

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS  
DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi*  
DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ”**

Presentada por:

**SAMUEL JOSE ARBAIZA QUISPE**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGO**

Lima – Perú

**2021**

---

**La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS  
DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi*  
DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ”**

Presentada por:

**SAMUEL JOSE ARBAIZA QUISPE**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGO**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

---

Ph.D. Viviana Patricia Castro Cepero  
PRESIDENTE

---

Dra. Claudia Cecilia Caro Vera  
MIEMBRO

---

Mg. Aldo Humberto Ceroni Stuva  
MIEMBRO

---

Dra. Patricia Liliana Gil-Kodaka  
ASESORA

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, a todos mis colegas, profesores y amigos que día a día trabajan incansablemente para el desarrollo de nuestro país y conservación de la biodiversidad marina.

## AGRADECIMIENTOS

Es difícil imaginar cómo hubiera podido concluir este trabajo sin el apoyo de muchas personas las cuales de alguna u otra forma, ya sea con palabras de aliento, apoyo profesional y/o asistencia de campo, contribuyeron a su desarrollo. Espero que la vida me dé la oportunidad para poder responder a tanto cariño y confianza.

Quiero agradecer en primer lugar a toda mi familia, la que estuvo siempre conmigo brindándome su apoyo incondicional y en especial a Lucerito, mi hermana y ahora colega con la cual siempre sentiré el más grande orgullo y motivación.

En segundo lugar, quisiera brindar un especial agradecimiento a dos profesionales que me han enseñado mucho de la vida inculcándome siempre la importancia de cerrar esta etapa de mi carrera profesional y por los cuales siento la mayor estima y admiración: A mi asesora, la Dra. Patricia Gil-Kodaka, quien, con su esfuerzo, dedicación y experiencia, me brindó apoyo incondicional a lo largo de todo el proyecto sin el cual, dudo mucho haber podido finalizar y al Dr. Víctor Juan Meza Contreras, el cual con su ejemplo de vida y perseverancia supo animarme constantemente para terminar esta investigación.

Quiero hacer extensivo mi agradecimiento a mis colegas del Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos (LICMA) de la Universidad Científica del Sur comenzando por el jefe, el Blgo. Paul Baltazar Guerrero quien me brindó todas las facilidades logísticas para el desarrollo experimental de la presente investigación. A todos mis antiguos colegas (2019): Luchito, Steph, Willian "el chato", Malu y Stefano "la estefy", por apoyarme en el desarrollo y análisis de muestras y por brindarme todos esos momentos de camaradería y amistad que me permitieron conducir esta investigación súper renovado. Así mismo, a los nuevos colegas del LICMA (2020): Arturito, Diocelina "buchisapa", Jasmin "reptil" y a la "señorita de la sonrisa discreta" (Gabriela), por enseñarme lo valioso que es trabajar en equipo y sobrellevar los difíciles días de cuarentena como una familia (Año COVID)

Finalmente, quiero agradecer a mis colegas, amigos y socios Francisco Díaz y Jorge Morales los cuales, a pesar de la distancia, me dejan en claro que puedo contar con su apoyo y conocimiento. No sé hasta qué punto hubiera podido llegar sin su consejo y noble enseñanza. ¡Gracias totales!

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	3
2.1. Distribución, hábitat y morfología de la especie .....	3
2.2. Ciclos de vida y reproducción .....	5
2.3. Aspectos ecológicos de <i>C. chamissoi</i> .....	8
2.4. Actividad extractiva y su impacto en el ecosistema .....	9
2.5. Características reproductivas y potencial reproductivo. ....	10
III. METODOLOGÍA .....	12
3.1. Área de estudio .....	12
3.2. Determinación de la distribución y biomasa de <i>C. chamissoi</i> .....	14
3.3. Cálculo del potencial reproductivo (PR).....	17
3.4. Análisis estadístico.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	19
4.1. Resultados .....	19
4.1.1. Distribución y biomasa de fases reproductivas de <i>C. chamissoi</i> .....	19
4.1.2. Proporción de fases reproductivas de <i>C. chamissoi</i> .....	23
4.1.3. Potencial reproductivo (PR) .....	25
4.2. Discusiones.....	33
V. CONCLUSIONES .....	39
VI. RECOMENDACIONES .....	40
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	41
VIII. ANEXOS .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación del área de estudio en Playa Mendieta.....	14
Tabla 2. Ubicación geográfica y descripción de los transectos evaluados .....	16
Tabla 3. Valores de densidad (Kg/m <sup>2</sup> ) de <i>C. chamissoi</i> según intervalo de profundidad.....	20
Tabla 4. Valores de densidad (Kg/m <sup>2</sup> ) de las 3 fases reproductivas de <i>C. chamissoi</i> con respecto a la profundidad. ....	21
Tabla 5. Valores de densidad promedio de <i>C. chamissoi</i> (Kg/m <sup>2</sup> ) según la fase reproductiva y el gradiente de profundidad en el área de estudio de playa Mendieta.....	24
Tabla 6. Potencial reproductivo individual (PRi) de especímenes cistocárpicos y tetraspóricos en playa Mendieta. ....	26
Tabla 7. Potencial reproductivo poblacional (PRp) de especímenes cistocárpicos y tetraspóricos en el área de estudio de 50 000 m <sup>2</sup> en playa Mendieta. ....	27
Tabla 8. Valores totales de Biomasa (Kg) y Potencial reproductivo poblacional de las fases reproductivas de <i>C. chamissoi</i> en el área de estudio de 50 Ha en playa Mendieta. ....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plasticidad morfológica (forma y tamaño) de <i>Chondracanthus chamissoi</i> provenientes de la pradera submareal de playa Mendieta.....	4
Figura 2. Ciclo de vida trifásico e isomórfico de <i>C. chamissoi</i> .....	6
Figura 3. Fases del ciclo de vida de <i>C. chamissoi</i> .....	7
Figura 4. Rol ecológico de <i>Chondracanthus chamissoi</i> en playa Mendieta... ..	8
Figura 5. Ubicación de playa Mendieta en la Provincia de Pisco .....	12
Figura 6. Morfología costera de playa Mendieta.....	13
Figura 7. Vista panorámica de la morfología costera de playa Mendieta.....	13
Figura 8. Área de estudio determinada en base a su importancia para la actividad extractiva .....	14
Figura 9. Ubicación y distribución de los transectos a lo largo del área de estudio .....	15
Figura 10. Distribución de la densidad (Kg/m <sup>2</sup> ) de las 3 fases reproductivas de <i>Chondracanthus chamissoi</i> según el gradiente de profundidad en el área de estudio en playa Mendieta .....	19
Figura 11. Distribución de la densidad total (DT) (Kg/m <sup>2</sup> ) de <i>Chondracanthus chamissoi</i> en el área de estudio.....	20
Figura 12. Distribución de la densidad de individuos en fase vegetativa (DV) (Kg/m <sup>2</sup> ) de <i>Chondracanthus chamissoi</i> en el área de estudio en playa Mendieta. ....	22
Figura 13. Distribución de la densidad de individuos en fase carposporofítica (DCis) (Kg/m <sup>2</sup> ) de <i>Chondracanthus chamissoi</i> en el área de estudio en playa Mendieta.....	22
Figura 14. Distribución de la densidad de individuos en fase tetrasporofítica (DTet) (Kg/m <sup>2</sup> ) de <i>Chondracanthus chamissoi</i> en el área de estudio en playa Mendieta.....	23
Figura 15. Proporción de fases reproductivas de <i>C. chamissoi</i> según el gradiente de profundidad evaluado .....	24

Figura 16. Valores de densidad promedio (Kg/m <sup>2</sup> ) de las 3 fases reproductivas de <i>Chondracanthus chamissoi</i> a lo largo del gradiente de profundidad en playa de Mendieta. ....	24
Figura 17. Individuos cistocárpicos evaluados para determinar el potencial reproductivo individual (PRi). ....	29
Figura 18. Trozos de los individuos cistocárpicos para determinar el número de estructuras reproductivas (cistocarpos) por gramo. ....	30
Figura 19. Individuos tetraspóricos evaluados para determinar el potencial reproductivo individual (PRi).. ....	31
Figura 20. Trozos de los individuos tetraspóricos para determinar el número de estructuras reproductivas (tetrasporangios) por gramo.. ....	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Modelo de encuestas realizadas a miembros de COTRAPALMAR.....	52
<b>Anexo 2.</b> Pruebas estadísticas desarrolladas para las variables del estudio.....	54

## RESUMEN

*Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing es una macroalga roja de importancia ecológica, social y económica debido a su utilización para consumo humano directo (CHD) y como materia prima para la extracción de carragenano. Debido a ello, se realizó una caracterización reproductiva y se evaluó su potencial reproductivo en una pradera submareal de Playa Mendieta (14° 3.138'S, 76° 15.815'W) con el objetivo de generar información que permita tomar decisiones para la gestión del recurso. Para ello, se realizaron muestreos destructivos utilizando un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup> que fue lanzado aleatoriamente a lo largo de 10 transectos perpendiculares a la línea de costa. Se extrajeron 492 muestras en total. En el laboratorio, las muestras fueron separadas y pesadas según su fase reproductiva y se calculó el potencial reproductivo del individuo (PRi) y potencial reproductivo poblacional (PRp). Los resultados evidenciaron una predominancia de la fase tetrasporofítica en playa Mendieta con una densidad promedio que aumenta según el gradiente de profundidad con 0.021 ± 0.033 Kg.m<sup>-2</sup> (2 – 3 metros), 0.366 ± 0.306 Kg.m<sup>-2</sup> (3 – 4 metros), 0.739 ± 0.396 Kg.m<sup>-2</sup> (4 – 5 metros) y 0.941 ± 0.443 Kg.m<sup>-2</sup> (5 – 5.5 metros). Por otro lado, el valor del PRi fue significativamente mayor en los individuos carposporofíticos que en los individuos tetrasporofíticos con 215,965,422.7 ± 140,322,669.5 carpósporas/individuo a diferencia de las 153,419,057.5 ± 142,693,418.9 tetrásporas/individuo respectivamente (p < 0.05). Sin embargo, el PRp fue significativamente mayor para los individuos tetrasporofíticos con 5.6 x 10<sup>15</sup> tetrásporas/50 Ha que lo obtenido para los individuos carposporofíticos con 4.7 x 10<sup>15</sup> carpósporas/50 Ha (p < 0.05). Los resultados sugieren la importancia de la fase carposporofítica en el mantenimiento de la pradera de Mendieta, por lo cual se sugiere implementar una actividad extractiva selectiva evitando su extracción del medio.

**Palabras clave:** *Chondracanthus chamissoi*, yuyo, potencial reproductivo, fases reproductivas, Mendieta.

## ABSTRACT

*Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing is a red macroalgae of ecological, social and economic importance due to its use for direct human consumption (DHC) and as a raw material for carrageenan extraction. Due to this, a reproductive characterization was carried out and its reproductive potential was evaluated in subtidal meadow of Mendieta beach (14° 3.138'S, 76° 15.815'W) in order to generate information that allows making decisions for the resource management. To do this, destructive samplings were carried out using a quadrant of 0.25 m<sup>2</sup> that was randomly launched along 10 perpendicular transects to the coastline. A total of 492 samples were drawn. In the laboratory, the samples were separated and weighed according to their reproductive phase and the individual's reproductive potential (PRi) and population's reproductive potential (PRp) were calculated. The results showed a predominance of tetrasporophytic phase in Mendieta beach with an average density that increase according to the depth gradient with  $.021 \pm 0.033 \text{ Kg.m}^{-2}$  (2 – 3 meters),  $0.366 \pm 0.306 \text{ Kg.m}^{-2}$  (3 – 4 meters),  $0.739 \pm 0.396 \text{ Kg.m}^{-2}$  (4 – 5 meters) y  $0.941 \pm 0.443 \text{ Kg.m}^{-2}$  (5 – 5.5 meters). On the other hand, PRi value was significantly higher in carposporophytic individuals than in tetrasporophytic individuals with  $215,965,422.7 \pm 140,322,669.5$  carpospores/individual as opposed to  $153,419,057.5 \pm 142,693,418.9$  tetraspores/individual respectively ( $p < 0.05$ ). However, the PRp was significantly higher for tetrasporophytic individuals with  $.6 \times 10^{15}$  tetraspores/50 Ha than that obtained for carposporophytic individuals with  $4.7 \times 10^{15}$  carpospores/50 Ha ( $p < 0.05$ ). The results suggest the importance of carposporophytic phase in the maintenance of Mendieta meadow, for which it is suggested to implement a selective extractive activity avoiding its extraction from the medium.

**Keywords:** *Chondracanthus chamissoi*, yuyo, reproductive potential, reproductive phases, Mendieta.

## I. INTRODUCCIÓN

*Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing comúnmente conocido como "yuyo" o "mococho" es una macroalga roja endémica de la costa del Pacífico Sudamericano que se distribuye a lo largo de casi todo el litoral peruano desde Paita (5°04'S) hasta Tacna (Dawson et al., 1964; Ramírez y Santelices, 1991; Calderón et al., 2010). Tiene una importancia ecológica, social y económica dado que es la base de la cadena trófica del ecosistema marino relacionándose directa o indirectamente con diversos organismos (Pariona y Gil-Kodaka, 2011; Otaíza y Cáceres, 2015). Además, sustenta una actividad económica debido a su importancia comercial para consumo humano directo (CHD) y como materia prima para la extracción de carragenano (Acleto, 1986a, 1869b; Vásquez y Vega, 2001; Riofrío, 2003; Carbajal et al., 2005; Bulboa, 2006; Bulboa, Macchiavello, Oliveira y Fonck, 2005; Bulboa, Macchiavello, Véliz y Oliveira, 2010; Bulboa, Véliz et al., 2013; Flores et al., 2015; Castañeda et al., 2018, Rodríguez et al., 2018, Arbaiza et al., 2019). Sin embargo, debido esta actividad económica, diversas praderas naturales a lo largo de la costa peruana están siendo sobre explotadas con el objetivo de satisfacer la creciente demanda por este recurso.

La actividad extractiva de *C. chamissoi* en la bahía de Pisco se produce durante todo el año, siendo principalmente la temporada de mayor abundancia desde finales de setiembre hasta finales de marzo (primavera y verano). Sin embargo, en los últimos años, su explotación se ha incrementado indiscriminadamente en la bahía, ocasionando su disminución (Deza et al., 2002; Vivanco et al., 2011; Flores et al., 2015; Arbaiza, 2016). Por otro lado, la actividad extractiva solía realizarse a lo largo de casi toda la bahía desde las playas que se encuentran frente al distrito de San Andrés hasta Laguna Grande dentro de la Reserva Nacional de Paracas (RNP). Sin embargo, en la actualidad, debido a la presencia del alga invasiva *Caulerpa filiformis* en la bahía, las áreas de extracción de *C. chamissoi* se han reducido principalmente en algunas playas dentro de la Reserva Nacional de Paracas (RNP) como Punta Ripio, Talpo, Lagunillas, Playón, Mendieta y Laguna Grande (lado sur de la bahía). Mendieta es una playa ubicada en la RNP que tiene una alta presión extractiva a lo largo de todo el año dada la morfología y características particulares de sus individuos (talos erectos muy flexibles y gruesos con abundantes ramas laterales alternas y/o dísticas con una alta

rusticidad) (Arbaiza, 2016; Arbaiza, Gil-Kodaka et al., 2019). Esta presión extractiva es realizada por trabajadores pesqueros artesanales formalizados en cooperativas, entre las cuales destacan "Algas Marinas", "Alto Puno", "Beatita de Humay", "Lobos de Mar", "San Andrés", entre otros. Sin embargo, no existe una coordinación de la actividad extractiva entre los recolectores, ni manejo adecuado de las praderas (rotación de praderas, extracción selectiva de fases reproductivas) que asegure la sostenibilidad de la actividad. Debido a ello, la población de *C. chamissoi* de la playa Mendieta se encuentra constantemente bajo una creciente presión extractiva ocasionando un impacto en el ecosistema marino de esta zona, amenazando la sostenibilidad del recurso.

Otro desafío que enfrenta la extracción de *C. chamissoi* es la carencia de información cuantitativa acerca de los mecanismos de propagación de esta especie (sexual y/o asexual) que influyen en el mantenimiento y/o propagación de sus praderas naturales. Por lo tanto, desarrollar estudios de caracterización reproductiva y conocer como estos mecanismos influyen en la preservación de la especie son un gran paso para entender como los sistemas naturales plantean estrategias de supervivencia las cuales tienen que ser tomadas en cuenta previamente para desarrollar planes de manejo eficientes (Alveal, 2001; Vázquez et al., 2011). Bajo este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo realizar una caracterización reproductiva mediante el análisis del potencial reproductivo e identificación de la abundancia de fases reproductivas de *C. chamissoi* de playa Mendieta en la temporada de mayor actividad extractiva (Julio – Setiembre) con la finalidad de generar información que permita tomar decisiones orientadas a desarrollar un plan de manejo, gestión y/o conservación de esta especie.

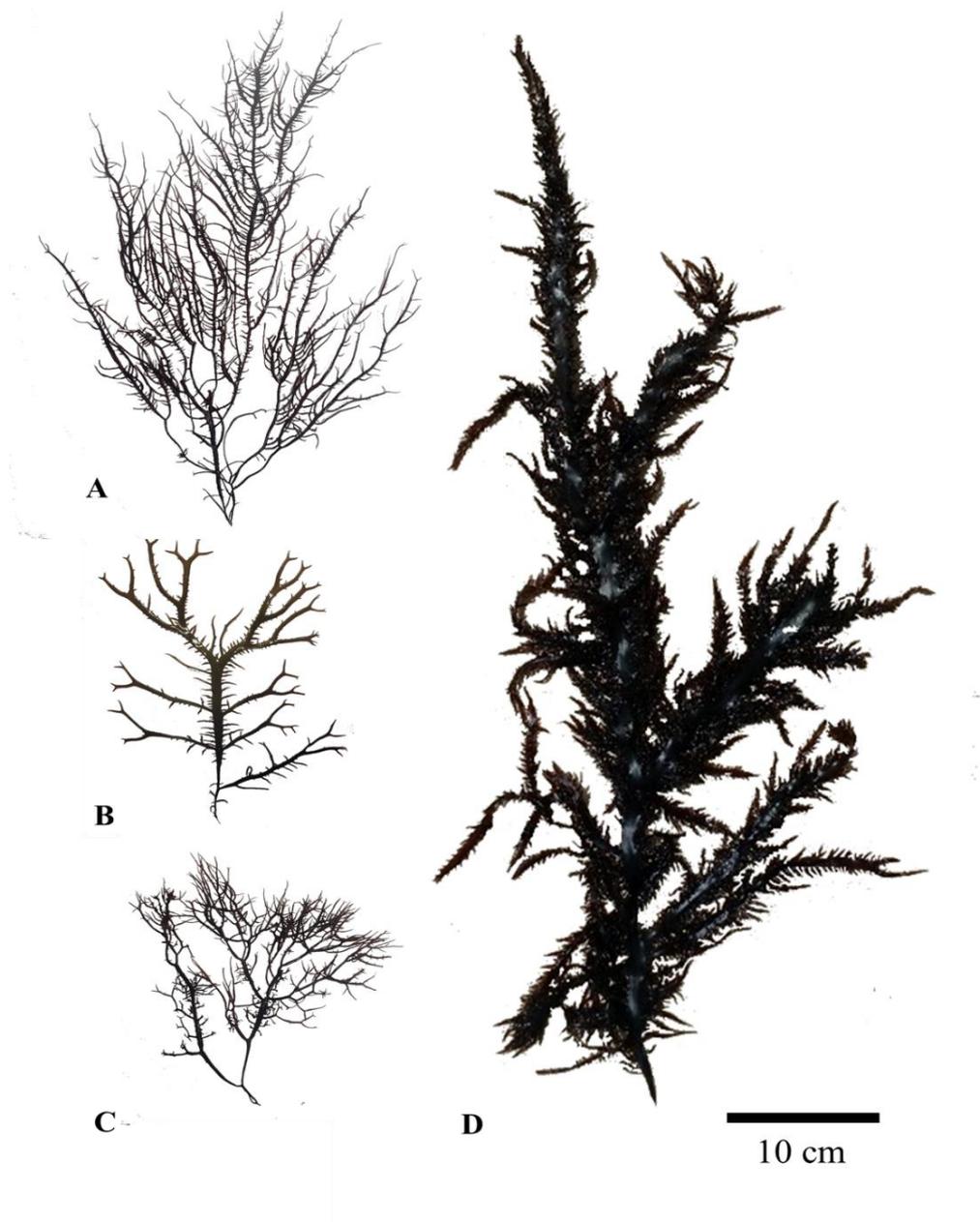
## II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1. Distribución, hábitat y morfología de la especie

*Chondracanthus chamissoi*, conocida comúnmente como "yuyo" o "mococho" es un alga roja de la familia Gigartinaceae, endémica de las costas del Pacífico Templado Sudamericano que se distribuye desde Paita, Perú (5° 04' S, 81° 05' W) hasta Chiloé, Chile (42° 40' S, 73° 55' W) (Dawson et al., 1964; Ramírez y Santelices, 1991; Calderón et al., 2010) y según estudios recientes, se encuentra distribuida además en Corea, Japón y Francia (Yang et al., 2015). Habita en las zonas rocosas del intermareal y submareal hasta los 15 metros de profundidad (Bulboa y Macchiavello, 2001). Su talo es membranoso y flexible con un tamaño que varía entre los 6 y 50 cm de alto según la literatura (Dawson et al., 1964; Acleto 1986b; Calderón et al., 2010). Sin embargo, estudios prospectivos previos realizados a praderas submareales (3 - 4 m) de playa Mendieta en el año 2017, han evidenciado la existencia de individuos de hasta 80 cm de altura (observaciones personales) (Figura 1).

