfica respecto a los datos originales se reafirmó con el valor de un estrés de 0.01.

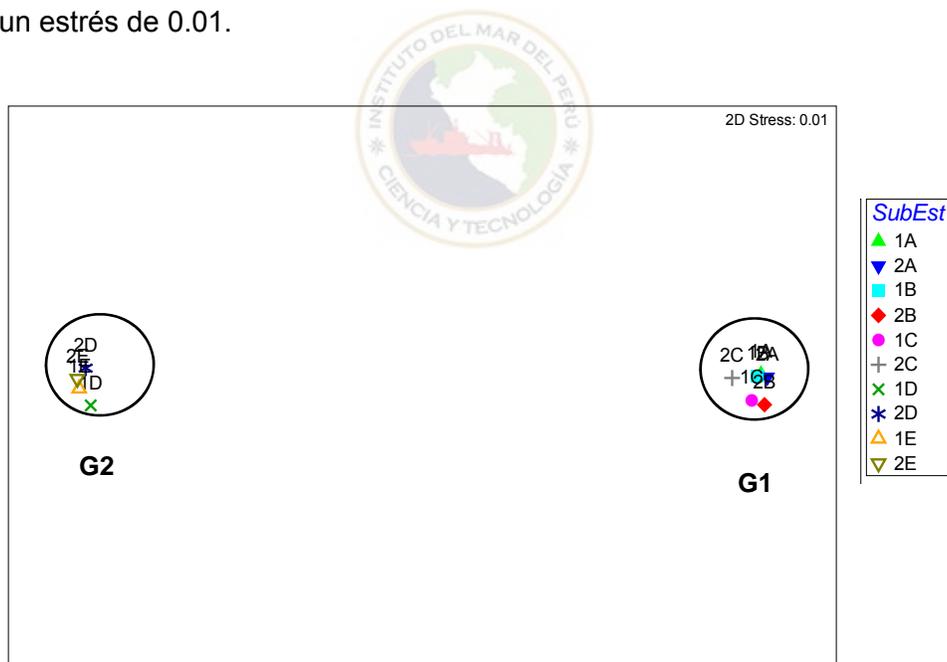


Figura 15. Análisis de escalamiento no métrico Multidimensional (stress = 0.01, basado en la transformación cuarta e índice de similaridad de Bray-Curtis) de la abundancia promedio de anfípodos bentónicos por área latitudinal. Se observa dos grupos de asociación, demarcadas con las elipses negras, donde se agrupan a las sub-áreas A, B y C (estrato de profundidad 1 y 2) y las sub-áreas D y E (estrato de profundidad 1 y 2). Crucero de evaluación de Recursos Demersales, 2004-2010 (otoño).

5.4.2. Análisis de clasificación

El dendrograma (Figura 16) reveló dos principales grupos de anfípodos alrededor de los estratos de profundidad que involucran la plataforma continental (de 50 a 200 m). El primer grupo de la zona tropical, de las latitudes menores (A y B) mostró una similitud representativa de 40.43%, englobando los estratos de profundidad 1 y 2 (de 50 a 200 m); el cual estuvo enlazado con la comunidad de la zona de transición (C, estrato de profundidad 1 y 2) con una similitud de 39.66%. El segundo grupo con las sub-áreas latitudinales D y E (estratos de profundidad 1 y 2), mostró una alta similitud de 44.28%, el cual se localiza dentro del Sistema de la Corriente de Humboldt.

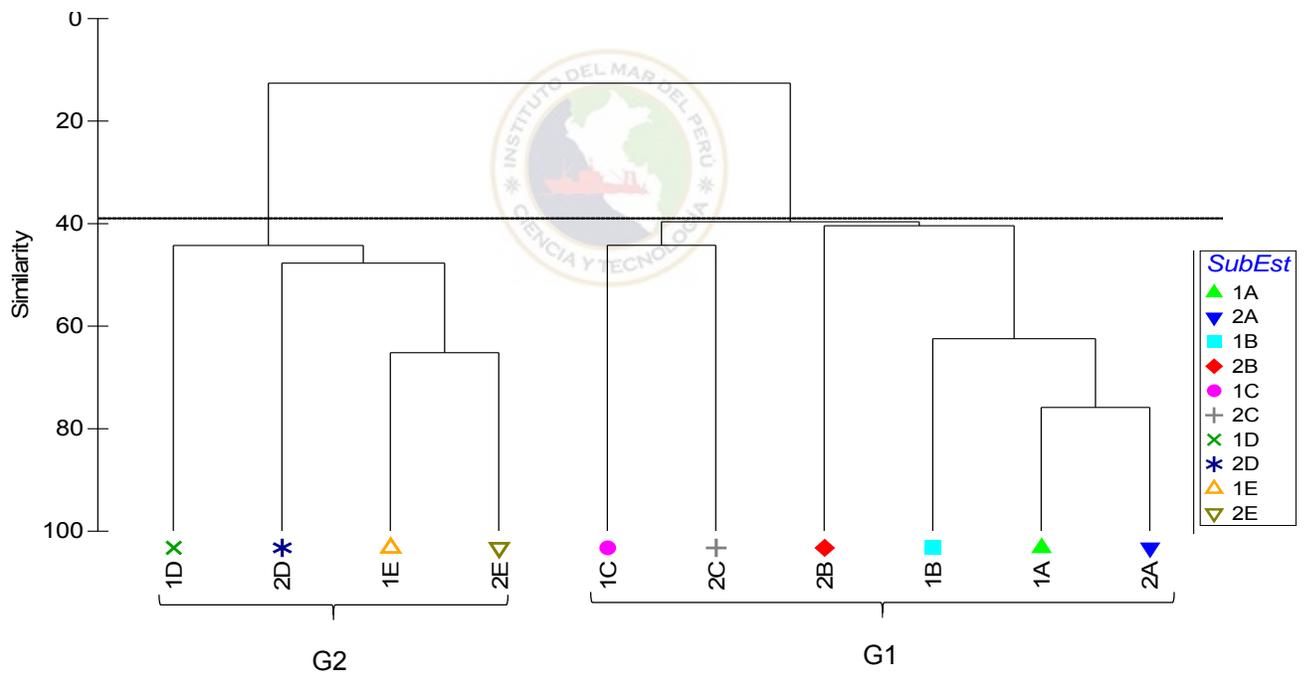


Figura 16. Análisis de clasificación comunitaria de anfípodos bentónicos en base a las abundancias promedio estandarizadas por sub-área latitudinal, mediante el índice de similitud Bray-Curtis. Se observa dos grupos (A, B, C y D y E; con estrato de profundidad 1 y 2, para cada uno). La línea negra indica que la estructura del grupo es significativa a un nivel de 0.05.

5.4.3. Análisis de componentes principales

Este análisis de ordenación permitió identificar los hábitats de los anfípodos bentónicos asociados con la oxigenación, temperatura, salinidad del agua de fondo y a las condiciones geoquímicas en el sedimento, en términos de disponibilidad de fitodetritus (clorofila - a) y la razón de Cl-a/Feop como indicador de materia orgánica fresca. Se evaluaron los valores de todas las estaciones (estrato de profundidad de 0, 1, 2 y 3).

Los resultados mostraron que el primer componente principal (PC1) explicó el 48.6% del total de varianza, presentando una fuerte correlación positiva con la temperatura, el oxígeno disuelto y la salinidad de agua de fondo (Figura 17, Tabla 6), e inversa con la profundidad. El segundo componente (PC2) explicó el 21.0% de la varianza y estuvo correlacionado positivamente con el contenido de Cl - a del sedimento superficial y la razón Cl-a/Feop (Tabla 5).

El cuadrante I mostró altos valores de la razón de Cl-a/Feo, donde se ubicaron los muestreos de las sub-áreas latitudinales D, E y F (1 y 2), al igual que el cuadrante II, con clorofila - a. Mientras que en el cuadrante III, estuvo representado por las estaciones más profundas con menor temperatura y salinidad a latitudes bajas (A, B y C), y bajo contenido de clorofila -a en el sedimento superficial. El cuadrante IV, estuvo asociado a altos valores de oxígeno disuelto del agua de fondo y dentro de las estaciones de muestreo de menor profundidad, más realizados en las sub-áreas A, B y C. Esto permitió determinar los grupos de ambientes asociados a las variables, donde las sub-áreas A, B y C formaron el Grupo 1 (G1) y el Grupo 2 (G2), asociado a las sub-área D y E.

Tabla 5. Resultados del Análisis de Componentes Principales (PCA). Puntajes para las variables ordinales y los ejes PC1 y PC2.

Variable abióticos	PC1	PC2
Profundidad	-0,516	-0,066
ODF	0,483	-0,225
Temperatura	0,545	0,054
Salinidad	0,427	0,196
Cl-a	-0,127	0,677
Cl-a/Feop	-0,07	0,667

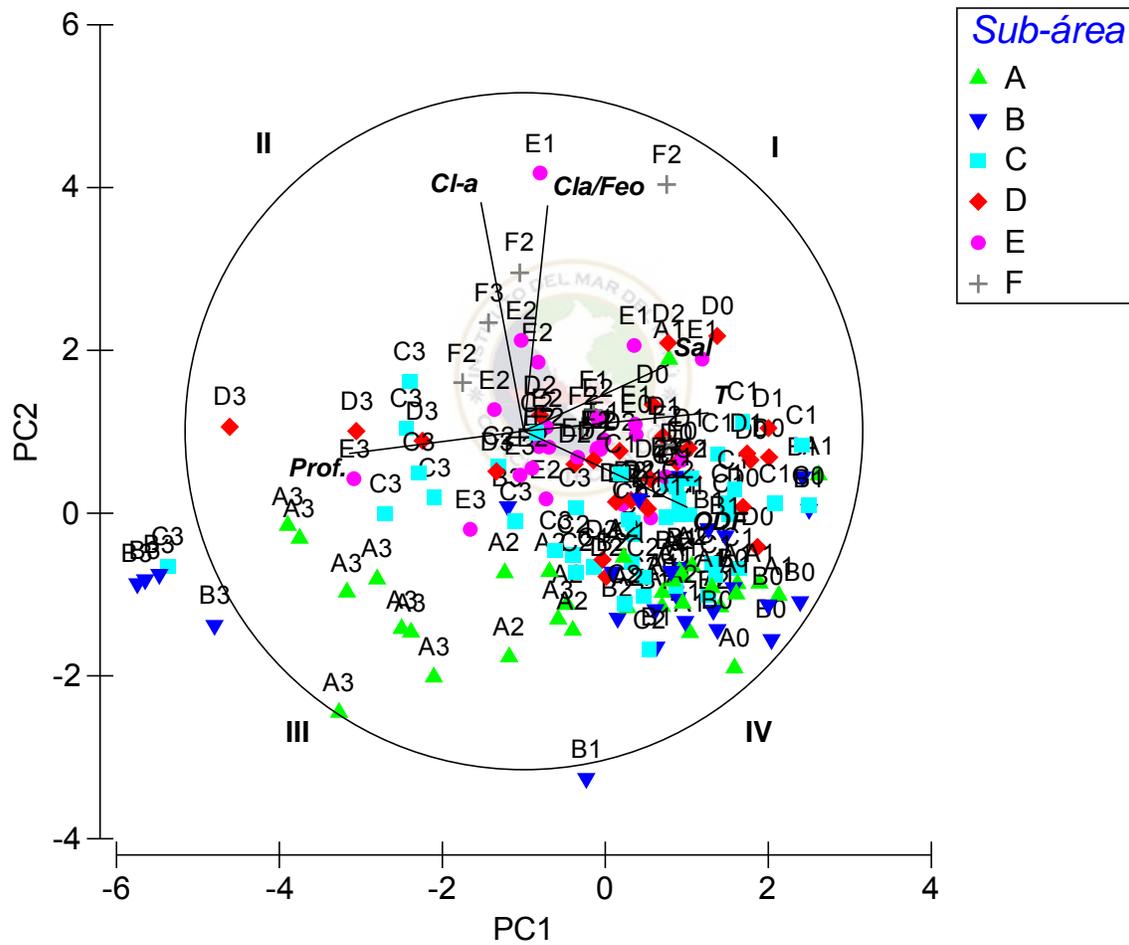


Figura 17. Análisis de Componente Principales (PCA, escalamiento 1). Diagrama de los ejes PCA 1 y PCA 2 basados en los factores abióticos del agua de fondo sobre la plataforma continental centro-norte del Perú. Prof = profundidad, ODF = oxígeno disuelto de fondo; T= temperatura, Sal= salinidad; Cl-a = Clorofila – a de sedimento superficial; Cl-a/Feop = razón Clorofila – a /feopigmentos. PCA con todos los muestreos con presencia de anfípodos bentónicos.

5.4.4. Diferencias entre grupos de especies y hábitats: Prueba de Mann - Whitney

Mediante los análisis multivariados de ordenación y clasificación se determinó la existencia de 2 grupos por la asociación de especies. Para la determinación estadística, tanto a nivel del estrato de profundidad 1 y 2, se realizó un análisis de comparación de rangos de medianas, mediante la prueba de Mann – Whitney.

A nivel del estrato 1, se detectó diferencias significativas en el número de especies de anfípodos bentónicos (S) ($W = 422.5$, $p < 0.1$), donde la mayor diversidad se encontró en el grupo 1 (Figura 18, a). Asimismo, el Índice riqueza de Margalef también presentó la misma tendencia ($W = 455$, $p < 0.05$) (Figura 18, b). Sin embargo, el oxígeno disuelto de agua de fondo (ODF) y la clorofila – a en el sedimento superficial mostraron diferencias significativas entre los grupos ($p < 0.01$); con mayor concentración de oxígeno de fondo y menor contenido de clorofila – a, en el Grupo 1 (Figura 18, c y d) y viceversa con el Grupo 2.

