

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS POBLACIONALES DE
Lessonia berteroana **BAJO DIFERENTES NIVELES DE**
EXPLOTACIÓN PARA SU APROVECHAMIENTO
SOSTENIBLE EN EL LITORAL MARINO DE LA
PROVINCIA DE ILO, REGIÓN MOQUEGUA

TESIS

PRESENTADA POR:

JHOSSELYNE KIARA MAGALI FUENTES ESPINOZA

Para optar el Grado Académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

TACNA – PERÚ

2024

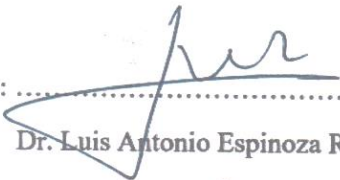
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN


Escuela de Posgrado


MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE


EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS POBLACIONALES DE *Lessonia berteroana* BAJO DIFERENTES NIVELES DE EXPLOTACIÓN PARA SU APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE EN EL LITORAL MARINO DE LA PROVINCIA DE ILO, REGIÓN MOQUEGUA

Tesis sustentada y aprobada el 26 de marzo del 2024; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :

Dr. Luis Antonio Espinoza Ramos

SECRETARIO :

Mgr. Calixto Quispe Pilco

MIEMBRO :

Dr. Freddy Walter Delgado Cabrera

ASESOR :

Dr. Freddy Walter Delgado Cabrera

DEDICATORIA

A Jehová Dios por ser mi fortaleza, mi fuente de confianza, por guiar mi camino por el sendero de la justicia y darme sabiduría para actuar con discernimiento ante situaciones adversas.

A mi madre Rosario Nancy Espinoza Soto por su amor, apoyo incondicional, fuerza y motivación para perseguir mis metas y no desviarme de mis objetivos. Por darme ánimos para no renunciar, por enseñarme a ser perseverante, por darme las fuerzas para seguir adelante en los momentos más difíciles y lograr conquistar este peldaño más en mi carrera profesional.

A mi familia que siempre confió en mí y estuvo a mi lado para apoyarme en cada logro personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Freddy Walter Delgado Cabrera, por su apoyo incondicional como profesional y por su predisposición en brindar su asesoría en la ejecución y culminación de la presente tesis.

Al M.Sc. Alex Guillermo Tejada Cáceres, co-asesor de la presente tesis, por compartir sus conocimientos como especialista en evaluación de poblaciones algales y por su acompañamiento durante toda la ejecución de la tesis.

A todas las autoridades universitarias, profesores, investigadores y personal de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna, que colaboraron para que este trabajo fuera posible.

A todas las personas que me brindaron su apoyo de manera directa o indirecta, un sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT..... | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN | 2 |
| 1.1. Descripción del problema | 2 |
| 1.1.1. Antecedentes del problema..... | 2 |
| 1.1.2. Problemática de la investigación | 3 |
| 1.2. Formulación del problema | 5 |
| 1.2.1. Problema general. | 5 |
| 1.2.2. Problemas específicos..... | 5 |
| 1.3. Justificación e importancia de la investigación..... | 5 |
| 1.4. Alcances y limitaciones..... | 5 |
| 1.5. Objetivos de la investigación | 6 |
| 1.5.1. Objetivo general | 6 |
| 1.5.2. Objetivos específicos | 6 |
| 1.6. Hipótesis..... | 6 |
| 1.6.1. Hipótesis general. | 6 |
| | |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1. Antecedentes del estudio..... | 7 |
| 2.2. Bases teóricas | 8 |