Por otro lado, *C. chamissoi* tiene una gran variabilidad de colores, pasando el verde, verde oliva, verde oscuro, violáceo iridiscente, rojo, purpúreo, marrón rojizo e incluso negro; presentando además variaciones en la amplitud y grado de ramificación (Acleto 1986b; Pariona, 2004; Pariona y Gil-Kodaka, 2011). Presenta uno o varios ejes erectos que se originan desde un disco de fijación pequeño y cerca de la base, los talos se dividen una o dos veces formando ejes primarios que se extienden a lo largo de la lámina, especialmente en las formas más anchas (Figura 1). La ramificación es principalmente dística y pinnada, ocasionalmente subdicotómica, con ramas laterales que se originan sucesivamente y son de diferente tamaño y longitud dependiendo de la edad (Dawson et al., 1964; Acleto, 1986b). Según la literatura, su plasticidad morfológica, se debe principalmente a la estación, hábitat y movimiento del agua, mientras que la variación en la coloración está relacionada con la intensidad luminosa (Acleto 1986b; Pariona, 2004). Sin embargo, estudios recientes en algas han identificado que ciertas comunidades bacterianas u holobiontas están asociadas a la inducción de la morfogénesis y regulación de crecimiento por medio de diversos promotores

de crecimiento y morfogénesis (AGMPF) que pueden actuar de manera análoga a las hormonas vegetales (Singh y Reddy, 2014; Grueneberg et al., 2016; Ghaderiardakani, Coates y Wichard, 2017; Ghaderiardakani, Califano et al., 2019; Alsufyani et al., 2020).



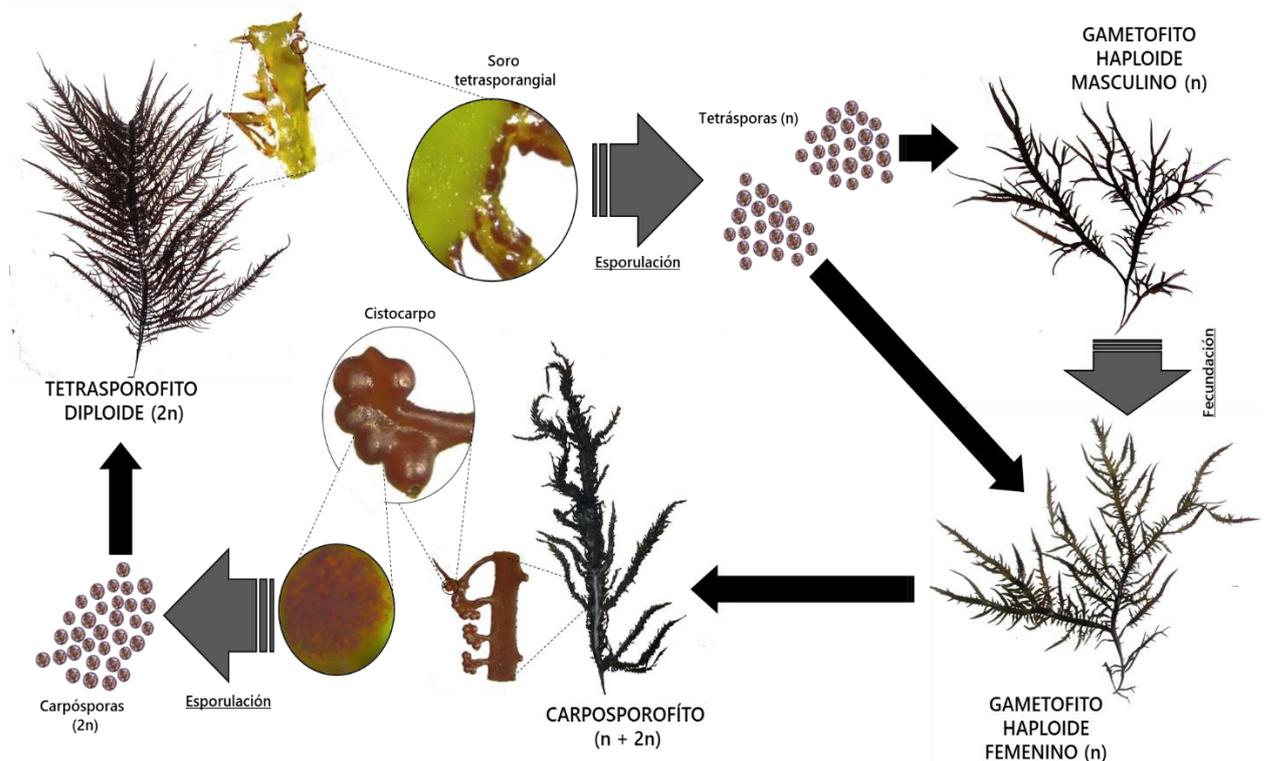
**Figura 1.** Plasticidad morfológica (forma y tamaño) de *Chondracanthus chamissoi* provenientes de la pradera submareal de playa Mendieta.

## 2.2. Ciclos de vida y reproducción

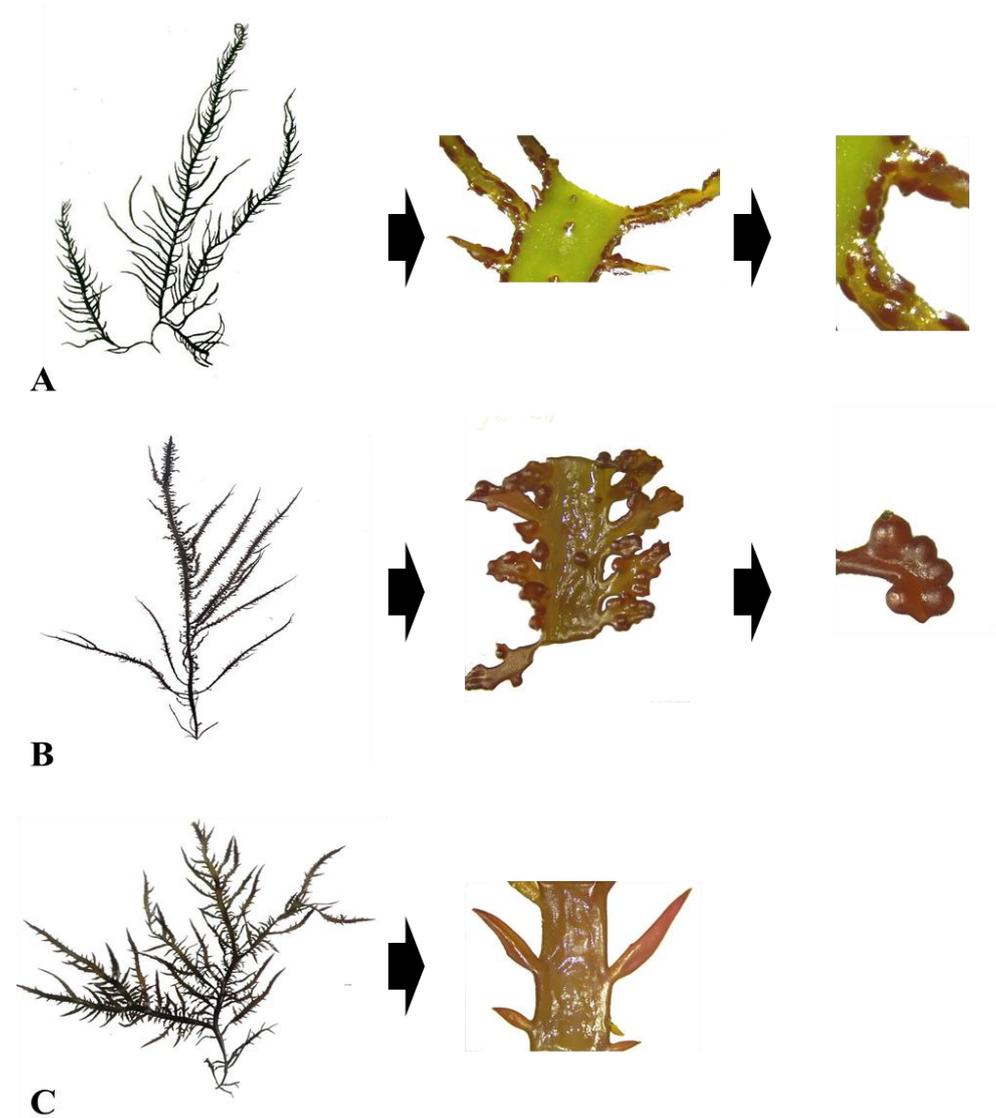
La especie *C. chamissoi* tiene un ciclo de vida trifásico isomórfico haplo-diploide (Acleto y Zuñiga, 1998; Calderón et al., 2010; Ávila et al., 2011) (Figura 2). Cuenta con una fase sexual o gametofítica haploide ( $n$ ), la fase asexual libre o tetrasporofítica diploide ( $2n$ ) y la fase asexual dependiente o carposporofítica ( $n+2n$ ) (Acleto y Zuñiga, 1998) (Figura 2 y 3). La fase gametofítica haploide, está representada por individuos dioicos masculinos y femeninos morfológicamente similares (Figura 2). SegúnACLETO (1986b), las frondas masculinas se pueden diferenciar de las femeninas al presentar los extremos del eje principal y de las ramas notoriamente puntiagudas y libres de ramificación hasta cierta distancia. Sin embargo, esta diferencia suele ser muy sutil y poco reconocible en campo; por lo cual, es necesario desarrollar pruebas químicas (resorcinol) para tener una mayor certeza en la diferenciación sexual de los individuos gametofíticos de *C. chamissoi*. Debido a esta razón diversas investigaciones realizadas en campo, consideran a los individuos gametofíticos como "fase vegetativa" dado que no presentan estructuras reproductivas evidentes (Arbaiza, 2016).

Los gametofitos masculinos producen los espermacios haploides (gametos masculinos) que son arrastrados por la corriente hasta las estructuras reproductivas femeninas denominadas carpogonios que se encuentran en las ramas carpogoniales de los gametofitos femeninos (Acleto y Zuñiga, 1998). Dentro de los carpogonios, se encuentra el oogonio haploide (gameto femenino) y posteriormente al juntarse con el espermacio, se produce la fecundación (Acleto y Zuñiga, 1998). Después de realizada la fecundación, el carpogonio diploide ( $2n$ ) muestra procesos de post fertilización originando filamentos gonimoblásticos cuyas células se transformarán posteriormente en carpósporas diploides ( $2n$ ) (Acleto y Zuñiga, 1998). Estas carpósporas se encuentran dentro de un tejido de protección denominado pericarpo los cuales en su conjunto forman la estructura reproductiva denominada cistocarpo (Acleto y Zuñiga, 1998). Los cistocarpos se encuentran a lo largo de los márgenes de la superficie del talo, ramas secundarias y/o bases de las pínulas del gametofito femenino y son esféricos, prominentes, de entre 100 y 800  $\mu\text{m}$  de diámetro aproximadamente (Arbaiza, 2016). Así mismo, cada cistocarpo puede contener entre 5,000 a 30,000 carpósporas (Arbaiza, 2016). Una vez el gametofito femenino desarrolla los cistocarpos, recibe el nombre de fase cistocárpica, fase carposporofítica o fase asexual dependiente ( $n + 2n$ ). Por otro lado, Arbaiza (2016) ha señalado que se pueden identificar entre 1000 a 21,000.00 cistocarpos por individuo cistocárpico de *C. chamissoi*. Una vez

maduros, los cistocarpos liberan las carpósporas diploides las cuales, al asentarse sobre un sustrato, germinan dando lugar a la fase asexual libre o tetrasporofítica diploide (Acleto, 1986b;ACLEto y Zuñiga, 1998). Esta fase tiene una morfología muy similar a los individuos de la fase gametofítica; sin embargo, se pueden diferenciar cuando presentan sus estructuras reproductivas denominadas soros tetrasporangiales las cuales son visibles como almohadillas de color marrón rojizo, localizados en los bordes superiores al eje principal, ramas secundarias y/o pínulas (Acleto & Zuñiga, 1998) (Figura 3). Así mismo, los individuos tetraspóricos presentan generalmente poca ramificación con ramas secundarias y/o pínulas opuestas con un patrón muy similar para ambos lados de su superficie (Observaciones personales) (Figura 3). Una vez maduros, los soros tetrasporangiales liberan al mar las tetrásporas haploides las cuales, al asentarse sobre un sustrato, germinan originando gametofitos haploides femeninos o masculinos (Figura 2).



**Figura 2.** Ciclo de vida trifásico e isomórfico de *C. chamissoi*.



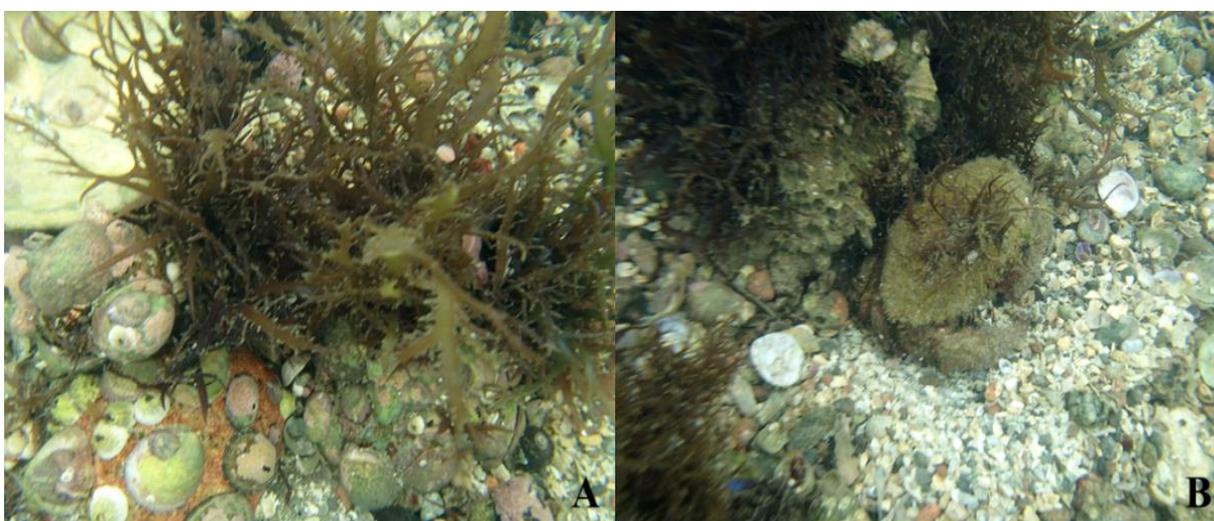
**Figura 3.** Fases del ciclo de vida de *C. chamissoi*. **A.** Fase tetrasporofítica o tetraspórica diploide ( $2n$ ) (fase asexual independiente) presenta pínulas simétricamente opuestas a lo largo del talo y estructuras reproductivas en forma de almohadillas de color marrón rojizo, localizados en los bordes superiores al eje principal, ramas secundarias y/o pínulas. **B.** Fase carposporofítica o cistocárpica ( $n+2n$ ) (fase asexual dependiente debido a que se desarrolla sobre el gametofito femenino) presenta estructuras reproductivas esféricas denominadas cistocarpos que se encuentran en la superficie del talo, ramas secundarias y/o bases de las pínulas. **C.** Fase gametofítica haploide ( $n$ ) no presenta estructuras reproductivas evidentes sobre la superficie del talo, ramas y/o pínulas.

Acleto (1986b) señala que no se ha identificado una relación entre el tamaño del talo y el estado reproductivo, pues se han hallado ejemplares fértiles, tanto gametofitos como tetrasporofitos, desde casi 5 cm hasta 40 cm de longitud.

### 2.3. Aspectos ecológicos de *C. chamissoi*

Las algas son especies marinas que desempeñan un importante rol y cumplen diferentes funciones en los océanos (Hurd et al., 2014; Betancourt et al., 2018; Lotze et al., 2019). En primer lugar, proporcionan sustrato para diversos organismos colonizadores y una estructura de hábitat tridimensional para una amplia gama de plantas y animales (incluidas varias especies de importancia comercial) formando vínculos con estos organismos ya sea como fuente de alimento, zona de crianza, refugio y/o desove (Hyndes et al., 2013; Hurd et al., 2014; Teagle et al., 2017; Lotze et al., 2019). En segundo lugar, contribuyen a la captura y transferencia de energía incluyendo la producción primaria, secundaria y de detritos, así como el almacenamiento de carbono y el ciclo de nutrientes (Krumhansl y Scheibling, 2012; Hyndes et al., 2013; Hurd et al., 2014; Lotze et al., 2019).

*C. chamissoi* cumple un rol ecológico muy importante debido a que se relaciona activamente con una diversa comunidad de invertebrados entre los que se encuentran diversas especies de moluscos (caracoles, chitones y lapas), crustáceos (cangrejos), equinodermos (erizos) y peces (como zona de refugio, zona de desove y puesta) (Figura 4) (Pariona y Gil-Kodaka, 2011; Otaíza y Cáceres, 2015; Flores et al., 2015).



**Figura 4.** Rol ecológico de *Chondracanthus chamissoi* en playa Mendieta. **A.** Comunidad de moluscos gasterópodos que viven asociados a *C. chamissoi* como *Tegula* sp. **B.** Cangrejo peludo *Romaleon setosum* (Molina, 1782) refugiado en las praderas de *C. chamissoi*.

Por otro lado, diversos factores abióticos (temperatura, luz, irradiancia, pH, disponibilidad de nutrientes, sustrato, etc.) y bióticos (competencia, depredación, factores intrínsecos del individuo, etc.) pueden afectar el crecimiento y desarrollo de *C. chamissoi* en su medio natural (Agrawal, 2001; Bulboa y Macchiavello, 2001; Riofrio, 2003; Bulboa, 2006; Hurd et al., 2014; Barsanti y Gualtieri, 2014; Arbaiza, 2016).

Así mismo, *C. chamissoi* tiene estrategias reproductivas que permiten su mantenimiento en praderas naturales tales como la producción de esporas (carpósporas y tetrásporas), la capacidad de re adhesión a un sustrato de talos o frondas fragmentadas que se encuentran a la deriva (Macchiavello et al., 2003; Fonck et al., 2008; Bulboa et al., 2013) y la formación de un sistema basal crustoso permanente sobre el sustrato que tiene la capacidad de brotar innumerables veces generando nuevas frondas (Acleto, 1986b; Alveal, 2001; Sáez et al., 2008). Estas estrategias permiten el mantenimiento de plantas fértiles de todas las fases de su ciclo de vida durante todas las estaciones del año (Acleto, 1986b; Alveal, 2001; Vásquez y Vega, 2001; Riofrio, 2003)

Sin embargo, diversos autores han determinado un comportamiento estacional de *C. chamissoi* de sus praderas naturales, con una menor biomasa en condiciones de baja de temperatura (invierno) y mayores densidades con un aumento de la temperatura (en primavera e inicios del verano) (Vásquez y Vega, 2001; Riofrio, 2003; Santome, 2018). Así mismo, algunos autores señalan la existencia de una proporción mayoritaria de individuos gametofíticos en sus praderas naturales a lo largo de todo el año (González y Meneses, 1996) o con una anomalía térmica positiva (Riofrio, 2003) y/o en la estación de mayor temperatura (Santome, 2018). Por otro lado, otros autores señalan la predominancia de la fase tetrasporofítica sobre la gametofítica a lo largo de todo el año (Acleto, 1986b) o bajo una anomalía térmica negativa (Riofrio, 2003).

#### **2.4. Actividad extractiva y su impacto en el ecosistema**

A lo largo de la historia, las poblaciones costeras han utilizado las macroalgas en una variedad de propósitos como fuente de alimento, fertilizante, medicina, etc. (Delaney et al., 2016; Lotze et al., 2019). Sin embargo, la actividad extractiva ocasiona un impacto en el ecosistema disminuyendo la producción primaria y secundaria, almacenamiento de carbono y retención de nutrientes (Springer et al., 2010). Así mismo, la extracción continua remueve total o parcialmente a la población dominante de un recurso reduciendo su distribución y abundancia (Vásquez, 1995; Lotze et al., 2019). Esto impacta la estabilidad de las

poblaciones naturales en el tiempo, debido a la remoción de individuos reproductivos que aseguran una fuente de esporas para la siguiente generación (Barilotti y Zertuche-González, 1990).

Se debe hacer notar que el impacto ecológico dependerá de los métodos utilizados (frecuencia, intensidad, porcentaje de remoción), estacionalidad, al ciclo de vida de las especies, a los atributos fenológicos y la capacidad de resiliencia de la comunidad (Barilotti y Zertuche-González, 1990; Vásquez, 1995; Lotze et al., 2019). Por otro lado, diversas comunidades de organismos que viven asociados a las algas como los macro invertebrados y peces pueden verse afectados por las actividades de cosecha (Vázquez y Santelices, 1984; Rangeley, 1994; Vázquez, 1995). Así mismo, la cosecha de algas genera un sustrato libre para el asentamiento y desarrollo de otros organismos los cuales solían competir naturalmente por el sustrato, y que se pueden ver beneficiados debido a la remoción de estas especies (Olson y Lubchenco, 1990; Carpenter, 1990; Vásquez, 1995).