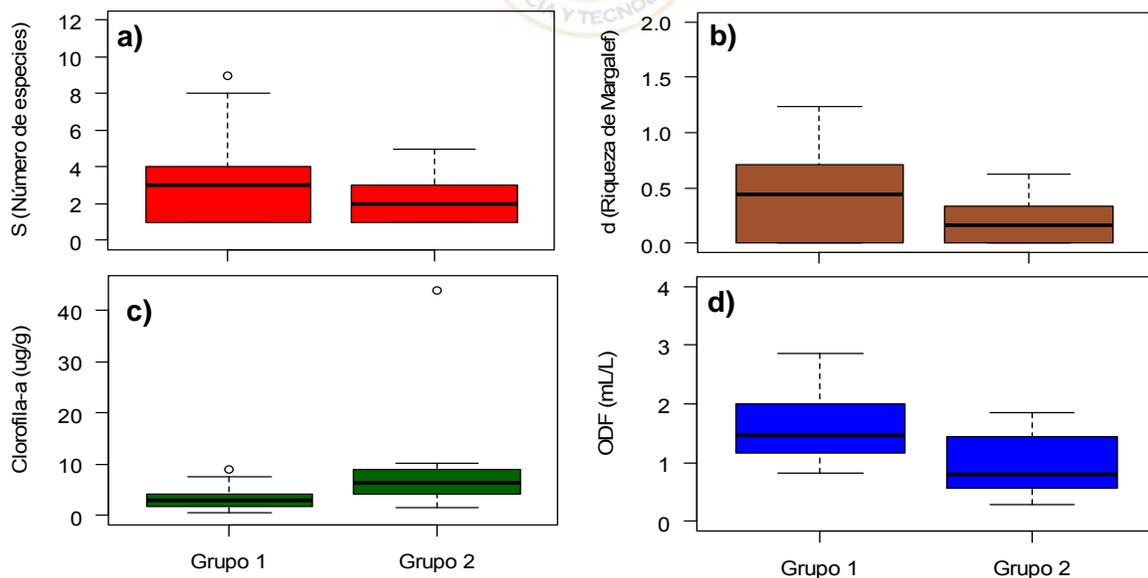


Figura 18. Gráficos boxplot de comparaciones de las variables: **a)** riqueza de anfípodos (S); **b)** índice de riqueza de Margalef (d); **c)** concentración de oxígeno disuelto de fondo (ODF) y **d)** Clorofila – a de sedimento superficial (Cl-a), de los dos grupos formados por el análisis multivariado (Test Mann-Whitney, $p < 0.05$), el cual muestra diferencias significativas entre los grupos en el estrato de profundidad de 51 a 100m (Estrato 1).

A nivel del estrato 2, se detectó diferencias significativas en el número de especies de anfípodos bentónicos (S) ($W = 340$, $p < 0.5$), donde la mayor diversidad se encontró en el grupo 1 (Figura 19, a). Asimismo, el Índice riqueza de Margalef también presentó la misma tendencia ($W = 358.5$, $p < 0.01$) (Figura 19, b). Sin embargo, el oxígeno disuelto de agua de fondo (ODF) y clorofila – a de sedimento superficial mostraron diferencias significativas entre los grupos ($p < 0.01$); con mayor concentración de oxígeno de fondo y menor contenido de clorofila – a, en el Grupo 1 (Figura 19, c y d) y viceversa con el Grupo 2.

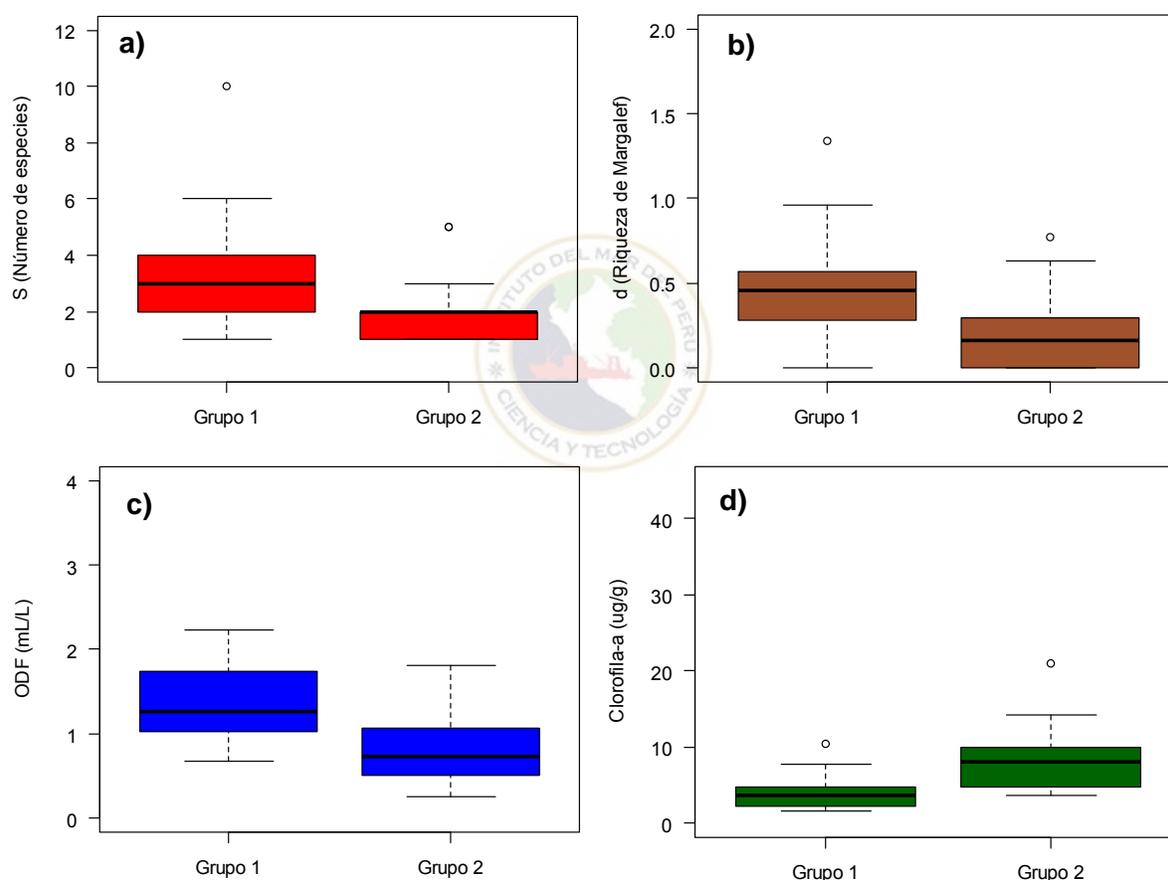


Figura 19. Gráficos en cajas (Boxplot) de comparaciones de las variables: **a)** riqueza de anfípodos (S); **b)** índice de riqueza de Margalef (d); **c)** concentración de oxígeno disuelto de fondo (ODF) y **d)** clorofila – a de sedimento superficial (Cl-a), de los dos grupos formados por el análisis multivariado (Test Mann-Whitney, $p < 0.05$), el cual muestra diferencias significativas entre los grupos en el estrato de profundidad de 101 a 200m (Estrato 2).

5.5. Relación entre los parámetros comunitarios de los anfípodos bentónicos y los factores ambientales

5.5.1. Correlaciones no paramétricas

La tabla 6 muestra las correlaciones entre las variables, donde los datos mostraron que la temperatura del agua de fondo se correlacionó directamente con el ODF y salinidad e inversamente con la profundidad y clorofila - a de sedimento superficial ($p < 0.01$); y específicamente con las abundancias de *Ampelisca pacifica* y *A. cristata* ($p < 0.01$). Además, la salinidad de fondo correlacionó inversamente con la profundidad ($p < 0.01$) y directamente con la abundancia de *A. araucana*. Sin embargo, el ODF presentó correlaciones negativas con la clorofila - a y positivas con el número de especies (S), índice de Margalef e Índice de diversidad de Shannon; y específicamente con la abundancia de *A. mexicana*, *A. brevisimulata*, *A. cristata*, *Heterophoxus oculatus* ($p < 0.05$) e inversamente con *A. araucana* ($p < 0.05$). Por otro lado, la clorofila - a en el sedimento superficial mostró correlaciones negativas con el número de especies, Índice de riqueza de Margalef e Índice de diversidad de Shannon ($p < 0.01$); aunque presentó correlación directa con *A. araucana* e inversamente con *A. brevisimulata*, *A. pacifica*, *Eudevenopus honduranus* y *H. oculatus* ($p < 0.01$). La razón clorofila - a y feopigmentos (Cl-a/Feop), indicadora de contenido de materia orgánica fresca, mostró correlación inversa con el Índice de diversidad de Margalef y específicamente con las abundancias de *H. oculatus*, *A. mexicana* y *Photis* sp. Sin embargo, estuvo correlacionada directamente con la abundancia de *A. araucana* y *Resupinus coloni* ($p < 0.05$).

En cuanto a la profundidad, estuvo correlacionada negativamente con el ODF, la abundancia, riqueza e índice de Margalef y específicamente con la abundancia de *A. brevisimulata*, *A. cristata*, *A. pugetica* y *R. coloni*.

Tabla 6. Análisis de correlación de Spearman entre los parámetros abióticos y bióticos en la plataforma continental centro-norte del Perú durante los otoños del 2004 al 2010 (Prof = Profundidad; Temp = Temperatura; ODF = oxígeno disuelto de fondo; Cl-a = clorofila – a; Feop = Feopigmentos; Cl-a/Feop = razón clorofila-a/feopigmentos; Sal = Salinidad; H' = Índice de diversidad de Shannon; d = Índice de riqueza de Margalef; N = Abundancia; S = Riqueza de anfipodos bentónicos).

		Prof	Temp	ODF	Cl-a	Feop	Cl-a/Feop	Sal
Temp	r	-0.628						
	p	0						
ODF	r	-0.485	0.6022					
	p	0	0					
Cl-a	r	0.2378	-0.2516	-0.23				
	p	0.0019	0.0011	0.0028				
Feop	r	0.3214	-0.3844	-0.197	0.8795			
	p	0	0	0.0105	0			
Cl-a/Feop	r	-0.198	0.2902	-0.075	0.2104	-0.227		
	p	0.0098	0.0001	0.3352	0.006	0.003		
Sal	r	-0.516	0.364	0.299	-0.089	-0.13	0.0786	
	p	0.000	0.000	0.000	0.251	0.094	0.312	
S	r	-0.306	0.198	0.233	-0.208	-0.105	-0.210	0.073
	p	0.000	0.008	0.002	0.007	0.175	0.006	0.333
N	r	-0.367	0.150	0.129	0.017	0.065	-0.074	0.171
	p	0.000	0.045	0.084	0.824	0.399	0.337	0.022
d	r	-0.215	0.116	0.274	-0.365	-0.280	-0.208	-0.02
	p	0.012	0.183	0.001	0.000	0.002	0.020	0.805
H	r	-0.263	0.167	0.242	-0.282	-0.171	-0.236	0.059
	p	0.000	0.026	0.001	0.000	0.027	0.002	0.430
<i>Ampelisca araucana</i>	r	-0.192	0.078	-0.182	0.351	0.242	0.261	0.290
	p	0.010	0.300	0.015	0.000	0.002	0.001	0.000
<i>A. brevisimulata</i>	r	-0.317	0.194	0.252	-0.266	-0.226	-0.080	0.092
	p	0.000	0.010	0.001	0.001	0.003	0.304	0.221
<i>A. cristata</i>	r	-0.237	0.237	0.246	-0.212	-0.207	0.004	0.128
	p	0.001	0.002	0.001	0.006	0.007	0.958	0.086
<i>A. mexicana</i>	r	0.023	-0.006	0.177	-0.150	-0.058	-0.225	-0.09
	p	0.763	0.935	0.018	0.052	0.453	0.003	0.188
<i>A. pacifica</i>	r	-0.142	0.233	0.109	-0.227	-0.154	-0.128	-0.13
	p	0.057	0.002	0.146	0.003	0.045	0.096	0.094
<i>A. pugetica</i>	r	-0.277	0.062	0.127	0.120	0.095	0.058	0.180
	p	0.000	0.408	0.090	0.120	0.221	0.457	0.015
<i>Byblis cf. millsii</i>	r	-0.144	0.069	0.171	-0.225	-0.203	-0.090	0.061
	p	0.053	0.360	0.022	0.003	0.008	0.242	0.416
<i>Heterophoxus oculatus</i>	r	-0.039	0.083	0.259	-0.297	-0.100	-0.409	-0.07
	p	0.603	0.273	0.001	0.000	0.195	0.000	0.342
<i>Resupinus coloni</i>	r	-0.294	0.209	0.021	-0.055	-0.153	0.198	0.186
	p	0.000	0.005	0.778	0.477	0.048	0.010	0.012
<i>Idunella spp.</i>	r	-0.211	0.120	0.096	-0.164	-0.123	-0.094	0.020
	p	0.004	0.111	0.202	0.033	0.112	0.224	0.794
<i>Photis sp.</i>	r	-0.042	-0.062	0.093	-0.105	-0.012	-0.212	-0.05
	p	0.573	0.410	0.215	0.173	0.877	0.006	0.498
<i>Westwoodilla sp.</i>	r	0.032	0.053	-0.053	0.050	0.054	0.002	0.082
	p	0.666	0.479	0.478	0.517	0.486	0.984	0.276

5.6. Análisis de Correspondencia Canónica

Las taxa seleccionadas para este análisis fueron las más representativas, ya que fueron las de mayor frecuencia y abundancia en el área de estudio. Estas fueron determinadas mediante la prueba SIMPER, sobre dos niveles de profundidad (de 50 a 200 m) para el área latitudinal en estudio: *Heterophoxus oculatus*, *Ampelisca mexicana*, *Eudevenopus honduranus*, *Ampelisca hancocki*, *Ampelisca pacifica*, *Ampelisca brevisimulata*, *Metopella aporpis*, *Ampelisca araucana*, *Ampelisca pugetica*, *Resupinus coloni*, *Gracilipleustes monocuspis*, *Synchelidium* sp. y *Westwoodilla* sp. (Tabla 3, Anexo 4 y 5); para ser comparadas con los parámetros abióticos.