| | | |
|---------------------------------------|---|----|
| 2.2.1. | Generalidades y explotación de algas en el Perú..... | 8 |
| 2.2.2. | Pesquerías de algas pardas en Perú..... | 11 |
| 2.2.3. | La actividad “alguera” en la zona Sur | 14 |
| 2.2.4. | Acciones de ordenamiento..... | 16 |
| 2.2.5. | <i>Lessonia berteroana</i> (negra)..... | 19 |
| 2.2.6. | Clasificación taxonómica | 21 |
| 2.2.7. | Estructura biológica de las macroalgas | 21 |
| 2.2.8. | Características ecológicas..... | 23 |
| 2.2.9. | Importancia ecológica..... | 23 |
| 2.2.10. | Evaluaciones poblacionales | 24 |
| 2.3. | Definición de términos básicos | 24 |
| 2.4. | Marco filosófico | 24 |
| CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO..... | | 27 |
| 3.1. | Tipo y diseño de la investigación | 27 |
| 3.2. | Población y muestra..... | 28 |
| 3.2.1 | Población | 28 |
| 3.2.2 | Muestra | 28 |
| 3.3. | Operacionalización de variables | 28 |
| 3.3.1. | Identificación de variables | 28 |
| 3.4 | Técnicas e instrumentos para recolección de datos..... | 29 |
| 3.4.1 | Procesamiento y análisis de datos | 30 |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS | | 33 |
| 4.1. | Tasa de crecimiento de <i>Lessonia berteroana</i> | 33 |
| 4.2. | Tasa de reclutamiento de <i>Lessonia berteroana</i> | 38 |

| | | |
|----------------------------------|--|----|
| 4.3. | Tasa de mortalidad natural de <i>Lessonia berteroana</i> | 40 |
| 4.4. | Talla de primera madurez de <i>Lessonia berteroana</i> | 41 |
| DISCUSIONES | | 42 |
| CONCLUSIONES | | 44 |
| RECOMENDACIONES..... | | 45 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 46 |
| ANEXOS | | 53 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Distribución de los tratamientos por unidad muestral (UM) en la zona intermareal | 28 |
| Tabla 2. Prueba de Normalidad | 35 |
| Tabla 3. Prueba de homogeneidad de varianzas | 35 |
| Tabla 4. Tabla de estadísticas descriptivas | 36 |
| Tabla 5. Tabla de pruebas de efectos intra-sujetos empleando ANOVA de medidas repetidas | 36 |
| Tabla 6. Tabla de comparaciones por pares | 37 |
| Tabla 7. Prueba de homogeneidad de varianzas | 39 |
| Tabla 8. Prueba de Normalidad | 39 |
| Tabla 19. Prueba de ANOVA de una vía..... | 40 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Extracción de algas marinas | 3 |
| Figura 2. Desembarque y exportación de Algas Marinas – Perú | 10 |
| Figura 3. Principales macroalgas comerciales en el Perú: A. <i>Macrocystis pyrifera</i> , B. <i>Lessonia trabeculata</i> y C. <i>Lessonia berteroana</i> | 11 |
| Figura 4. Evolución de exportaciones de algas marinas..... | 12 |
| Figura 5. Valor de exportaciones por empresa | 12 |
| Figura 6. Principales mercados de algas marinas | 13 |
| Figura 7. Principales empresas exportadoras de algas marinas | 13 |
| Figura 8. Participación de las empresas exportadoras de algas marinas | 14 |
| Figura 9. Desembarque y exportación de Algas Marinas en Arequipa, por puerto (t).. | 15 |
| Figura 10. <i>Lessonia berteroana</i> | 20 |
| Figura 11. Cambio taxonómico que afectó al alga <i>Lessonia berteroana</i> (<i>ex L. nigrescens</i>) | 21 |
| Figura 12: Estructura de las algas marinas | 22 |
| Figura 13. Ilustración del hábitat de las algas pardas | 23 |
| Figura 14. Tasa de crecimiento del DMR (cm/mes) + Error standard de esporofitos de <i>Lessonia berteroana</i> por mes en la Zona de Calienta Negros – Ilo..... | 33 |
| Figura 15. Tasa de Crecimiento de Longitud total (cm/mes) de <i>Lessonia berteroana</i> por mes en la Zona de Calienta Negros – Ilo | 34 |