Según Vásquez (1995) para lograr un buen plan de manejo de algas de importancia comercial se debe considerar: La intensidad, frecuencia y método de cosecha, la variabilidad temporal de la biomasa en localidades representativas, la estacionalidad de las características reproductivas y la variabilidad temporal del contenido de ficocoloides. Además de ello, el autor señala que, en el caso de macroalgas con fuertes interacciones interespecíficas, se debe considerar adicionalmente la estructura de la población, la morfología de las algas, la competencia con otras especies, la abundancia de depredadores y la vulnerabilidad a fenómenos naturales del medio.

## **2.5. Características reproductivas y potencial reproductivo.**

Según Hutchings (1993), el potencial reproductivo (PR) de una población es su capacidad para producir descendencia; siendo esta población sostenible si la supervivencia y fecundidad durante el tiempo de vida de los individuos que la componen permiten que esos individuos se reemplacen a sí mismos. Así mismo, para Alveal (2001) la potencialidad reproductiva de algunas especies algales puede ser valorada por la cantidad de órganos y elementos de reproducción, así como la expresión de la especie en el ambiente en términos de abundancia (número de ejemplares por área, biomasa, frecuencia a lo largo del año y cantidad de frondas fértiles).

Por otro lado, algunos autores utilizan otro concepto de este término, entre ellos Chopin et al. (1988), Vega y Meneses (2001), Melo y Neushul (1993) lo cuales señalan que el potencial reproductivo es la capacidad de las esporas de generar individuos viables. Sin embargo, para fines de este trabajo, se utilizará el concepto desarrollado por Hutchings (1993) dado que determinar la viabilidad de las esporas en el medio marino es una tarea casi imposible ya que su viabilidad y supervivencia están influenciados por variables ambientales (estacionalidad, hábitat, sustrato, etc.), biológicos (depredación, competencia, etc.) y humanos (presión extractiva).

Alveal (2001) hace hincapié en el elevado potencial reproductivo de *C. chamissoi* determinando una cantidad de carpósporas aproximada de 150,000,000 por individuo reproductivo, con un promedio de carpósporas por cistocarpo de 35,000 a 45,000. Por otro lado, Arbaiza (2016) determinó el alto valor de PR de los individuos cistocárpicos de *C. chamissoi* de 3 localidades de la costa peruana: Ancón, Paiján y Mendieta obteniendo valores de  $329,774,426 \pm 101,495,938$ ;  $12,869,573 \pm 6,053,747$  y  $144,576,920 \pm 66,824,693$  respectivamente. Sin embargo, valores de PR de individuos tetraspóricos de *C. chamissoi* no han sido obtenidos a la fecha.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Área de estudio

La presente investigación fue llevada a cabo en playa Mendieta dentro de la Reserva Nacional de Paracas ( $14^{\circ}3.5' S$ ,  $76^{\circ}15.72' O$ ) en la provincia de Pisco, departamento de Ica, Perú (Figura 5) en el mes de Julio de 2019. La playa Mendieta es una bahía semi-protegida con un sustrato uniforme pedregoso, areno-conchueloso con una extensión aproximada de 220 ha. Sin embargo, la morfología costera de la bahía se divide en dos áreas diferentes: la zona norte con playas arenosa (Figura 6A y 7A) y en la zona sur con playas rocosas (Figura 6B y 7B). De otro lado, los valores promedio de temperatura del agua de mar, se mantuvieron constantes a lo largo del periodo de estudio con  $16.5^{\circ}C$ .

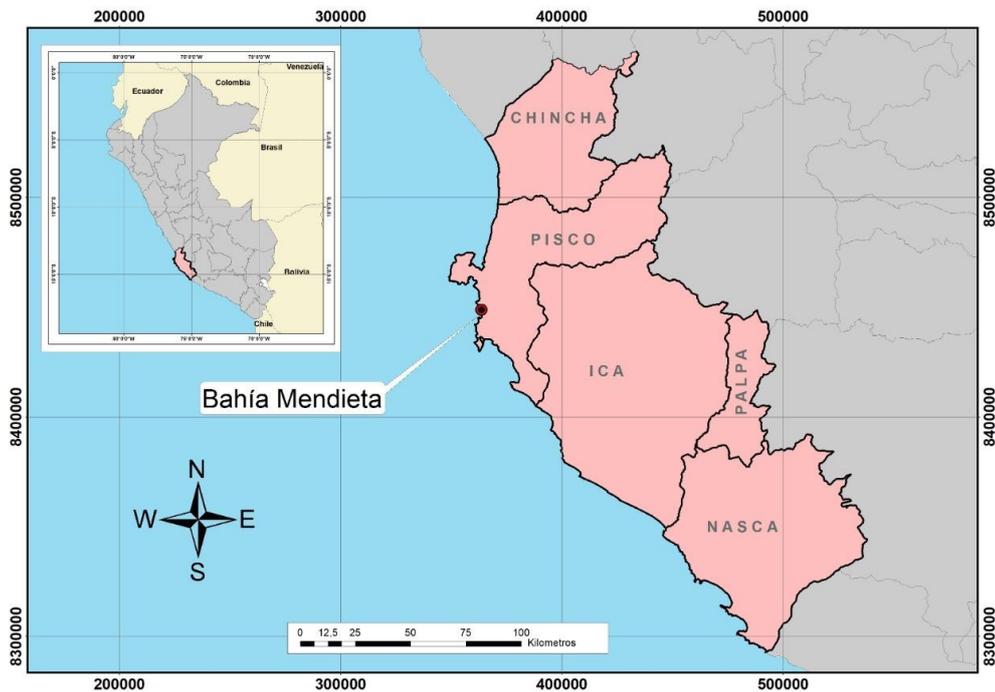


Figura 5. Ubicación de playa Mendieta en la Provincia de Pisco

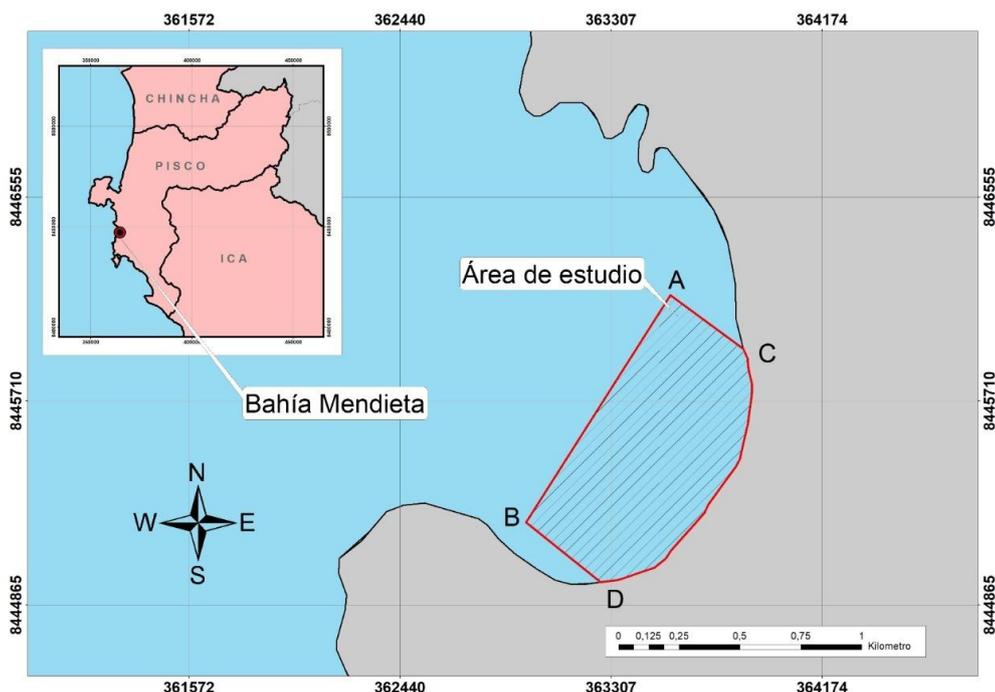


**Figura 6.** Morfología costera de playa Mendieta. **A.** Zona norte con playas arenosas. **B.** Zona sur con playas rocosas.



**Figura 7.** Vista panorámica de la morfología costera de playa Mendieta. **A.** Zona sur con playas con borde rocoso. **B.** Zona norte con playas arenosas.

Así mismo, debido a la imposibilidad logística de evaluar toda la extensión de la playa Mendieta (220 ha), se delimitó el área de estudio a una zona representativa de 50 ha (Figura 8, Tabla 1); la cual fue determinada en base a una encuesta realizada a los extractores de algas de la Cooperativa de Pescadores Artesanales Algas Marinas (COTRAPALMAR) sobre cuál era el área dentro de la playa Mendieta más importante para la actividad extractiva sobre la cual se suele extraer mayoritariamente *C. chamissoi* (Anexo 1).



**Figura 8.** Área de estudio determinada en base a su importancia para la actividad extractiva

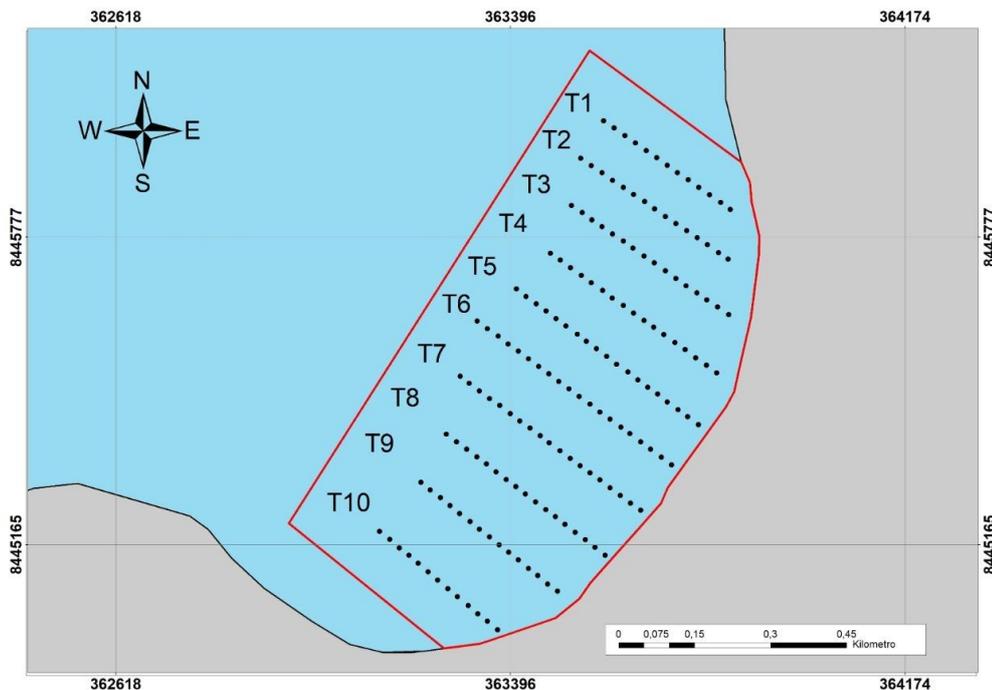
**Tabla 1.** Ubicación del área de estudio en Playa Mendieta

Vértice	Latitud	Longitud
A	14° 3.138'S	76° 15.815'W
B	14° 3.693'S	76° 16.093'W
C	14° 3.227'S	76° 15.672'W
D	14° 3.775'S	76° 15.930'W

### 3.2. Determinación de la distribución y biomasa de *C. chamissoi*

Para determinar la distribución y biomasa de las fases reproductivas de *C. chamissoi* se realizó un muestreo destructivo aleatorio a lo largo del área de estudio. Para ello, se instalaron previamente 10 transectos perpendiculares a la línea de costa con longitudes que variaron entre 325 a 500 m (según la morfología de la costa) y tuvieron una separación de 100 m entre uno y otro transecto (Figura 9, Tabla 2). Así mismo, a lo largo de cada transecto se marcaron estaciones o puntos de muestreo cada 25 m. Por lo tanto, el número de puntos de muestreo fue variable dado que dependía de la longitud de cada transecto (Tabla 2). Una vez finalizada la instalación de los transectos, mediante buceo autónomo, se realizó un muestro destructivo utilizando un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup> el cual fue lanzado aleatoriamente a

lo largo de cada transecto en cada punto de muestreo (cada 25 m). Se debe hacer notar que el proceso de lanzamiento del cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup> se realizó por triplicado para cada punto de muestreo evaluándose un total 164 puntos, lo que se traduce en 492 unidades muestrales evaluadas (Tabla 2). Por otro lado, se registró la profundidad en cada punto de muestreo con un profundímetro marca METALSUB.



**Figura 9.** Ubicación y distribución de los transectos a lo largo del área de estudio

Así mismo, el proceso de extracción del material vegetal consistió en la remoción manual de todos los individuos de *C. chamissoi* presentes dentro del cuadrante. Se debe hacer notar que el proceso extractivo fue sumamente selectivo, evitando la extracción de individuos de otras especies como *Rhodymenia flabellifolia*, *Grateloupia doryphora* o *Callophyllis variegata*. Luego, el material vegetal fue puesto por separado en bolsas herméticas (Zyploc) debidamente rotuladas (según el punto de muestreo) para su traslado al Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos (LICMA) de la Universidad Científica del Sur (UCSUR) en San Andrés (Pisco).

**Tabla 2.** Ubicación geográfica y descripción de los transectos evaluados

<b>Nro.</b>	<b>Longitud</b>	<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Nro. de unidades muestrales</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>1</b>	325	13	39	14° 3.272'S	76° 15.706'W
<b>2</b>	375	15	45	14° 3.330'S	76° 15.698'W
<b>3</b>	400	16	48	14° 3.390'S	76° 15.700'W
<b>4</b>	425	17	51	14° 3.452'S	76° 15.713'W
<b>5</b>	475	19	57	14° 3.519'S	76° 15.717'W
<b>6</b>	500	20	60	14° 3.573'S	76° 15.740'W
<b>7</b>	475	19	57	14° 3.626'S	76° 15.771'W
<b>8</b>	425	17	51	14° 3.664'S	76° 15.813'W
<b>9</b>	375	15	45	14° 3.714'S	76° 15.868'W
<b>10</b>	325	13	39	14° 3.746'S	76° 15.929'W

Una vez en el laboratorio, cada muestra fue analizada y tratada por separado: Primero, fueron lavadas con abundante agua destilada para remover epífitos e impurezas y posteriormente separadas según su fase reproductiva en: Individuos vegetativos (Sin estructuras reproductivas evidentes), Individuos cistocárpicos o carpospóricos (Con presencia de cistocarpos) e Individuos tetraspóricos (Con presencia de tetrasporangios) (Figura 3).

Una vez separadas, el material vegetal fue secado con papel absorbente y puestos a escurrir en una bandeja por 1 minuto para eliminar el exceso de agua. Posteriormente, se pesaron las fases reproductivas de cada muestra en una balanza digital de 0.01 g de precisión. Con estos resultados se pudo estimar la densidad total (DT) ( $\text{kg/m}^2$ ), la densidad de individuos cistocárpicos (DCis) ( $\text{kg/m}^2$ ), la densidad de individuos tetraspóricos (DTet) y la densidad de individuos vegetativos (DV) del área de estudio. Por otro lado, se seleccionaron 10 individuos cistocárpicos y 10 individuos tetraspóricos de cada muestra, para los cálculos posteriores del potencial reproductivo (PR). Se debe hacer notar que se consideraron individuos completos con disco de fijación.

### 3.3. Cálculo del potencial reproductivo (PR)

Para el cálculo del potencial reproductivo por individuo (PR<sub>i</sub>) y el potencial reproductivo de la población evaluada (PR<sub>p</sub>), se realizaron cálculos de peso total, número de estructuras reproductivas (cistocarpos o tetrasporangios) por gramo y por individuo y el número de esporas (carpósporas o tetrásporas) por estructura reproductiva en los individuos seleccionados previamente de cada fase reproductiva por muestra. Para determinar el número de estructuras reproductivas (cistocarpos o soros tetrasporangiales) por gramo, se cortaron 3 trozos de 1 cm de largo de la zona apical, media y basal de cada individuo (Figura 18 y 20), según señala Arbaiza (2016) y luego fueron pesados y se determinó el número de estructuras reproductivas presentes en cada trozo por conteo directo haciendo uso de un estereoscopio binocular Leica® modelo EZ4E. Finalmente al obtenerse el número de estructuras reproductivas por gramo de cada individuo mediante un promedio de los tres trozos, se extrapolaron estos resultados para calcular el número de estructuras reproductivas por individuo dado que se conoce el peso inicial de cada individuo.

Así mismo, para determinar el número de esporas (carpósporas o tetrásporas) por estructura reproductiva (cistocarpo o soros tetrasporangiales), se siguió la metodología desarrollada por Arbaiza (2016); para lo cual, se seleccionaron 3 estructuras reproductivas de cada uno de los 50 individuos y, mediante la ayuda de un bisturí, se retiró cuidadosamente el tejido externo de la estructura reproductiva para luego trasladar el cúmulo de esporas a un envase con 5 ml de agua de mar esterilizada a 17.5°C. Se procedió a agitar la muestra hasta observar una dispersión uniforme de las esporas para luego determinar su cantidad por mililitro haciendo uso de una cámara de conteo de Sedgewick Rafter en un microscopio binocular Leica® modelo DM500. Finalmente, los resultados fueron extrapolados de número de esporas por mililitro a número de esporas por estructura reproductiva (cistocarpo o soro tetrasporangial) dado que las esporas presentes en los 5 ml proceden de una sola estructura reproductiva. Se realizaron 3 conteos por muestra para determinar la cantidad de esporas por mililitro haciendo en una cámara de conteo de Sedgewick Rafter.

Una vez determinados los cálculos, se procedió a utilizar la siguiente formulada utilizada por Arbaiza (2016) para el cálculo del PR<sub>i</sub>:

$$PR_i = (E - gr) * (P) * (Se)$$

Donde "PR<sub>i</sub>" es el potencial reproductivo por individuo que es el número de esporas (carpósporas o tetrásporas) producidas por individuo reproductivo, "E-gr" es el número de estructuras reproductivas (cistocarpo o soro tetrasporangial) por gramo, "P" es el peso del individuo (en gramos) y "Se" es el número de esporas (carpósporas y/o tetrásporas) por estructura reproductiva (cistocarpo o soro tetrasporangial). Por otro lado, para el cálculo del PR<sub>p</sub> se utilizó la siguiente fórmula modificada:

$$PR_p = (E-gr) * (D) * (Se)$$

Donde "PR<sub>p</sub>" es el potencial reproductivo poblacional que es el número de esporas (carpósporas o tetrásporas) producidas por área evaluada, "E-gr" es el número de estructuras reproductivas (cistocarpo o soro tetrasporangial) por gramo, "D" es la densidad (g/m<sup>2</sup>) de individuos reproductivos (cistocárpicos o tetraspóricos) en el área evaluada y "Se" es el número de esporas (carpósporas y/o tetrásporas) por estructura reproductiva (cistocarpo o soro tetrasporangial).

### **3.4. Análisis estadístico**

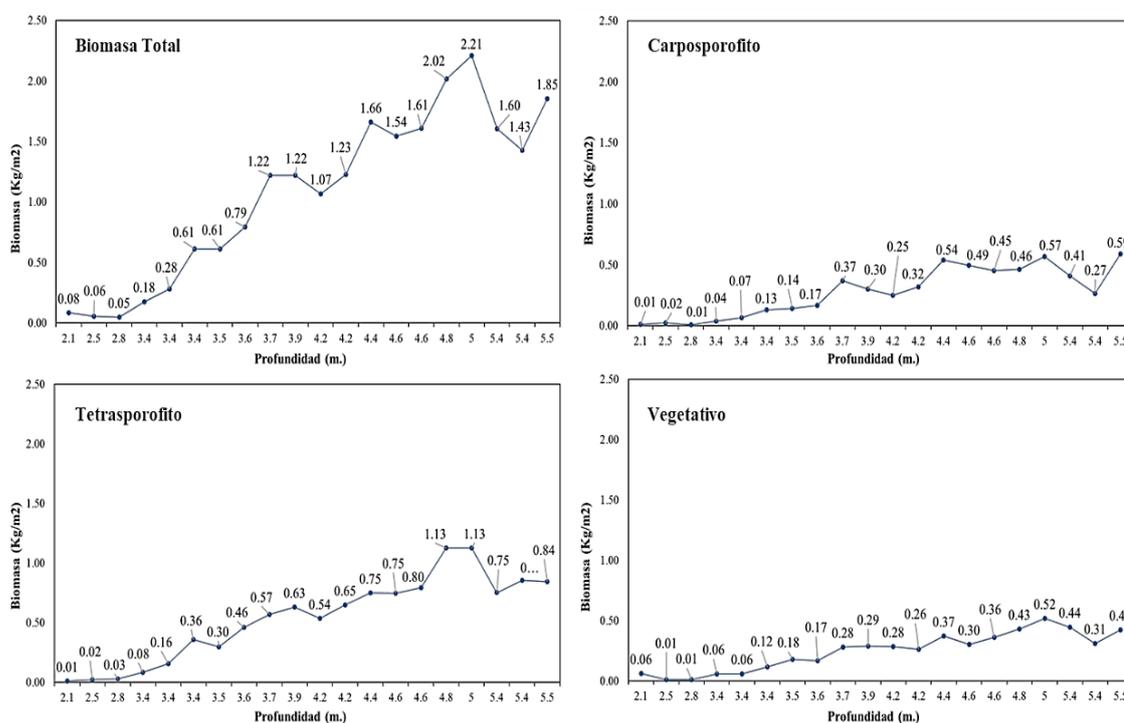
Para verificar los supuestos de normalidad en todas las variables estudiadas, se realizó la prueba de Anderson-Darling ( $\alpha=0.05$ ) para determinar la normalidad de los residuos y la prueba de Bartlett ( $\alpha=0.05$ ) para determinar la homogeneidad de varianzas. De no cumplir los supuestos de normalidad, los datos fueron transformados. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Por otro lado, para los resultados que no presentaron una distribución normal ni fueron susceptibles a una transformación BoxCox y/o Jonhson, se utilizaron modelos lineales generalizados y mixtos (Di Rienzo et al., 2017) seleccionando el modelo más apropiado utilizando los valores del criterio de Akaike (AIC), Schwarz (BIC) y la prueba de máxima verosimilitud (LRT). Todas las pruebas se realizaron en el paquete estadístico MINITAB 19 e Infostat 2018.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Distribución y biomasa de fases reproductivas de *C. chamissoi*

En líneas generales, *C. chamissoi* estuvo distribuido sobre toda el área de estudio sin ningún patrón específico o agregación espacial asociada a alguna fase reproductiva (Figura 11, 12, 13 y 14, Tabla 3). Sin embargo, se pudo evidenciar la existencia de patrones de agregación asociados a la profundidad con valores de densidad ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) significativamente más altos a partir de los 4 metros ( $p < 0.05$ ) (Figura 10, Tabla 3 y 4).