En la figura 20, se observa un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) con los datos de abundancia de los anfípodos bentónicos y de las variables ambientales. Los dos primeros ejes representaron el 76.78% de la varianza de los datos (CCA-1 = 51.17% y CCA-2 = 25.61%). La Tabla 7 presenta los puntajes de los parámetros ambientales y de los dos primeros ejes del ACC. El eje CCA-1 estuvo explicado por el vector de ODF y mostró un comportamiento totalmente opuesto al vector de Cl-a de sedimento superficial y la razón Cl-a:Feop. Mientras que el eje CCA-2 estuvo explicado principalmente por el vector de la temperatura de fondo, que varió con la profundidad. Asimismo, a menor profundidad, el agua fue más salina y más cálida y lo contrario a mayor profundidad. Según los vectores ambientales, los cuadrantes del ACC representaron hábitats que agruparon las sub-áreas por estratos de profundidad (escalamiento 1) (Figura 20). El cuadrante I representó a los ambientes poco oxigenados y de alta concentración de materia orgánica de origen fitoplanctónico (Cl-a) y razón de Cl-a/Feop, donde se encontró el área E (7° - 8° S) en el estrato de profundidad 2 (101 a 200m) El cuadrante II representó aguas más cálidas y de menor concentración de Cl-a del sedimento superficial, representados por las sub-áreas A,

B y C, dentro de los 50 a 200 m de profundidad. El cuadrante III simbolizó un ambiente con alto contenido en oxígeno disuelto y bajo contenido de Cl-a y razón Cl-a/Feop, como las sub-áreas C y B, dentro de los 101 a 200m. Por último, el cuadrante IV se asoció con alto contenido de Cl-a en el sedimento superficial, representado por el área latitudinal E, de 51 a 100m de profundidad.

Las asociaciones de especies encontradas estuvieron representadas en los distintos cuadrantes de condiciones ambientales. La asociación de *Westwoodilla* sp. y *Resupinus coloni* se ubicó en el cuadrante I, donde el contenido de la razón Cl-a/Feop, temperatura y salinidad de fondo fue importante; mientras que *Hartmanodes hartmanae* y *Photis* sp. estuvieron asociados a mayores concentraciones de oxígeno disuelto y bajo contenido de Salinidad (Cuadrante III). Sin embargo, en el cuadrante II, se ubicaron *Ampelisca mexicana*, *Gammaropsis* spp., *H. oculatus* y *Argissa hamatipes*, asociados a un menor contenido de clorofila - a; mientras que el cuadrante IV estuvo representado por *Ampelisca araucana*, asociada con un alto contenido de clorofila – a en el sedimento superficial.

Tabla 7. Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica (ACC). Puntajes para las variables ambientales y las especies de anfípodos bentónicos de los ejes CCA 1 y CCA 2.

Variable ambientales	CCA1	CCA2
ODF	-0.95	-0.06
T	0.23	-0.45
Sal	0.80	0.50
Cl-a	0.99	-0.08
Cla.Feop	0.93	0.17
Especies		
<i>Ampelisca araucana</i>	0.98	-0.22
<i>A. pugetica</i>	0.06	2.70
<i>A. mexicana</i>	-1.12	0.56
<i>Hartmanodes hartmanae</i>	-0.97	-0.17
<i>Gammaropsis</i> spp.	-1.00	0.32
<i>Heterophoxus oculatus</i>	-1.04	0.21
<i>Photis</i> sp.	-1.15	-0.64
<i>Resupinus coloni</i>	0.31	2.12

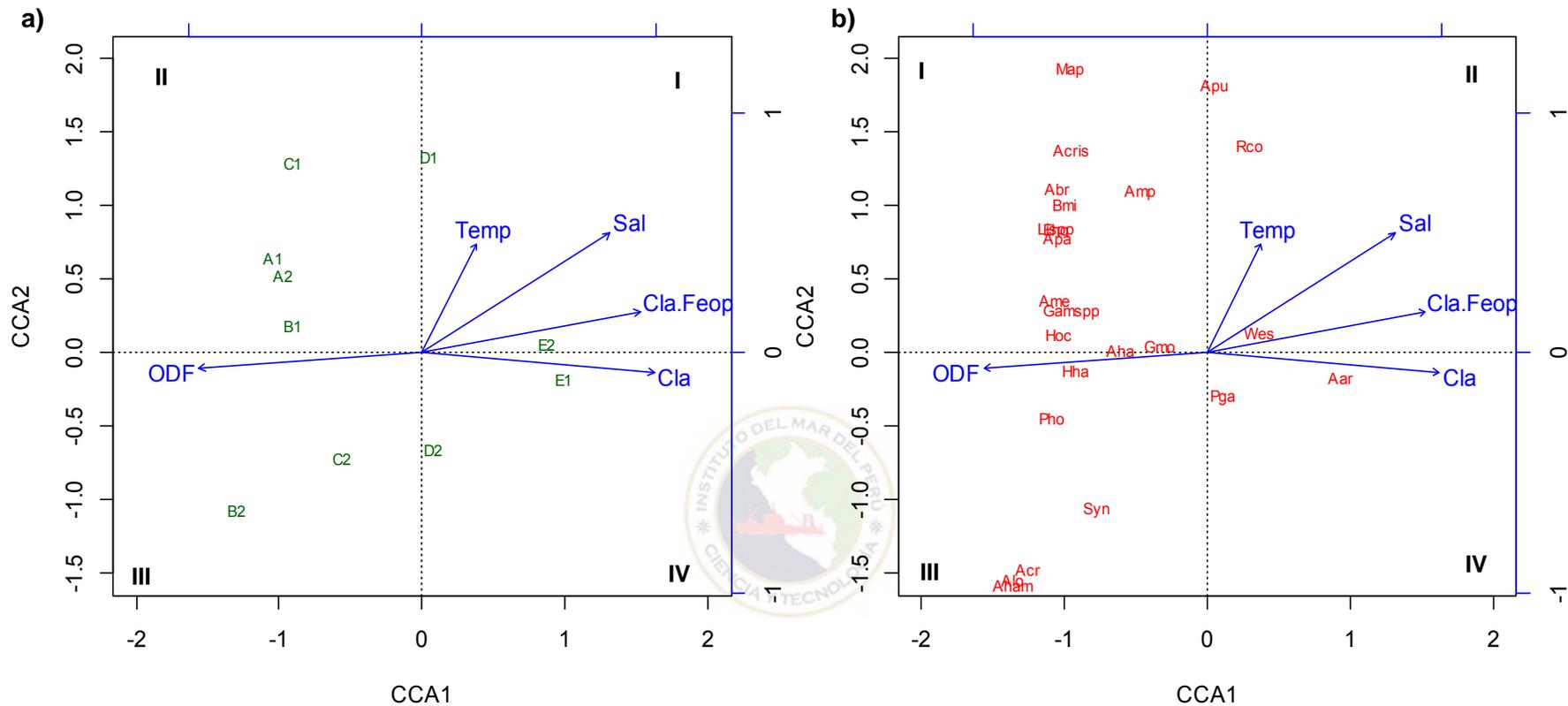


Figura 20. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), a) escalamientos 1 - asociación de las sub-áreas por estrato profundidad y b) escalamiento 2 - asociación de especies; con los factores abióticos. Diagrama de los ejes CCA 1 y CCA 2 basados en abundancia de las especies de anfípodos bentónicos más importantes en las estaciones de la plataforma continental centro-norte del Perú; las variables ambientales se muestran adicionalmente como vectores, Temp = temperatura de fondo; ODF = oxígeno disuelto de fondo; Sal = Salinidad de fondo; Cla = clorofila – a de sedimento; Cla.Feop = razón de clorofila – a / Feopigmentos; Aar = *Ampelisca araucana*; Wes = *Westwoodilla* sp.; Pga= *Psammogammarus garthi*; Rco = *Resupinus coloni*; Amp = *Ampelisca* sp.; Hoc = *Heterophoxus oculatus*; Aham= *Argissa hamatipes*; Hha= *Hartmanodes hartmanae*; Ame = *Ampelisca mexicana*; Aha = *Ampelisca hancocki*; Gamspp = *Gammaropsis* spp.; Apa = *Ampelisca pacifica*; Abr= *Ampelisca brevisimulata*; Acris = *Ampelisca cristoides*; Bmi = *Byblis* cf. *millsi*; Lispp = *Idunella* spp.; Gmo = *Gracilipleustes monocupis*; Pho = *Photis* sp.; Acr = *Ampelisca cristata*; Alo = *Ampelisca lobata*.

6. DISCUSIÓN

6.1. Condiciones oceanográficas

La plataforma continental del mar peruano se caracteriza por eventos de normoxia, hipoxia y/o anoxia en el fondo, la cual está controlada por la cantidad de materia orgánica que se genera por la alta producción primaria en superficie (Gutiérrez *et al.*, 2008). Asimismo, la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell es uno de los componentes principales que modula los cambios oceanográficos, como la oxigenación, cambios en la estructura comunitaria bento demersal, la disponibilidad de alimento, delimitando los patrones de distribución sobre la plataforma continental del mar peruano (Flores *et al.*, 2009).

Durante el periodo de estudio (otoños de 2004 hasta 2010), no se encontró diferencias relevantes en las condiciones oceanográficas, debido a las condiciones uniformes en los meses de otoño evaluados (mayo, junio y/o julio). Esto se evidencia en la Figura 20, donde se compara la evolución de los índices climáticos durante los 7 otoños de estudio, usando el índice de El Niño Oceánico asociado a las anomalías de temperatura en la región El Niño 3.4 (ONI, www.cpc.ncep.noaa.gov), el Índice Multivariado del ENSO (MEI, www.esrl.nvoaa.gov; Wolter y Timlin, 1998) y el Índice Costero de El Niño (ICEN), que se basa en la anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en la región 1+2 (Takahashi *et al.*, 2014). Según los índices MEI y ONI (Figura 21 a y b), la presencia de los eventos cálidos El Niño región 3.4 durante los meses de la estación de otoño, el año 2009 se registró EN débil y durante los años 2007 y 2010 se registró eventos fríos, La Niña (LN) débil. En cambio, para los meses de otoño, mediante el ICEN, en el 2009 se presentó El Niño costero en la categoría de “cálido moderado” y en el 2007 el evento LN, en categoría de “fría moderada”. Según Tenorio *et al.* (2011), en la década de los 2000, las variaciones térmicas y el contenido de oxígeno disuelto fueron más estables, presentando anomalías de corta

duración, como se evidencia en la comparación de índices de EN (Figura 21), catalogando a los eventos El Niño de intensidad débil a moderado.

Asimismo, al evaluar la serie de tiempo de la temperatura de fondo con la isoterma de 15 °C como indicadora de la ESCC; el oxígeno disuelto de fondo, con la oxiclina de 0.5 mL/L como indicadora de la ZMO (Figura 8 a y b), se pudo observar condiciones cálidas, con el desplazamiento hacia el sur durante los otoños del 2008 y 2009; sin embargo, el oxígeno disuelto de fondo evidenció mayores valores un año anterior; es decir en el 2007. Esta señal evidencia lo descrito por Flores *et al.* (2009), con el estudio de la profundización de la isoterma de 15 °C, en donde se determinó que generalmente, en los meses de otoño, se da la mayor intensificación de la ESCC, con mayores proyecciones de los flujos subsuperficiales hacia el sur (Figura 8 b).



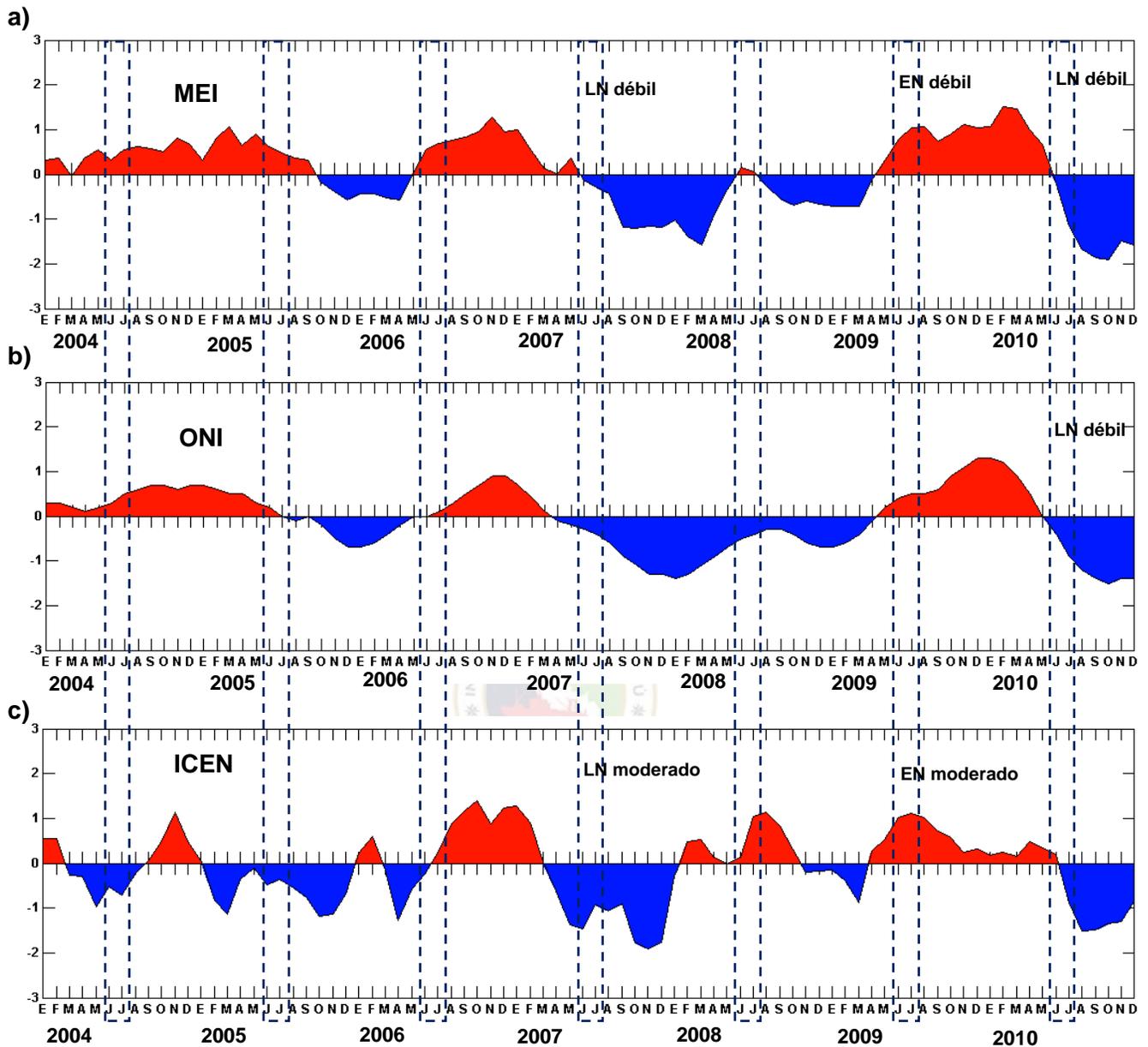


Figura 21. Serie de tiempo de los índices de eventos El Niño **a)** MEI = Índice multivariado del ENSO, El Niño 3.4; **b)** ONI = Índice de El Niño Oceánico, El Niño 3.4; **c)** ICEN = Índice Costero El Niño, El Niño 1+2 desde los años 2004 hasta 2010. Los rectángulos delimitan los otoños evaluados en el estudio.

