TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y BIOLÓGICAS

CARRERA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA MARINA

"DIVERSIDAD DEL ENSAMBLE DE MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A RIZOIDES DE *MACROCYSTIS PYRIFERA* (LAMINARIALES: PHAEOPHYCEAE) EN LA COSTA CENTRAL DE PERÚ"

Tesis para optar el título profesional de:

BIÓLOGO MARINO

Presentado por:

Juan Eduar Fernandez Davila (0000-0001-8216-8832)

Asesor:

Aldo Indacochea Mejía (0000-0001-8502-8755)

Co-asesor:

Bernabé Moreno Leveroni (0000-0002-9751-6307)

Lima – Perú

2023

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 23 de junio de 2023.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dr. Héctor Alonso Aponte Ubillús
Integrante: Dra. Báslavi Marisbel Cóndor Luján
Integrante: Mg. Sergio Paolo Barahona Padilla

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: DIVERSIDAD DEL ENSAMBLE DE MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A RIZOIDES DE *MACROCYSTIS PYRIFERA* (LAMINARIALES: PHAEOPHYCEAE) EN LA COSTA CENTRAL DE PERÚ

Presentada por el estudiante:

- Juan Eduar Fernandez Davila

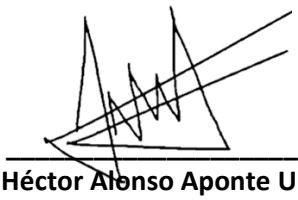
Para optar el Título Profesional de Biólogo Marino

Asesorado por: Blgo. Aldo Gonzalo Indacochea Mejía
Co-asesorado por: Mg. Bernabé Moreno Leveroni

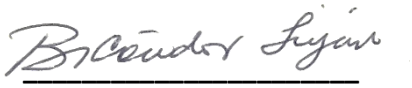
Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple ( ) calificar a:

Integrante 1: Juan Eduar Fernandez Davila			Nota (escrito): catorce
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dr. Héctor Alonso Aponte Ubillús
Presidente del jurado



Dra. Báslavi Marisbel Cóndor Luján
Miembro del jurado



Mg. Sergio Paolo Barahona Padilla
Miembro del jurado



Blgo. Aldo Gonzalo Indacochea Mejía
Asesor



Mg. Bernabé Moreno Leveroni
Coasesor

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN[1]

Lima, 30 de agosto del 2023

Señor,
Carlos Zavalaga Reyes

Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo: Juan Eduar Fernandez Davila, egresado de la carrera de Biología marina de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis Aldo Indacochea Mejía y co-asesor Bernabé Moreno Leveroni, declaramos que este informe final de tesis titulado: DIVERSIDAD DEL ENSAMBLE DE MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A RIZOIDES DE *MACROCYSTIS PYRIFERA* (LAMINARIALES: PHAEOPHYCEAE) EN LA COSTA CENTRAL DE PERÚ, sustentado para obtener el título de Biólogo Marino es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi (nuestra) investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,

Firma tesista **DNI: 74718771**	**Firma del asesor de tesis** **DNI:**08786377	Firma del Co-asesor de tesis DNI: 704603222

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Diversidad del ensamble de macroinvertebrados asociados a rizoides de Macrocystis Pyrifera (Laminariales: phaeophyceae) en la costa central de Perú

Autores. Juan Eduar Fernandez Davila.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2243654738).

Resultado de la evaluación. 4%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESUMEN

Los bosques de macroalgas pardas son ecosistemas marinos altamente productivos y estructuralmente complejos, claves para el funcionamiento de las conexiones tróficas costeras y proporción de hábitat para especies asociadas. El rizoide del 'huiro flotador' *Macrocystis pyrifera* está formado por hapterios que permiten la sujeción al fondo duro y a su vez proporcionan un hábitat que alberga importantes ensambles de macroinvertebrados. La presente investigación tuvo como objetivos i) evaluar la diversidad de dichos ensambles y ii) determinar su relación con los parámetros morfométricos (diámetro medio y volumen) de rizoides de *M. pyrifera* en la ensenada El Chuncho (Pucusana, Perú). A partir de los once rizoides evaluados se registró 63 taxa de macroinvertebrados, donde 40 fueron identificados al nivel de especie. El ofiuro *Ophiactis kroeyeri*, el anfípodo *Ericthonius* sp. y el poliqueto tubícola *Phragmatopoma virgini* fueron los taxa más frecuentes; por otro lado, se registró por primera vez la clase Pycnogonida y el filo Nematoda en el área evaluada. No se registraron relaciones significativas entre el diámetro medio del rizoide y los parámetros comunitarios; sin embargo, el volumen estuvo significativamente correlacionado con la riqueza de especies ($r=0,89$; p-valor$>0,0002$) y abundancia de organismos ($r=0,90$; p-valor$>0,0010$). Se recomienda incluir el volumen del rizoide de *Macrocystis pyrifera* como variable predictiva para riqueza y abundancia en estudios de la biodiversidad asociada a estas estructuras. Asimismo, recomendamos estandarizar futuras evaluaciones que permitan el entendimiento de la composición de especies de macroinvertebrados en bosques submareales a lo largo del litoral peruano según gradientes latitudinales y batimétricas.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ABSTRACT

Kelp forests are highly productive and structurally complex marine ecosystems which are key for the functioning of trophic connections and habitat provision for associated species. The holdfast of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* is formed by intricate root-like haptera that fasten to hard substrata and provide a habitat that sustains rich assemblages of macroinvertebrates. This study aimed to i) assess the diversity of said assemblages and ii) determine its relationship with morphometric parameters (average diameter and volume) of *M. pyrifera* holdfasts. Our study registered 63 taxa of macroinvertebrates, of which 40 were identified to species level. The most frequent taxa were the ophiuroid *Ophiactis kroeyeri*, the amphipod *Ericthonius* sp., and the tubeworm *Phragmatopoma virgini*. On the other hand, the Class Pycnogonida (sea spiders) and the Phylum Nematoda were recorded for the first time in the studied area. No significant relationships were found between the average holdfast diameter and the community parameters. However, the holdfast volume was strongly correlated to the species richness (r=0.89; p-valor>0,0002) and the abundance of individuals (r=0.90; p-valor>0,0010). Therefore, we recommend the inclusion of holdfast volume of *Macrocystis pyrifera* as a predictive variable for assessments of biodiversity associated to these structures. Finally, we recommend standardising future studies to enable the understanding of macroinvertebrates composition in subtidal kelp forests along latitudinal and bathymetric gradients along the Peruvian coast.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Diversidad del ensamble de macroinvertebrados asociados a rizoides de *Macrocystis pyrifera* (Laminariales: Phaeophyceae) en la costa central de Perú

Diversity of the macroinvertebrate assemblage associated to the holdfasts of *Macrocystis pyrifera* (Laminariales: Phaeophyceae) in Peruvian central coast

Eduar Fernandez-Davila[1,2,*], Aldo Indacochea Mejía[1], Sergio Gonzales[1] & Bernabé Moreno[1,3,4,*]

[1]Carrera de Biología Marina, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

[2]Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

[3]Marine Ecology Department, Institute of Oceanology Polish Academy of Sciences, Sopot 81-712, Poland

[4]Coastal Ecosystems of Peru Research Group, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

"*E-mail: jueduferda@gmail.com & *E-mail: bmorenole@cientifica.edu.pe"

Título abreviado. Macroinvertebrados en rizoides de *Macroystis pyrifera*.

RESUMEN

Los bosques de macroalgas pardas son ecosistemas marinos altamente productivos y estructuralmente complejos, claves para el funcionamiento de las conexiones tróficas costeras y proporción de hábitat para especies asociadas. El rizoide del 'huiro flotador' *Macrocystis pyrifera* está formado por hapterios que permiten la sujeción al fondo duro y a su vez proporcionan un hábitat que alberga importantes ensambles de macroinvertebrados. La presente investigación tuvo como objetivos i) evaluar la diversidad de dichos ensambles y ii) determinar su relación con los parámetros morfométricos (diámetro medio y volumen) de rizoides de *M. pyrifera* en la ensenada El Chuncho (Pucusana, Perú). A partir de los once rizoides evaluados se registró 63 taxa de macroinvertebrados, donde 40 fueron identificados al nivel de especie. El ofiuro *Ophiactis kroeyeri*, el anfípodo *Ericthonius* sp. y el poliqueto tubícola *Phragmatopoma virgini* fueron los taxa más frecuentes; por otro lado, se registró por primera vez la clase Pycnogonida y el filo Nematoda en el área evaluada. No se registraron relaciones significativas entre el diámetro medio del rizoide y los parámetros comunitarios; sin embargo, el volumen estuvo significativamente correlacionado con la riqueza de especies (r=0,89; p-valor>0,0002) y abundancia de organismos (r=0,90; p-valor>0,0010). Se recomienda incluir el volumen del rizoide de *Macrocystis pyrifera* como variable predictiva para riqueza y abundancia en estudios de la biodiversidad asociada a estas estructuras. Asimismo, recomendamos estandarizar futuras evaluaciones que permitan el entendimiento de la composición de especies de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

macroinvertebrados en bosques submareales a lo largo del litoral peruano según gradientes latitudinales y batimétricas.