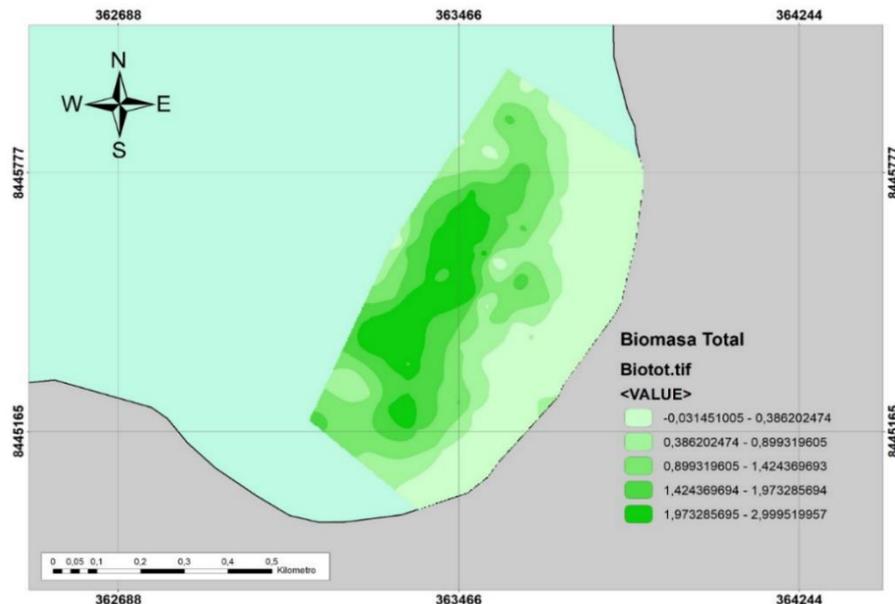
**Figura 10.** Distribución de la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) de las 3 fases reproductivas de *Chondracanthus chamissoi* según el gradiente de profundidad en el área de estudio en playa Mendieta

**Tabla 3.** Valores de densidad (kg/m<sup>2</sup>) de *C. chamissoi* según intervalo de profundidad

	Intervalo de profundidad (metros)			
	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 5.5
DT	0.062 ± 0.095 (c)	0.701 ± 0.591 (b)	1.478 ± 0.803 (a)	1.833 ± 0.576 (a)
Densidad DCis (kg/m <sup>2</sup> )	0.014 ± 0.021 (c)	0.173 ± 0.190 (b)	0.417 ± 0.336 (a)	0.454 ± 0.257 (a)
DTet	0.021 ± 0.033 (c)	0.366 ± 0.306 (b)	0.739 ± 0.396 (a)	0.941 ± 0.443 (a)
DV	0.027 ± 0.076 (b)	0.163 ± 0.173 (b)	0.326 ± 0.188 (a)	0.438 ± 0.297 (a)

\*La significancia estadística (a>b>c) fue determinada por la prueba ANOVA ( $\alpha = 0.05$ ) y posteriormente la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

Estos patrones de agregación asociados a la profundidad fue evidenciado en las tres fases reproductivas evaluadas y se vieron reflejados en los valores máximos de densidad promedio (kg/m<sup>2</sup>) obtenidos a profundidades superiores a los 5 metros con una densidad total promedio (DT) de  $1.833 \pm 0.576$  kg/m<sup>2</sup>, densidad de individuos cistocárpico promedio (DCis) de  $0.454 \pm 0.257$  kg/m<sup>2</sup>, densidad de individuos tetraspóricos promedio (DTet) de  $0.941 \pm 0.443$  kg/m<sup>2</sup> y densidad de individuos vegetativos (DV) de  $0.438 \pm 0.297$  kg/m<sup>2</sup> ( $p < 0.05$ ) (Tabla 3 y 4). En adición a ello, los valores más bajos de densidad promedio (kg/m<sup>2</sup>) fueron observados a profundidades menores de 3 metros con  $0.062 \pm 0.095$  kg/m<sup>2</sup> para la densidad total (DT),  $0.014 \pm 0.021$ ,  $0.027$  kg/m<sup>2</sup> para la densidad de individuos cistocárpico (DCis),  $0.021 \pm 0.033$  kg/m<sup>2</sup> para la densidad de individuos tetraspóricos (DTet) y  $0.027 \pm 0.076$  kg/m<sup>2</sup> para la densidad de individuos vegetativos (DV) ( $p < 0.05$ ) (Tabla 3 y 4).

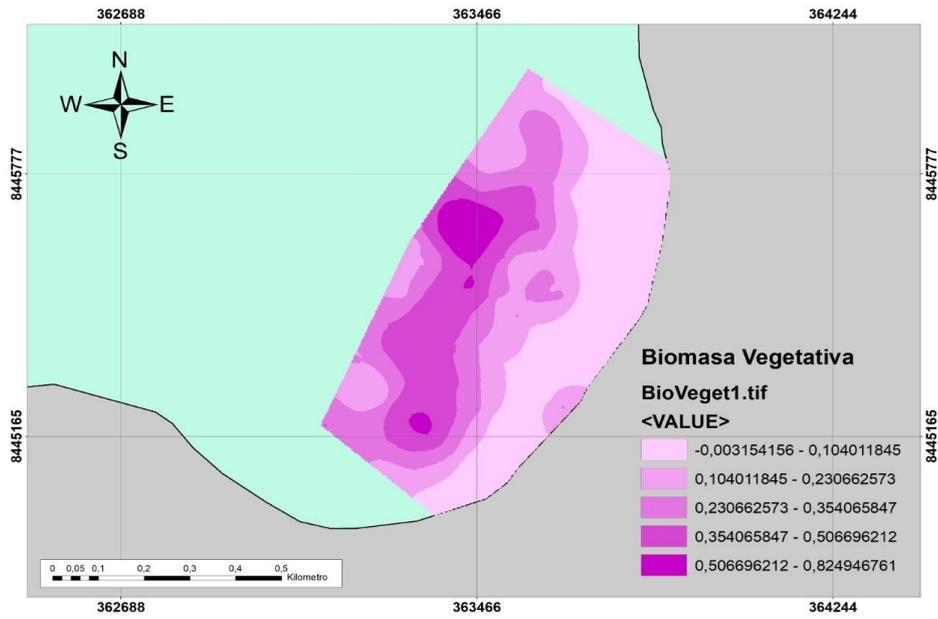


**Figura 11.** Distribución de la densidad total (DT) (kg/m<sup>2</sup>) de *Chondracanthus chamissoi* en el área de estudio

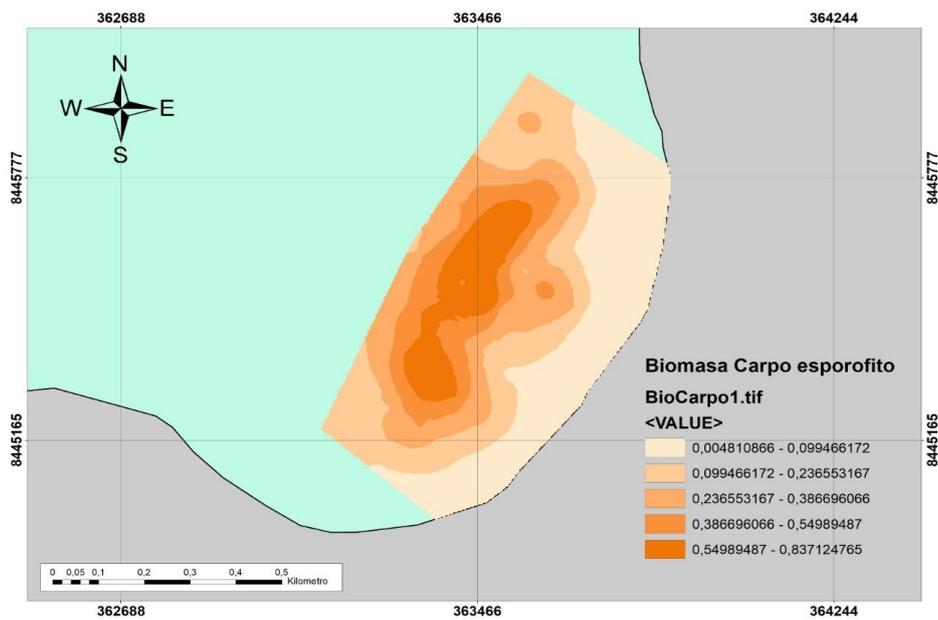
**Tabla 4.** Valores de densidad (kg/m<sup>2</sup>) de las 3 fases reproductivas de *C. chamissoi* con respecto a la profundidad.

<b>Profundida</b>		<b>DT</b>	<b>DCis</b>	<b>DTet</b>	<b>DV</b>
<b>d</b>	<b>Valores</b>	<b>(kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>(kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>(kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>(kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>(metros)</b>					
<b>2 - 3</b>	<b>Máximo</b>	0.486	0.090	0.119	0.410
	<b>Mínimo</b>	0.000	0.000	0.000	0.000
	<b>Promedio</b>	0.062 ± 0.095	0.014 ± 0.021	0.021 ± 0.033	0.027 ± 0.076
<b>3 - 4</b>	<b>Máximo</b>	2.285	0.774	1.421	0.691
	<b>Mínimo</b>	0.000	0.000	0.000	0.000
	<b>Promedio</b>	0.701 ± 0.591	0.173 ± 0.190	0.366 ± 0.306	0.163 ± 0.173
<b>4 - 5</b>	<b>Máximo</b>	3.088	1.390	1.510	0.774
	<b>Mínimo</b>	0.044	0.000	0.012	0.000
	<b>Promedio</b>	1.478 ± 0.803	0.417 ± 0.336	0.739 ± 0.396	0.326 ± 0.188
<b>5 - 5.5</b>	<b>Máximo</b>	2.875	1.100	2.123	1.100
	<b>Mínimo</b>	1.029	0.125	0.444	0.087
	<b>Promedio</b>	1.833 ± 0.576	0.454 ± 0.257	0.941 ± 0.443	0.438 ± 0.297

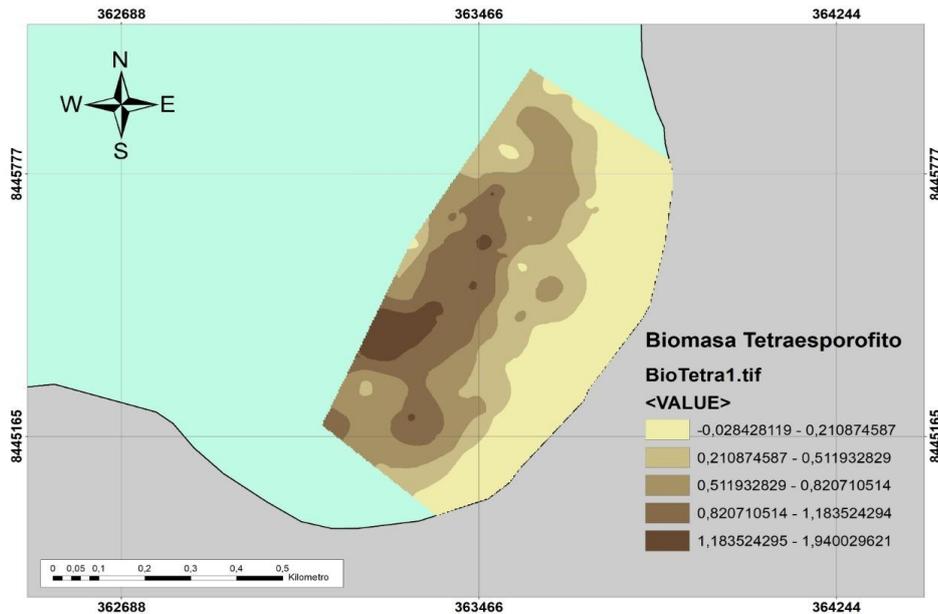
\* DT: Densidad total, DCis: Densidad de individuos cistocárpicos, DTet: Densidad de individuos tetraspóricos y DV: Densidad de individuos vegetativos.



**Figura 12.** Distribución de la densidad de individuos en fase vegetativa (DV) ( $\text{kg/m}^2$ ) de *Chondracanthus chamissoi* en el área de estudio en playa Mendieta.



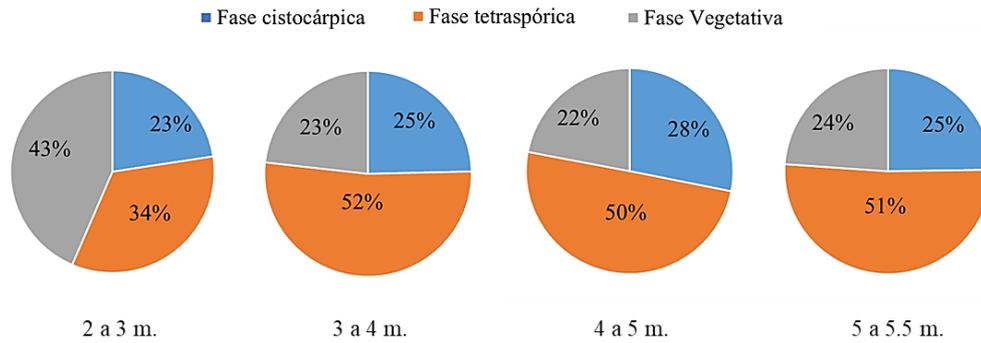
**Figura 13.** Distribución de la densidad de individuos en fase carposporófitica (DCis) ( $\text{Kg/m}^2$ ) de *Chondracanthus chamissoi* en el área de estudio en playa Mendieta.



**Figura 14.** Distribución de la densidad de individuos en fase tetrasporofítica (DTet) ( $\text{Kg/m}^2$ ) de *Chondracanthus chamissoi* en el área de estudio en playa Mendieta.

#### 4.1.2. Proporción de fases reproductivas de *C. chamissoi*.

Los resultados han evidenciado la predominancia de la fase tetrasporofítica en casi todos los tramos de profundidad evaluados (Figura 15 y 16). Inicialmente en el tramo de 2 a 3 metros no se evidenciaron diferencias significativas entre las fases reproductivas de *C. chamissoi* ( $p < 0.05$ ) (Tabla 5). Sin embargo, a partir del tramo de 3 a 4 metros, hubo predominancia de la fase tetrasporofítica con  $0.366 \pm 0.306 \text{ kg/m}^2$  (52%) la cual se mantuvo casi en la misma proporción (50%) en el tramo de 4 a 5 metros con  $0.739 \pm 0.396 \text{ kg/m}^2$  y en el tramo de 5 a 5.5 metros con  $0.739 \pm 0.396 \text{ kg/m}^2$  (51%). Por otra parte, la proporción de fases carposporofítica y vegetativa no presentaron diferencias significativas entre ellas, sin embargo, fueron significativamente menores que la fase tetrasporofítica en casi todas las profundidades evaluadas ( $p < 0.05$ ) (Tabla 5, Figura 15 y 16). Así mismo, a pesar que a mayores profundidades hubo una mayor biomasa, la proporción de dominancia de la fase tetrasporofítica se mantuvo constante (Figura 16).



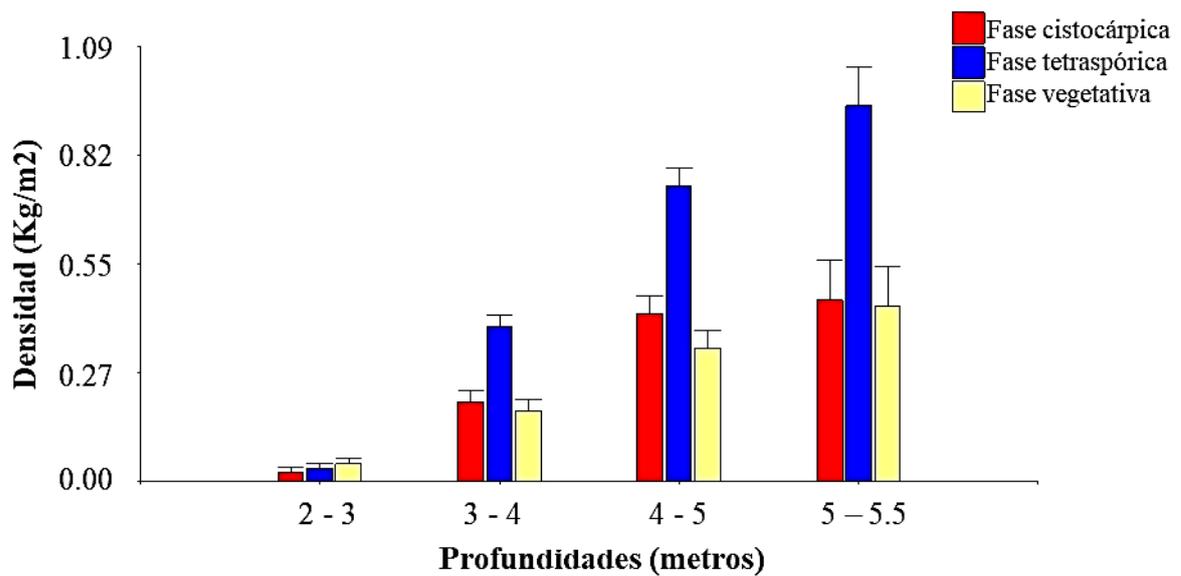
**Figura 15.** Proporción de fases reproductivas de *C. chamissoi* según el gradiente de profundidad evaluado

**Tabla 5.** Valores de densidad promedio de *C. chamissoi* (kg/m<sup>2</sup>) según la fase reproductiva y el gradiente de profundidad en el área de estudio de playa Mendieta.

Profundidad (metros)	DCis (kg/m <sup>2</sup> )	DTet (kg/m <sup>2</sup> )	DV (kg/m <sup>2</sup> )
2 - 3	0.014 ± 0.021 (d)	0.021 ± 0.033 (d)	0.027 ± 0.076 (d)
3 - 4	0.173 ± 0.190 (c)	0.366 ± 0.306 (b)	0.163 ± 0.173 (c)
4 - 5	0.417 ± 0.336 (b)	0.739 ± 0.396 (a)	0.326 ± 0.188 (b)
5 - 5.5	0.454 ± 0.257 (b)	0.941 ± 0.443 (a)	0.438 ± 0.297 (b)

\*La significancia estadística (a>b>c>d) fue determinada por la prueba LSD Fisher ( $\alpha = 0.05$ )

**DCis:** Densidad de individuos cistocárpicos, **DTet:** Densidad de individuos tetraspóricos y **DV:** Densidad de individuos vegetativos.



**Figura 16.** Valores de densidad promedio (kg/m<sup>2</sup>) de las 3 fases reproductivas de *Chondracanthus chamissoi* a lo largo del gradiente de profundidad en playa de Mendieta.

#### 4.1.3. Potencial reproductivo (PR)

En líneas generales, los individuos cistocárpicos presentaron valores significativamente más altos en todos los atributos evaluados para el cálculo del Potencial reproductivo individual (PRi) ( $p < 0.05$ ). En primer lugar, no se observaron diferencias significativas en el peso entre los individuos cistocárpicos ( $5.93 \pm 3.75$  gr) y tetraspóricos ( $6.56 \pm 3.86$  gr) ( $p < 0.05$ ) (Tabla 6). Así mismo, la morfología entre los individuos de ambas fases reproductivas fue muy similar (Figura 17 y 19). En segundo lugar, el número de estructuras reproductivas por gramo fue significativamente mayor en los individuos cistocárpicos ( $1,513 \pm 484$  cistocarpos) que en los individuos tetraspóricos ( $1,137 \pm 687$  tetrasporangios) ( $p < 0.05$ ) (Tabla 6). Se pudo observar en los trozos de los individuos cistocárpicos una mayor agregación de estructuras reproductivas (cistocarpos) (Figura 18) que en los trozos de individuos tetraspóricos (tetrasporangios) (Figura 19). En tercer lugar, el número de estructuras reproductivas por individuo fue significativamente mayor en los individuos cistocárpicos ( $8,639 \pm 5,613$  cistocarpos) que en los individuos tetraspóricos ( $7,671 \pm 7,135$  tetrasporangios) ( $p < 0.05$ ) (Tabla 6). En cuarto lugar, se evidenció una mayor cantidad de esporas por estructura reproductiva en los individuos cistocárpicos (25,000 carpósporas) que en los individuos tetraspóricos (20,000 tetrásporas) ( $p < 0.05$ ) (Tabla 6). Finalmente, el valor de potencial reproductivo individual (PRi) fue significativamente mayor en los individuos cistocárpicos que en los individuos tetraspóricos con  $215,965,422.7 \pm 140,322,669.5$  carpósporas/individuo cistocárpico a diferencia de las  $153,419,057.5 \pm 142,693,418.9$  tetrásporas/individuo tetraspórico ( $p < 0.05$ ) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Potencial reproductivo individual (PRi) de especímenes cistocárpicos y tetraspóricos en playa Mendieta.