| | |
|---|----|
| Figura 16. Reclutamiento de <i>Lessonia berteroana</i> por mes en la Zona de Calienta Negros – Ilo | 38 |
| Figura 17. Tasa de mortalidad natural de <i>Lessonia berteroana</i> en la Zona de Calienta Negros – Ilo..... | 40 |
| Figura 18. Talla de primera madurez esporofítica de <i>Lessonia berteroana</i> en la Zona de Calienta Negros – Ilo | 41 |
| Figura 19. Área de estudio: Playa Calienta Negros, Provincia de Ilo, Departamento Moquegua. | 55 |
| Figura 20. Población algal de <i>Lessonia berteroana</i> en área de estudio. | 55 |
| Figura 21. Instrumento de medición para registro de crecimiento de las unidades muestrales. | 56 |
| Figura 22. (a) y (b) Medición del Diámetro Mayor del Rizoide (DMR)..... | 56 |
| Figura 23. Medición de la Longitud Total del alga (LTO) en las unidades muestrales | 57 |
| Figura 24. Selección de fronda de mayor longitud en la unidad muestral. | 58 |
| Figura 25. Incrustamiento de precinto en talo de ejemplar de <i>Lessonia berteroana</i> | 58 |
| Figura 26. Reemplazo de precinto incrustado y nueva codificación del ejemplar algal. | 59 |
| Figura 27. Organismos acompañantes en la unidad muestral (a) chorito (<i>Semimytilus algosus</i>), (b) barquillo (<i>Enoplochiton niger</i>), (c) picacho (<i>Balanus laevis</i>), (d) sol de mar (<i>Heliaster helianthus</i>)..... | 59 |

RESUMEN

Lessonia berteroana es una de las macroalgas pardas más importantes y económicamente significativas para el sector pesquero artesanal. Se puede encontrar entre los 15°26'S en Perú hasta 30°S en Chile. En Ilo, se puede observar esta especie en diversas playas; cuando vara esta macroalga, diversas asociaciones de pescadores artesanales la recolectan con fines comerciales. De la evidencia anterior se desprende claramente que este recurso es económica, ecológica y socialmente importante.

El estudio realizado tuvo como objetivo determinar los parámetros poblacionales fundamentales de *Lessonia berteroana*, como tasas de crecimiento, reclutamiento, mortalidad natural y talla de primera madurez esporofítica, en áreas experimentales que simulan diferentes niveles de extracción pesquera en el litoral de la Provincia de Ilo, Región Moquegua. Para lo cual se utilizó la información obtenida de las evaluaciones realizadas en el año 2023 en la Zona de Calienta Negros - Provincia de Ilo, obteniendo como resultado una tasa de crecimiento con relación al DMR entre 0,68 y 1,75 cm/mes, y con relación a la LT entre 2,74 y 7,32 cm/mes, la tasa de reclutamiento varió entre 12,33 y 14,44 Ind reclutas/4m², la tasa de mortalidad natural varió entre 24,52 y 34,93 %, y la estimación de la talla de primera madurez esporofítica fue de 10 cm.

Palabras clave: macroalga, *Lessonia berteroana*, crecimiento, reclutamiento, mortalidad natural, primera madurez.

ABSTRACT

Lessonia berteroana is one of the most important and economically significant brown macroalgae for the artisanal fishing sector. It can be found between 15°26'S in Peru to 30°S in Chile. In Ilo, you can see this species on various beaches; When this macroalgae beach, various associations of artisanal fishermen collect it for commercial purposes. From the above evidence it is clear that this resource is economically, ecologically and socially important.

The objective of the study carried out was to determine the fundamental population parameters of *Lessonia berteroana*, such as growth rates, recruitment, natural mortality and size at first sporophytic maturity, in experimental areas that simulate different levels of fishing extraction on the coast of the Province of Ilo, Moquegua Region. For which the information obtained from the evaluations carried out in 2023 in the Calienta Negros Zone - Province of Ilo was used, resulting in a growth rate in relation to the DMR between 0,68 and 1,75 cm/month and in relation to the TL between 2,74 and 7,32 cm/month, the recruitment rate varied between 12,33 and 14,44 Ind recruits/4m², the natural mortality rate varied between 24,52 and 34,93 %, and the estimate of the size at first sporophytic maturity was 10 cm.

Keywords: macroalgae, *Lessonia berteroana*, growth, recruitment, natural mortality, first maturity.

INTRODUCCIÓN

La importancia de la comunidad de macroalgas es su papel en la estructuración de los ecosistemas en función de su alta cobertura y biomasa en sus praderas, que se basa principalmente en la amplia variedad de invertebrados que se albergan dentro de los discos adhesivos de las plantas y en los espacios entre los discos, donde también hay algas de menor tamaño. De esta forma se puede determinar la importancia ecológica de proteger las praderas de macroalgas a escala ecosistémica (Gonzales, 2002).