Palabras clave: bosques submareales, ensambles bentónicos, fauna asociada, hábitat biogénico, morfometría.

ABSTRACT

Kelp forests are highly productive and structurally complex marine ecosystems which are key for the functioning of trophic connections and habitat provision for associated species. The holdfast of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* is formed by intricate root-like haptera that fasten to hard substrata and provide a habitat that sustains rich assemblages of macroinvertebrates. This study aimed to i) assess the diversity of said assemblages and ii) determine its relationship with morphometric parameters (average diameter and volume) of *M. pyrifera* holdfasts. Our study registered 63 taxa of macroinvertebrates, of which 40 were identified to species level. The most frequent taxa were the ophiuroid *Ophiactis kroeyeri*, the amphipod *Ericthonius* sp., and the tubeworm *Phragmatopoma virgini*. On the other hand, the Class Pycnogonida (sea spiders) and the Phylum Nematoda were recorded for the first time in the studied area. No significant relationships were found between the average holdfast diameter and the community parameters. However, the holdfast volume was strongly correlated to the species richness (r=0.89; p-valor>0,0002) and the abundance of individuals (r=0.90; p-valor>0,0010). Therefore, we recommend the inclusion of holdfast volume of *Macrocystis pyrifera* as a predictive variable for assessments of biodiversity associated to these structures. Finally, we recommend standardising future studies to enable the understanding of macroinvertebrates composition in subtidal kelp forests along latitudinal and bathymetric gradients along the Peruvian coast.

Keywords: underwater forests, benthic assemblages, associated fauna, biogenic habitat, morphometry

INTRODUCCIÓN

Las macroalgas pardas, comúnmente conocidas en Sudamérica como quelpos o huiros, conforman uno de los hábitats submareales biogénicos y son claves para el funcionamiento de ecosistemas marino-costeros (Gibson *et al.* 2007). Los bosques submareales del Gran Ecosistema de la Corriente de Humboldt, conocidos como huirales, brindan importantes servicios ecosistémicos, como amortiguamiento del oleaje (Morris *et al.* 2020), refugio de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

especies (muchas de ellas de importancia comercial), y la captura de carbono (Teagle *et al*. 2017; Aller-Rojas *et al*. 2020).

Los quelpos del Orden Laminariales presentan estructuras diferenciadas denominadas rizoide, estipes, y frondas (o láminas) (Murúa *et al*. 2020). Los rizoides, o discos de adhesión, permiten a la macroalga sujetarse firmemente al sustrato y soportar el embate del oleaje y fluctuaciones de las mareas. Los rizoides de *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C.Agardh, *1820* (huiro flotador) están compuestos por proyecciones digitiformes entrelazadas llamadas hapterios, las cuales que no llegan a fusionarse entre sí (Murúa *et al*. 2017). Al desarrollarse, los rizoides generan y conforman estructuras que pueden ser aprovechadas por diversos organismos como moluscos, crustáceos, equinodermos, cnidarios, anélidos, cordados, entre otros (Miller *et al*. 2018; Velasco-Charpentier *et al*. 2021). Además, son un sumidero de partículas y sedimentos que, en su mayoría, son aprovechados por organismos suspensívoros sésiles (Ronowicz *et al*. 2018).

En diferentes especies de quelpos se ha reportado una relación directa entre el tamaño del rizoide, la riqueza de especies y abundancia de macroinvertebrados asociada a estos microhábitats (Teagle *et al*. 2017; Carbajal *et al*. 2021). A medida que el rizoide incrementa en sus dimensiones (espacio y volumen habitable), el número de especies y abundancia de organismos tiene mayor potencial para agregarse mediante procesos de colonización (asentamiento larval) y reclutamiento (Vásquez & Santelices 1984; Villouta & Santelices 1984). Debido al aporte ecológico y a la importancia de las funciones de las estructuras de los bosques de quelpos, el presente estudio se enfocó en evaluar la diversidad del ensamble de macroinvertebrados y determinar su relación con parámetros morfométricos (diámetro medio y volumen) en rizoides de *Macrocystis pyrifera* en un huiral de la costa central de Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se realizó en la ensenada El Chuncho (-12.4724, -76.799), ubicada en la zona nororiental de la Isla de Pucusana, al sur de Lima (Figura 1). El bosque submareal estudiado tiene un área aproximada de 20 ha (Isla Chilca) y está caracterizado por una población monoespecífica de *M. pyrifera* que se distribuye sobre parches de fondo rocoso y sustrato mixto (arena gruesa y conchuelas). La zona de muestreo presenta una pendiente de 20 a 25 m de distancia desde la costa y profundidades de hasta 12 m (Lleellish *et al*. 2001).

[Figura 1]

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RECOLECCIÓN

Los rizoides fueron extraídos en verano, durante los meses de enero y febrero 2020 mediante buceo autónomo SCUBA, tendiendo un transecto paralelo a la línea de costa (Friedlander et al., 2016) entre 6 y 8 m de profundidad. El transecto (uno por mes de evaluación) constaba de una cuerda de 20 m marcada en intervalos de 5 m. Se colectó el rizoide (unidad muestral) más cercano al punto marcado, recaudando un total de 11 rizoides. Se cortaron los estipes para facilitar el desprendimiento del rizoide del sustrato duro. Cada rizoide fue colocado en mallas de 500 µm para retener a los organismos pertenecientes al macrozoobentos. Las muestras fueron fijadas en etanol (70%), rotuladas, y transportadas al Laboratorio de Ecología Marina de la Universidad Científica del Sur.

PROCESAMIENTO DE MACROINVERTEBRADOS Y CARACTERIZACIÓN DE RIZOIDES

Posteriormente, los macroinvertebrados fueron cuidadosamente separados de los rizoides y hapterios para su identificación y conteo. La abundancia se expresó como el número de individuos por cada especie o taxón, mientras que la frecuencia representa el número de rizoides en los que cada especie o taxón fue encontrado. Para determinar el diámetro medio (Ø), considerado como nueva variable biométrica, se sumó el diámetro máximo y mínimo de la base de cada rizoide y se dividió entre dos. Se calculó el volumen del rizoide (V) midiendo el volumen desplazado en una probeta de 500 ml, donde se colocó 300 ml de agua (volumen inicial), para luego introducir los rizoides limpios (sin presencia de arena o detritos) y dar lectura al volumen final (Ríos et al., 2007). Esta técnica fue repetida con los 11 rizoides colectados (Figura 2). Los diámetros medios y volúmenes de cada rizoide fueron separados en tres categorías; Ø: [0–10cm], [11–20cm], [21–30cm], y V: [15–30ml], [31–45ml], [46–60ml]. [Figura 2]

IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

La identificación se realizó al taxón más específico posible para cada macroinvertebrado asociado para lo cual se utilizaron guías taxonómicas de crustáceos decápodos (Moscoso, 2013) y caprélidos (Guerra-García & Thiel 2001), moluscos (Alamo & Valdivieso 1997; Marincovich 1973), y anélidos (De León *et al*. 2009). Cada nombre científico fue verificado y actualizado en base al registro mundial de especies marinas (WoRMS, World Register of Marine Species). Los ejemplares se derivaron a especialistas en cada campo, quienes corroboraron la identificación (vea en agradecimientos).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se trazaron curvas de acumulación de especies mediante el método de estimación no paramétrica de riqueza asintótica Chao 1, $S_{est} = S_{obs} + f_1^2/(2f_2)$ que se basa en datos de abundancia de organismos (Chao *et al*. 2014). Siendo: S_{est} el número de especies que se quiere conocer, S_{obs} el número de especies observadas en una muestra, f_1 el número de especies representadas solo por un único individuo en esa muestra y f_2 número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra. Para evaluar la representatividad del muestreo se dividió la $S_{est}/S_{obs}*100$.

Se calculó la riqueza de especies (S), abundancia (N), equidad de Pielou (J´), y diversidad de Shannon-Wiener (H´, log*e*). Los datos de abundancia fueron transformados a raíz cuadrada y se determinó la similitud entre los rizoides utilizando la medida de distanciamiento de Bray-Curtis. Para observar la distribución según categorías de Ø y V, se realizó el análisis multivariado de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS). La representatividad del muestreo, los índices de diversidad y análisis multivariado fueron calculados en el software PRIMER v.6.0 (Clarke & Warwick 2001).