		<b>Individuos</b>	
		<b>Cistocárpicos</b>	<b>Tetraspóricos</b>
<b>Peso (P)</b>	<b>Máximo</b>	15.96	15.92
	<b>Mínimo</b>	1.44	1.49
	<b>Promedio</b>	5.93 ± 3.75 (a)	6.56 ± 3.86 (a)
<b>Nro. de estructuras reproductivas por gramo</b>	<b>Máximo</b>	3319	3867
	<b>Mínimo</b>	994	190
	<b>Promedio</b>	1,513 ± 484 (a)	1,137 ± 687 (b)
<b>Nro. de estructuras reproductivas por individuo</b>	<b>Máximo</b>	26,682	37,624
	<b>Mínimo</b>	1,860	946
	<b>Promedio</b>	8,639 ± 5,613 (a)	7,671 ± 7,135 (a)
<b>Número de esporas por estructura reproductiva</b>	<b>Máximo</b>	40000	60000
	<b>Mínimo</b>	25000	20000
	<b>Valor utilizado</b>	25,000 (a)	20,000 (b)
<b>Potencial reproductivo individuo (PRi)</b>	<b>Máximo</b>	667,056,250.0	752,485,333.3
	<b>Mínimo</b>	46,500,000.0	18,920,000.0
	<b>Promedio</b>	215,965,422.7 ± 140,322,669.5 (a)	153,419,057.5 ± 142,693,418.9 (b)

\*La significancia estadística (a>b>c) fue determinada por la prueba ANOVA ( $\alpha = 0.05$ ) y posteriormente la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

Por otro lado, para el cálculo del potencial reproductivo poblacional (PRp), la densidad de individuos ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) y la biomasa total por área estimada (kg) fue significativamente mayor en los individuos tetraspóricos y a mayores profundidades ( $p < 0.05$ ) (Tabla 7). Sin embargo, el valor de PRp no evidenció diferencias significativas entre las poblaciones de individuos

**Tabla 7.** Potencial reproductivo poblacional (PRp) de especímenes cistocárpicos y tetraspóricos en el área de estudio de 50 000 m<sup>2</sup> en playa Mendieta.

		<b>Intervalo de profundidad</b>			
		<b>2 - 3 m.</b>	<b>3 - 4 m.</b>	<b>4 - 5 m.</b>	<b>5 - 5.5 m.</b>
<b>Área de cobertura estimada (m<sup>2</sup>)</b>		157,100	98,800	107,500	136,600
<b>Densidad individuos (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cistocárpicos</b>	0.014 ± 0.021 (d)	0.173 ± 0.190 (c)	0.417 ± 0.336 (b)	0.454 ± 0.257 (b)
	<b>Tetraspóricos</b>	0.021 ± 0.033 (d)	0.366 ± 0.306 (b)	0.739 ± 0.396 (a)	0.941 ± 0.443 (a)
<b>Biomasa total de individuos reproductivos por área estimada (kg)</b>	<b>Cistocárpicos</b>	2,199.4 ± 3,299.1 (e)	17,092.4 ± 18,772.0 (d)	44,827.5 ± 39,345 (c)	62,016.4 ± 35,106.2 (b)
	<b>Tetraspóricos</b>	3,299.1 ± 5,184.3 (e)	36,160.8 ± 30,232.8 (c)	79,442.5 ± 42,570 (b)	128,540.6 ± 60,513.8 (a)
<b>Potencial reproductivo poblacional (esporas por unidad de área)</b>	<b>Cistocárpicos</b>	8.3 * 10 <sup>13</sup> (e)	6.4 * 10 <sup>14</sup> (d)	1.6 * 10 <sup>15</sup> (b)	2.3 * 10 <sup>15</sup> (a)
	<b>Tetraspóricos</b>	7.5 * 10 <sup>13</sup> (e)	8.2 * 10 <sup>14</sup> (c)	1.8 * 10 <sup>15</sup> (b)	2.9 * 10 <sup>15</sup> (a)

\*La significancia estadística (a>b>c>d>e) fue determinada por la prueba ANOVA ( $\alpha = 0.05$ ) y posteriormente la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

cistocárpicos y tetraspóricos dentro del área (m<sup>2</sup>) de cada intervalo de profundidad, pero si su valor fue significativamente más alto a mayores profundidades (p < 0.05) (Tabla 7). De acuerdo a lo mencionado anteriormente, los valores de PRp más altos se obtuvieron en el área del intervalo de 5 – 5.5 metros de profundidad (136,600 m<sup>2</sup>) con 2.9 \*10<sup>15</sup> tetrásporas/área (individuos tetraspóricos) y 2.3 \*10<sup>15</sup> carpósporas/área (individuos cistocárpicos) seguido de lo obtenido en el área del intervalo de 4 – 5 metros de profundidad (107,500 m<sup>2</sup>) con 1.8 \*10<sup>15</sup> tetrásporas/área (individuos tetraspóricos) y 1.6 \*10<sup>15</sup> carpósporas/área (individuos cistocárpicos) (p < 0.05) (Tabla 7). Sin embargo, los valores más bajos de PRp se obtuvieron en el área del intervalo de 3 – 4 metros de profundidad (98,800 m<sup>2</sup>) con 8.2 \*10<sup>14</sup> tetrásporas/área (individuos tetraspóricos) y 6.4 \*10<sup>14</sup> carpósporas/área (individuos cistocárpicos) seguido de lo obtenido en el área del intervalo de 2 – 3 metros de profundidad (157,100 m<sup>2</sup>) con 7.5 \*10<sup>13</sup> tetrásporas/área (individuos tetraspóricos) y 8.3 \*10<sup>13</sup> carpósporas/área (individuos cistocárpicos) (p < 0.05) (Tabla 7). Finalmente, el valor de biomasa total (kg) de los individuos reproductivos en toda el área evaluada (50 ha) fue significativamente mayor para los individuos tetraspóricos con 247,443 kg a diferencia de los 126,135.7 kg obtenido para los individuos cistocárpicos (p < 0.05) (Tabla 8). Así mismo, el PRp total (esporas presentes en toda el área de estudio en playa Mendieta: 50 ha) fue significativamente mayor para los individuos tetraspóricos con 5.6 x 10<sup>15</sup> tetrásporas/50 ha que lo obtenido para los individuos cistocárpicos con 4.7 x 10<sup>15</sup> carpósporas/50 ha (p < 0.05) (Tabla 8).

**Tabla 8.** Valores totales de Biomasa (kg) y Potencial reproductivo poblacional de las fases reproductivas de *C. chamissoi* en el área de estudio de 50 ha en playa Mendieta.

<b>Biomasa total (kg) en el área de estudio de 50 ha en playa Mendieta</b>		<b>Potencial reproductivo poblacional Total (esporas presentes) en el área de estudio</b>	
<b>Individuos vegetativos</b>	<b>Individuos reproductivos</b>	<b>Cistocárpico</b>	<b>Tetraspórico</b>
115221.9 (c)	126135.7 (b)	247443.0 (a)	4.7 x 10 <sup>15</sup> (b)
			5.6 x 10 <sup>15</sup> (a)

\*La significancia estadística (a>b>c) fue determinada por la prueba ANOVA ( $\alpha = 0.05$ ) y posteriormente la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).



**Figura 17.** Individuos cistocápicos evaluados para determinar el potencial reproductivo individual (PRi). La línea inferior corresponde a una escala de 10 cm.



**Figura 18.** Trozos de los individuos cistocárpicos para determinar el número de estructuras reproductivas (cistocarpos) por gramo. La línea inferior corresponde a una escala de 1 cm.



**Figura 19.** Individuos tetraspóricos evaluados para determinar el potencial reproductivo individual (PRi). La línea inferior corresponde a una escala de 10 cm.



**Figura 20.** Trozos de los individuos tetraspóricos para determinar el número de estructuras reproductivas (tetrasporangios) por gramo. La línea inferior corresponde a una escala de 1 cm.

## 4.2. Discusiones

*Chondracanthus chamissoi* es una especie perenne debido a que presenta diversas estrategias reproductivas como la producción de propágulos (carpósporas y tetrásporas), re-adhesión de fragmentos de frondas y la formación de un sistema basal crustoso que le permiten mantener sus poblaciones estables a lo largo de todo el año (Acleto, 1986b; Alveal, 2001; Vásquez y Vega, 2001; Riofrio, 2003; Macchiavello et al., 2003). Santos (1994), (1995) y Santos y Duarte (1996) determinaron similares estrategias de mantenimiento en las poblaciones naturales de *Gelidium sesquipedale*. Sin embargo, se ha observado que la biomasa de *C. chamissoi* presenta un comportamiento estacional, con una menor biomasa en condiciones de baja de temperatura (invierno) y mayores densidades con un aumento de la temperatura (en primavera e inicios del verano) (Vásquez y Vega, 2001; Riofrio, 2003; Macchiavello et al., 2003; Icochea, 2008; Santome, 2018). Este comportamiento estacional se ha observado en otras especies de algas rojas como *Chondracanthus teedei* (Pereira y Mesquita, 2004), *C. canaliculatus* (García-Lepe et al., 1997), *Iridaea ciliata* (Hannach y Santelices, 1985), *I. splendens* (De Wreede y Green, 1990), *Gelidium sesquipedale* (Santos 1994, 1995), *G. canariense* (Polifrone et al., 2012), *G. arbuscula* (Polifrone et al., 2012), *Pterocliadiella capillaceae* (Serviere-Zaragoza y Scrosati 2002; Polifrone et al., 2012; Vega y Meneses, 2001).

Con respecto a la biomasa documentada para Mendieta (50 ha) en el presente estudio, se ha cuantificado un total de 488 toneladas de *C. chamissoi* (247 toneladas de tetrasporofitos, 126 toneladas de carposporofitos y 115 toneladas de vegetativos) para el mes de julio de 2019. Evaluaciones recientes en poblaciones de Perú, no han evidenciado similar productividad. Uribe et al. (2020) evaluó 21 praderas intermareales en dos estaciones de la región de la Libertad determinando una biomasa total en invierno de 277 toneladas y para primavera de 650 toneladas. Por su parte, evaluaciones poblacionales de *C. chamissoi* de 3 playas de la bahía de Paracas: Atenas, Puerto Nuevo y Lobería realizadas por Flores et al. (2015) en otoño de 2010, determinaron una biomasa promedio de 43,6 gr.m<sup>-2</sup> con una biomasa total de 211,96 toneladas (proveniente de las 3 playas). Esto evidencia una alta productividad del recurso *C. chamissoi* en la zona de Mendieta.

La mayor densidad de la especie en las zonas más profundas puede deberse a factores ecológicos y antropogénicos. Como factores ecológicos, se debe hacer notar que existen

diversos factores que condicionan la distribución de las macroalgas en un gradiente vertical como la salinidad, temperatura, pH, efectos del oleaje y mareas, neblina, precipitaciones, características del sustrato (inclinación, orientación, etc.), interacciones bióticas (competencia por el sustrato, herbívora, predación, epifitismo, competencia por la luz, etc.) (Hurd et al., 2014). Craigie y Pringle (1978) señalan que la abundancia de tetrasporofitos de *Chondrus crispus* mar adentro ocurre debido a las características morfológicas de esta fase (más estrechos y ligulados que la otra fase). Si bien es cierto que no se pudo identificar diferencias morfológicas de *C. chamissoi* entre las distintas profundidades, se pudo evidenciar la existencia de corrientes fuertes en los primeros metros de profundidad (2 – 3 metros) lo cual favorecía el varamiento de individuos de *C. chamissoi* a lo largo de la playa. Al respecto, Vásquez y Vega (2001) caracterizaron la distribución batimétrica de *C. chamissoi* encontrando que la mayor producción de biomasa se produjo a mayores profundidades (4.4 – 4.7 metros). Así mismo, como causas antropogénicas se puede atribuir a que la zona de 2 a 3 metros es el área de mayor actividad extractiva del área de estudio debido a su poca profundidad que facilita las actividades de buceo a pulmón. Estas dinámicas del medio pudieron ocasionar han podido ocasionar que se vea favorecido una mayor densidad de individuos en las zonas de mayor profundidad.

Por otro lado, muchas especies de algas rojas (Rhodophyta) presentan un ciclo de vida trifásico, que implica una alternancia de fases entre gametofitos, carposporofitos y tetrasporofitos (Graham y Wilcox, 2000). Sin embargo, solo los gametofitos y tetrasporofitos constituyen fases libres e independientes mientras la fase carposporofítica crece sobre los gametofitos femeninos (Acleto y Zuñiga, 1998; Serviere-Zaragoza y Scrosati, 2002). Así mismo, en muchas especies, estas fases reproductivas se presentan a lo largo de todo el año con una dominancia de alguna de las dos fases. En adición a lo anteriormente mencionado, en algunos trabajos se señala la abundancia de la fase gametofítica (Hannach y Santelices, 1985; De Wreede y Green, 1990; Vera et al., 2008). Por su parte, Vera et al. (2008) demostraron la predominancia de gametofitos de *Mazzaella laminarioides*, también De Wreede y Green (1990) determinaron una dominancia de la fase gametofítica de *Iridaea splendens* en la estación de verano y una dominancia de la fase tetrasporofítica para la estación de invierno. Así mismo, Bhattacharya (1985) demostró la dominancia de la fase gametofítica en poblaciones de *Chondrus crispus*. Finalmente, Vega y Meneses (2001) señalan la abundancia de los gametofitos femeninos sobre los tetrasporofitos en *Chondrus canaliculatus*. En contraste a ello, otros trabajos indican la dominancia de la fase esporofítica

en *Gelidium sesquipedale* (Santos 1994, 1995), *G. canariense* (Polifrone et al., 2012), *G. arbuscula* (Polifrone et al., 2012), *Pterocladia capillacea* (Serviere-Zaragoza y Scrosati, 2002; Polifrone et al., 2012).

Diversos estudios sugieren que la dominancia de una fase (gametofítica o tetrasporofítica) puede ser resultado de diferencias ecológicas o fisiológicas entre las dos fases de vida; diferencias en la producción, asentamiento, germinación o supervivencia de esporas; en las tasas de crecimiento; en las tasas de fertilización; en la tasa de mortalidad; en la resistencia a las condiciones ambientales y en la susceptibilidad a herbívoros (Bhattacharya, 1985; Hannach y Santelices, 1985; De Wreede y Green, 1990; González y Meneses, 1996; Scrosati y DeWreede, 1999; Vázquez y Vega, 2001; Bulboa y Macchiavello, 2001; Fierst et al., 2005; Carmona y Santos, 2006). En el presente estudio, la proporción de fases reproductivas de *C. chamissoi* evidenció una dominancia de la fase tetrasporofítica en casi todas las profundidades evaluadas (a excepción del rango de profundidad de 2 a 3 metros). Estos resultados difieren de lo señalado por diversos autores que señalan la existencia de una proporción mayoritaria de individuos gametofíticos en esta especie (González y Meneses, 1996; Riofrio, 2003; Santome, 2018). Según dichos autores la proporción mayoritaria de la fase gametofítica puede deberse a la mayor capacidad de asentamiento y germinación de las tetrasporas y la elevada tasa de crecimiento de los gametofitos (González y Meneses, 1996; Bulboa y Macchiavello, 2001). Sin embargo, otros autores señalan la predominancia de la fase tetrasporofítica sobre la gametofítica a lo largo de todo el año (Acleto, 1986b) o bajo una anomalía térmica negativa (Riofrio, 2003). En adición a ello, Riofrio (2003) cita el trabajo de Magallanes et al. (2001), el cual evidenció una mayor proporción de tetrasporofitos de *C. chamissoi* dentro de la Reserva Nacional de Paracas. Así mismo, la misma autora señala que la dominancia de la fase gametofítica responde a una anomalía térmica positiva (mayores temperaturas) y debido a una anomalía térmica negativa (menores temperaturas), se reduce su proporción generando la dominancia de la fase esporofítica en la bahía de Ancón en 1999.

Por otro lado, diversos trabajos con la especie *Gelidium sesquipedale* indican que la predominancia de la fase tetrasporofítica radica en su capacidad de re-adhesión de frondas las cuales debido a la intensa actividad extractiva y/o fuerte movimiento del agua hayan podido fragmentarse (Atsakusa, 1986; Gorostiaga, 1990; Salinas, 1991; Santos, 1994). Carmona y Santos (2006) evidenciaron que las frondas tetrasporofitos de *G. sesquipedale* se re-adhirieron con mayor éxito y que sus rizoides crecieron más rápido que las frondas

gametofíticas. Esta capacidad de re-adhesión para *C. chamissoi* ha sido determinada en estudios de campo (Macchiavello et al., 2003; Fonck et al., 2008) o en condiciones de cultivo (Bulboa et al., 2005; Sáez et al., 2008; Bulboa et al., 2013; Arbaiza, 2016; Macchiavello et al., 2017; Colque, 2017, Rodríguez y Otaíza, 2018; Zapata, 2018; Cahui, 2018; Oyarzo et al., 2021). Sin embargo, la mayoría de estas investigaciones no han estado enfocadas en determinar las diferencias en la capacidad de propagación vegetativa de plantas esporofíticas y gametofíticas, por ello, han utilizado inóculos de *C. chamissoi* en estado vegetativo (sin estructuras reproductivas evidentes) para evaluar otros factores que afectan su cultivo (tipo de sustrato, profundidad, medio de cultivo, fotoperiodo e irradiancia, diferentes localidades, etc.). Por otra parte, Bulboa et al. (2005) y Sáez et al. (2008) no evidenciaron diferencias significativas en la propagación vegetativa de frondas cistocárpicas y tetraspóricas de *C. chamissoi* en la bahía de la Herradura, Chile.

Si bien es cierto que se ha evidenciado la capacidad de re – adhesión de frondas y propagación vegetativa de *C. chamissoi* tanto para la fase gametofítica y esporofítica, no se puede inferir que una fase tiene mayor capacidad de propagación que otra debido a la ausencia de estudios que evalúen específicamente esta característica. Sin embargo, puede ser una hipótesis probable que debería ser considerada en estudios posteriores. Por otro lado, la evaluación de características fisiológicas y/o de la capacidad de propagación vegetativa de la fase vegetativa puede resultar engañoso, dado que esta denominación practica puede contener gametofitos masculinos, gametofitos femeninos sin estructuras reproductivas y/o tetrasporofitos sin estructuras reproductivas como lo demostró Santome (2018). Se debe hacer notar que una caracterización y diferenciación de fases mediante pruebas químicas de laboratorio (Resorcinol) puede ser muy complicado de realizar (logísticamente) en estudios de campo orientados al manejo y/o cultivo dada la necesidad (practicidad), objetivos y alcances del estudio. Sin embargo, se sugiere complementar los estudios de campo con estudios de caracterización de fases en laboratorio para obtener un mejor conocimiento de los procesos fisiológicos entre las fases y posteriormente poder extrapolar estos resultados a las condiciones de campo.