Las macroalgas tienen mucho potencial debido a su rápido crecimiento y regeneración de biomasa. Como productores primarios, las algas solo requieren luz solar y nutrientes, que en nuestro entorno son muy abundantes debido al "afloramiento" (Lleellish, 2020). Sin embargo, no solo son esenciales para la producción primaria, sino que también sirven como refugio y medio de transporte para muchas especies, albergando a las etapas tempranas y adultas de una variedad de invertebrados y peces. (Sánchez et al., 2017)

Las macroalgas marinas de importancia comercial son especies notables en los ecosistemas marinos costeros; forman praderas en zonas intermareales y submareales poco profundas y protegen a otras especies igualmente importantes económica y socialmente, como erizos de mar, lapas y peces de peña, entre otras (Torres et al., 2017).

Debido a su importancia ecológica y potencial económico, las macroalgas son un recurso valioso que merece mayor estudio. (Sánchez et al., 2017). Una de las especies más comunes en estas praderas es la conocida como huiro negro (*Lessonia berteroana*) que produce una variedad de servicios ecosistémicos y también se comercializa como materia prima para la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Ramírez, 2023).

El presente estudio permite aumentar la comprensión de las macroalgas en el sur del país, particularmente de la especie *Lessonia berteroana* en el litoral marino de la Provincia de Ilo, Región Moquegua, así como datos acerca de sus parámetros poblacionales dentro de las zonas de muestreo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Antecedentes del problema

En un futuro, la creciente demanda de *Lessonia berteroana* y el alto nivel de explotación podrían resultar en la pérdida de bosques algales. En respuesta a esta situación, el viceministerio de pesquería del gobierno peruano implementó medidas preventivas para impedir la explotación del recurso y permitir su renovación adecuada, lo que permitirá el uso sostenible de las macroalgas y la protección de los seres vivos que viven en los bosques algales.

Las actividades de recolección y acopio de las algas pardas en la región de Moquegua se realizan sin el mayor fundamento científico y sin consideración de los datos poblacionales del recurso, lo que provoca perturbaciones y presiones en las praderas de macroalgas pardas, las cuales no solo afectan al recurso objetivo, sino también las interacciones y estructuración del ecosistema. Las macroalgas pardas son consideradas como "bio-ingenieros eco sistémicos", debido a que alteran directa o indirectamente los sustratos de colonización y regeneración de otras especies a través de cambios físicos en las condiciones bióticas y/o abióticas (González & Pastor, 2017). Según la definición del artículo 58°, numeral 1, inciso a) del Reglamento de la Ley General de Pesca, aprobado por Decreto Supremo N° 012-2001-PE, solo los pescadores artesanales tienen permiso para realizar la actividad de recolectar. En la Provincia de Ilo, hay tres Organizaciones Sociales Pesqueras Artesanales (OSPA) autorizadas por la Gerencia Regional de la Producción de Moquegua (GERPRO).

La escasa información de trabajos de investigación relacionados con la evaluación de parámetros poblacionales es importante para tener información del comportamiento de la especie *Lessonia berteroana*, lo cual nos permitirá informar a la gente que trabaja en la recolección de macroalgas en la zona de Moquegua.

1.1.2. Problemática de la Investigación

En el Perú, la extracción y recolección de macroalgas pardas ha aumentado rápidamente en los últimos años, principalmente del género *Lessonia*, debido a una creciente demanda en el mercado nacional e internacional (Figueroa et al., 2017). En el centro y sur del litoral peruano se encuentran dos tipos de macroalgas pardas de gran importancia comercial que son extraídas con frecuencia: *Lessonia berteriana*, *Lessonia trabeculata*, también conocidas como "aracanto" y *Macrocystis pyrifera*, también conocida como "sargazo". Estas macroalgas forman praderas densas en ambientes intermareales y submareales (IMARPE, 2010).