6.2. Diversidad de anfípodos bentónicos en plataforma continental centro-norte peruana

Los anfípodos bentónicos de fondo blando presentan diferentes formas de vida que le permiten ser abundantes en diversos ecosistemas marinos (Biernbaum, 1979; Barnard y Karaman, 1991; Marques y Bellan–Santini; 1993; Thomas, 1993), en su mayoría las especies registradas fueron tubícolas infaunales, tubícolas epifaunales y excavadores (Tabla 3). Sobre el ecosistema de la plataforma continental, los anfípodos bentónicos pueden presentar alto grado de endemismo debido a su capacidad limitada de nado y dispersión, resultado del desarrollo directo las crías (Marques y Bellan–Santini, 1990), con comportamientos alimenticios de filtradores y alimentadores de depósitos (De-La-Ossa Carretero *et al.*, 2012). Esta taxa es frecuente dentro del bentos marino porque representa un componente importante del grupo Crustacea, encontrándose dentro de los 3 grupos dominantes de la comunidad del bentos del mar peruano (Tarazona *et al.*, 1988; Gutiérrez, 1989; Yupanqui, 2002; Gutiérrez *et al.*, 2005; Quipúzcoa *et al.*, 2011). Inicialmente, Frankenberg y Menzeis (1968) registraron la presencia del grupo como orden Amphipoda. Posteriormente, Salzwedel *et al.* (1988) encontraron 7 taxa indeterminadas dominantes en la plataforma continental centro-norte. Éstos fueron los primeros trabajos ecológicos que sugirieron la importancia de los anfípodos bentónicos.

En este estudio, se determinó 43 taxa de anfípodos (Tabla 3 y Anexo 3); con 21 a nivel de especie, 15 a nivel de género, 7 determinadas a nivel de familia y/o superfamilia. Diversos estudios sobre la ecología de estos organismos en la plataforma continental peruana (Frankenberg y Menzeis, 1968; Salzwedel *et al.*, 1988; Gutiérrez, 1989; Gutiérrez *et al.*, 2005; García – Madrigal, 2007) mostraron alrededor de 10 taxa (identificadas a nivel de especies, género y/o familia), lo cual representa sólo el 25% del número total de taxa determinada en esta investigación.

Asimismo, en el Perú, la escasa información sobre la composición real de las especies de anfípodos bentónicos ha sido mencionado en listados generales de especies del macrobentos (Del Solar *et al.* 1970; Paredes *et al.* 1988); ya sea en inventarios y/o estudios ecológicos (abundancia y biomasa), los cuales han sido poco difundidos. Esto, influido también por la falta de especialistas que puedan describir adecuadamente las especies peruanas. En el presente estudio, se reporta 14 nuevos registros (Dickinson, 1982a,b; Barnard, 1954; Jarrett y Bousfield, 1994; Hendrycks com. pers. 2017) (Tabla 4) y 3 nuevas especies (Barnard, 1960a, b; Dickinson, 1982a; Bousfield y Chevrier, 1996) distribuidos en todo el área de estudio, por lo que esta tesis aporta en gran medida al conocimiento sobre la taxonomía y ecología especies de anfípodos bentónicos en un ecosistema de afloramiento costero como el de Perú.

Ampeliscidae fue la familia dominante de la plataforma continental centro-norte (Figura 10), con 11 taxa dentro de dos géneros: *Ampelisca* y *Byblis*, representando el 25% del total. Diversos estudios sugieren que representa una de las familias más diversas de anfípodos, por encontrarse en una variedad de hábitats, desde la zona intermareal a abisales; aunque algunas especies están restringidas a los rangos de profundidad y condiciones de sedimento (Bellan-Santini y Dauvin, 1988; 1993). El género *Ampelisca* presentó 10 taxa y *Byblis*, un taxa, lo que corrobora que *Ampelisca* es el género más importante de la familia (Dickinson, 1982a,b; Bellan-Santini y Dauvin, 1989). En el área de estudio el mayor número de especies de *Ampelisca* se encontró al norte de los 6° S, donde la especie representativa fue *A. mexicana*, también registrada en las investigaciones de Gutiérrez (1989) y Gutiérrez *et al.*, (2005) frente a Zorritos y Paita (65m) respectivamente. Asimismo, Mayor (1996) registró *A. cristoides* por primera vez en latitudes de la Plataforma Continental norte. Sin embargo, al sur de los 6°S, la especies más abundante fue *A. araucana*, como fue lo registrado por Gutiérrez *et al.*, (2005) frente a San José; seguido de *A. pugetica* (Gutiérrez,

1989). Debido a su alta abundancia, las especies de *Ampelisca* podrían estar jugando un rol significativo en la dieta de los consumidores secundarios, como también fue descrito en Chile (Gallardo, 1962; Carrasco y Arcos, 1984) y la plataforma continental de Portugal (Bellan–Santini y Dauvin, 1993; Carvalho *et al.*, 2011). Asimismo, el valor máximo los índices de riqueza y de diversidad Shannon mostró valores máximos en condiciones de mayor oxigenación, en estaciones de latitudes del norte y de menor profundidad, donde predominó las especies de la familia Ampeliscidae.

Además, se pudo observar la dominancia de la familia Phoxocephalidae, bajo la especie *H. oculatus*, con importancia en latitudes del norte peruano (Figura 14a); mientras que hacia el sur, se observó la dominancia de la familia Oedicerotidae, con la especie *Westwoodilla* sp. (Gutiérrez, 1989 y Gutiérrez *et al.*, 2005) (ver Tabla 3).

6.3. Factores abióticos que influyen la distribución espacial de los anfípodos bentónicos en la Plataforma Continental centro-norte

Los factores oceanográficos en el fondo y en el sedimento superficial de la plataforma continental centro-norte, como la temperatura, el oxígeno disuelto de fondo y materia orgánica de origen fitoplanctónico (clorofila - a), fueron diferentes durante el periodo de estudio y podrían modular la variación de la estructura comunitaria de anfípodos bentónicos, (Pearson y Rosenberg, 1978; Tarazona *et al.*, 1988; Gutiérrez, 1989; Tam, 1992; Yupanqui *et al.*, 2007; Gutiérrez *et al.*, 2008; Quipúzcoa *et al.*, 2006, 2011). Esto también se evidencia en investigaciones ecológicas, donde se observa el efecto de las fluctuaciones de oxígeno disuelto, asociadas a eventos El Niño (EN), sobre la estructura comunitaria del bentos frente a la costa y Plataforma Continental del Perú (Tarazona *et al.*, 1988; Arntz *et al.*, 1991;

Gutiérrez *et al.*, 2008), con un efecto positivo de la oxigenación sobre la diversidad en los crustáceos (Tarazona *et al.*, 1988).

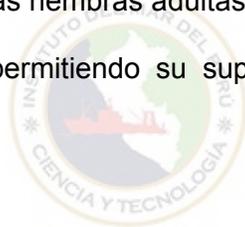
Dentro de los factores abióticos estudiados, la temperatura presentó un efecto positivo en la diversidad. Este parámetro juega un rol importante en el desarrollo biológico de las especies; es decir, en sus historias de vida, determinando el número de crías, el tamaño y el número de generaciones por año (Highsmith y Coyle, 1991). A su vez, esta variable presentó una asociación inversa con la profundidad (Tabla 6), por lo que se observó que a medida que aumentó la profundidad, disminuyó la abundancia y diversidad de los anfípodos bentónicos, descrito también en estudios de la plataforma continental peruana y de otros océanos (Levin *et al.*, 2002; Thiel *et al.*, 2003; Carvalho *et al.*, 2011; Sampaio *et al.*, 2016). Además, el alimento disponible (clorofila – *a*) se redujo con el incremento de la profundidad, lo cual contribuyó a que la abundancia y riqueza disminuyan con el aumento de la profundidad (Sun *et al.*, 1994; Quipúzcoa *et al.*, 2011) (Tabla 6).

La distribución del oxígeno disuelto de fondo presentó valores mayores hacia el norte, que se podrían asociar al ramal sur de la Corriente Cromwell; en contraste a lo que sucede hacia el sur, donde la influencia de la profundidad del límite superior de la ZMO ($OD < 0.5$ mL/L, Figura 8b) permitió que se den bajas concentraciones de oxígeno, presentando condiciones hipóxicas y/o anóxicas. Además, la distribución del contenido de clorofila – *a* aumentó de norte a sur, debido a la alta remineralización de la materia orgánica en zonas de menor oxigenación (Gutiérrez *et al.*, 2008; Quipúzcoa *et al.*, 2011). Esta relación inversa entre la concentración de oxígeno y el contenido de clorofila – *a* (Tabla 6) fue también descrita por Quipúzcoa *et al.*, (2006, 2011).

La distribución de estos factores estarían modulando la estructura comunitaria de los anfípodos, debido a que la diversidad de los anfípodos bentónicos aumentó hacia las sub-áreas del norte, donde las condiciones son más oxigenadas (Helly y Levin, 2004; Levin, 2003, Quipúzcoa *et al.*, 2011; Rivadeneira *et al.*, 2011), lo que se comprobó la asociación directa del oxígeno disuelto de agua de fondo y la diversidad (Tabla 6). Sin embargo, la abundancia de anfípodos bentónicos presentó una distribución heterogénea a lo largo de las sub-áreas latitudinales, con mayores valores hacia el norte y sur (Figura 13b) de especies dominantes. Esto permitió identificar especies adaptadas a condiciones oxigenadas o tolerantes, que podrían presentar adaptaciones fisiológicas para soportar las condiciones de hipoxia y alta disponibilidad de alimento en el sedimento (Frankenberg y Menzies, 1968; Gutiérrez *et al.*, 2008, Carvalho *et al.*, 2011); por ejemplo *Ampelisca araucana* y *A. pugetica*, dominantes después de los 6° S.

A fin de comprender la distribución latitudinal de la comunidad de los anfípodos bentónicos, los análisis de clasificación y ordenación indicaron la formación de 2 grupos de comunidades, producto de las condiciones del agua de fondo y sedimento (Figura 15, 16, 17 y 20). Esta distribución latitudinal siguió la tendencia sugerida en el estudio de Witman *et al.*, (2004), donde la diversidad de anfípodos disminuye con el incremento de la latitud, a una escala espacial local. En el primer grupo estuvo delimitado dentro de las sub-áreas latitudinales (A, B y C, de 3.4° a 6°S), bajo condiciones ambientales tropicales dentro del Pacífico Tropical Este o Provincia Panameña (al norte de Cabo Blanco) y la Zona de Transición frente a Paita (Balech, 1954; Zuta y Guillén, 1970; Díaz y Ortlieb 1993; Spalding *et al.*, 2007); con la taxa representativas: *A. mexicana*, *Gammaropsis* spp., *Heterophoxus oculatus* y *Argissa hamatipes*. El segundo grupo presentó un menor número de especies, distribuidas al sur de los 6° S, los cuales coinciden con la Provincia Peruana (al sur de la Península de Illescas), en la región peruano – chilena, influenciada por el sistema de la

Corriente de Humboldt (Díaz y Ortlieb 1993; Guevara-Carrasco y Leonart, 2008), asociada a condiciones con bajas concentración de oxígeno disuelto de fondo (Figura 20); con *A. araucana* fue la especie más representativa. Esta característica de tolerancia a condiciones de hipoxia podría deberse a su forma de vida infaunal tubícola (Figura 1), con un microhábitat (formación de tubos) que puede estabilizar y modificar significativamente las condiciones del sedimento (Mills, 1967; Rhoads, 1974; Biernbaum, 1979), contribuyendo a su dominancia y supervivencia. Asimismo, las especies del género *Ampelisca* son considerados consumidores de interfase (Gutiérrez, 2000), lo que le permitiría modificar las condiciones del agua de fondo y sedimento para soportar condiciones hipóxicas (Gutiérrez *et al.*, 2008). Además, según el estudio de Wiklund y Sundelin (2001), las condiciones de bajo oxígeno pueden causar incremento de muerte de crías de anfípodos (experimento con *Monoporeia affinis*); sin embargo, las hembras adultas pueden incrementar el oxígeno con movimientos de sus pleópodos, permitiendo su supervivencia y considerando que su tolerancia a eventos de hipoxia.