La normalidad de los datos de abundancia y riqueza de cada rizoide, fue evaluada con la prueba de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). Posteriormente se analizaron las relaciones de las variables de estudio (abundancia, riqueza, volumen del rizoide, y diámetro medio del rizoide) con las pruebas de correlación de Pearson (prueba paramétrica) y Spearman (prueba no paramétrica). Estas pruebas, histograma de frecuencia y gráfico de relaciones fueron realizadas en el programa RStudio (R Core Team 2020).

RESULTADOS

El ensamble de macroinvertebrados estuvo representado en un 30% por organismos sésiles y un 70% por individuos móviles. Se registró 63 taxa donde se identificó 10 fila, 14 clases, 26 órdenes, 46 familias, 54 géneros, y 40 especies (Tabla 1). El índice Chao1 estimó una asíntota de S_{est}=70 taxa, mientras que la riqueza observada fue de S_{obs}= 63 (Figura 3), indicando que el muestreo logró registrar al 90% de las especies estimadas. Las clases más frecuentes fueron Polychaeta (34,5%), Malacostraca (20,7%) y Gastropoda (17,2%). El ofiuro *Ophiactis kroeyeri* (N=478), el anfípodo *Ericthonius* sp (N=290) y el poliqueto errante *Phragmatopoma virgini* (N=120) fueron las especies con mayor abundancia. El ofiuro *O. kroeyeri* estuvo presente en todos los rizoides, mientras que el poliqueto *P. virgini* en el 82%. El gasterópodo *Crepipatella dilatata* y el braquiuro *Pilumnoides perlatus* estuvieron presentes en un 73% de los rizoides.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

[Tabla 1] [Figura 3]

El diámetro medio de los rizoides varió entre 4,6 y 25 cm (Ø=13,1 ±1,5 cm) mientras que el volumen varió entre 7 y 60 ml (V=24,4 ± 5,4 ml) (Figura 4). La mayor riqueza de especies (S'=37) y abundancia (N=302) fue registrada en el rizoide de Ø=13,3 cm y V=60 ml, mientras que los valores mínimos (S'=7 y N=37) fueron reportados en el rizoide de Ø=4,6 cm y V=8 ml. El índice de diversidad de Shannon-Wiener varió entre 1,35 y 2,59 bits.ind^{-1}, donde 55% de los rizoides presentó valores >1,3 bits.ind^{-1} y el 46% valores >2 bits.ind^{-1}; la equidad de Pielou (J´) mostró valores >0,6 y se observó valores similares entre rizoides (Tabla 2**)**.

[Figura 4], [Tabla 2]

El nMDS mostró tres grupos separados al nivel de 42% de similitud. El primer grupo estuvo constituido por el rango de V:15–30 ml y Ø<20 cm, el segundo por V: 31–45 ml y Ø: 11–30 cm, y el tercero por V: 46–60 ml y Ø: 11–20 cm (Figura 5). El rango Ø: 11–20 cm estuvo presente en los tres grupos de clasificación según volumen.

Los datos de riqueza presentaron distribución normal (Shapiro-Wilk, p-valor>0,20) a diferencia de los datos de abundancia (Shapiro-Wilk, p-valor<0,02). Los datos de diámetro medio no mostraron una correlación significativa con la riqueza ni la abundancia (r=0.42, p-valor>0,19 y r=0.28, p-valor>0,31 respectivamente,). Por el contrario, el volumen del rizoide sí estuvo correlacionado significativamente con la riqueza (r=0.89, *p-valor>0,0002*) y abundancia de organismos (r=0.90, p-valor>0,0010) (Figura 6).

[Figura 6]

DISCUSIÓN

La riqueza de macroinvertebrados encontrada (63 taxa) y el porcentaje de taxas que han sido identificados hasta especie (63.5%) fue superior al de otros reportes que realizaron un mayor esfuerzo de muestreo de rizoides, a saber, Winkler *et al*. (2017) (n=36, 30 taxa, 30% identificadas hasta el nivel de especie) y Adami & Gordillo (1999) (n=17, 68 taxa, 51% identificadas hasta el nivel de especie). La diversidad de Shannon-Wiener obtenida en el presente estudio fue similar a la obtenida por Carbajal *et al*. (2021) (H'=2±05) en el centro-sur de la costa peruana y mayor a la reportada por Winkler *et al*. (2017) (H'=1.7±05) al sur de Chile. Los distintos valores de riqueza y abundancia de macroinvertebrados de los rizoides, puede ser explicado por la colonización de especies al rizoide a medida que el área y volumen este crece (Vásquez & Santelices 1984; Teagle *et al*. 2017), tal como se ha observado en nuestros resultados con los datos obtenidos con el volumen (Figura 6b,d).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

El mayor número de taxa fue encontrado en el grupo de poliquetos, crustáceos, bivalvos y gasterópodos, lo cual es similar a lo reportado por Carbajal *et al*. (2021) para *M. pyrifera*, *Lessonia trabeculata* y *Eisenia cokeri*. Nuestros resultados destacan la predominancia de organismos móviles, los cuales son los primeros en colonizar a los rizoides (Teagle *et al*. 2018), mientras que, los organismos sésiles llegan posteriormente mediante el desplazamiento larval por las corrientes (Arroyo *et al*. 2006; Ronowicz *et al*. 2018). Los picnogónidos son comunes en la región polar antártica sobre fondo rocoso y arenoso (Dietz *et al*. 2015; Dömel *et al*. 2017); sin embargo, nuestros resultados demuestran que es posible encontrarlos a latitudes menores (12°S), aunque en menor abundancia, asociados a rizoides de macroalgas. Por otro lado, la riqueza de especies de poliquetos puede ser explicada por la composición del fondo de la zona evaluada, puesto que, al estar constituida por un fondo rocoso con parches cubiertos por arena (Lleellish *et al*. 2001) el sustrato mixto es ideal para hallar refugio. Además, los rizoides acumulan granos de sedimento grueso (arena) proporcionando material particulado para la construcción de microhábitats, como microtubos de arena elaborados por *Hydroides chilensis*, *Phragmatopoma virgini* y *Pseudobranchiomma*. La presencia de nemátodos puede ser explicada por el sedimento depositado en las macroalgas, lo cual genera un hábitat propicio para estos organismos (Arroyo *et al*. 2006).

Nuestros resultados mostraron que no es posible utilizar el diámetro medio de los rizoides como una variable predictiva para la riqueza de especies y abundancia de fauna asociada. Por el contrario, a partir de la correlación de las variables, demostramos que el volumen sí puede ser utilizada como una mejor variable que represente el volumen habitable del rizoide (Torres *et al*. 2015; Orland *et al*. 2016). El diámetro medio del rizoide considera la longitud media de la base del rizoide (medida unidimensional); mientras que el volumen toma en cuenta la totalidad de la forma y complejidad del rizoide (tridimensional), reflejado en el aprovechamiento de hábitat y otros servicios ecosistémicos por la fauna asociada a esta estructura de anclaje. Ante distintas mediciones que se han empleado, como el diámetro mayor y menor, la altura, peso húmedo (Vásquez & Santelices 1984; Vega 2016) y las empleadas en el presente estudio (volumen y diámetro medio), es necesario estandarizar una medida que se ajuste mejor a la forma del rizoide de *M. pyrifera*, que permita relacionar la composición de especies de manera más confiable. Esto es necesario para mejorar la comprensión de la dinámica de las comunidades en los ecosistemas de bosques de macroalgas de diferentes especies; y con ello,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

establecer herramientas que permitan una adecuada gestión y manejo de estos ambientes como potenciales ecosistemas protegidos.

Los rizoides de la macroalga *M. pyrifera* puede proporcionar un hábitat valioso para una amplia gama de especies zoobentonicas que colonizan fácilmente. En el presente estudio se proporciona un listado taxonómico de 63 taxa de la biodiversidad perenne y transitoria de la ensenada El Chuncho. Dado que la abundancia de organismos y la riqueza de especies no tuvieron correlación con el diámetro medio, pero sí con el volumen de los rizoides, concluimos que la medición del diámetro como variable morfométrica no podría considerarse como método no invasivo en futuras investigaciones, debido a que, se evaluaría negativamente la composición de la fauna asociada en la red trófica que persiste en este huiral de la ensenada El Chuncho de la Isla de Pucusana. Sin embargo, la utilización del volumen del rizoide como variable predictiva es recomendable para posteriores estudios de interacción e influencia de la fauna asociada, puesto que, comprender estos procesos es elemental para la conservación y la gestión sostenible de uno de los bosques de macroalgas del Gran Ecosistema de la Corriente de Humboldt. Finalmente, se sugiere que estudios futuros analicen parámetros ecológicos dentro de los bosques submareales a lo largo de una gradiente latitudinal y batimétrica en el margen costero del Perú, considerando el posible efecto de la estacionalidad.