Los bancos naturales de recursos bentónicos presentan una gran biodiversidad, que incluye macroalgas de interés comercial (ICON-STITUT, 2009). En el litoral de las regiones de Ica y Tacna en el sur del Perú, se encuentran varazones de *Lessonia spp.* y *Macrocystis sp.* (Figura 1). Esto se produce debido a factores oceanográficos relacionados con la fuerza del oleaje, las corrientes marinas costeras, el nivel de exposición al oleaje y fenómenos de mayor magnitud como El Niño (Muñoz et al., 2018). En los varaderos se recolecta una parte de la biomasa, lo que equivale a la mortalidad natural de las diversas especies de algas pardas. Sin embargo, en los últimos años se ha obtenido una gran cantidad de biomasa de algas pardas a través de la cosecha directa, conocida como barroteo (Vásquez et al., 2012).

Figura 1

Extracción de algas marinas



Fuente. Environmental Justice Atlas, (2018)

Actualmente, existe un interés para el aprovechamiento del alga de manera activa (extracción) sin embargo, se desconoce el comportamiento del recurso motivo por el cual se encuentra prohibida la extracción de las algas según RM N°839-2008-PRODUCE, solo se permite la recolección de algas varadas RM N° 264-2009-PRODUCE.

Si bien en muchos países las algas se utilizan en la industria, la agricultura, la alimentación, la medicina, el tratamiento ambiental e incluso como materia prima para la producción de ficocoloides, el Perú carece de una estrategia que asegure su sostenibilidad ni se tienen conocimientos suficientes de sus enormes propiedades. La explotación y el uso de algas tiene como objetivo satisfacer la demanda de materias primas de China, Japón, Chile y Francia (Innovate Perú, 2015).

La evaluación de las poblaciones de algas comerciales nos permiten comprender el estado de las especies objetivo y realizar un análisis de su grado de explotación, con la finalidad de establecer estrategias de gestión, manejo y conservación para que su aprovechamiento sea sostenible (Tejada Cáceres et al., 2018). Estas evaluaciones poblacionales registran información biológica *in situ*, las cuales requieren procedimientos estandarizados en todo el país (Gamarra, Tejada, et al., 2018).

Dentro de este contexto, se considera a la planificación como el instrumento principal que determina cómo se llevará a cabo el manejo en el futuro, es una parte importante del proceso de ordenación, administración o manejo. En muchas pesquerías, los planes de manejo son herramientas para la gestión operacional y la planificación. Estos planes tienen un doble propósito al no solo documentar cómo lograr objetivos de manejo futuros (estrategia), sino también explicar el proceso de manejo (tácticas) (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 2013). Por lo tanto, resulta importante determinar los parámetros poblacionales de *Lessonia berteroana* que permita tomar decisiones y poder fijar estrategias de control que permitan mantener este recurso de una manera sostenible.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general.

¿Cuáles son los parámetros poblacionales de *Lessonia berteroana*, en áreas experimentales que simulan diferentes niveles de extracción pesquera en el litoral de la Provincia de Ilo, Región Moquegua?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál será la tasa de crecimiento de *L. berteroana* en área de estudio?
- b) ¿Cuál será la tasa de reclutamiento de *L. berteroana* en área de estudio?
- c) ¿Cuál será la tasa de mortalidad natural de *L. berteroana* en área de estudio?
- d) ¿Cuál será la talla de primera madurez de *L. berteroana* en área de estudio?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La importancia de esta investigación radica en que se dispondrá de información y conocimiento de los parámetros poblacionales básicos de las macroalgas, el cual es una herramienta importante para la implementación de planes de manejo del recurso y su explotación responsable y sostenible.

El conocimiento de los parámetros básicos ecológicos de las macroalgas contribuye a la toma de decisiones en forma adecuada buscando un equilibrio social, económico, ecológico y medio, el cual es determinar los parámetros poblacionales de *Lessonia berteroana*, con el fin de realizar un manejo adecuado conservando la biodiversidad en nuestras praderas naturales, generando más puestos de trabajo y más divisas para el país explotando el recurso de manera racional.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

Las presentes limitaciones restringirán la investigación:

- Carencia de antecedentes sobre investigaciones referente a evaluación del recurso *Lessonia berteroana* en el litoral de la Provincia de Ilo, Región Moquegua.
- Falta de información estadística de fuentes oficiales de la extracción de macroalgas en el litoral de la Provincia de Ilo, Región Moquegua, así como falta de control de las autoridades competentes del sector pesquero en la colecta de algas varadas en las playas.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Determinar los parámetros poblacionales fundamentales como tasas de crecimiento, reclutamiento, mortalidad natural y talla de primera madurez esporofítica de *Lessonia berteroana*, en áreas experimentales que simulan diferentes niveles de extracción pesquera en el litoral de la Provincia de Ilo, Región Moquegua.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la tasa de crecimiento de *L. berteroana* en el área de estudio.
- Determinar la tasa de reclutamiento de *L. berteroana* en el área de estudio.
- Determinar la tasa de mortalidad natural de *L. berteroana* en el área de estudio.
- Determinar la talla de primera madurez de *L. berteroana* en el área de estudio.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis general

Los diferentes niveles de explotación pesquera influyen significativamente e infieren en los parámetros poblacionales de *Lessonia berteroana*, en las áreas experimentales en el litoral de la Provincia de Ilo, Región Moquegua.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Tejada, (2019), realiza una evaluación de la variación temporal en la biomasa del alga marina *Lessonia nigrescens* “aracanto negro”, en el litoral sur del Perú, donde determina la densidad y biomasa para el alga *Lessonia nigrescens* en Camaná e Islay, obteniendo la densidad más alta 7,8 individuos/m², establece como indicadores poblacionales para el manejo de *Lessonia nigrescens*, el tamaño del esporofito con un diámetro mayor de rizoide (DMR) mayor a 20 cm., la densidad mínima de un esporofito adulto por m², y el porcentaje de esporofitos fértiles con un diámetro mayor del rizoide de 15 cm y finalmente propone un plan de manejo basado en la identificación de los grupos de interés, mesas técnicas para participación concertada, fortalecer el sistema de derecho de uso de territorio, modalidad y aprovechamiento pasivo, fijándose además indicadores de desempeño.

Buschmann y col, (2017), presenta una revisión sobre la producción de algas marinas a nivel mundial, tanto por extracción de zonas silvestres como por cultivo; asimismo se menciona los usos, tendencias de producción y un análisis económico. Describe diferentes tecnologías disponibles para producir algas marinas, sin embargo, aún se requieren optimizar y desarrollar otras más eficientes; determinando que aún existen obstáculos importantes para incrementar el aporte de las algas al mundo.

Castillo y col, (2011). Realizó un estudio en 25 localidades de la Región Arequipa entre marzo y diciembre 2007, donde evidencia una explotación de *Lessonia nigrescens*, comprobando el incremento de su extracción, el uso intenso del “barroteo” y recolección de alga varada; asimismo observa un alto porcentaje del espacio sin cobertura de algas en Caravelí; y un alto porcentaje de ejemplares

con diámetro medio del rizoides (DMR) por debajo de 20 cm, por lo que concluye que esta especie está en riesgo de sobreexplotación.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Generalidades y explotación de algas en el Perú

La industria mundial de la comercialización de macroalgas se enfoca principalmente en la alimentación humana directa y la extracción de ficocoloides, un polisacárido conocido por sus propiedades espesantes, emulsificantes y gelificantes (Carbajal & Gamarra, 2018).

Según el “El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020”, el comercio de algas marinas aumentó de USD 65 millones en 1976 a más de USD 1,3 mil millones en 2018, con Indonesia, Chile y la República de Corea como los principales exportadores, y China, Japón y los Estados Unidos de América como los principales importadores (FAO, 2020). Su valor comercial depende de sus aplicaciones en las industrias alimentarias, nutracéutica y farmacéutica (Tanna & Mishra, 2019).

La mayoría de las especies de algas son explotadas usando tanto biomasa cosechada directamente con algún tipo de herramienta como biomasa desprendida y acarreada naturalmente a la costa (Mamani et al., 2012).

En Perú, las macroalgas son exportadas y se utilizan principalmente como recursos para la producción de alginatos, carragenanos y agar, sin embargo, su gran importancia económica ha originado un incremento en los niveles de explotación pesquera de este recurso (Aragón et al., 2012).

Las macroalgas representan un valor social importante, ya que representan una fuente de ingresos económicos para los pescadores artesanales y sus familias, quienes dependen total o parcialmente de este recurso (Castillo et al., 2011).