Por último, las variaciones de las condiciones oceanográficas durante eventos ENSO como El Niño (EN) y La Niña (LN) podrían producir cambios en el patrón de distribución y abundancia de las especies, como en el estudio de Díaz y Ortlieb (1993). No obstante debido a que durante el periodo de investigación no se presentaron eventos extremos cálidos fuertes (Figura 21), no es posible comprobar esta hipótesis por lo que es necesario continuar este tipo de monitoreos.

6.4. Anfípodos bentónicos de la plataforma continental como indicadores biológicos

Algunos estudios ecológicos han demostrado la importancia de los anfípodos bentónicos como indicadores de los cambios antrópicos o naturales, como durante eventos cálidos de

EN (Tarazona et al., 1996; Conradi *et al.*, 1997; Gutiérrez *et al.*, 2008; De-La-Ossa-Carretero *et al.*, 2012). Esto se debe a su condición sedentaria y limitada dispersión, por lo que no pueden evitar el deterioro de la calidad del agua y sedimentos (Borja *et al.*, 2000; Dauvin y Ruellet, 2007; De-La-Ossa-Carretero *et al.*, 2012).

Sobre la plataforma continental centro-norte peruana existieron diferentes niveles de sensibilidad a los factores bióticos en las especies registradas (Figura 20). En su mayoría, las especies fueron tubícola infaunal (Ampeliscidae, Phoxocephalidae y Argissidae) con alimentación de depósitos y por suspensión (filtradores), que podrían soportar menor grado de sensibilidad, con respecto a las especies tubícolas epifaunal y excavadores filtradores (King *et al.*, 2006; De-La-Ossa-Carretero *et al.*, 2012). Esto propone el uso de anfípodos epifaunales como indicadores de ambientes poco perturbados.

Algunas especies anfípodos bentónicos del mar peruano podrían ser utilizados en bioensayos (*Ampelisca araucana*, *A. mexicana*, *Heterophoxus oculatus*), en pruebas ecotoxicológicas con variedad de contaminantes, para ser considerados en programas de monitoreo de la biodiversidad marina o para establecer el grado de sensibilidad de cada especie bajo diferente tipo de contaminación (Gómez-Gesteira y Dauvin, 2000; Andrade y Renaud, 2011). De todas las especies encontradas, sólo *Ampelisca araucana* ha sido estudiada bajo condiciones de sedimentos contaminados, encontrando que en sedimentos de bajo contenido de oxígeno disuelto presenta menor supervivencia (Carrasco y Arcos, 1984; Larrain *et al.*, 1998; Soto *et al.*, 2000). Asimismo, los trabajos *in situ* de Gutiérrez (2000), Sellanes *et al.* (2007), Gutiérrez *et al.* (2008) e Ingole *et al.* (2009) sugieren que *A. araucana* puede sobrevivir en condiciones de hipoxia y altos valores promedios de materia orgánica fresca.

De los anterior, el conocimiento ecológico de las especies de anfípodos, dentro del ecosistema marino peruano, podría favorecer la evaluación del estado del agua y sedimento, tomando en consideración su presencia, diversidad y abundancia, como ya se realiza para los ecosistemas marinos europeos (Borja *et al.*, 2000; Dauvin y Ruellet, 2007; Andrade y Renaud, 2011).

En el análisis de la distribución de las especies, *Ampelisca mexicana* se encontró hacia el norte del latitud 6° S, asociada a hábitats más oxigenados y de poca materia orgánica fresca (Figura 14b y Figura 20); mientras, *Ampelisca araucana* se distribuyó hacia el sur desde los 6° S (Figura 14c), con tolerancia a condiciones de hipoxia. Esta distribución, bajo condiciones normales, sugiere que estas especies poseen un microhábitat restringido a la Provincia Peruana y Provincia Panameña, respectivamente, con potencial a ser consideradas especies indicadores a dichas provincias geográficas. Es necesario resaltar que estas dos especies presentan características morfológicas externas muy similares y que sus diferencias más visibles son que para *A. araucana* la longitud del urópodo 1° sobrepasa el urópodo 2° y la longitud de la antena 1, no alcanza el pedúnculo de la antena 2°, y viceversa (Gallardo, 1962). Estas diferencias morfológicas y geográficas evidenciarían la especiación ecológica de *A. mexicana*, que al estar sometida a un ambiente (microhábitat) con deficiencia de oxígeno disuelto, alta concentración de materia orgánica alrededor de una masa de agua fría, pudo derivar en *A. araucana*, como parte de la denominada radiación adaptativa (Bousfield, 1970; Schluter, 1996).

7. CONCLUSIÓN

- Se determinó un total de 43 taxa de anfípodos bentónicos, incluyendo 14 nuevos registros para Sudamérica y 3 especies nuevas, lo cual evidencia el bajo nivel de conocimiento o falta de taxónomos en este grupo de peracáridos.
- La composición específica de anfípodos bentónicos en la plataforma continental centro-norte frente a Perú está modulada por el contenido de oxígeno disuelto en el fondo y el alimento fresco en el sedimento superficial, los cuales varían en relación a la latitud y la profundidad. En particular, la riqueza de especies se ve limitada con el incremento de la latitud y la profundidad, debido a que se generan condiciones con bajo contenido de oxígeno disuelto en el fondo, lo cual es aprovechado por las especies más tolerantes para desarrollar abundancias considerables.
- La distribución latitudinal de las especies estuvo definida por dos asociaciones, localizadas dentro de las provincias zoogeográficas: Panameña y Peruana, de las cuales se conoce que pueden proveer una diversidad de hábitats favorables para el asentamiento y desarrollo de las especies.
- A nivel específico, *Ampelisca araucana* presentó afinidad por condiciones de bajo oxígeno en el fondo y alto contenido de clorofila-a en el sedimento superficial; mientras que *Ampelisca mexicana* y *Heterophoxus oculatus*, se desarrollaron bajo condiciones opuestas, siendo potencialmente considerados como indicadores de ambientes con eventos de hipoxia y normoxia, respectivamente.
- Esta investigación constituye la primera evaluación ecológica de anfípodos bentónicos en el mar peruano, que determina las especies alrededor de la plataforma continental centro-norte del Perú, definiendo especies claves (*A. araucana*, *A. mexicana* y *H. oculatus*), que guardan estrecha relación con los cambios de las variables oceanográficas de fondo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE H, RENAUD PE. Polychaete/amphipod ratio as an indicator of environmental impact related to offshore oil and gas production along the Norwegian continental shelf. *Mar Pollut Bull.* Elsevier Ltd; 2011; 62(12):2836–44.
- APPELTANS W, AHYONG ST, ANDERSON G, ANGEL M V, ARTOIS T, BAILLY N, et al. The magnitude of global marine species diversity. *Curr Biol.* 2012; 22:2189–202.
- ARNTZ WE, TARAZONA J, GALLARDO V, FLORES L, SALZWEDEL J. Benthos communities in oxygen deficient shelf and upper slope areas of the Peruvian and Chilean Pacific coast, and changes caused by El Niño. *Geol Soc Spec Publ Lond.* 1991. 58:131-154.
- ARNTZ WE, GALLARDO VA., GUTIÉRREZ D, ISLA E, LEVIN LA, MENDO J, NEIRA C, ROWE GT, TARAZONA J, WOLFF M. El Niño and similar perturbation effects on the benthos of the Humboldt, California, and Benguela Current upwelling ecosystems. *Advances in Geosciences.* 2006, 6: 243–265.
- BALECH E. División zoogeográfica del litoral sudamericano. *Revista de Biología Marina (Valparaíso).* 1954. p. 184–95.
- BARNARD JL. A new species of amphipod from Lower California (genus *Eriopisa*). *Pacific Sci.* 1952; 4:1–5.
- BARNARD JL. Amphipoda of the Family Ampeliscidae Collected in the Eastern Pacific Ocean by the Velero III and Velero IV. *Allan Hancock Pacific Exped.* 1954; 18:1–137.
- BARNARD JL. The amphipod family Phoxocephalidae in the eastern Pacific Ocean with analyses of other species and notes for a revision of the family Allan Hancock Pacific Expeditions. 1960a, 18(3): 175-368.
- BARNARD JL. New bathyal and sublittoral ampeliscid amphipods from California, with an illustrated key to *Ampelisca* *Pacific Naturalist.* 1960b, 1(16): 1-36.
- BARNARD JL. Benthic marine Amphipoda of Southern California: families Amphilochidae, Leucothoidae, Stenothoidae, Argissidae, Hyalidae. *Pacific Nat.* 1962;3: 116–63.

- BARNARD JL. Bathyal and abyssal Gammaridean Amphipoda of Cedros Trench, Baja California. Bull United States Natl Museum. 1967;260 (1908):1–205.
- BARNARD JL. A review of the family Synopiidae (Tironidae), mainly distributed in the deep-sea (Crustacea: Amphipoda). Smithsonian Contributions to Zoology. 1972, 124: 1-94.
- BARNARD JL. Littoral Gammaridean Amphipoda from the Gulf of California and the Galapagos Islands. Smithsonian Contributions to Zoology. 1979, 271: 1-149.
- BARNARD JL, GIVEN R. Common Pleustid Amphipods of Southern California with a projected revision of the family. Pacific Nat. 1960; 1(17):37-48.
- BARNARD JL, KARAMAN G.S. The Families and Genera of Marine Gammaridean Amphipoda (Except Marine Gammaroids) Records of the Australian Museum. 1991, 13 (1 y 2): 1-866.
- BARNES, Robert D., et al. Invertebrate zoology. WB Saunders company, 1987.
- BEK, T. A. Quantitative distribution of mass Gammarus species. Zoologeskij Zhurnal.51: 975, 1972, vol. 982.
- BELLAN-SANTINI D, DAUVIN JC. Actualisation Des Donnees Sur L'Ecologie, La Biogeographie Et La Phylogenie Des Ampeliscidae (Crustaces - Amphipodes) Atlantiques Apres La Revision Des Collections D'E. Chevreux. Asp Recent la Biol des Crustac Actes Colloq. 1988;8:207–16.
- BELLAN-SANTINI D, DAUVIN JC. Distribution and Phylogeny of the Genus Byblis Boeck (Ampeliscidae) - Preliminary Statement. J Nat Hist. 1993; 27(September 2012):909–31.
- BIERNBAUM CK. Influence of sedimentary factors on the distribution of benthic amphipods of Fishers Island Sound, Connecticut. J Exp Mar Bio Ecol. 1979; 38(133):201–23.
- BORJA A, FRANCO J, PÉREZ V. A marine Biotic Index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Mar Pollut Bull. 2000; 40(12):1100–14.
- BOUSFIELD EL. Adaptive Radiation in Sand-Burrowing Amphipod Crustaceans. Chesap Sci. 1970; 11(3):143.

- BOUSFIELD EL. Shallow- water Gammaridean Amphipoda of New England. Cornell University Press, Ithaca, N.Y. 1973. 312pp.
- BOUSFIELD EL, CHEVRIER A. The Amphipod family Oedicerotidae on the Pacific Coast of North America. I. The Monoculores & Synchelidium generic complexes: Systematics and distributional ecology. *Amphipacifica*. 1996; 2(2):75–148.
- BOUSFIELD EL, HENDRYCKS E A. A Revision of Family Pleustidae (Amphipoda: Gammaridea) Part I. Systematics and Biogeography of Component Subfamilies. *Amphipacifica*. 1994;1 (1):17–56.
- BOUSFIELD EL, HENDRYCKS EA. The Amphipod Superfamily Eusiroidea in the North American Pacific Region. I. Family Eusiridae: Systematics and Distributional Ecology. *J Syst Biol*. 1995; 1(4).
- BRYAZGIN V. Diversity, distribution and ecology of benthic amphipods (Amphipoda, Gammaridea) in the Barents Sea sublittoral. *Polish Polar Res*. 1997;18:89–106.
- CAINE EA. Comparative functional morphology of feeding in three species of caprellids (Crustacea, Amphipoda) from the northwestern Florida Gulf Coast. *J Exp Mar Bio Ecol*. 1974;15: 81–96.
- CARDICH J. Foraminíferos Bentónicos de la plataforma frente a Callao: variación espacial de la estructura comunitaria en relación a factores ambientales, disponibilidad de alimento y otros componentes del bentos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2013. p.98.
- CARRASCO F, ARCOS D. Life history and production of a cold-temperate population of the sublittoral amphipod *Ampelisca araucana*. *Mar Ecol Prog Ser*. 1984; 14:245–52.
- CARVALHO S, CUNHA MR, PEREIRA F, POUSÃO-FERREIRA P, SANTOS MN, GASPAR MB. The effect of depth and sediment type on the spatial distribution of shallow soft-bottom amphipods along the southern Portuguese coast. *Helgol Mar Res*. 2011;66: 489–501.
- CARRIT D, CARPENTER J. Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. *J. Mar. Res*. 1966, 24: 286-318.

- CHAIGNEAU A, DOMINGUEZ N, ELDIN G, VASQUEZ L, FLORES R, GRADOS C, et al. Near-coastal circulation in the Northern Humboldt Current System from shipboard ADCP data. *J Geophys Res Ocean*. 2013; 118: 5251–66.
- CHAPMAN JW, Amphipoda. In Carlton JT (ed) *The Light and Smith manual: intertidal invertebrates from Central California to Oregon*, 4th edn. University of California Press, Berkeley, CA. 2007, pp. 545–618.
- CHRISTIANSEN B, DIEL-CHRISTIANSEN S. Respiration of lysianassoid amphipods in a subarctic fjord and some implications on their feeding ecology. *Sarsia*. Taylor & Francis; 1993 Aug 10; 78(1):9–15.
- CLARKE KR. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Aust. J. Ecol*. 1993, 18: 117-143.
- CLARKE KR, AINSWORTH, M.A. Method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. 1993, 92: 205-219.
- CLARKE K.R, WARWICK RM. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, Natural Environment Research Council. 1994. 144 pp
- CONRADI M, LOPEZ-GONZALEZ PJ, GARCIA-GOMEZ C. The amphipod community as a bioindicator in Algeciras bay (southern Iberian Peninsula) based on a spatio-temporal distribution. *Mar Ecol Della Stn Zool Di Napoli I*. 1997; 18(2):97–111.
- COYLE KO, HIGHSMITH RC. Benthic amphipod community in the northern Bering Sea - Analysis of potential structuring mechanisms. *Mar Ecol Prog Ser*. 1994;107: 233–44.
- DUFFY JE, HAY ME. Strong Impacts of Grazing Amphipods on the Organization of a Benthic Community. *Ecol Soc Am*. 2000; 70(2):237–63.
- DAUVIN JC, RUELLET T. Polychaete/amphipod ratio revisited. *Mar Pollut Bull*. 2007; 55:215–24.
- DAUVIN JC, ALIZIER S, WEPPE A, GUDMUNDSSON G. Diversity and zoogeography of Icelandic deep-sea Ampeliscidae (Crustacea: Amphipoda). *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap*. 2012; 68:12–23.