AGRADECIMIENTOS

Para llevar a cabo la investigación se contó con el permiso de colecta otorgado por el Ministerio de Producción del Perú (PRODUCE) mediante la Resolución Directoral Nº 00253-2020-PRODUCE/DGPCHDI. Los autores agradecen al Blgo. Víctor Moscoso Villacorta (crustáceos), al Blgo. Aldo Indacochea Mejía (moluscos), la MSc. Isabel Carmona (Poliquetos), y la Blga. Luzmila Rodríguez Quispe (caprélidos y anfípodos), quienes apoyaron en la identificación de crustáceos decápodos, poliquetos, y anfípodos, respectivamente. Por último, extendemos los agradecimientos al MSc. Angelo Gómez por sus comentarios y sugerencias para enriquecer el manuscrito.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

REFERENCIAS

Adami, M. L., & Gordillo, S. (1999). Structure and dynamics of the biota associated with *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta) from the Beagle Channel, Tierra del Fuego. Scientia Marina, 63(S1), Article S1. https://doi.org/10.3989/scimar.1999.63s1183

Alamo, V., & Valdivieso, V. (1997). Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú - IMARPE. http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/1436

Aller-Rojas, O., Moreno, B., Aponte, H., & Zavala, J. (2020). Carbon storage estimation of *Lessonia trabeculata* kelp beds in Southern Peru: An analysis from the San Juan de Marcona region. Carbon Management, 11(5), 525-532. https://doi.org/10.1080/17583004.2020.1808765

Arroyo, N. L., Aarnio, K., & Bonsdorff, E. (2006). Drifting Algae as a means of Re-Colonizing Defaunated Sediments in the Baltic Sea. A Short-Term Microcosm Study. Hydrobiologia, 554(1), 83-95. https://doi.org/10.1007/s10750-005-1008-5

Carbajal, P., Gamarra Salazar, A., Moore, P. J., & Pérez-Matus, A. (2021). Different kelp species support unique macroinvertebrate assemblages, suggesting the potential community-wide impacts of kelp harvesting along the Humboldt Current System. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, n/a(n/a). https://doi.org/10.1002/aqc.3745

Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. Ecological Monographs, 84(1), 45-67. https://doi.org/10.1890/13-0133.1

Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition. 2.

De León, A., Bastida-Zavala, R., Carrera-Parra, L. F., Garcia, M., Peña-Rivera, A., Salazar-Vallejo, S., & Solís-Weiss, V. (2009). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical.

Dietz, L., Arango, C. P., Dömel, J. S., Halanych, K. M., Harder, A. M., Held, C., Mahon, A. R., Mayer, C., Melzer, R. R., Rouse, G. W., Weis, A., Wilson, N. G., & Leese, F. (2015). Regional differentiation and extensive hybridization between mitochondrial clades of

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

the Southern Ocean giant sea spider Colossendeis megalonyx. Royal Society Open Science, 2(7), 140424. https://doi.org/10.1098/rsos.140424

Dömel, J. S., Melzer, R. R., Harder, A. M., Mahon, A. R., & Leese, F. (2017). Nuclear and Mitochondrial Gene Data Support Recent Radiation within the Sea Spider Species Complex *Pallenopsis patagonica*. Frontiers in Ecology and Evolution, 4. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2016.00139

Friedlander, A. M., Ballesteros, E., Caselle, J. E., Gaymer, C. F., Palma, A. T., Petit, I., Varas, E., Wilson, A. M., & Sala, E. (2016). Marine Biodiversity in Juan Fernández and Desventuradas Islands, Chile: Global Endemism Hotspots. PLOS ONE, 11(1), e0145059. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145059

Gibson, R. N., Atkinson, R. J. A., & Gordon, J. D. M. (2007). Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, Volume 45. CRC Press.

Guerra-García, J. M., & Thiel, M. (2001). La fauna de caprélidos (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) de la costa de Coquimbo, centro-norte de Chile, con una clave taxonómica para la identificación de las especies. Revista chilena de historia natural, 74(4), 873-883. https://doi.org/10.4067/S0716-078X2001000400014

Lleellish, M., Fernández, E., & Hooker, Y. (2001). Disturbancia del bosque submareal de *Macrocystis pyrifera* durante El Niño 1997-1998 en lá Bahía de Pucusana (pp. 331-350). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4609.4248

Marincovich, L. (1973). Intertidal Mollusks of Iquique, Chile. INTERTIDAL MOLLUSKS OF IQUIQUE, CHILE.

Miller, R. J., Lafferty, K. D., Lamy, T., Kui, L., Rassweiler, A., & Reed, D. C. (2018). Giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, increases faunal diversity through physical engineering. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285(1874), 20172571. https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2571

Morris, R. L., Graham, T. D. J., Kelvin, J., Ghisalberti, M., & Swearer, S. E. (2020). Kelp beds as coastal protection: Wave attenuation of *Ecklonia radiata* in a shallow coastal bay. Annals of Botany, 125(2), 235-246. https://doi.org/10.1093/aob/mcz127

Moscoso, V. (2013). Clave para identificación de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Lima. https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/2194

Murúa, P., Edrada-Ebel, R., Muñoz, L., Soldatou, S., Legrave, N., Müller, D. G., Patiño, D. J., van West, P., Küpper, F. C., Westermeier, R., Ebel, R., & Peters, A. F. (2020).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Morphological, genotypic and metabolomic signatures confirm interfamilial hybridization between the ubiquitous kelps *Macrocystis* (Arthrothamnaceae) and *Lessonia* (Lessoniaceae). Scientific Reports, 10(1), Article 1. https://doi.org/10.1038/s41598-020-65137-3

Murúa, P., Müller, D. G., Patiño, D. J., & Westermeier, R. (2017). Giant kelp vegetative propagation: Adventitious holdfast elements rejuvenate senescent individuals of the *Macrocystis pyrifera* "*integrifolia*" ecomorph. Journal of Phycology, 53(1), 230-234. https://doi.org/10.1111/jpy.12493

Orland, C., Queirós, A. M., Spicer, J. I., McNeill, C. L., Higgins, S., Goldworthy, S., Zananiri, T., Archer, L., & Widdicombe, S. (2016). Application of computer-aided tomography techniques to visualize kelp holdfast structure reveals the importance of habitat complexity for supporting marine biodiversity. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 477, 47-56. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2016.01.003

R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Ríos, C., Arntz, W. E., Gerdes, D., Mutschke, E., & Montiel, A. (2007). Spatial and temporal variability of the benthic assemblages associated to the holdfasts of the kelp *Macrocystis pyrifera* in the Straits of Magellan, Chile. Polar Biology, 31(1), 89-100. https://doi.org/10.1007/s00300-007-0337-4

Ronowicz, M., Kukliński, P., & Włodarska-Kowalczuk, M. (2018). Diversity of kelp holdfast-associated fauna in an Arctic fjord—Inconsistent responses to glacial mineral sedimentation across different taxa. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 205, 100-109. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.01.024

Teagle, H., Hawkins, S. J., Moore, P. J., & Smale, D. A. (2017). The role of kelp species as biogenic habitat formers in coastal marine ecosystems. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 492, 81-98. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.01.017

Teagle, H., Moore, P. J., Jenkins, H., & Smale, D. A. (2018). Spatial variability in the diversity and structure of faunal assemblages associated with kelp holdfasts (*Laminaria hyperborea*) in the northeast Atlantic. PLOS ONE, 13(7), e0200411. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200411

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Torres, A. C., Veiga, P., Rubal, M., & Sousa-Pinto, I. (2015). The role of annual macroalgal morphology in driving its epifaunal assemblages. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 464, 96-106. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.12.016

Vásquez, J., & Santelices, B. (1984). Comunidades de macroinvertebrados en discos adhesivos de *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta) en Chile central. Revista Chilena de Historia Natural, 57, 131-154.

Vega, J. M. A. (2016). Fauna asociada a discos de adhesión del complejo *Lessonia nigrescens*: ¿Es un indicador de integridad ecológica en praderas explotadas de huiro negro, en el norte de Chile? Latin american journal of aquatic research, 44(3), 623-637.

Velasco-Charpentier, C., Pizarro-Mora, F., Navarro, N. P., & Valdivia, N. (2021). Disentangling the links between habitat complexity and biodiversity in a kelp-dominated subantarctic community. Ecology and Evolution, 11(3), 1214-1224. https://doi.org/10.1002/ece3.7100

Villouta, E., & Santelices, B. (1984). Estructura de la comunidad submareal de *Lessonia* (phaeophyta, laminariales) en chile norte y central. Revista Chilena de Historia Natural, 57, 111-112.