Otra de las causas que pueden explicar la dominancia de la fase tetrasporofítica de *C. chamissoi* del área de estudio, es la mayor cantidad de numero de esporas por estructura reproductiva y potencial reproductivo del individuo (PRi) de la fase cistocárpica lo cual puede significar que la viabilidad de las tetrásporas es mucho menor que las carpósporas. En adición a ello, en base a la Tabla 6, se pudo calcular que el número de esporas que pueden

ser liberadas por gramo de alga carposporofítica lo cual fue significativamente mayor ( $37,825 \cdot 10^3$  carpósporas.gr<sup>-1</sup>) que lo que puede ser liberado por algas tetrasporofíticas ( $22,740 \cdot 10^3$  tetrásporas.gr<sup>-1</sup>). Esto explicaría la elevada cantidad de individuos tetrasporofíticos (en el caso particular del área de estudio de Mendieta) que ocurre debido a la mayor producción de carpósporas por individuo reproductivo (PRi) y la mayor capacidad de asentamiento y germinación de estas carpósporas. Reforzando lo anteriormente señalado, González y Meneses (1996) y Bulboa y Macchiavello (2001), brindan una explicación similar de la abundancia de la fase gametofítica en ciertas poblaciones de *C. chamissoi* de Chile, argumentando que la proporción mayoritaria de la fase gametofítica se explica debido a la mayor capacidad de asentamiento y germinación de las tetrásporas y la elevada tasa de crecimiento de los gametofitos. Se debe hacer notar que a pesar que en las poblaciones de *C. chamissoi* estudiadas por los mencionados autores, la fase dominante fue la gametofítica (a diferencia de nuestra población de estudio), se repite el mismo fenómeno donde la fase dominante tiene un menor PRi. A similares conclusiones han llegado diversos estudios desarrollados con la especie *G. sesquipedale* donde se ha determinado que la elevada cantidad de gametofitos en diferentes poblaciones de esta especie, se debe a la poca viabilidad de las tetrásporas y a la mejor capacidad de las carpósporas de germinar (Abbott, 1980; Rueness y Fredriksen, 1989; Maggs y Rico, 1991)

Así mismo, el hecho que el Potencial Reproductivo Poblacional (PRp) del área evaluada en Mendieta (50 ha), fue significativamente mayor para la fase tetraspórica ( $5.6 \cdot 10^{15}$  tetrásporas/50 ha) que la fase cistocárpica ( $4.7 \cdot 10^{15}$  carpósporas/50 ha) indica que en área de estudio hay una mayor cantidad de tetrásporas disponibles y, sin embargo, esto no influye en la abundancia de la fase gametofítica. Esto puede brindar más pruebas que explicar la mayor capacidad de asentamiento y germinación de las carpósporas y la elevada tasa de crecimiento de los tetrasporofitos. Evaluaciones estacionales en Chile en el año 1994 demostraron que existe una diferencia en la productividad de las estructuras reproductivas de las diferentes fases de *C. chamissoi* donde los carposporangios liberaron más cistocarpos de agosto a diciembre, mientras los tetrasporangios liberaron más tetrásporas entre enero y julio (Vázquez y Vega, 2001). Estas diferencias estacionales en la productividad de estructuras reproductivas, no ha sido evaluada en las poblaciones de Perú, sin embargo, el hecho que haya resultados que indiquen la dominancia de la fase tetrasporofítica en la zona (Acleto, 1986b; Magallanes, 2001), puede sugerir la existencia de distintos patrones estacionales de distribución de las fases reproductivas para la zona de Pisco. Estudios

orientados a evaluar la productividad reproductiva necesitan ser desarrollados para definir la existencia de patrones estacionales en esta especie.

Por otro lado, que en las partes menos profundas (2 a 3 metros) la fase dominante sea la vegetativa, no indica claramente la dominancia de una fase u otra (gametofítica u esporofítica) dado que la fase vegetativa puede estar compuesta de individuos gametofíticos y/o tetraspóricos sin estructuras reproductivas. Por lo tanto, es probable que siga el mismo patrón de dominancia de la fase tetraspórica observado en las distintas profundidades.

Así mismo, se debe implementar una actividad extractiva selectiva, evitando la extracción de individuos carposporofíticos debido a su importancia en el mantenimiento de la población en playa Mendieta. Si bien la actividad extractiva de este recurso, realizada por pescadores artesanales, se realiza con poco o nulo control, es factible desarrollar proyectos de concientización a los extractores para que eviten retirar algas carposporofíticas o "carachosas" del medio. Indudablemente, para determinar el esfuerzo y cuotas de extracción, es menester el desarrollo de estudios anuales de evaluación poblacional para obtener un panorama concreto del flujo de productividad del recurso por estación. Sin embargo, este criterio de extracción selectiva, puede ser un buen inicio para la preservación de la pradera de *C. chamissoi* en Mendieta.

## V. CONCLUSIONES

- Existe una predominancia de la fase tetrasporofítica en playa Mendieta con una densidad promedio que aumenta según el gradiente de profundidad con  $0.021 \pm 0.033 \text{ kg.m}^{-2}$  (2 – 3 metros),  $0.366 \pm 0.306 \text{ kg.m}^{-2}$  (3 – 4 metros),  $0.739 \pm 0.396 \text{ kg.m}^{-2}$  (4 – 5 metros) y  $0.941 \pm 0.443 \text{ kg.m}^{-2}$  (5 – 5.5 metros) para el mes de Julio de 2019.
- Se determinó la biomasa total de *C. chamissoi* en el área de estudio de Mendieta (50 ha) en 488 toneladas de *C. chamissoi* donde 247 toneladas fueron tetrasporofitos, 126 toneladas carposporofitos y 115 toneladas vegetativos.
- El Potencial Reproductivo Individual (PRi) fue mayor en los individuos carposporofíticos ( $215,965,422.7 \pm 140,322,669.5$  carpósporas) que en los tetrasporofíticos ( $153,419,057.5 \pm 142,693,418.9$  tetrásporas)
- El Potencial Reproductivo Poblacional Total (PRp) del área de estudio (50 ha) fue mayor en los individuos tetrasporofíticos ( $5.6 \times 10^{15}$  tetrásporas) que en los carposporofíticos ( $4.7 \times 10^{15}$  carpósporas).

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios de caracterización reproductiva y proporción de fases reproductivas de *C. chamissoi* en un gradiente anual para determinar la existencia de patrones estacionales. La determinación de fases reproductivas en campo puede complementarse con la determinación química (test resorcinol).
- Evaluar la viabilidad, capacidad de asentamiento, germinación y desarrollo de las carpósporas y tetrásporas de *C. chamissoi* en un gradiente anual para determinar la existencia de patrones estacionales.
- Evaluar la capacidad de re-adhesión y propagación vegetativa entre individuos de la fase gametofítica y tetrasporofítica de playa Mendieta.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acleto, C. (1986a). Algas marinas del Perú de importancia económica. UNMSM - Museo de Historia Natural. Serie de divulgación 5: 58 - 61.
- Acleto, C. (1986b). Algunos aspectos biológicos de *Gigartina chamissoi* (C. Ag) J. Agardh (Rhodophyta, Gigartinales). *Revista de Ciencias* 74(1): 38-47.
- Acleto, C. & Zúñiga, R. (1998). Introducción a las algas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 1 Ed. Lima, Perú. Pág.: 34 – 263.
- Agrawal, S.C. (2009). Factors affecting spore germination in Algae – review. *Folia Microbiologic*: 54 (4): 273–302.
- Akatsuka, I. (1986). Japanese Gelidiales (Rhodophyta), especially *Gelidium*. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 24:171–263.
- Alsufyani, T.; Califano, G.; Deicke, M.; Grueneberg, J.; Weiss, A.; Engelen, A.H.; Kwantes, M.; Mohr, J.F.; Ulrich J.F. & Wichard, T. (2020). Macroalgal–bacterial interactions: identification and role of thallusin in morphogenesis of the seaweed *Ulva* (Chlorophyta). *Journal of Experimental Botany*. Vol. 71 (11). Pp.: 3340–3349.
- Alveal, K. (2001). Estrategias reproductivas de Rhodophyta y sus nexos con la biodiversidad. En *Sustentabilidad de la biodiversidad*. Alveal, K. & Antezana, T. Universidad de Concepción – Chile. Pág.: 367 – 388.
- Arbaiza, S. (2016). Viabilidad reproductiva para el cultivo de *Chondracanthus chamissoi* proveniente de tres poblaciones del litoral peruano. Tesis para optar el grado académico de Magister Scientiae en Acuicultura. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Arbaiza, S.; Gil-Kodaka, P.; Arakaki, N. & Alveal, K. (2019). Primeros estadios de cultivo a partir de carpósporas de *Chondracanthus chamissoi* de tres localidades de la costa peruana. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 54 (2): 198-207.

- Ávila, M.; Piel, M.; Cáceres, J. & Alveal, K. (2011). Cultivation of the red alga *Chondracanthus chamissoi*: sexual reproduction and seedng production in culture under controlled conditions. *J Appl Phycol* 23:529–536.
- Bhattacharya, D. (1985). The demography of fronds of *Chondrus crispus* Stackhouse. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 91(3), 217-231. Doi: [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(85\)90177-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(85)90177-7)
- Barilotti, D.C. & Zertuche-González J.A. (1990). Ecological effects of seaweed harvesting in the Gulf of California and Pacific Ocean off Baja California and California. *Hydrobiologia* 204/205: 35-40.
- Barsanti, L. & Gualtieri, P. (2014). *Algae, anatomy, biochemistry and biotechnology*. 2nd edition. Istituto di Biofisica. Pisa – Italy.
- Betancourtt, C.; Zapata, J.; Latorre, N.; Anguita, C.; Castañeda, F.; Meynard, A.; Fierro, C.; Espinoza, C.; Guajardo, E.; Nuñez, A.; Salas, N.; González, C.; Ramírez, M.E.; Bulboa-Contador, C. & Contreras-Porcía, L. (2018). Variación espacio-temporal en la composición del ensamble de macroalgas del intermareal rocoso de Maitencillo, Valparaíso, costa central de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. Vol. 53 (1): 105-117.
- Bulboa, R.C. & Macchiavello, E. J. (2001). The effects of the light and temperature on different phases of the life cycle in the carrageenan producing alga *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales). *Botanica Marina* 44: 371 – 374.
- Bulboa, C.; Macchiavello, J.; Oliveira, E. & Fonck, E. (2005). First attempt to cultivate the carrageenan-producing seaweed *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützinger (Rhodophyta; Gigartinales) in Northern Chile. *Aquac. Res.* 36, 1069–1074.
- Bulboa, C. (2006). Bases bio-tecnológicas para o cultivo de *Chondracanthus chamissoi*, uma alga vermelha de importância econômica da costa chilena. Tesis Doctorado en Ciencias, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 126 pp.
- Bulboa, C.; Macchiavello, J.; Véliz, K. & Oliveira, C.E. (2010). Germination rate and sporeling development of *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) varies along a latitudinal gradient on the coast of Chile. *Aquatic Botany* 92: 137–141.
- Bulboa, C.; Véliz, K.; Sáez, F.; Sepúlveda, C.; Veja, L. & Macchiavello, J. (2013). A new method for cultivation of the carragenophyte and edible red seaweed

- Chondracanthus chamissoi* based on secondary attachment disc: Development in outdoor tanks. *Aquaculture* 410/411: 86-94.
- Bulboa, C.; Pérez, I.; Contreras-Porcía, L.; Zapata, J.; Castañeda, F.; Ramirez, M.E. & Gil-Kodaka, P. (2019). Concise review of genus *Chondracanthus* (Rhodophyta: Gigartinales). *J Appl Phycol*. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01956-w>.
- Cahui, J.M. (2018). Efecto del sustrato sobre el crecimiento y supervivencia de *Chondracanthus chamissoi* en cultivo en sistema suspendido en el litoral marino de Ilo. Tesis para optar con el título profesional de Ingeniero pesquero. Universidad Nacional de Moquegua.
- Carbajal, W.; Galán, J. & De la Cruz, J. (2005). Prospección del recurso *Chondracanthus chamissoi* "cochayuyo" en la playa de huanchaco (Trujillo), Junio – Julio 2005. Instituto del Mar del Perú.
- Calderón, M.; Ramírez, M.H. & Bustamante, D. (2010). Notas sobre tres especies de Gigartinaceae (Rhodophyta) del litoral peruano. *Revista Peruana de Biología* 17(1): 115-121.
- Castañeda, M.; Arbaiza, S.; Diaz, F.; Castillo, Y.; Baltazar, P. & Advíncula, O. (2018). Evaluación del fotoperiodo en el asentamiento de tetrásporas de *Chondracanthus chamissoi* sobre cuerdas de polipropileno en condiciones semi-controladas de laboratorio. Universidad Nacional Agraria La Molina. *Anales científicos* 79 (2): 459 – 465.
- Chopin, T.; Pringle, J.D. & Semple, R.E. (1988). Reproductive capacity of dragraked and non dragraked Irish moss (*Chondrus crispus* Stackhouse) beds in the southern Gulf of St. Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 758 - 766.
- Colque, L.M. (2017). Evaluación del crecimiento de cultivo vegetativo de *Chondracanthus chamissoi*, utilizando fertilizante comercial Bayfolan y medio Guillard f/2, en condiciones de laboratorio en el centro de acuicultura de morro sama del Fondepes. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero pesquero. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Dawson, Y.; Acleto, C. & Foldvik, N. (1964). The seaweeds of Peru. *Nova Helwigia* 13: 1-111.

- Delaney, A.; Frangoudes K. & Li, S.A. (2016). Society and seaweed: understanding the past and present. In: (Fleurence, J. and I. Levine, eds) Seaweed in. Elsevier Academic Press, London. pp. 7–40.
- De Wreede, R.E. & Green, L.G. (1990). Patterns of gametophyte dominance of *Iridaea splendens* (Rhodophyta) in Vancouver Harbour, Vancouver, British Columbia, Canada. *Journal of Applied Phycology*, 2(1), 27-34.  
Doi: <https://doi.org/10.1007/BF02179766>
- Deza, K.; Gil-Kodaka, P.; Fernández, E. & Mendo, J. (2002). Efecto del tamaño de corte sobre la tasa de crecimiento y cobertura de la macroalga *Chondracanthus chamissoi* "yuyo" de la zona submareal de playa Mendieta, Paracas, Pisco en J. Mendo & M. Wolff. *Memorias I Jornada científica Reserva Nacional de Paracas*. Universidad Nacional Agraria La Molina. 244pp.
- Di Rienzo, J.A.; Macchiavelli, R.E. & Casanoves, F. (2017). *Modelos Lineales Mixtos Aplicaciones en InfoStat*. Primera edición, 3.
- Fierst, J.; TerHorst, C.; Kübler, J.E. & Dudgeon, S. (2005). Fertilization success can drive patterns of phase dominance in complex life histories. *Journal of Phycology*, 41(2), 238-249. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2005.04024.x>
- Fonck, E.; Martínez, R.; Vásquez, J. & Bulboa, C. (2007). Factors that affect the re-attachment of *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) thalli. *J Appl Phycol*. 20 (3): 311 – 314. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9251-y>
- Flores, D.; Zavala, J.; Donayre, S.; Guardia, A. & Sarmiento, H. (2015). Evaluación poblacional de *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh, 1820) en las bahías de Pisco y Paracas, otoño 2010. *Inf Inst Mar Perú*, Vol. 42/No. 4.
- García-Lepe, M.G.; Ballesteros-Grijalva, G.; Zertuche-González, J.A. & Chee-Berragán, A. (1997). Variación anual de talla y fenología reproductiva del alga roja *Chondracanthus canaliculatus* (Harvey) Guiry en Punta San Isidro, Baja California, México. *Ciencias Marinas* 23 (4): 449-462.
- Ghaderiardakani, F.; Coates, J.C. & Wichard, T. (2017). Bacteria-induced morphogenesis of *Ulva intestinalis* and *Ulva mutabilis* (Chlorophyta): a contribution to the lottery theory. *FEMS Microbiology Ecology* 93 (8): fix094.

- Ghaderiardakani, F., Califano, G.; Mohr, J.F.; Abreu, M.H.; Coates, J.C. & Wichard, T. (2019). Analysis of algal growth- and morphogenesis-promoting factors in an integrated multitrophic aquaculture system for farming *Ulva* spp. *Aquaculture Environment Interactions* 11, 375–391. Doi: <https://doi.org/10.3354/aei00319>
- Gonzales, J. & Meneses, I. (1996). Differences in the early stages of development of gametophytes and tetrasporophytes of *Chondracanthus chamissoi* (C. Ag.) Kützing from Puerto Aldea, northern Chile. *Aquaculture* 143: 91 – 107.
- Gorostiaga, J.M. (1990). Aspectos demográficos del alga *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born. et Thur. Discusión sobre su adecuada gestión como recurso explotable. Ph.D. thesis, University of Basque Country, 313 pp.
- Graham, L.E. & Wilcox, L.W. (2000). *Algae*. Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Graigie, J.S.; Pringle, J.D. (1978). Spatial distribution of tetrasporophytes and gametophytes in four maritime populations of *Chondrus crispus*. *Canadian Journal of Botany* 56(22): 2910 – 2914. Doi: <https://doi.org/10.1139/b78-349>
- Grueneberg, J.; Engelen, A.H.; Costa, R. & Wichard, T. (2016). Macroalgal morphogenesis induced by waterborne compounds and bacteria in coastal seawater. *PLoS One* 11, e0146307.
- Hannach, G. & Santelices, B. (1985). Ecological differences between the isomorphic reproductive phases of two species of Iridaea (Rhodophyta. Gigartinales). *Marine Ecology Progress Series*, 22, 291-303.
- Hurd, C.L.; Harrison, P.J.; Bischof, K. & Lobban, C.S. (2014). *Seaweed Ecology and Physiology*. Second edition. Cambridge University Press. Pág.: 48 – 98.
- Hutchings, J. A. (1993). Adaptive life histories affected by age-specific survival and growth rate. *Ecology* 74: 673 – 684.
- Hyndes, G.A.; Nagelkerken, I.; McLeod, R.J.; Connolly, R.M.; Lavery, P.S. & Vanderklift, M.A. (2013). Mechanisms and ecological role of carbon transfer within coastal seascapes. *Biol. Rev.* Doi: <https://doi.org/10.1111/brv.12055>.
- Icochea, B. (2008). Bases biológicas para el manejo del recurso *Chondracanthus chamissoi* en el litoral marino de Huanchaco, departamento La Libertad, Perú. Tesis para optar el grado académico de Maestro en ciencias con mención en Gestión económica

medio ambiental y los recursos naturales. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo – Perú.

- Krumhansl, K.A. & Scheibling, R.E. (2012). Production and fate of kelp detritus. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 467: 281–302.
- Lotze, H.K.; Milewski, I.; Fast, J.; Kay, L. & Worm, B. (2019). Ecosystem-based management of seaweed harvesting. *Botanica Marina* 62(5): 395–409.
- Macchiavello, J.; Bulboa, C. & Edding, V.M. (2003). Vegetative propagation and spore-based recruitment in the carrageenophyte *Chondracanthus chamissoi* (Gigartinales, Rhodophyta) in northern Chile. *Phycological Research*, 51(1), 45-50. Doi: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1835.2003.00292.x>
- Macchiavello, J.; Sepúlveda, C.; Basaure, H.; Sáez, F.; Yañez, D.; Marín, C. & Vega, L. (2017). Suspended culture of *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta: Gigartinales) in Caleta Hornos (northern Chile) via vegetative propagation with secondary attachment discs. *J Appl Phycol.* Doi: <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1307-z>.
- Magallanes, C.; Cordova, C.; Carbajal, P.; La Rosa, G. & Garcia, J. (2001). Fenología de *Chondracanthus chamissoi*, una especie explotada en la Reserva Nacional de Paracas. X Reunión Científica ICBAR, Lima, Perú. Libro de Resúmenes Pág.: 82. Citado en: Riofrío, O. (2003). Efecto de la variabilidad térmica sobre la biología vegetativa y reproductiva de *Chondracanthus chamissoi* (Agardh) Kützing (Rhodophyta) en la bahía de Ancón, Perú. Tesis de Biólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Melo, R. & Neushul, M. (1993). Life history and reproductive potential of the agarophyte *Gelidium robustum* in California. *Hydrobiologia* 260/261: 223 - 229.
- Olson, A.M. & Lubchenco, J. (1990). Competition in seaweeds: Linking plant traits to competitive outcomes. *J. Phycol.* 26:1 – 6.
- Otaíza, R.D. & Cáceres, J. (2015). Manual de una técnica para el repoblamiento de chicoria de mar, *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing (Rhodophyta, Gigartinales), en praderas naturales, Región del Biobío. Proyecto FONDEF-HUAM AQ12I0004. 40 páginas.

- Oyarzo, S.; Ávila, M.; Alvear, P.; Remoncellez, J.P.; Contreras-Porcia, L. & Bulboa, C. (2021). Secondary attachment disc of edible seaweed *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales): Establishment of permanent thalli stock. *Aquaculture* 530: 735954. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735954>.
- Pariona, E. (2004). Determinación de la abundancia de las fases reproductivas de *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kutzing y reclutamiento sobre sustrato calcáreo en una pradera de playa Mendieta. Reserva Nacional de Paracas - Perú. Tesis para optar el título de biólogo. UNALM. Lima – Perú.
- Pariona, E. & Gil-Kodaka, P. (2011). Colonización de *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) sobre sustratos calcáreos en Playa Mendieta, Reserva Nacional de Paracas. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.
- Pereira, L. & Mesquita, J.F. (2004). Population studies and carrageenan properties of *Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus* (Gigartinaceae, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*, 16(5), 369-383.  
Doi: <https://doi.org/10.1023/B:JAPH.0000047948.11892.67>
- Polifrone, M., Gil-Rodríguez, M.C., Domínguez Álvarez, S., Stroobant, M., & Viera-Rodríguez, M.A. (2012). Reproductive phenology of three species of Gelidiales (Rhodophyta) in two macroalgal communities from Tenerife (Atlantic Ocean, Canary Islands, Spain). *Anales Del Jardín Botánico De Madrid*, 69(2), 247–252.  
Doi: <https://doi.org/10.3989/ajbm.2325>
- Rangeley, R.W. (1993). The effects of seaweed harvesting on fishes: a critique. *Environmental Biology of fishes* 39: 319-323.
- Ramírez, M.E. & Santelices, B. (1991). Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa temperada del Pacífico Sudamericano. Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. *Monografías Biológicas* 5: 1-437.
- Riofrío, O. (2003). Efecto de la variabilidad térmica sobre la biología vegetativa y reproductiva de *Chondracanthus chamissoi* (Agardh) Kützing (Rhodophyta) en la bahía de Ancón, Perú. Tesis de Biólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

- Rodríguez, E.F.; Fernández, M.A.; Alvítez, E.; Pollack, L.E.; Bulnes, L.; Geldres, C.W. & Paredes, Y. (2018). Algas marinas del litoral de la región de La Libertad, Perú. *Scientia Agropecuaria* 9(1): 71-81.
- Rodriguez, C.Y. & Otaíza, R. (2018). Factors affecting morphological transformation and secondary attachment of apexes of *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales). *J Appl Phycol.* 30: 1157–1166. Di: <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1305-1>
- Salinas, J.M. (1991). Spray system for re-attachment of *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born. et Thur. (Gelidiales: Rhodophyta). *Hydrobiologia* 221:107–1.
- Santelices, B. (1990). Patterns of reproduction dispersal and recruitment in seaweeds. *Oceanogr. Mar. Biol.* 28: 177 – 276.
- Santome, S.H. (2018). Viabilidad de proporción de fases del alga roja *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing "yuyo" en la bahía de Ancón. Tesis para optar al Título Profesional de Bióloga con Mención en Hidrobiología y Pesquería. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú.
- Santos, R. (1994). Frond dynamics of the commercial seaweed *Gelidium sesquipedale*: effects of size and frond history. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 107:295–305.
- Santos, R. (1995). Size structure and inequality in a commercial stand of the seaweed *Gelidium sesquipedale*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 119:253–6.
- Santos, R. & Duarte, P. (1996). Fecundity, spore recruitment and size in *Gelidium sesquipedale* (Gelidiales: Rhodophyta). *Hydrobiologia* 326/327:223–8.
- Scrosati, R. & De Wreede, E. (1999). Demographic models to simulate the stable ratio between ecologically similar gametophytes and tetrasporophytes in populations of the Gigartinaceae (Rhodophyta). *Phycol. Res.* 47:153–7.
- Scrosati, R. & Mudge, B. (2004). Persistence of gametophyte predominance in *Chondrus crispus*. *Hydrobiologia*, 519(1-3): 215 - 218.  
Doi: <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000026600.88646.31>
- Scrosati, R.; Garbary, D.J. & McLachlan, J. (1994). Reproductive Ecology of *Chondrus crispus* (Rhodophyta, Gigartinales) from Nova Scotia, Canada. *Botanica Marina*, 37(4), 293–300. Doi: <https://doi.org/10.1515/botm.1994.37.4.293>.