- DE-LA-OSSA-CARRETERO JA, DEL-PILAR-RUSO, GIMÉNEZ-CASALDUERO F, SÁNCHEZ-LIZASO JL, DAUVIN JC. Sensitivity of amphipods to sewage pollution. *Estuar Coast Shelf Sci.* Elsevier Ltd; 2012; 96:129–38.
- DELGADO C, GOMERO R. Textura, carbono orgánico y carbonatos de los sedimentos del margen continental peruano. En Salzwedel y Landa (eds). *Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano*. Bol. Inst. Mar Perú, Vol. Extraordinario. 1988, 1-10. Perú.
- DEL SOLAR EF, BLANCAS R, MAYTA. *Catálogo de Crustáceos del Perú*. Miranda, Lima. 1970: 53 pp.
- DÍAZ A, ORTLIEB L. El fenómeno “El Niño” y los moluscos de la costa peruana. *Bull Inst fr études Andin.* 1993; 22(1):159–77.
- DÍAZ RJ, ROSENBERG J. Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanogr Mar Biol an Annu Rev.* 1995; 33: 245–303.
- DICKINSON JJ. The systematic and distributional ecology of the family Ampeliscidae (Amphipoda: Gammaridea) in the Northeastern Pacific Region. I. The genus *Ampelisca*. *Natl. Mus. Nat. Sci., Ottawa.* 1982a, 10: 1-39.
- DICKINSON JJ. The systematic and distributional ecology of the family Ampeliscoidea (Amphipoda: Gammaridea) in the Northeastern Pacific Region. II. The Genera *Byblis* and *Haploos*. *Natl. Mus. Nat. Sci., Ottawa.* 1982b, 10: 1-39.
- ESCOBAR-BRIONES E, WINFIELD I. Checklist of the Benthic Gammaridea and Caprellidea (Crustacea: Peracarida: Amphipoda) from the Gulf of Mexico continental shelf and slope. *Belgian J Zool.* 2003; 133(January):37–44.
- FLORES R, TENORIO J, DOMINGUEZ N. Variaciones de la Extensión Sur de la Corriente Cromwell frente al Perú entre los 3 y 14° S. *Boletín del Inst del Mar del Perú.* 2009; 24:45–58.
- FRANKENBERG D, MENZIES RJ. Some quantitative analyses of deep-sea benthos off Peru. *Deep Sea Res Oceanogr Abstr.* 1968; 15(226):623–6.

- FUENZALIDA R, SCHNEIDER, GARCÉS-VARGAS J, BRAVO L, LANGE C. Deep-Sea Research II Vertical and horizontal extension of the oxygen minimum zone in the eastern South Pacific Ocean. *Deep-Sea Research Part II*. 2009; 56: 992–1003.
- GALLARDO A. Descripción de una nueva especie de *Ampelisca* (Amphipoda). *Gayana*. 1962, 7: 11 pp., 2 pls.
- GALLARDO VA, ESPINOZA C, FONSECA A, MUSLEH S. Las grandes bacterias del Sulfureto de Humboldt. *Gayana (Concepc.)*. 2013; 77(2): 136-170.
- GARCÍA-MADRIGAL MS. Annotated checklist of the amphipods (Peracarida: Amphipoda) from the tropical eastern Pacific. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Mexico. 2007, pp: 63–195.
- GÓMEZ-GESTEIRA JL, DAUVIN JC. Amphipods are good bioindicators of the impact of oil spills on soft-bottom macrobenthic communities. *Marine Pollution Bulletin*. 2000, 40: 1017-1027.
- GONZÁLEZ E. Actual state of gammaridean amphipoda taxonomy and catalogue of species from Chile. *Hydrobiology*. 1991, 223: 47-68.
- GONZÁLEZ ER, WATLING L. Two new species of *Hyaella* from Lake Titicaca, and redescription of four others in the genus (Crustacea: Amphipoda). *Hydrobiologia*. 2003; 497(1876):181–204.
- GONZÁLEZ ER, THIEL M. Índice bibliográfico sobre biodiversidad acuática de Chile: Crustáceos peracáridos (Crustacea). *Cienc. Tecnol. Mar*. 2004, 27(1):133-150.
- GRACO M, LEDESMA J, FLORES G, GIRÓN M. Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú. *Rev Peru Biol*. 2007; 14(August): 117–28.
- GRAY JS, ELLIOTT M. *Ecology of Marine Sediments: From Science to Management*. Second Edition. New York: Oxford University Press Inc. 2009. 250 pp.
- GUEVARA-CARRASCO R, LLEONART J. Dynamics and fishery of the Peruvian hake: Between nature and man. *J Mar Syst*. 2008;71: 249–59.

- GUTIÉRREZ D. Macrozoobentos de dos áreas de la Plataforma Continental del Norte Peruano en el verano de 1987. Tesis para optar el título de Biólogo en la Universidad Nacional Agraria La Molina. 1989, 116pp. Perú.
- GUTIÉRREZ D. Bioperturbación y macrofauna en fondos sublitorales de un área de surgencias frente a Chile central (36° 30' S): variación espacial y temporal en El periodo 1997-1999. PhD thesis, Universidad de Concepción, Chile. 2000, 221pp.
- GUTIÉRREZ D, ARONÉS K., CHANG F, QUIPÚZCOA L, VILLANUEVA P. Impacto de la variación oceanográfica estacional e inter-anual sobre los ensambles de microfitoplancton, mesozooplancton, ictioplancton y macrozoobentos de dos áreas costeras del norte del Perú entre 1994 y 2002. Bol. Inst. Mar Perú. 2005, 22(1-2).
- GUTIÉRREZ D, QUIPÚZCOA L, ENRÍQUEZ, E. Oxygen deficiency and benthic communities in the Peruvian upper continental margin. Gayana (Concepción). 2006; 70 (supplement): 29–36.
- GUTIÉRREZ D, ENRÍQUEZ S, PURCA L, QUIPÚZCOA R, MARQUINA G, FLORES, GRACO M. Oxygenation episodes on the continental shelf of central Peru: Remote forcing and benthic ecosystem response. Progress in Oceanography. 2008; 79:177-189.
- GUTIÉRREZ D, QUIPÚZCOA L, ENRÍQUEZ E, MARQUINA R. El macrobentos y las condiciones ambientales en Otoño 2003: ¿Hay evidencias de variación interanual significativa desde el 2000? Boletín del Inst del Mar del Perú. 2011; 38:229–35.
- GUTIÉRREZ D, GRADOS C, GRACO M, VÁSQUEZ L, VELAZCO F, SÁNCHEZ S, AYÓN P, TAM J, MORON O, FLORES R, QUISPE C, PIZARRO L. El mar peruano y su dinámica. INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ. 50 Años de ciencia y Mar. 2014; 215 pp: 34–59. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/handle/123456789/2301>.
- HELLY JJ, LEVIN LA. Global distribution of naturally occurring marine hypoxia on continental margins. Deep-Sea Research Part I. 2004. 51: 1159-1168.
- HENDRYCKS E A., BOUSFIELD EL. The amphipod family Pleustidae (mainly subfamilies Mesopleustinae, Neopleustinae, Pleusymtinae and Stenopleustinae) from the Pacific coast of North America: systematics and distributional ecology. Amphipacifica. 2004; 3(4):45–114.

- HIGHSMITH RC, COYLE K.O. Amphipod life histories: community structure, impact of temperature on decoupled growth and maturation rates, productivity, and P:B ratios. *American Zoologist*. 1991, 31: 861–873.
- INGOLE B, SIVADAS S, NANAJKAR M, SAUTYA S, NAG A. A comparative study of macrobenthic community from harbours along the central west coast of India. *Environ Monit Assess*. 2009; 154:135–46.
- JANSEN T. A taxonomic revision of *Westwoodilla* Bate, 1862 (Crustacea: Amphipoda), including descriptions of two new species. *Steenstrupia*. 2002; 27:83–136.
- JARRETT N, BOUSFIELD EL. The Amphipod Superfamily Phoxocephalidea on the Pacific Coast of North America, Family Phoxocephalidae, Part II. Subfamilies Pontharpiiniinae, Parharpiiniinae, Brologinae, Phoxocephalinae and Harpaniinae. Systematics and distributional ecology. *J Syst Biol*. 1994; 3:71–149.
- JOUMEL A.G., HUIYBNEGTS, CH. I. Mining Geostatistics. Academic Press, London. 1978.
- LARRAIN A., SOTO E, BAY-SCHMITH E. Assessment of sediment toxicity in San Vicente bay, central Chile, using the amphipod *Ampelisca araucana*. *Bull Environ Contam Toxicol*. 1998;61:363–9.
- LECROY SE, GASCA R, WINFIELD I, ORTIZ M, ESCOBAR-BRIONES E. Amphipoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico. *Gulf Mex - Orig waters biota*. 2009; 941–72.
- LEDESMA J, TAM J, GRACO M, LEÓN V, FLORES G; MORÓN O. Caracterización de la Zona de mínimo de oxígeno (ZMO) frente a la costa peruana entre 3°N y 14°S, 1999-2009. *Bol Imarpe*. 2011; 26:49–57.
- LEGENDRE P, LEGENDRE LF. 1998. Numerical Ecology. Second English edition. Amsterdam: Elsevier Science B.V. 870pp
- LEVIN LA, HUGGETT CL, WISHNER KF. Control of deep-sea benthic community structure by oxygen and organic-matter gradients in the eastern Pacific Ocean. *J Mar Res*. 1991; 49:763–800.
- LEVIN LA, GUTIERREZ D, RATHBURN A, NEIRA C, SELLANES J, MUÑOZ P, et al. Benthic processes on the Peru margin : a transect across the oxygen minimum zone during the 1997 – 98 El Niño. *Prog Oceanogr*. 2002; 53:1–27.

- LEVIN LA. Oxygen Minimum Zone benthos: adaptation and community response to hypoxia. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*. 2003; 41: 1-45.
- LOWRY JK, MYERS A. A. A Phylogeny and Classification of the Senticaudata subord. nov. (Crustacea: Amphipoda). *Zootaxa*. 2013; 3610 (1): 0-80.
- LOWRY JK, MYERS A. A. A phylogeny and classification of the amphipoda with the establishment of the new order Ingolfiellida (Crustacea: Peracarida). *Zootaxa*. 2017; 4265(May):1–89.
- KAIHO K. Benthic foraminifera dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. *Geology*. 1994;22:719–22.
- KARAMAN GS. Revision of genus *Idunella* Sars with description of new species, *I. sketi*, n. sp. (Liljeborgiidae). *Acta Adriat*. 1980;21(2):409–35.
- KARPINSKI MG. Particularidades de la distribución del bentos en la región submarina del Perú. *Inst. Mar Perú, Informe especial*. 1985; p.55.
- KAUFMANN RS. 1994. Structure and function of chemoreceptors in scavenging lysianassoid amphipods. *Journal of Crustacean Biology* 14: 54-71.
- KING CK, GALE SA., HYNE R V, STAUBER JL, SIMPSON SL, HICKEY CW. Sensitivities of Australian and New Zealand amphipods to copper and zinc in waters and metal-spiked sediments. *Chemosphere*. 2006; 63:1466–76.
- MARTIN, J.W. y DAVIS G.E. An update classification of the recent Crustacea. *Natural History Museum of Los Angeles County. Science Series*. 2001, 39: 1-124.
- MAYOR, S. Las comunidades bénticas entre los 03° y 09° S en mayo de 1995. (Cr. BIC SNP-1, 9505-06). *Inf. Inst. Mar Perú*. 1996, 117: 61-71. Perú.
- MAYOR S, VELAZCO F, MARQUINA, R. Macrozoobentos del mar peruano en el sublitoral de fondo blando durante el verano de 1996. *Inf. Inst. Mar. Perú*. 1997, 126: 21-27. Perú.
- MARQUES JC, BELLAN-SANTINI, D. 1993. Biodiversity in the ecosystem of the Portuguese continental shelf: distributional ecology and the role of benthic ecology. *Marine Biology*, 115: 555-564.