Winkler, N. S., Pérez-Matus, A., Villena, Á. A., & Thiel, M. (2017). Seasonal variation in epifaunal communities associated with giant kelp (*Macrocystis pyrifera*) at an upwelling-dominated site. Austral Ecology, 42(2), 132-144. https://doi.org/10.1111/aec.12407

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

TABLAS Y FIGURAS

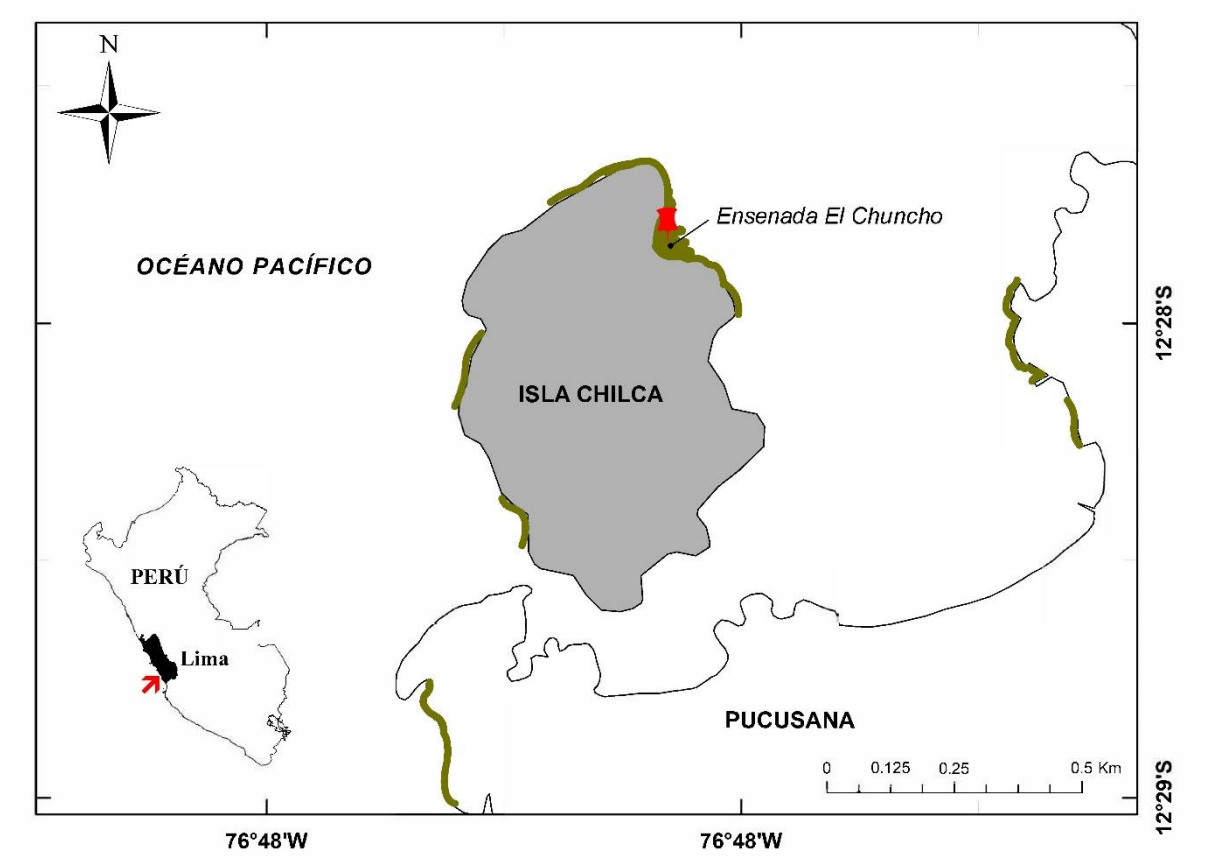


FIGURA 1. Ubicación de los transectos evaluados dentro de la ensenada El Chuncho (símbolo rojo). Las franjas verde-olivo indican la distribución submareal de bosques de *Macrocystis pyrifera* en la Bahía de Pucusana basada en reportes previos y observaciones personales de los autores (JEF-D y BM). / Location of the studied transects in El Chuncho cove (red symbol). Olive-green bands indicate the subtidal distribution of *Macrocystis pyrifera* kelp forests in Pucusana Bay, based on previous reports and personal observations of the authors (JEF-D and BM).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

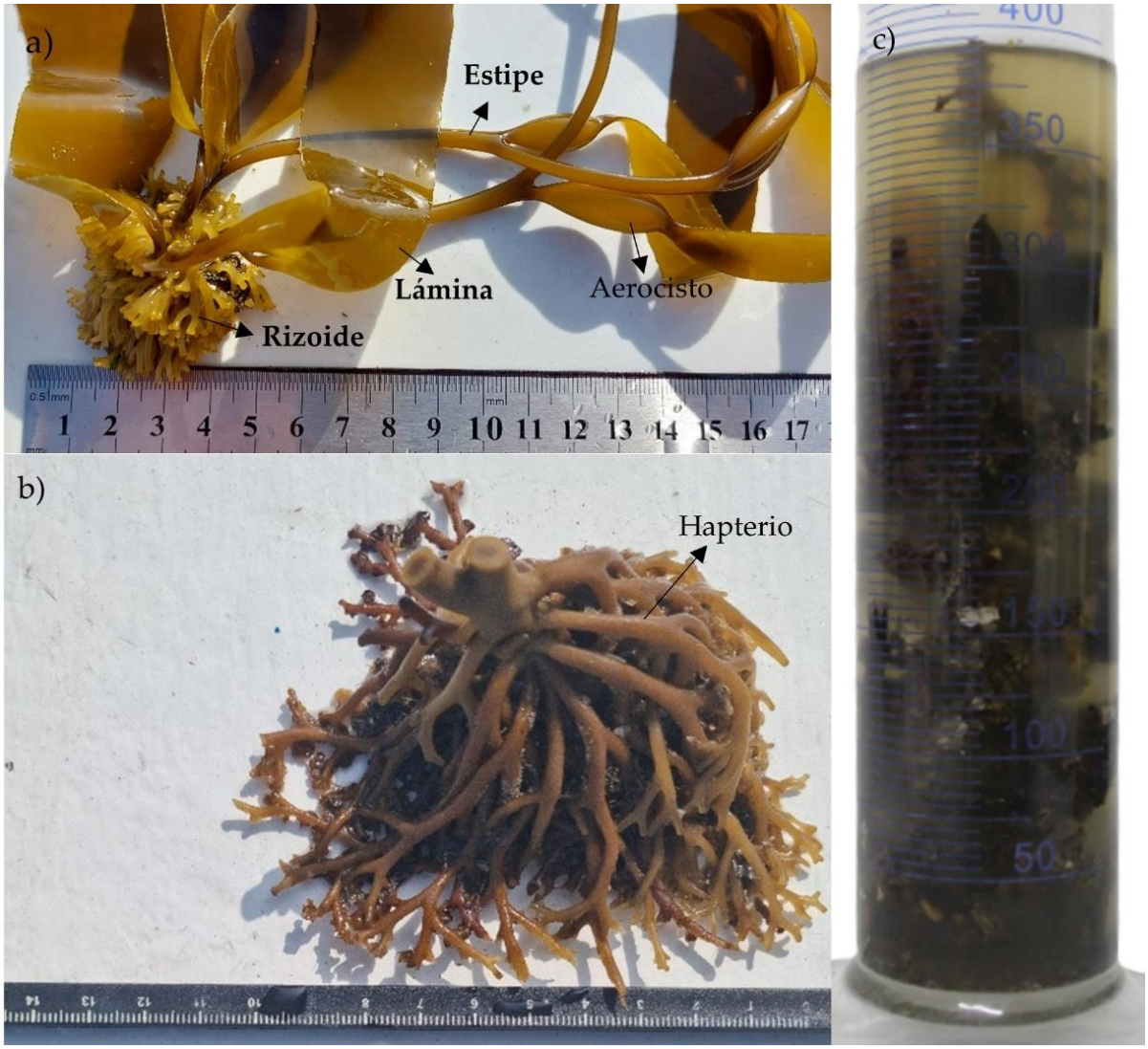


FIGURA 2. Morfometría de *Macrocystis pyrifera*. A) Secciones de un esporófito adulto resaltadas en negrita; b) medición del diámetro máximo del rizoide conformado por hapterios; y c) cálculo del volumen (V) del rizoide. / Morphometry of *M. pyrifera*. A) Sections of an adult sporophyte, in bold; b) measurement of the maximum diameter of the holdfast formed by root-like haptera; and d) calculation of holdfast volume (V).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

TABLA 1. Listado taxonómico de macroinvertebrados asociados a rizoides de *Macrocystis pyrifera* (*n*=11) en la ensenada El Chuncho, Bahía Pucusana, incluyendo la clasificación según grado de motilidad; móvil (M) o sésil (S) de los taxa. La abundancia se expresa como el número de individuos por cada taxón, mientras que la frecuencia registra el número de rizoides en los que cada taxón fue encontrado. / Taxonomic list of macroinvertebrates associated to *Macrocystis pyrifera* holdfasts (*n*=11) from El Chuncho cove, Pucusana Bay. Species and higher taxa were classified based on their motility; motile (M) or sessile (S). Abundance is represented as the total number of individuals per taxa, while frequency is the number of holdfasts in which each species was found.