- Serviere-Zaragoza, E. & Scrosati, R. (2002). Reproductive Phenology of *Pterocliadiella capillacea* (Rhodophyta: Gelidiales) from Southern Baja California, Mexico. *Pacific Science* (2002), vol. 56, no. 3:285–290
- Singh, R.P. & Reddy, C.R.K. (2014). Seaweed–microbial interactions: key functions of seaweed-associated bacteria, *FEMS Microbiol. Ecol.* 88: 213–230.
- 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.
- Thornber, C.S. & Gaines, S.D. (2004). Population Demographics in Species with Biphasic Life Cycles. *Ecology*, 85(6), 1661-1674. Doi: <https://doi.org/10.1890/02-4101>
- Uribe, R.A.; Atoche-Suclupe, D.; Paredes-Paredes, J. & Seclén, J. (2020). Características bioecológicas de la macroalga roja *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing (Rhodophyta, Gigartinaceae) en la zona intermareal del norte de Perú. *Bol Inst Mar Perú.* 35(2): 271-293.
- Vásquez, J.A. & Vega, J.M. (2001). *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) in northern Chile: ecological aspects for management of wild populations. *Journal of Applied Phycology* 13(3): 267–277.
- Vásquez, J.A. & Vega, J.M. (2004). Comunidades marinas costeras del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. En: Squeo, F.A.; Gutiérrez, J.R.; Hernández, I.R. Eds. *Historia natural del Parque Nacional Bosque Fray Jorge*. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile: 235-252.
- Vásquez, J.A. & Vega, J.M. (2005). Macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de algas pardas: biodiversidad de comunidades discretas como indicadora de perturbaciones locales y de gran escala. Cuarta parte. Capítulo XII. En: E. Figueroa Ed. *Biodiversidad Marina: Valoración, uso y perspectivas. ¿Hacia dónde va Chile?* Editorial Universitaria. Santiago. Chile: 429-450.
- Vega, J.M.A. & Meneses, I. (2001). Seasonal and Spatial Monitoring of Productivity and of Reproduction of *Chondrus canaliculatus* (Gigartinales, Rhodophyta) from Chile
- Vásquez, J.A.; Ávila, M.; Cáceres, J.; Abades, S.; Piel, M.I.; Piaget, N.; Rodríguez, D.; Vega, A. (2011). Evaluación de praderas y proposición de estrategias de sustentabilidad

de algas carragenófitas en la V y VI Regiones. Proyecto FIP 2008-52. Informe final. Universidad Católica del Norte. Chile.

Vera, C.; Lobos, P. & Romo, H. (2008). Gametophyte-sporophyte coalescence in populations of the intertidal carrageenophyte *Mazzaella laminarioides* (Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*, 20(5): 883-887. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9238-8>

Vivanco, C.; Alvarez, J.C. & Vodden, K. (2011). Extracción de algas en Pisco: Desafíos, oportunidades, adaptación y perspectivas futuras. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* 14(1): 19-27.

Yang, M.Y.; Macaya, E.C. & Kim, M.S. (2015). Molecular evidence for verifying the distribution of *Chondracanthus chamissoi* and *C. teedei* (Gigartinaceae, Rhodophyta). *Botanica Marina* 2015; 58(2): 103–113

Zapata, J.C. (2018). Estudio comparativo en la propagación vegetativa de *Chondracanthus chamissoi* "yuyo" en tres tipos de sustrato en ambiente controlado en la región Moquegua. Tesis para optar con el título profesional de Ingeniero pesquero. Universidad Nacional de Moquegua.

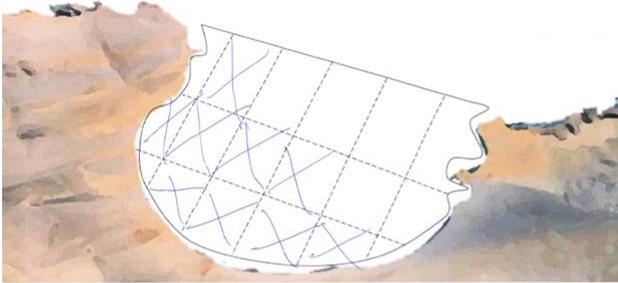
## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1. Modelo de encuestas realizadas a miembros de COTRAPALMAR**

"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

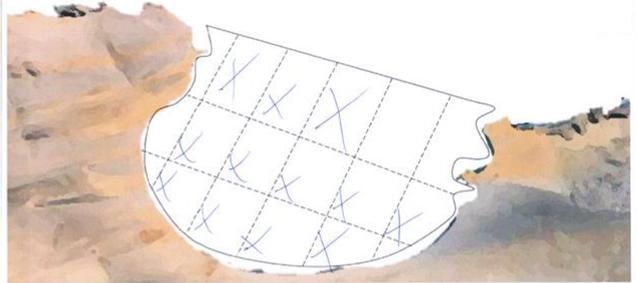
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

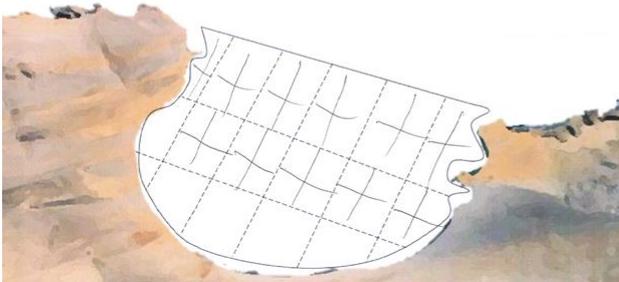
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

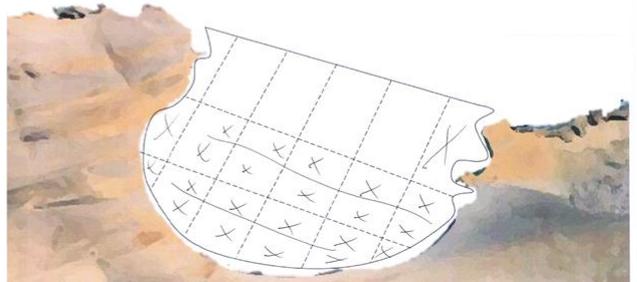
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

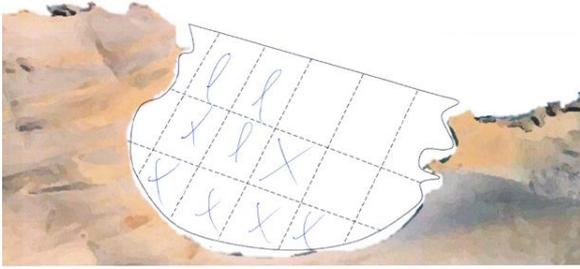
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

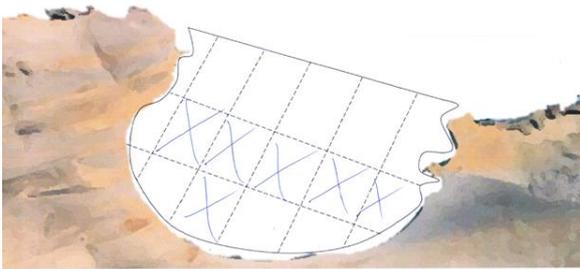
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

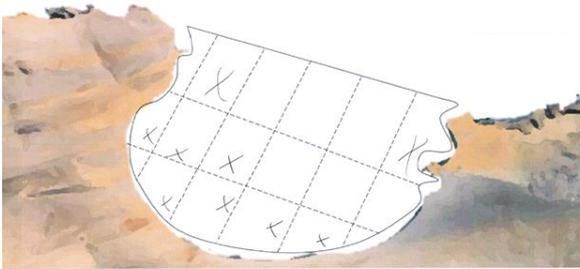
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

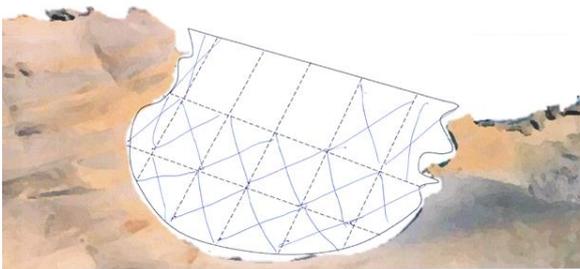
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

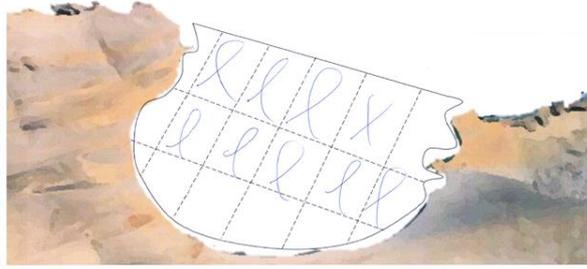
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

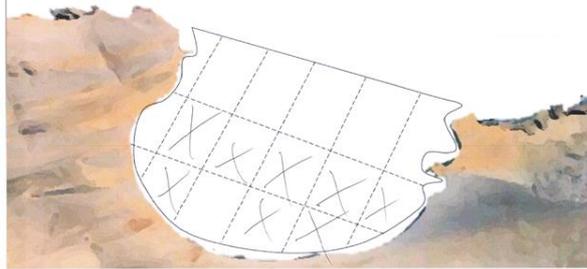
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

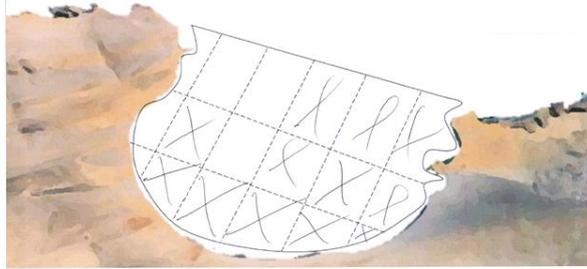
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

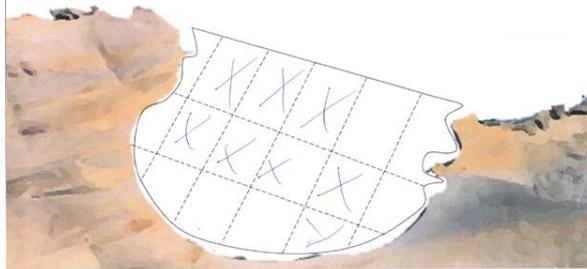
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



"ABUNDANCIA DE FASES REPRODUCTIVAS Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi* DE PLAYA MENDIETA, PARACAS, PERÚ"

**Identificación de principales áreas de extracción de yuyo en playa Mendieta**

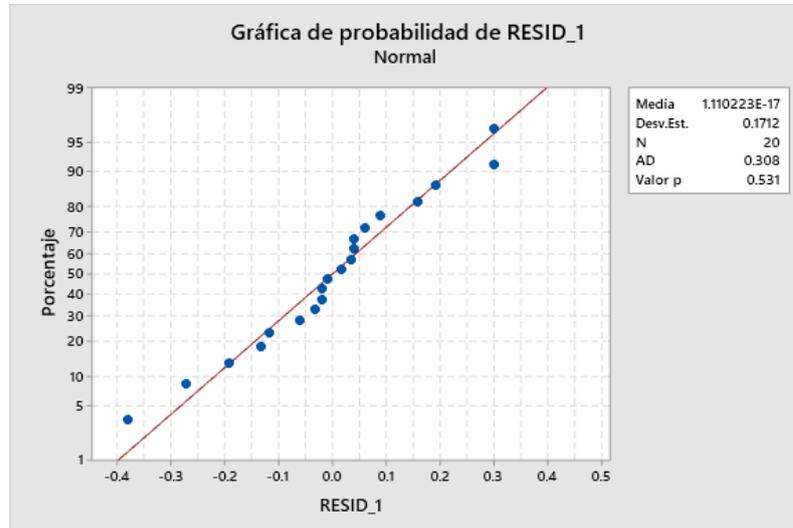
Marque con una "X" las principales áreas donde se extrae el yuyo



**Anexo 2.** Pruebas estadísticas desarrolladas para las variables del estudio.

**1. VARIABLE DENSIDAD TOTAL (DT):** Se tuvo que transformar (raíz cuadrada)

a. Normalidad de errores (residuos)



b. Homogeneidad de varianzas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	6.92	0.074

**Información del factor**

Factor	Niveles	Valores
Profundidad	4	A; B; C; D

**Análisis de Varianza**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Profundidad	3	2.6621	0.88736	25.49	0.000
Error	16	0.5570	0.03481		
Total	19	3.2190			

## Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.186573	82.70%	79.45%	75.53%

## Medias

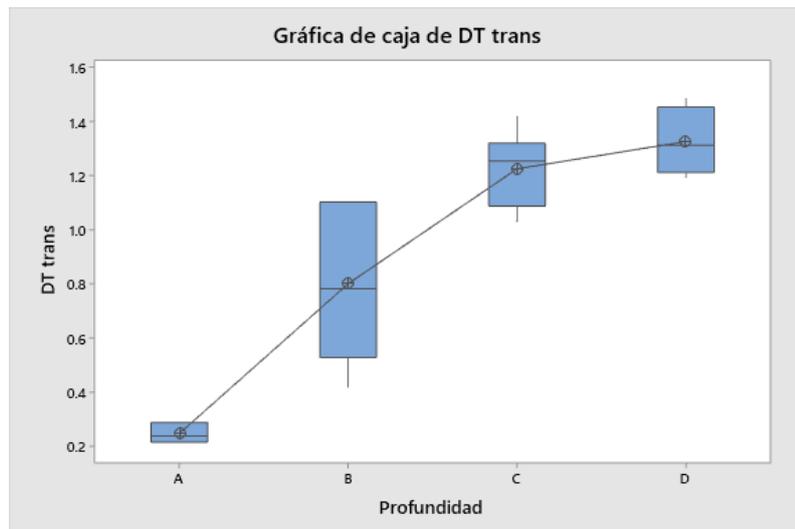
Profundidad	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A	3	0.2476	0.0370	(0.0193; 0.4760)
B	7	0.8017	0.2620	(0.6522; 0.9511)
C	6	1.2265	0.1377	(1.0650; 1.3879)
D	4	1.3273	0.1260	(1.1296; 1.5251)

Desv.Est. agrupada = 0.186573

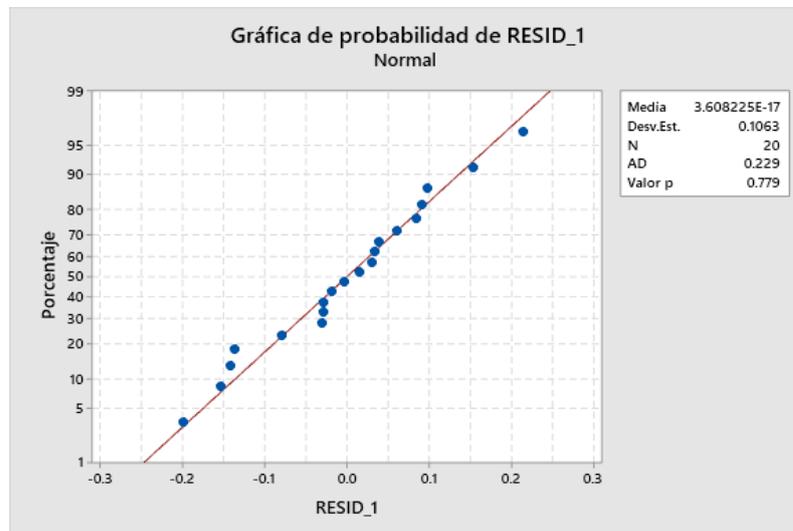
## Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Profundidad	N	Media	Agrupación
D	4	1.3273	A
C	6	1.2265	A
B	7	0.8017	B
A	3	0.2476	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



2. **VARIABLE DENSIDAD Cistocárpico (D-Cis):** Se tuvo que transformar (raíz cuadrada)
- a. Normalidad de errores (residuos)



- b. Homogeneidad de varianzas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	4.10	0.251

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Profundidad	4	A; B; C; D

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Profundidad	3	0.7515	0.25051	18.65	0.000
Error	16	0.2149	0.01343		
Total	19	0.9664			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.115884	77.77%	73.60%	67.43%

## Medias

Profundidad	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A	3	0.1157	0.0321	(-0.0262; 0.2575)
B	7	0.3928	0.1474	(0.3000; 0.4857)
C	6	0.6422	0.0907	(0.5419; 0.7425)
D	4	0.6686	0.1174	(0.5458; 0.7914)

Desv.Est. agrupada = 0.115884

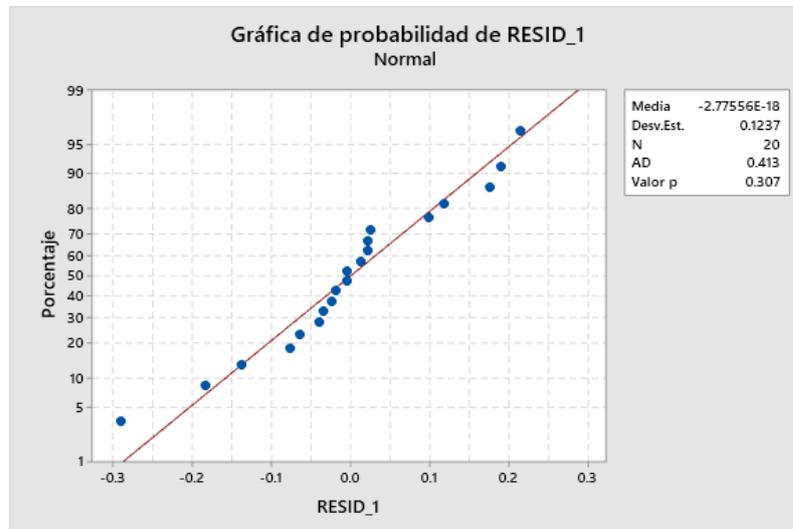
## Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Profundidad	N	Media	Agrupación
D	4	0.6686	A
C	6	0.6422	A
B	7	0.3928	B
A	3	0.1157	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### 3. VARIABLE Densidad Tetraspórico (D-Tet): Se tuvo que transformar (raíz cuadrada)

#### a. Normalidad de errores (residuos)



#### b. Homogeneidad de varianzas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	5.83	0.120

## Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Profundidad	4	A; B; C; D

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Profundidad	3	1.4251	0.47502	26.13	0.000
Error	16	0.2909	0.01818		
Total	19	1.7160			

## Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.134841	83.05%	79.87%	76.02%

## Medias

Profundidad	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A	3	0.1438	0.0344	(-0.0212; 0.3088)
B	7	0.5800	0.1860	(0.4719; 0.6880)
C	6	0.8703	0.1097	(0.7536; 0.9870)
D	4	0.9427	0.0832	(0.7997; 1.0856)