- MCCURDY DG, FORBES MR, LOGAN SP, LANCASTER D, MAUTNER S. I. Foraging and impacts by benthic fish on the intertidal amphipod *Corophium volutator*. *Journal of Crustacean Biology*. 2005, 25: 558–564
- MILLS EL. A reexamination of some species of *Ampelisca* (Crustacea: Amphipoda) from the east coast of North America. *Canadian Journal of Zoology*. 1967, 45: 635-652.
- MYERS AA, LOWRY JK. A phylogeny and a new classification of the Corophiidea Leach, 1814 (Amphipoda). *Journal of Crustacean Biology*. 2003, 23: 443-485.
- NAGATA K. Studies on Marine Gammaridean Amphipoda of the Seto Inland Sea. I. Seto Mar Biol Lab. 1965;13(2):131–170.
- OLIVER JS., SLATTERY P.N., SILBERSTEIN M.A, O'CONNOR E.F. Gray whale feeding on dense ampeliscid amphipod communities near Bamfield, British Columbia, *Canadian Journal of Zoology*. 1984, 62: 41-49.
- ORTÍZ, M. Clave gráfica para la identificación de familias y géneros de anfípodos del suborden Gammaridea del Atlántico Occidental Tropical. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*. 1994, 23: 59-101.
- ORTÍZ M.; JIMÉNEZ R.; TUTASI, P.; ARTEAGA K; GARCÍA R. Contribución al conocimiento de los anfípodos (Crustacea, Peracarida) del Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. 2004, 12:129-133.
- PAREDES C, TARAZONA J, CANAHUIRE E, ROMERO L, CORNEJO O. Invertebrados macrobénticos del área de Pisco, Perú. Pp 121-132. Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano, *Boletín Inst. Mar Perú-Callao*. 1988, Vol. Extraordinario: 121-132.
- PEARSON TH, ROSENBERG R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 1978.16: 229-311.
- PÉREZ-SCHULTHEISS J. Synopsis of the Superfamily Lysianassoidea (Amphipoda: Gammaridea) in Chile. *Boletín del Mus Nac Hist Nat Chile*. 2016;65:193–246.
- QUIPÚZCOA L, VELAZCO F, CASTAÑEDA H, MARQUINA R. Estudios de bentos y Sedimentología durante el crucero oceanográfico BIC Humboldt 9706-07. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú*. 1998, 79: 17-29. Perú.

- QUIPÚZCOA L, GUTIÉRREZ D, ENRÍQUEZ E, MARQUINA R. Seasonal to decadal variations of the macrobenthic biomass and diversity in the upper Peruvian continental margin influenced by the Oxygen Minimum Zone (1976 – 2005). International Conference, The Humboldt current system, Book of extended abstracts. HCS161. 2006, Pp. 133-135.
- QUIPÚZCOA L, GUTIÉRREZ, D, ENRÍQUEZ E, MARQUINA R, YUPANQUI W. Macrobentos y Condiciones Ambientales en el verano 2004: Crucero BIC Olaya 0401-02. Inf. Inst. Mar Perú. 2011, Vol. 38, N° 3.
- REICHART GJ, LOURENS LJ, ZACHARIASSE WJ. Temporal variability in the northern Arabian Sea Oxygen Minimum Zone (OMZ) during the last 225 , 000 years. *Paleoceanography*. 1998; 13(6):607–21.
- RIVADENEIRA MM, THIEL M, GONZÁLEZ ER, HAYE P A. An inverse latitudinal gradient of diversity of peracarid crustaceans along the Pacific Coast of South America: Out of the deep south. *Glob Ecol Biogeogr*. 2011;20:437–48.
- ROBERTSON J, MANN, K. H. The role of isopods and amphipods in the initial fragmentation of eelgrass detritus in Nova Scotia, Canada. *Mar. Biol*. 1980, 59: 63–69.
- ROSENBERG R., ARNTZ W., CHUMAN DE FLORES, E. FLORES L., CARBAJAL G., FINGER I. y TARAZONA J. Benthos biomass and oxygen deficiency in the upwelling system of Perú. *J. Mar. Res*. 1983, 41: 263-279.
- SAINTE-MARIE B. A review of the reproductive bionomics of aquatic gammaridean amphipods: variation of life history traits with latitude, depth, salinity and superfamily. *Hydrobiologia*. 1991;223:189–227.
- SALMAN V, AMANN R, GIRNTH AC, POLERECKY L, BAILEY J V., HØGSLUND S, et al. A single-cell sequencing approach to the classification of large, vacuolated sulfur bacteria. *Syst Appl Microbiol*. 2011; 34:243–59.
- SALZWEDEL H, FLORES LA, DE FLORES EC, ALINA Z, CARBAJAL G. Macrozoobentos del sublitoral peruano, antes, durante y después de El Niño 1982-83. *Boletín del Inst del Mar del Perú*. 1988; Volumen Ex:77–98.

- SAMPAIO L, MAMEDE R, RICARDO F, MAGALHÃES L, ROCHA H, MARTINS R, et al. Soft-sediment crustacean diversity and distribution along the Portuguese continental shelf. *J Mar Syst. Elsevier B.V.*; 2016;163: 43–60.
- SCHAFFNER R, BOECH DF. Spatial and temporal research use by dominant benthic amphipoda (Ampeliscidae and Corophiidae) on the middle Atlantic bight outer continental shelf. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1982, 9: 231-243.
- SCHLUTER D. Ecological causes of adaptive radiation. *Am Nat.* 1996; 148 (November): 40–64.
- SELLANES J, QUIROGA E, NEIRA C, GUTIÉRREZ D. Changes of macrobenthos composition under different ENSO cycle conditions on the continental shelf off central Chile. *Cont Shelf Res.* 2007; 27:1002–16.
- SHANNON CE. A mathematical theory of communication. *Bell Syst Tech J.* 1948; 27(July 1928):379–423.
- SNEATH P, SOKAL R. Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. 1973.
- SOLIMAN YS, ROWE GT. Secondary production of *Ampelisca mississippiana* Soliman and Wicksten 2007 (Amphipoda, Crustacea) in the head of the Mississippi Canyon, northern Gulf of Mexico. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr.* 2008; 55:2692–8.
- SOTO E, LARRAIN A., BAY-SCHMITH E. Sensitivity of *Ampelisca araucana* juveniles (Crustacea: Amphipoda) to organic and inorganic toxicants in tests of acute toxicity. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2000; 64: 574–8.
- SPALDING MD, FOX HE, ALLEN GR, DAVIDSON N, FERDAÑA Z A., FINLAYSON M, et al. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *Bioscience.* 2007; 57(7):573.
- STEBBING TR. R. Amphipoda I, Gammaridea, *Das Tierreich.* 1906, 21: 806 pp.
- SUN MY, ALLER RC, LEE C. Spatial and Temporal Distributions of Sedimentary Chloropigments as Indicators of Benthic Processes in Long-Island Sound. *J Mar Res.* 1994; 52:149–76.

- TAKAHASHI K, MOSQUERA K, REUPO J. El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización. Boletín Técnico. 2014. p. 8–9.
- TAM J. Variación latitudinal del Macrozoobentos del Litoral frente al Norte de Perú, durante el Verano de 1987. Tesis para optar el título de Biólogo en la Universidad Nacional Agraria La Molina. 1992. 114pp. Perú.
- TARAZONA J, SALZWEDEL H, ARNTZ W. Oscillations of Macrobentos in shallow waters of the Peruvian central coast induced by El Niño 1982-83. Journal of Marine Research. 1988, 46: 593-611.
- TARAZONA J, ARNTZ WE, CANAHUIRE E. Impact of two El Niño events of different intensity on the hipoxic soft bottom macrobenthos off the central Peruvian coast. Mar. Ecol. 1996; 17: 425-446.
- TENORIO J, FLORES R, DOMINGUEZ N. Aspectos hidrobiológicos en el fondo marino peruano asociados a la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC) entre 3° y 7°S. Boletín del Inst del Mar del Perú. 2011; 26:59–64.
- THIEL M, GONZÁLEZ ER, BALANDA M, HAYE P, HEARD R, WATLING L. Diversity of Chilean peracarids (Crustacea: Malacostraca). Contrib to study East-Pacific Crustac. 2003;2: 177–89.
- THOMAS JD. Biological monitoring and tropical biodiversity in marine environments: a critique with recommendations, and comments on the use of amphipods as bioindicators, Journal of Natural History. 1993, 27:4, 795-806.
- THOMAS JD, BARNARD JL. The Platyschnopidae of the Americas (Crustacea: Amphipod). Smithsonian contributions to Zoology. 1983, 375: 1–33.
- THOMAS JD, BARNARD JL. New genera and species of the Megaluropus group (Amphipoda, Megaluropidae) from American seas. Bolletin Mar Sci. 1986; 38(3):442–76.
- VALÉRIO-BERARDO MT, FLYNN MN, WAKABARA Y. Structure and dynamics of a shelf amphipod taxocoenosis in southeastern Brazil. Bull. Mar. Sci. 2000, 66:1, pp. 59-72.
- VAN DOLAH RF, BIRD E. A comparison of reproductive patterns in epifaunal and infaunal gammaridean amphipods. Estuar Coast Mar Sci. 1980; 11:593–604.

- VEGAS M. Introducción a la ecología del bentos marino. OEA-PRDCT. Serie de Biología, Monografía. 1971; 9: 1- 98.
- VELAZCO F, SOLÍS J, DELGADO C, GOMERO R. Sedimentos superficiales y morfología de la plataforma y talud continental superior, entre 3°30'S y 15°30'S, Perú. Boletín del Inst. del Mar del Perú. 2015; 42(4):526–37.
- WALKER, O. Amphipoda of Marine Peru. Transactions of the Liverpool Biological Society. 1910, 25: 67-72.
- WATLING L. Zoogeographic affinities of northeastern North American Gammaridean Amphipoda. Bull Biol Soc Washingt. 1979; 3(3):256–82.
- WIKLUND A, SUNDELIN B. Impaired reproduction in the amphipods *Monoporeia affinis* and *Pontoporeia femorata* as a result of moderate hypoxia and increased temperature. Mar Ecol Prog Ser. 2001; 222: 131–41.
- WITMAN JD, ETTER RJ, SMITH F. The relationship between regional and local species diversity in marine benthic communities: a global perspective. Proc Natl Acad Sci U S A. 2004; 101(44):15664–9.
- WOLTER K, TIMLIN MS. Measuring the strength of ENSO—how does 1997/98 rank? Weather. 1998; 53:315–324.
- WoRMS Editorial Board. 2017. World Register of Marine Species. <http://www.marinespecies.org> [accessed 2017-12-18]
- YUPANQUI W. Estudio del Macrobentos en la Ensenada de Sechura, Piura. 2002. p. 1–65.
- YUPANQUI W, QUIPUZCOA L, MARQUINA R, VELAZCO F, ENRÍQUEZ E, GUTIÉRREZ D. Composición y distribución del macrobentos en la Ensenada de Sechura, Piura, Perú. Rev. Per. Biol. 2007, 14(1): 75-85.
- ZAR JH. Biostatistical analysis, Englewood Cliffs, NJ. Prentice Hall. 1996.
- ZUTA S, GUILLÉN OG. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Boletín del Instituto del Mar del Perú. 1970; 2:157-324.

9. ANEXOS

ANEXO 1. Clasificación taxonómica de anfípodos bentónicos

Phylum: Arthropoda

Clase: Malacostraca

Subclase: Eumalacostraca

Superorden: Peracarida

Orden: Amphipoda

Suborden: Amphilochidea

Familia: Ampeliscidae

Género: *Ampelisca* Kroyer, 1842

Ampelisca araucana Gallardo, 1963

Ampelisca brevisimulata J.L. Barnard, 1954

Ampelisca cristata Holmes, 1908

Ampelisca cristoides J.L. Barnard, 1954

Ampelisca hancocki J.L. Barnard, 1954

Ampelisca lobata Holmes, 1908

Ampelisca mexicana J.L. Barnard, 1954

Ampelisca pacifica Holmes, 1908

Ampelisca pugetica Stimpson, 1864

Ampelisca sp. nov.

Género: *Byblis*

Byblis cf. *millsi* Dickinson, 1983

Familia: Argissidae

Argissa hamatipes Norman, 1869

Superfamilia: Eusiroidea

Familia: Eusiridae

Rhachotropis sp. nov.

Familia: Megaluropidae

Resupinus coloni Thomas & J.L. Barnard 1986

Megaluropidae nd.

Superfamilia: Liljeborgioidea

Familia: Liljeborgiidae

Subfamilia: Idunellinae

Idunella diffusa J.L. Barnard, 1959

Idunella sp. 1

Idunella sp. 2

Familia: Lysianassidae

Lysianassidae sp. 1

Lysianassidae sp. 2

Familia: Uristidae

Uristidae nd.

Familia: Oedicerotidae

Hartmanodes hartmanae J.L. Barnard, 1962

Synchelidium sp. nov.

Westwoodilla sp.

Bathymedon sp.