Clase	Especies y otros taxa	Motilidad	Abundancia	Frecuencia
Polyplacophora	*Acanthopleura echinata* (Barnes, 1824)	M	1	1
	Tonicia chilensis (Frembly, 1827)	M	1	1
Gastropoda	*Alia unifasciata* (GB Sowerby I, 1832)	M	7	3
	Crepipatella dilatata (Lamarck, 1822)	S	39	8
	Eulithidium macleani (Marincovich, 1973)	M	1	1
	Fissurella latimarginata (GB Sowerby I, 1835)	M	2	1
	*Iselica carotica (*Marincovich, 1973)	M	3	1
	Nassarius dentifer (Powys, 1835)	M	1	1
	Nassarius gayii (Kiener, 1834)	M	6	2
	Tegula luctuosa (d'Orbigny, 1841)	M	3	2
	Tegula euryomphala (Jonas, 1844)	M	8	4
	Xanthochorus buxeus (Broderip, 1833)	M	1	1
Bivalvia	*Carditella tegulata* (Reeve, 1843)	S	19	5
	Brachidontes granulatus (Hanley, 1843)	S	2	2
	Hiatella arctica (Linnaeus, 1767)	S	9	7
	Kellia sp. (W. Turton, 1822)	S	2	2
	Semimytilus patagonicus (Hanley, 1843)	S	66	7

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Thecostraca	*Balanus laevis* Bruguiére, 1789	S	34	4
Malacostraca	*Alpheus chilensis* (Coutière en Lenz, 1902)	S	3	3
	Alpheus inca (Wicksten y Méndez G., 1981)	M	2	2
	Acantholobulus mirafloresensis (Abele y W. Kim, 1989)	M	5	2
	Amphilochoides sp. (GO Sars, 1892)	M	26	4
	Caprella scaura (Templeton, 1836)	M	2	2
	Ericthonius sp.1 (H. Milne Edwards, 1830)	M	51	6
	Ericthonius sp. 2 (H. Milne Edwards, 1830)	M	290	5
	Pilumnoides perlatus (Poeppig, 1836)	M	45	8
	Pagurus edwardsii (Dana, 1852)	M	2	2
	Parapleustes sp. (Buchholz, 1874)	M	44	6
	Pachycheles crinimanus (Haig, 1960)	M	38	7
	Stenetriidae (Hansen, 1905)	M	12	3
Ostracoda	Ostracoda (Latreille, 1802)	M	41	5
Pycnogonida	Pycnogonida (Latreille, 1810)	M	3	1
Echinoidea	*Tetrapygus niger* (Molina, 1782)	M	1	1
Ophiuroidea	*Ophiactis kroeyeri* Lütken, 1856	M	478	11
Gymnolaemata	*Bugula neritina* (Linnaeus, 1758)	S	19	7
	Cheilostomatida (Busk, 1852)	S	3	2
Ascidiacea	*Pyura chilensis* (Molina, 1782)	S	14	4
Lingulata	*Discinisca lamellosa* (Broderip, 1833)	S	2	2
Polychaeta	*Boccardia* sp. (Carazzi, 1893)	M	2	2
	Hydroides chilensis (Hartmann-Schröder, 1962)	S	6	2
	Halosydna johnsoni (Darboux, 1899)	M	19	7
	Harmothoe sp. (Kinberg, 1856)	M	9	4
	Halosydna sp. (Kinberg, 1856)	M	15	3
	Scoletoma tetraura (Schmarda, 1861)	M	46	5
	Naineris sp. (Blainville, 1828)	M	8	2

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

	Nereis callaona (Grube, 1857)	M	11	6
	Phragmatopoma virgini (Kinberg, 1866)	S	120	9
	Pseudobranchiomma sp. Jones, 1962)	M	3	3
	Phymactis papillosa (Lesson, 1830)	S	15	4
	Pterocirrus sp. (Claparède, 1868)	M	1	1
	Phyllodoce sp. (Lamarck, 1818)	M	4	2
	Pherusa chilensis (Schmarda, 1861)	M	1	1
	Syllis anops (Ehlers, 1897)	M	35	5
	Syllis sp.1 (Lamarck, 1818)	M	2	2
	Syllidia sp.1 (Quatrefages, 1865)	M	2	2
	Syllidia sp.2 (Quatrefages, 1865)	M	4	2
	Sylidia sp.3 (Quatrefages, 1865)	M	1	1
	Sige brunnea (Fauchald, 1972)	S	4	1
	Thelepus sp. Leuckart, 1849	M	1	1
Anthozoa	*Anthothoe chilensis* (Lesson, 1830)	S	3	1
	Phymactis clematis (Drayton en Dana, 1846)	S	13	4
Nematoda	Nematoda	M	1	1
Porifera	Porifera (Grant, 1836)	S	2	2
Total		-	**1614**	-

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

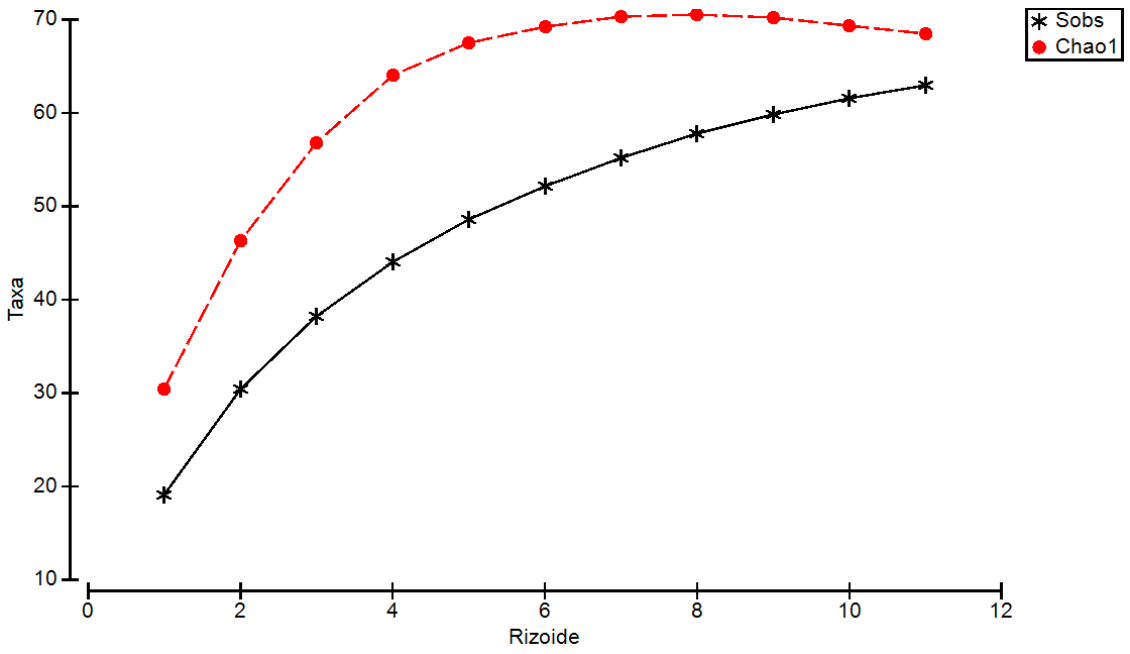


FIGURA 3. Curva de acumulación de taxa observados (S_{obs}, 63 taxa) y estimados (S_{est}, 70 taxa) mediante el método de estimación no paramétrica de riqueza asintótica *Chao1*. Número de rizoides en el eje horizontal y taxa en el eje vertical. / Rarefaction curves for the observed (S_{obs}, 63 taxa) and estimated taxonomic richness (S_{est}, 70 taxa) using the nonparametric species richness estimator *Chao1*. Number of holdfasts and taxonomic richness in horizontal and vertical axes, respectively.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