Desv.Est. agrupada = 0.134841

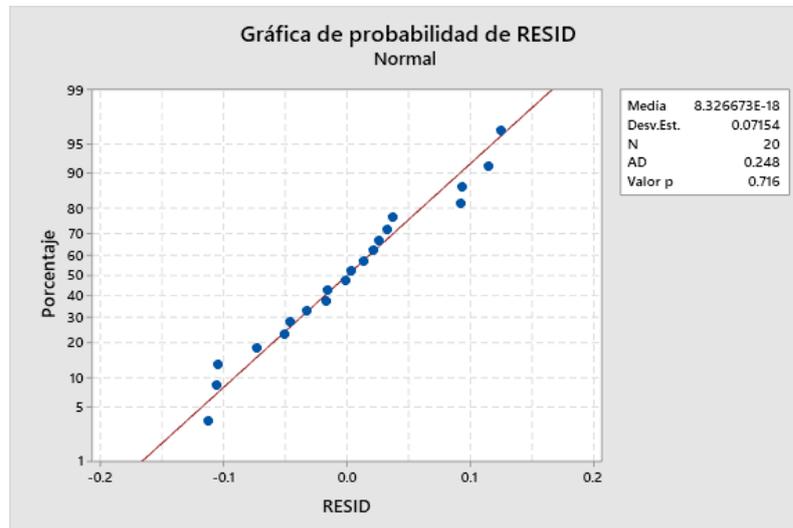
## Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Profundidad	N	Media	Agrupación
D	4	0.9427	A
C	6	0.8703	A
B	7	0.5800	B
A	3	0.1438	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

#### 4. VARIABLE Densidad Vegetativo (D-V)

##### a. Normalidad de errores (residuos)



##### b. Homogeneidad de varianzas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	2.91	0.406

#### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Profundidad	4	A; B; C; D

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Profundidad	3	0.36348	0.121161	19.93	0.000
Error	16	0.09725	0.006078		
Total	19	0.46073			

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad.(ajustado)	R-cuad.(pred)
0.0779612	78.89%	74.94%	68.63%

## Medias

Profundidad	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A	3	0.0267	0.0283	(-0.0687; 0.1221)
B	7	0.1625	0.0947	(0.1001; 0.2250)
C	6	0.3333	0.0631	(0.2658; 0.4008)
D	4	0.4226	0.0855	(0.3399; 0.5052)

Desv.Est. agrupada = 0.0779612

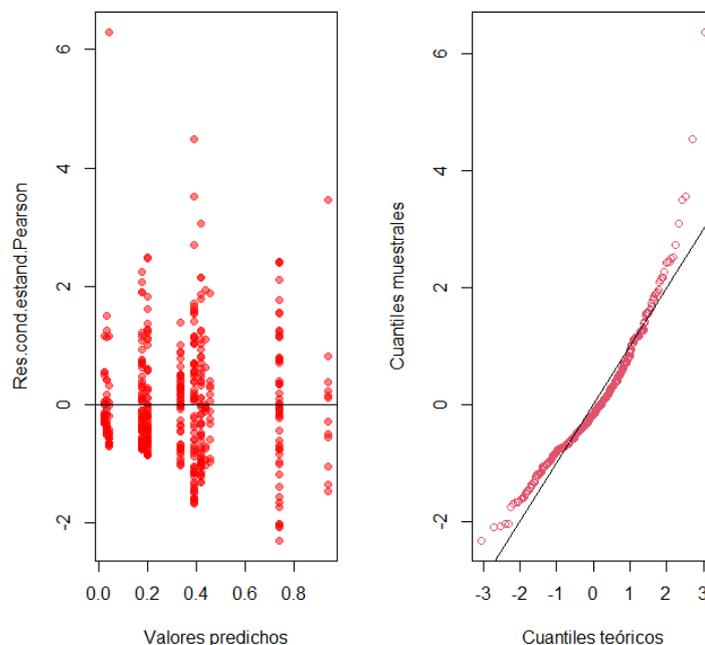
## Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

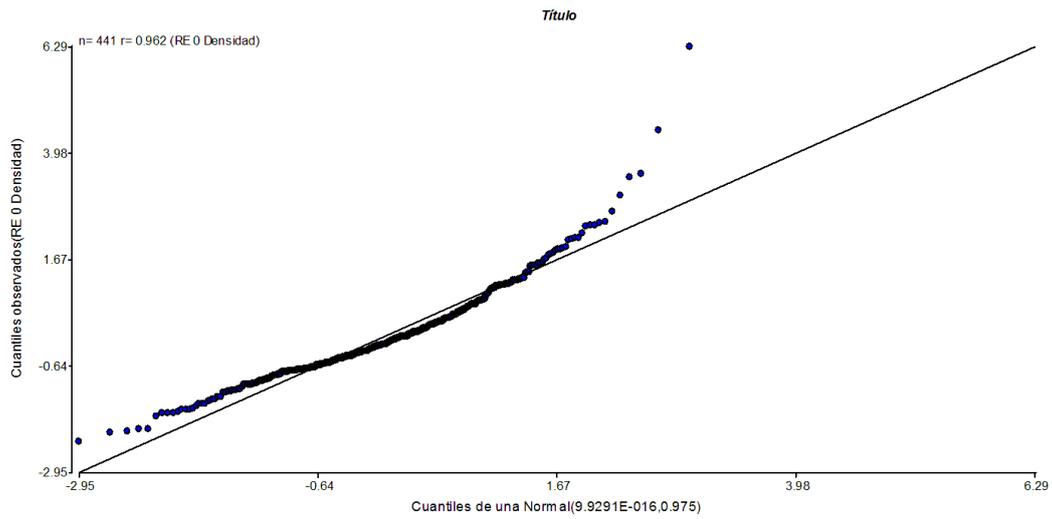
Profundidad	N	Media	Agrupación
D	4	0.4226	A
C	6	0.3333	A
B	7	0.1625	B
A	3	0.0267	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## 5. Proporción de fases

Se evaluó 2 modelos: con el primer modelo se obtuvo un AIC de 133.29 y el BIC 186.09, sin embargo, los supuestos no se cumplieron. En el segundo modelo, se obtuvo AIC de 0.23 y el BIC 65.22. Este modelo es mejor que el primer modelo. Los resultados se presentan a continuación





Los errores tienen normalidad ( $R > 0.94$ ) Prueba Shapiro Francia

### Medidas de ajuste del modelo

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2_0</u>
441	0.23	65.22	15.88	0.06	0.43

*AIC y BIC menores implica mejor*

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	458.13	<0.0001
Profundidad	3	161.94	<0.0001
Fase.reproductiva	2	29.62	<0.0001
Profundidad:Fase.reproduct..	6	13.15	<0.0001

**p-VALUE <0.05. Se rechaza H0: Profundidad\*Fase Reproductiva=0. Se debe analizar la interacción.**

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent

Formula: ~ 1 | Profundidad

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
A	1.00
B	3.93
C	5.43
D	5.85

### Densidad - Medias ajustadas y errores estándares para Profundidad\*Fase.reproductiva

LSD Fisher (Alfa=0.05)

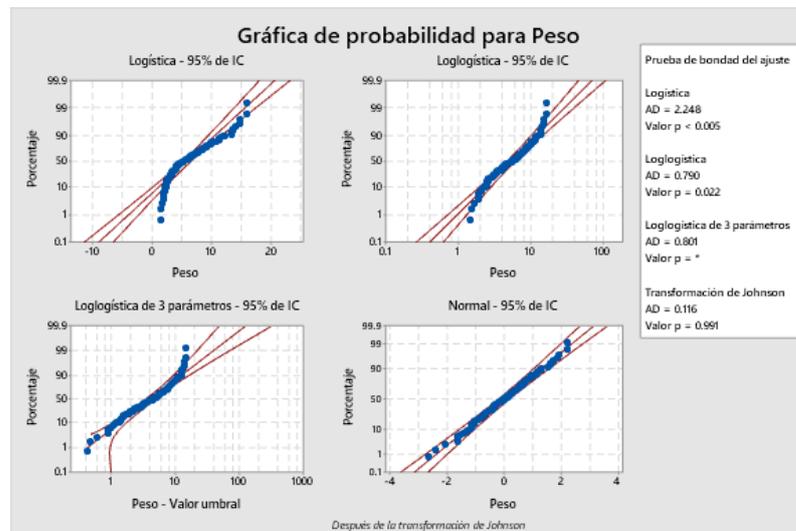
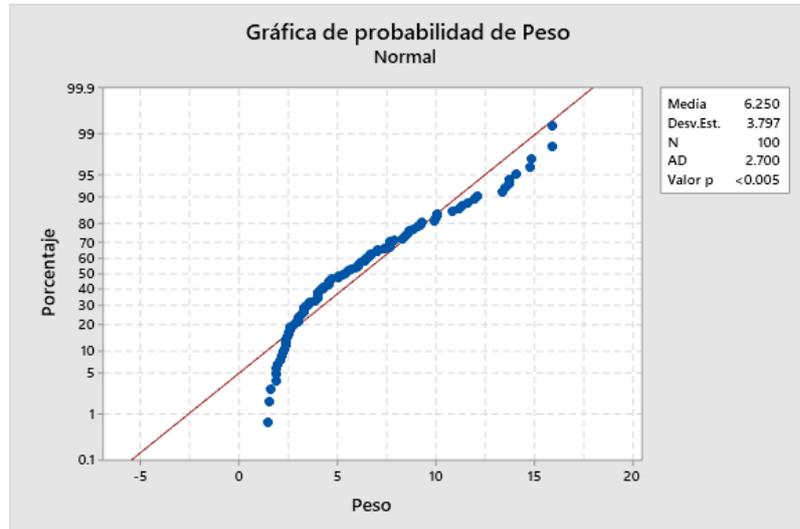
Procedimiento de corrección de p-valores: No

Profundidad	Fase.reproductiva	Medias	E.E.			
D	Tetraspórico	0.94	0.10	A		
C	Tetraspórico	0.74	0.04	A		
D	Cistocárpico	0.45	0.10		B	
D	Vegetativo	0.44	0.10		B	
C	Cistocárpico	0.42	0.04		B	
B	Tetraspórico	0.39	0.03		B	
C	Vegetativo	0.33	0.04		B	
B	Cistocárpico	0.20	0.03			C
B	Vegetativo	0.18	0.03			C
A	Vegetativo	0.04	0.01			D
A	Tetraspórico	0.03	0.01			D
A	Cistocárpico	0.02	0.01			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 6. Potencial reproductivo

**Variable peso:** Los datos no presentaban distribución normal, se realizó la transformación de Johnson



Una vez los datos fueron transformados, se procedió a realizar el ANOVA

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Fase reproductiva	2	Cistocárpica; Tetraspórica

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
--------	----	-----------	-----------	---------	---------

Fase reproductiva	1	0.979	0.9790	0.95	0.331
Error	98	100.461	1.0251		
Total	99	101.440			

## Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.01248	0.97%	0.00%	0.00%

## Medias

Fase reproductiva	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Cistocárpica	50	-0.145	1.032	(-0.429; 0.139)
Tetraspórica	50	0.053	0.992	(-0.231; 0.337)

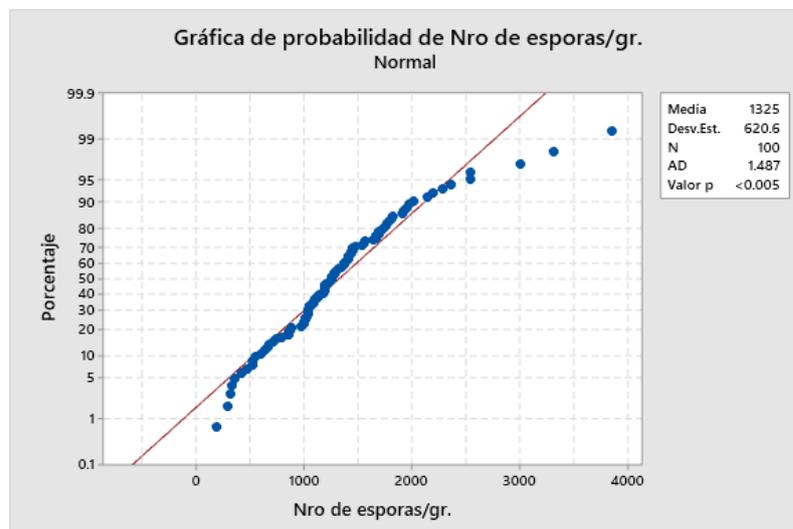
Desv.Est. agrupada = 1.01248

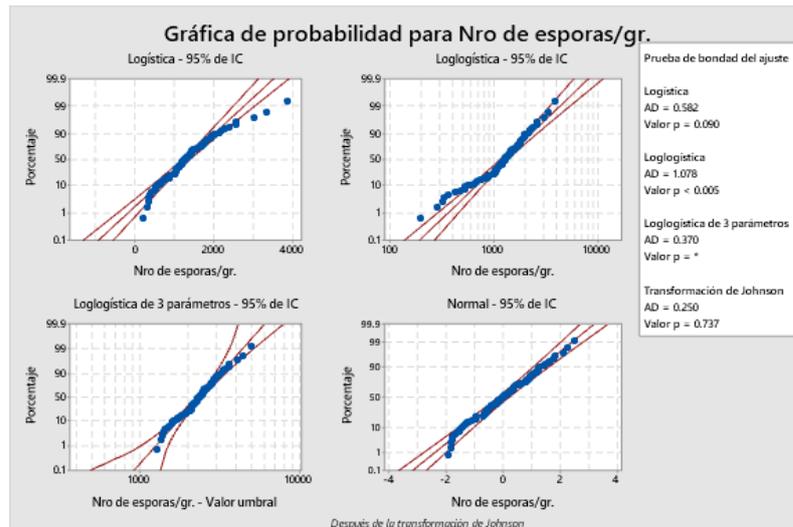
## Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Fase reproductiva	N	Media	Agrupación
Tetraspórica	50	0.053	A
Cistocárpica	50	-0.145	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

- **Variable Nro. De esporas por gramo:** Los datos no presentaban distribución normal, se realizó la transformación de Johnson





Una vez los datos fueron transformados, se procedió a realizar el ANOVA

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Fase reproductiva	2	Cistocárpica; Tetraspórica

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Fase reproductiva	1	14.78	14.7845	16.28	0.000
Error	98	89.01	0.9083		
Total	99	103.80			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.953056	14.24%	13.37%	10.71%

### Medias

Fase reproductiva	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Cistocárpica	50	0.354	0.759	(0.087; 0.622)
Tetraspórica	50	-0.415	1.114	(-0.682; -0.147)

Desv.Est. agrupada = 0.953056

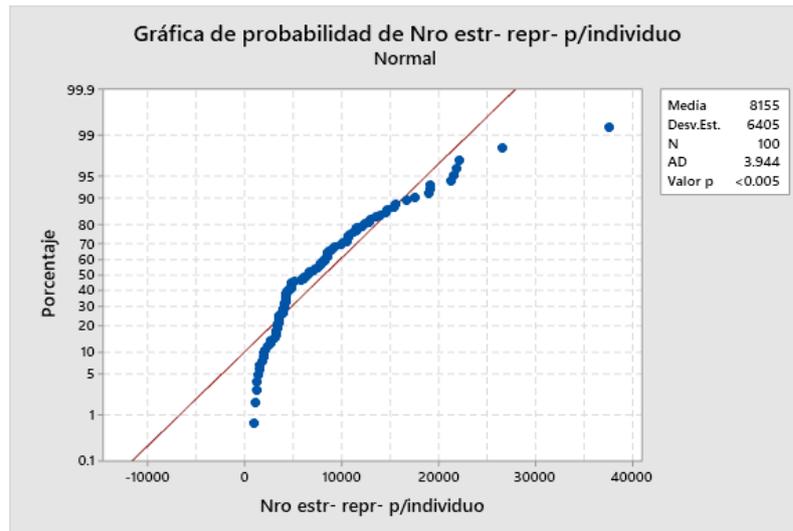
### Comparaciones en parejas de Tukey

## Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

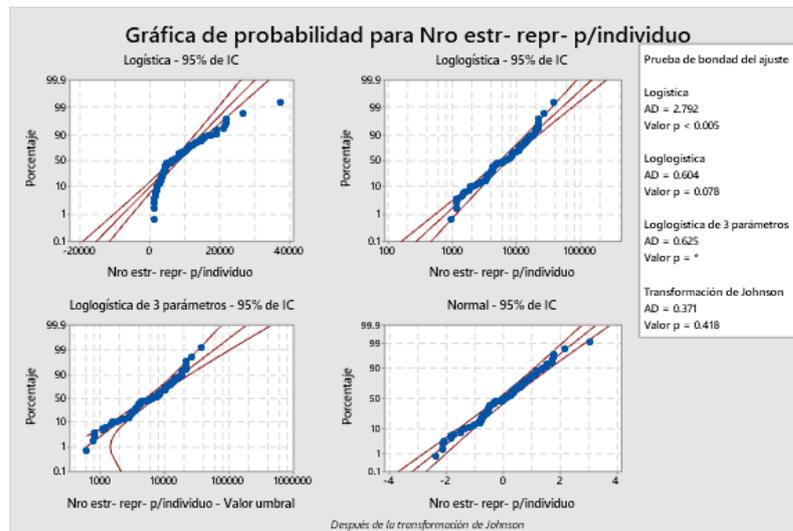
Fase reproductiva	N	Media	Agrupación
Cistocárpica	50	0.354	A
Tetraspórica	50	-0.415	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### - Variable Nro. De estructuras reproductivas por individuo



Los datos no presentaban distribución normal, se realizó la transformación de Johnson



Una vez los datos fueron transformados, se procedió a realizar el ANOVA

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Fase reproductiva	2	Cistocárpica; Tetraspórica

## Análisis de Varianza

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Fase reproductiva	1	3.127	3.127	2.95	0.089
Error	98	103.728	1.058		
Total	99	106.855			

## Resumen del modelo

<b>S</b>	<b>R- cuad.</b>	<b>R-cuad. (ajustado)</b>	<b>R- cuad. (pred)</b>
1.02881	2.93%	1.94%	0.00%

## Medias

<b>Fase reproductiva</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
Cistocárpica	50	0.155	0.848	(-0.134; 0.444)
Tetraspórica	50	-0.198	1.183	(-0.487; 0.090)

*Desv.Est. agrupada = 1.02881*

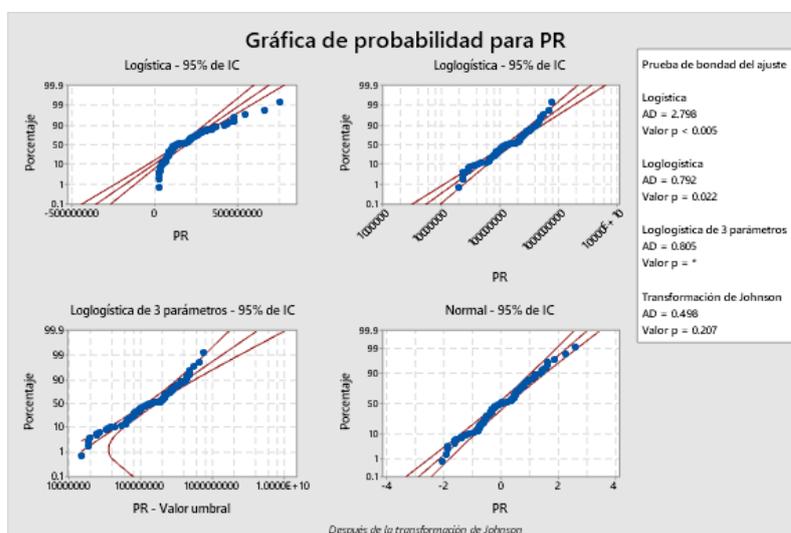
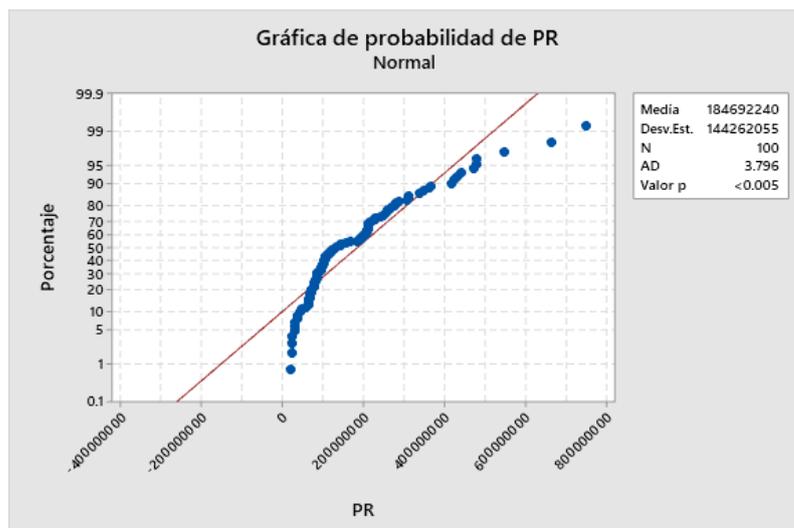
## Comparaciones en parejas de Tukey

### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<b>Fase reproductiva</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
Cistocárpica	50	0.155	A
Tetraspórica	50	-0.198	A

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

**Variable Potencial reproductivo del individuo:** Los datos no presentaban distribución normal, se realizó la transformación de Johnson



Una vez los datos fueron transformados, se procedió a realizar el ANOVA

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Fase reproductiva	2	Cistocárpica; Tetraspórica

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Fase reproductiva	1	8.041	8.0409	9.71	0.002
Error	98	81.142	0.8280		
Total	99	89.183			

## Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.909937	9.02%	8.09%	5.26%

## Medias

Fase reproductiva	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Cistocárpica	50	0.305	0.784	(0.050; 0.561)
Tetraspórica	50	-0.262	1.021	(-0.517; -0.006)

*Desv.Est. agrupada = 0.909937*

## Comparaciones en parejas de Tukey

### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Fase reproductiva	N	Media	Agrupación
Cistocárpica	50	0.305	A
Tetraspórica	50	-0.262	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*