Familia: Phoxocephalidae

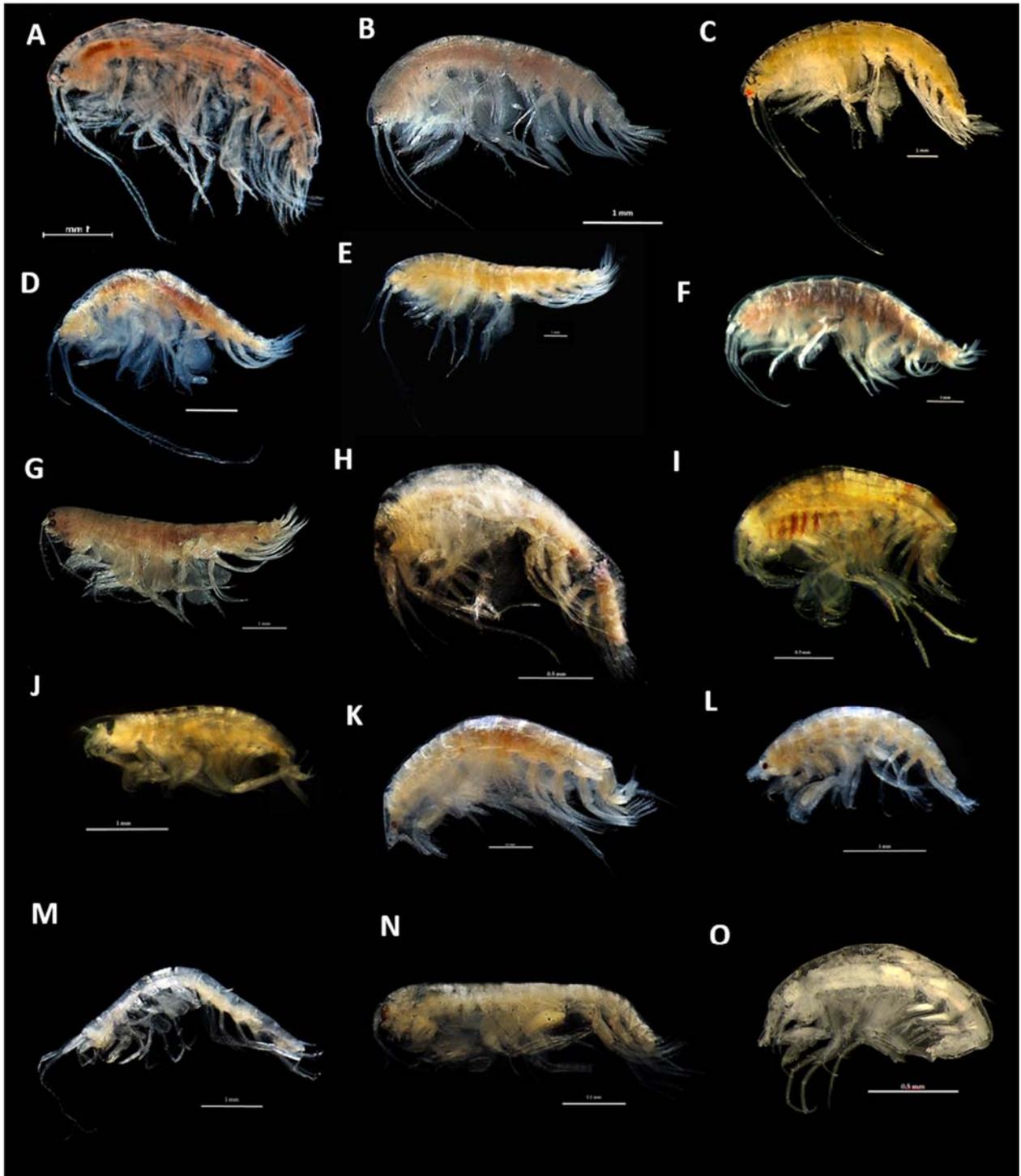
Subfamilia: Harpiniinae

Heterophoxus oculatus Holmes, 1908
Harpiniopsis sp.
Familia: Platyishnopidae
Eudevenopus honduranus Thomas&J.L.Barnard, 1983
Familia: Pleustidae
Subfamilia: Stenopleustinae
Gracilpleustes monocuspis Barnard & Given, 1960
Familia: Stenothoidae
Metopella aporpis J.L. Barnard, 1962
Familia: Synopiidae
Tiron tropakis J.L. Barnard, 1972
Syrrhoe sp.
Familia: Urothoidae
Urothoidae nd.
Suborden: Senticaudata
Familia: Unciolidae
Acumedeutopus sp.
Familia: Aoridae
Meridiolembos sp.
Superfamilia: Hadzoidea
Familia: Eriopsidae
Psammogammarus garthi J.L. Barnard, 1952
Superfamilia: Photoidea
Familia: Photidae Boeck, 1871
Photis sp.
Gammaropsis sp.1
Gammaropsis sp.2
Gammaropsis sp.3
Superfamilia: Caprelloidea
Familia: Caprellidae
Subfamilia: Caprellinae Leach, 1814
Caprella sp.
Superfamilia: Hyalinae
Familia: Hyalidae
Hyale niger Haswell, 1879

ANEXO 2. Fotos de las taxa dominantes de anfípodos bentónicos

- A. *Ampelisca mexicana* J.L. Barnard, 1954
- B. *Ampelisca araucana* Gallardo, 1963
- C. *Ampelisca brevisimulata* J.L.Barnard, 1954
- D. *Ampelisca hancocki* J.L. Barnard, 1954
- E. *Ampelisca pugetica* Stimpson, 1864
- F. *Ampelisca* sp. nov.
- G. *Byblis* cf. *millsi* Dickinson, 1983
- H. *Argissa hamatipes* Norman, 1869
- I. *Idunella diffusa* J.L. Barnard, 1959
- J. *Heterophoxus oculatus* Holmes, 1908
- K. *Eudevenopus honduranus* Thomas&J.L.Barnard, 1983
- L. *Photis* sp.

- M. *Psammogammarus garthi* J.L. Barnard, 1952
N. *Resupinus coloni* Thomas & J.L. Barnard 1986
O. *Gracilipleustes monocuspis* Barnard & Given, 1960



ANEXO 3. Clasificación de anfípodos bentónicos; formas de vida: ITd =Tubícola Infaunal; ETd = Tubícola Epifaunal; B = Excavador; FSd = Nadador de superficie; N = madriguera; ND= No Determinado. Categoría (Cat), QC: muy común (10 - 20%); C: común (3 - 10%); U: no común (1 - 3%); R: raro (0.5 - 1%); VR: muy raro (<0.5%), según Marques y Bellan-Santini (1993). Ubicación por sub-área de latitud (Area) y estrato de profundidad (Est. Prof.). F: porcentaje de frecuencia; N: Abundancia (Ind./m²). La familia Ampeliscidae es la que se encuentra más frecuente. (*) Superfamilia.

SUBORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Área	Est. Prof.	Forma de vida	FR	Cat	N
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca araucana</i>	D,E,F	0,1,2	ITd	13.26	QC	11373
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevisimulata</i>	A,B,C,D	0,1,2	ITd	5.25	C	1280
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca cristata</i>	B, E	0,1,2	ITd	1.38	U	373
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca cristoides</i>	A,B,C	0,1	ITd	1.66	U	1083
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca hancocki</i>	A,B,C,D	0,1,2,3	ITd	3.59	C	903
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca lobata</i>	A,B,C	0,1,2	ITd	1.38	U	650
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca mexicana</i>	A,B,C	0,1,2,3	ITd	8.84	C	2453
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca pacifica</i>	A,B	0,1,2,3	ITd	3.59	C	290
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca pugetica</i>	A,B,C,D,E	0,1,2,3	ITd	4.42	C	883
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Argissa hamatipes</i>	B,C,D	0,2	ITd	1.38	U	76.67
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Byblis cf. millsii</i>	A,B,C	1,2	ITd	2.76	U	250
AMPHILOCHIDEA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca sp. nov.</i>	A,B,C,D,E	0,1,2,3	ITd	3.04	C	753
AMPHILOCHIDEA	PLATYISCHNOPIIDAE	<i>Eudevenopus honduranus</i>	A,B,C,D	0,1,2,3	B	3.59	C	470
AMPHILOCHIDEA	PLEUSTIDAE	<i>Gracilipleustes monocuspidis</i>	A,C,D	1,2	B	2.21	U	230
AMPHILOCHIDEA	PHOXOCEPHALIDAE	<i>Heterophoxus oculatus</i>	A,B,C,D	0,1,2,3	B	14.09	QC	1980
AMPHILOCHIDEA	LILJEBORGIIDAE	<i>Idunella diffusa</i>	A,B,D	0,1,2	ETd/N	2.49	U	103
AMPHILOCHIDEA	MEGALUROPIDAE	<i>Resupinus coloni</i>	B,C,D,E	0,1	B	2.76	U	183
AMPHILOCHIDEA	SYNOPIIDAE	<i>Tiron tropakis</i>	D	1	B	0.28	VR	10
AMPHILOCHIDEA	STENOTHOIDAE	<i>Metopella aporpis</i>	C	0,1	ETd/N	0.83	R	50
AMPHILOCHIDEA	OEDICEROTIDAE	<i>Bathymedon sp.</i>	C,D	2,3	B	0.55	R	40
AMPHILOCHIDEA	PHOXOCEPHALIDAE	<i>Harpiniopsis sp.</i>	A	3	B	0.28	VR	10
AMPHILOCHIDEA	LILJEBORGIIDAE	<i>Idunella sp 1</i>	A,B,C	1,2	ETd/N	1.10	U	70
AMPHILOCHIDEA	LILJEBORGIIDAE	<i>Idunella sp 2</i>	C	0,1	ETd/N	0.83	R	50
AMPHILOCHIDEA	OEDICEROTIDAE	<i>Hartmanodes hartmanae</i>	A,B,D	1,2	B	0.83	R	30
AMPHILOCHIDEA	EUSIRIDAE	<i>Rhachotropis sp. nov.</i>	C,D	2	ETd	0.55	R	40
AMPHILOCHIDEA	OEDICEROTIDAE	<i>Synchelidium sp. nov.</i>	B,C,D	1,2,3	B	2.21	C	120
AMPHILOCHIDEA	SYNOPIIDAE	<i>Syrrhoe sp.</i>	C,D	1,2	B	0.83	R	220
AMPHILOCHIDEA	OEDICEROTIDAE	<i>Westwoodilla sp.</i>	B,C,D,E	1,2	B	4.70	C	883
AMPHILOCHIDEA	MEGALUROPIDAE	Megaluropidae	B	2	ND	0.28	VR	30
AMPHILOCHIDEA	URISTIDAE	Uristadae	B	0,1	ND	0.55	R	37
AMPHILOCHIDEA	LYSIANASSIDAE	Lysianassidae sp. 1	A	1	ND	0.28	VR	10
AMPHILOCHIDEA	LYSIANASSIDAE	Lysianassidae sp. 2	B	1	ND	0.28	VR	10
AMPHILOCHIDEA	UROTHOIDAE	Urothoidea	C	0	B	0.28	VR	10
SENTICAUDATA	ERIOPISIDAE	<i>Psammogammarus garthi</i>	A,B,C,D,E	0,1,2,3	ETd/FSd	3.04	C	310
SENTICAUDATA	HYALIDAE	<i>Hyale niger</i>	C	1	FSd	0.28	VR	10
SENTICAUDATA	UNCIOLIDAE	<i>Acumedeutopus sp.</i>	B	2	ETd	0.28	VR	100
SENTICAUDATA	PHOTIDAE	<i>Gammaropsis sp. 1</i>	B	1	ETd	0.28	VR	60
SENTICAUDATA	PHOTIDAE	<i>Gammaropsis sp. 2</i>	B	0,1	ETd	0.55	R	37
SENTICAUDATA	PHOTIDAE	<i>Gammaropsis sp. 3</i>	B	3	ETd	0.28	VR	20
SENTICAUDATA	PHOTIDAE	<i>Photis sp.</i>	A,B,C,D	0,1,2,3	ETd	3.31	C	333
SENTICAUDATA	CAPRELLIDAE	<i>Caprella sp.</i>	C	0,1,2	ETd/FSd	0.83	R	40
SENTICAUDATA	AORIDAE	<i>Meridiolembos sp.</i>	C	1,2	ETd	0.55	R	40
SENTICAUDATA	HADZIOIDEA (*)	Hadzioidea	B	1	ND	0.28	VR	70

ANEXO 4. Especies de anfípodos bentónicos del estrato de profundidad 1 (51-100m) representativos con un porcentaje acumulativo (% Acum.) mayor al 90% en contribución. Prueba SIMPER.

Sub-área/ Similaridad	Especie	Prom. Sim	%Contrib	%Acum.
A (3.4° - 4° S) / 23.72	<i>Heterophoxus oculatus</i>	11.99	50.55	50.55
	<i>Ampelisca pacifica</i>	3.06	12.88	63.43
	<i>Eudevenopus honduranus</i>	2.24	9.44	72.88
	<i>Ampelisca brevisimulata</i>	1.92	8.1	80.97
	<i>Ampelisca mexicana</i>	1.23	5.17	86.14
	<i>Idunella diffusa</i>	1.09	4.61	90.76
B (4° - 5° S) / 23.43	<i>Heterophoxus oculatus</i>	16.06	68.55	68.55
	<i>Ampelisca mexicana</i>	4.07	17.38	85.94
	<i>Ampelisca pacifica</i>	2.52	10.74	96.67
C (5° - 6° S) / 12.45	<i>Ampelisca brevisimulata</i>	5.03	40.45	40.45
	<i>Heterophoxus oculatus</i>	3.13	25.12	65.58
	<i>Ampelisca mexicana</i>	1.53	12.3	77.87
	<i>Metopella aporpis</i>	1.28	10.3	88.17
	<i>Byblis cf. millsii</i>	0.67	5.36	93.53
D (6° - 7° S) / 19.41	<i>Ampelisca araucana</i>	11.09	57.13	57.13
	<i>Ampelisca pugetica</i>	5.13	26.43	83.55
	<i>Resupinus coloni</i>	1.8	9.25	92.8
E (7° - 8° S) / 59.37	<i>Ampelisca araucana</i>	56.29	94.82	94.82
F (8° - 9° S) / 94.36	<i>Ampelisca araucana</i>	94.36	100	100

ANEXO 5. Taxa de anfípodos bentónicos del estrato de profundidad 2 (101-200m), con un porcentaje acumulativo (% Acum.) mayor al 90% en contribución. Prueba SIMPER.

Sub-área/ Similaridad	Especie	Prom. Sim	% Contrib	% Acum.
A (3.4° - 4° S) / 42.14	<i>Heterophoxus oculatus</i>	21.8	51.72	51.72
	<i>Ampelisca mexicana</i>	15.81	37.52	89.24
	<i>Ampelisca hancocki</i>	3.22	7.64	96.88
B (4° - 5° S) / 16.42	<i>Heterophoxus oculatus</i>	11.09	67.55	67.55
	<i>Synchelidium sp. nov.</i>	3.78	23.03	90.58
C (5° - 6° S) / 40.30	<i>Heterophoxus oculatus</i>	21.81	54.11	54.11
	<i>Ampelisca mexicana</i>	17.66	43.81	97.92
D (6° - 7° S) / 36.63	<i>Ampelisca araucana</i>	25.4	69.34	69.34
	<i>Westwoodilla sp.</i>	6.43	17.55	86.89
	<i>Gracilipleustes monocuspis</i>	4.44	12.12	99.01
E (7° - 8° S) / 59.04	<i>Ampelisca araucana</i>	56.98	96.52	96.52
F (8° - 9° S) / 89.45	<i>Ampelisca araucana</i>	89.45	100	100