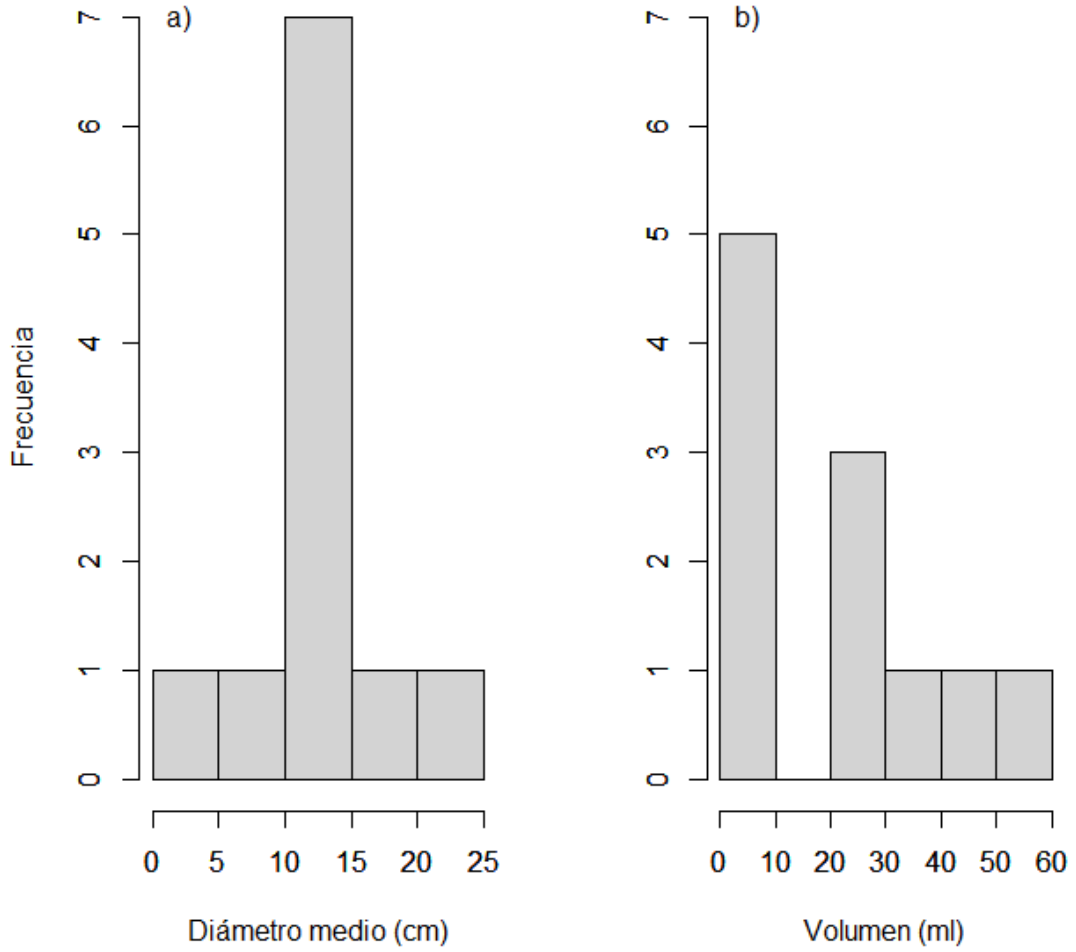


FIGURA 4. Histograma de frecuencias según a) diámetro medio (Ø, cm) y b) volumen (V, ml) de rizoides de *Macrocystis pyrifera*. / Histograms according to a) average diameter (Ø, cm) and b) volume (V, ml) of *Macrocystis pyrifera* holdfasts.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

TABLA 2. Diámetro medio (Ø) y volumen (V) de los rizoides de *Macrocystis pyrifera*. S: riqueza taxonómica; N: abundancia de organismos; J´: equidad de Pielou; H´: índice de diversidad de Shannon-Wiener. / Average diameter (Ø) and volume (V) of the holdfasts of *Macrocystis pyrifera*. S: taxonomic richness; N: abundance; J': Pielou's evenness; H': Shannon-Wiener diversity.

				Índice	
Ø (cm)	**V (ml)**	**S**	**N**	**J'**	**H'**
4,6	8	7	37	0,69	1,35
10	40	21	170	0,65	1,97
10,3	30	30	267	0,69	2,34
11,5	9	17	98	0,73	2,08
11,6	8	10	45	0,84	1,92
12,5	10	10	52	0,73	1,68
13	25	19	256	0,69	2,05
13,3	60	37	302	0,72	2,59
14,5	7	12	38	0,77	1,90
17,8	26	13	71	0,76	1,94
25	45	33	278	0,74	2,58

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

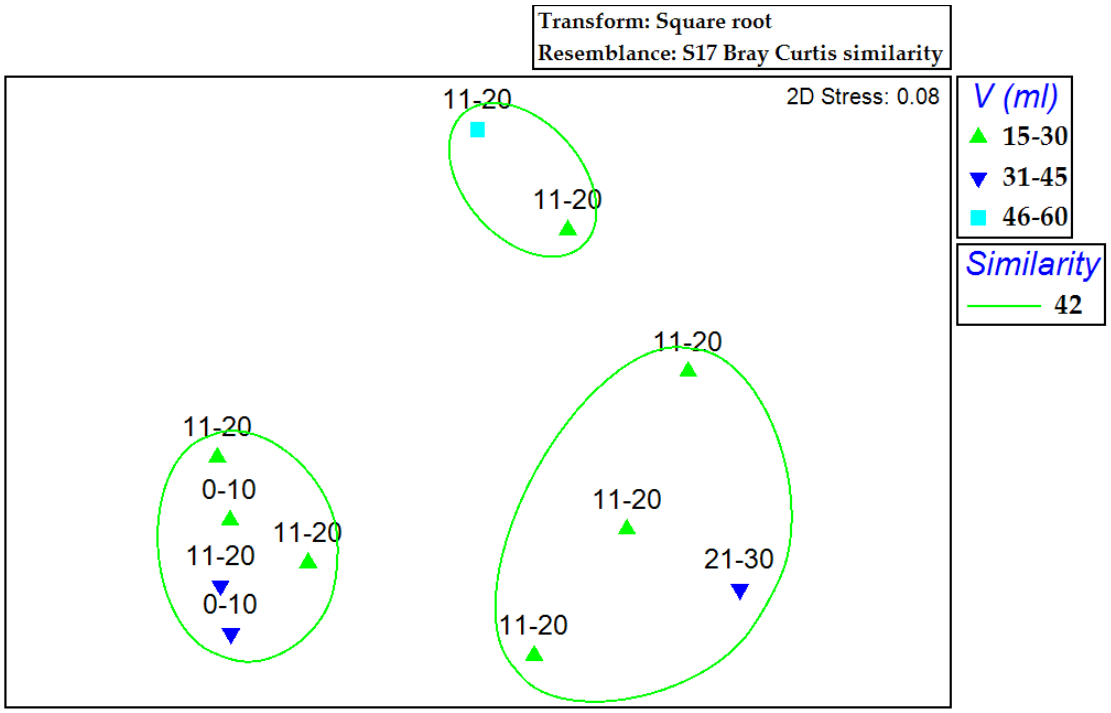


FIGURA 5. Escalamiento multidimensional (nMDS) según volúmenes (V, símbolos) y diámetros medios (Ø, números) de los rizoides, utilizando la disimilitud de Bray-Curtis como medida de distanciamiento entre la composición de macroinvertebrados. Categorías según diámetros medios (cm): [0–10], [11–20], [21–30] y volúmenes (ml) [15–30], [31–45], [46–60]. Datos transformados a la raíz cuadrada. 2D stress=0.08. / Nonmetric multidimensional scaling (nMDS) showing the dispersion according to holdfast volumes (V, symbols) and average diameters (Ø, numbers) using Bray-Curtis dissimilarity as a distance measure. Categories are based on average diameters (cm): [0–5], [0–10], [11–20], [21–30], and volumes (ml) [15–30], [31–45], [46–60]. Data were square-root transformed. 2D stress = 0.08.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

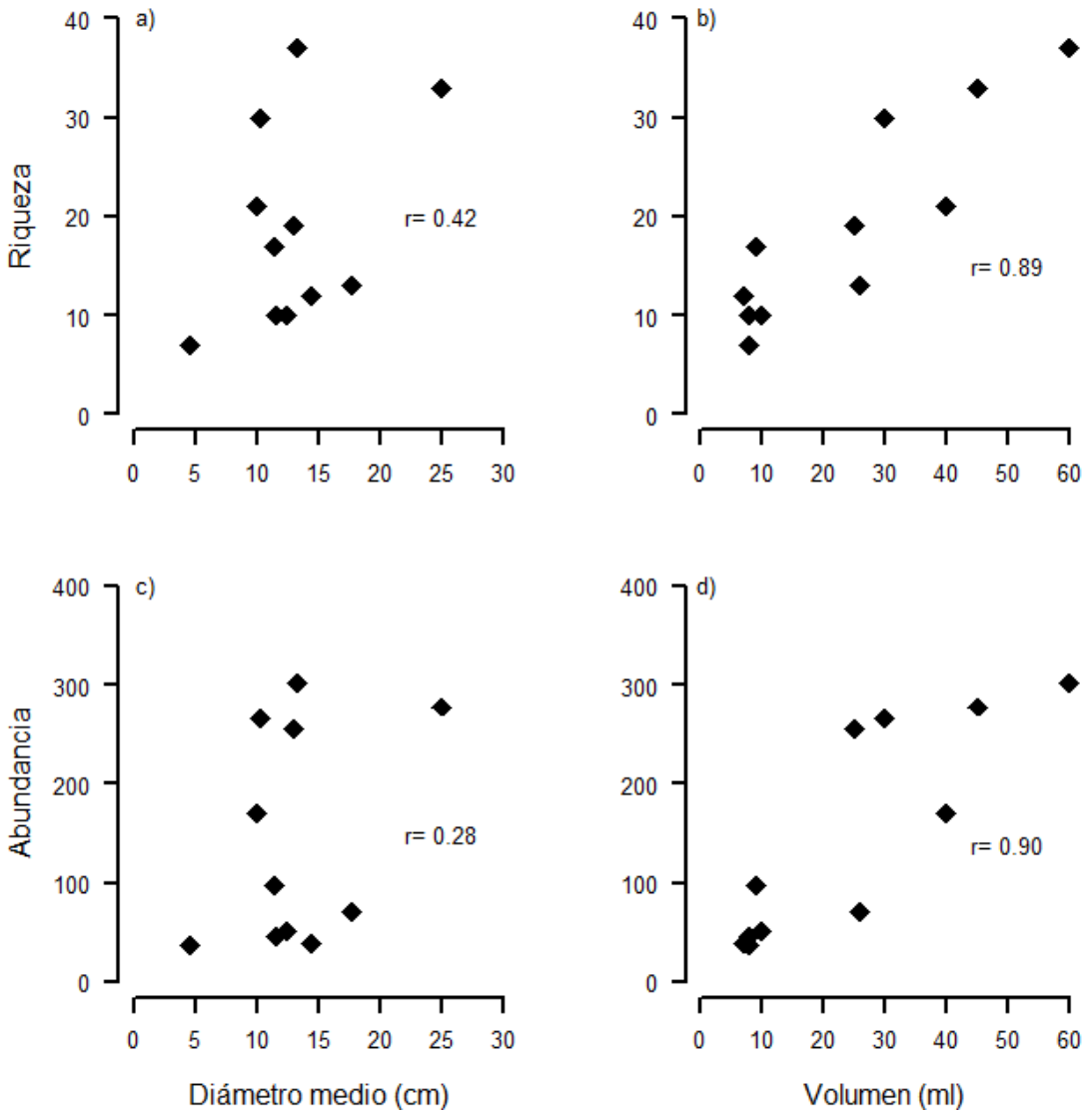
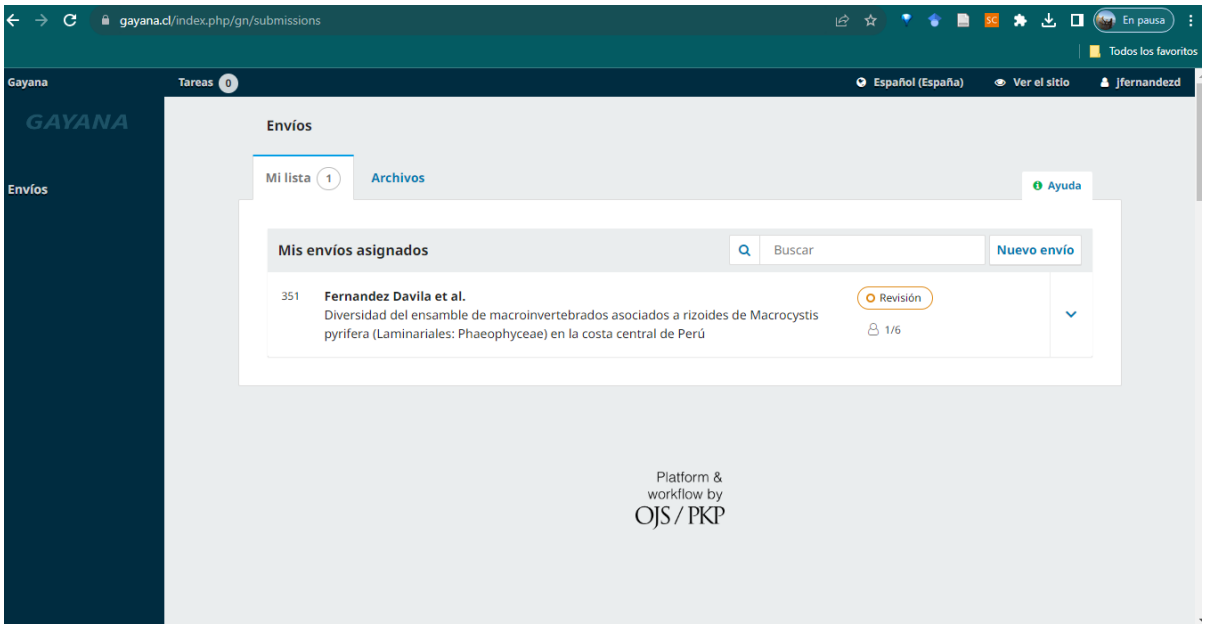


FIGURA 6. Relaciones entre parámetros del ensamble de macroinvertebrados y las variables morfométricas de los rizoides de *M. pyrifera*. a) Diámetro medio y riqueza taxonómica (r=0,42, p>0,19), b) volumen y riqueza (r =0,89, p<0,0002), c) diámetro medio y abundancia (r = 0,28, p>0,31); y d) volumen y abundancia (r = 0,90, p<0,0010). El volumen del rizoide es la mejor variable predictiva de los principales indicadores biológicos (b y d, ambas estadísticamente significativas). / Relations between ecological indicators and holdfast morphometrical variables. a) Average diameter and taxonomic richness (r = 0.42, p>0.19), b) volume and richness (r = 0.89, p<0.0002), c) diameter and abundance (r = 0.28, p>0.31); and volume and abundance (r = 0.90, p<0.0010). Holdfast volume is the best predictive variable of ecological indicators (b and d, both statistically significant).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

REVISTA: GAYANA

LINK: https://gayana.cl/index.php/gn/submissions



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 077-DACBM-DAFCVB-U. CIENTÍFICA-2022

Lima, 26 de octubre del 2022

Visto el proyecto de tesis presentado por el estudiante de la Carrera de Biología Marina, se expide la presente Resolución:

CONSIDERANDO:

- Que, para optar el título profesional en Biología Marina, de la Carrera de Biología Marina de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas de la Universidad Científica del Sur, es necesario la realización y sustentación de una tesis.
- Que, el Reglamento de Tesis pertinente, dispone que el Proyecto de Tesis debe ser presentado a la Carrera de acuerdo con el perfil aprobado, el cual debe ser dictaminado por el Comité de Investigación.
- Que, el estudiante ha cumplido con presentar su proyecto de tesis, bajo la asesoría de sus asesores.
- Que la Comisión de Grados y Títulos de la Dirección ha emitido una evaluación favorable y recomienda la inscripción del proyecto citado.
- Que, se emitió la Resolución Directoral Académica N.º 061-DACBM-DAFCVB-U. CIENTÍFICA-2019 el 19 de diciembre del 2019, aprobando el trabajo de Investigación de nombre **"Comunidades de Macroinvertebrados marinos en discos de adhesión de *Macrocystis pyrifera* (Laminariales: Phaeophyceae) de la bahía de Pucusana"**
- Que, el estudiante se acogió al Bachillerato Automático, por ello solicitó la convalidación de su trabajo de investigación como tesis para obtener el Título Profesional de Biólogo Marino.

Se expide la resolución:

Estudiante:	**Juan Eduar Fernández Dávila**
Título:	Macroinvertebrados en discos de adhesión de *Macrocystis pyrifera* (Laminariales: Phaeophyceae) de la costa central de Perú
N° Registro:	N°680-2019-PRE5
Asesor:	Blog. Aldo Gonzalo Indacochea Mejia

Estando a lo dispuesto por el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Científica del Sur, el Reglamento de Tesis de la Carrera y a las normas vigentes, en uso de las atribuciones conferidas a la Carrera,

SE RESUELVE:

1º **APROBAR** el mencionado Proyecto de Tesis para optar el título profesional en Biología Marina.

2° Declarar al estudiante expedito para la realización del Proyecto de Tesis aprobado.

3° Nombrar al docente mencionado como Asesor del Proyecto de Tesis que realizará el estudiante.

4º Disponer la inscripción del proyecto de tesis aprobado en el Registro de Tesis para optar el Título Profesional de la Carrera de Biología Marina de la CIENTÍFICA.

5° Dejar sin efecto la Resolución Directoral Académica N.º 061-DACBM-DAFCVB-U. CIENTÍFICA-2019 el 19 de diciembre del 2019

Regístrese, comuníquese y archívese.



MG. NATHALY MARINA VARGAS LOPEZ
DIRECTORA ACADÉMICA
CARRERA BIOLOGÍA MARINA