Las macroalgas son esenciales para la ecología debido a su posición como el primer eslabón de la cadena trófica, sus lugares de asentamiento larval, sus lugares de refugio para peces e invertebrados y su papel como organismos estructuradores del hábitat (Vásquez et al., 2012).

En Perú, dos tipos de laminariales, *Lessonia berteroana* con distribución intermareal y *Lessonia trabeculata* con distribución submareal, son esenciales para la extracción de alginato. En todo el país, cada año se desembarcan estas macroalgas pardas en las costas de Ica, Arequipa y Moquegua. La recolección de la mortalidad natural de las poblaciones intermareales y submareales, causada principalmente por el movimiento del agua (corrientes de fondo e impacto del oleaje), ha estado históricamente sustentada. Los pescadores artesanales de orilla recolectan la biomasa arrojada por las corrientes marinas, la secan, la enfardan y la venden a intermediarios que la llevan a las plantas de procesamiento (molido o picado).

En los últimos años, la venta del recurso *Lessonia spp.* o "Aracanto" ha aumentado debido a la creciente demanda a nivel global y la creciente necesidad de los extractores de mejorar su situación socioeconómica. Esto ha llevado a que estos pescadores artesanales sigan dedicando su tiempo a esta actividad incluso en momentos en que su recolección y siega están limitadas según las regulaciones establecidas por el Ministerio de la Producción (PRODUCE).

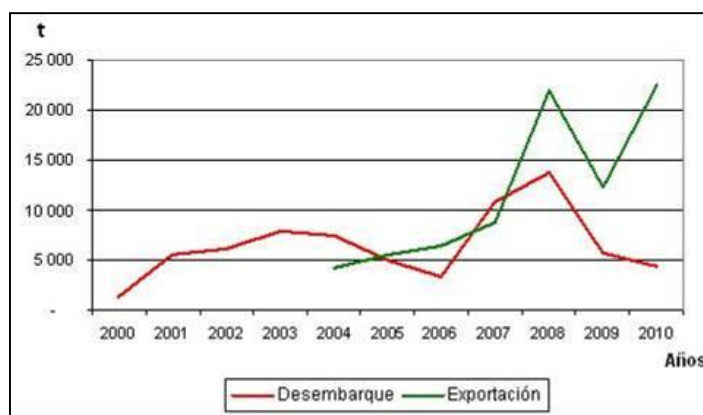
Los volúmenes de desembarque de algas en el Perú, demuestran una tendencia de crecimiento de la actividad, a pesar de que en el 2009 los volúmenes sufren una disminución del 59% con respecto al año anterior, que se debe principalmente a la veda dispuesta por el PRODUCE (mediante Resoluciones Ministeriales N° 460-2008-PRODUCE, N° 761-2008-PRODUCE y N° 839-2008-PRODUCE). Estas disposiciones de control de explotación de algas fue regulado con la promulgación del Reglamento de Ordenamiento Pesquero de las Macroalgas Marinas (D.S. N° 019-2009-PRODUCE), y posteriormente con la R.M. N° 264-2009-PRODUCE, se permite la recolección, colecta y acopio de

especies de algas varadas de los géneros *Macrocystis* (conocido como sargazo, boyador o bolas) y *Lessonia* (conocido como aracanto o palo), que permitió realizar explotación de algas, pero a través de la colecta o recojo de las playas del litoral marino de las regiones de Ica, Arequipa y Moquegua. Durante la formulación de las medidas regulatorias, existió una explotación de algas no registradas por las entidades del sector, esto provoca una distorsión en la información de producción de algas marinas, referidas principalmente a registros de desembarque y exportación donde existe clara diferencia entre ambos, siendo los volúmenes de exportación mayores a los de desembarque, cuando la situación debería ser contraria por razones de rendimiento (Rendimiento es de 5:1, que equivale a 5 kilos de algas frescas para producir 1 kg de alga seca molida).

En el Perú, el valor y el volumen de la exportación de algas experimentaron un aumento del 73 % y 85 % (Figura 2), respectivamente. La mayor extracción de este recurso permitió una mayor oferta para satisfacer la gran demanda de los países asiáticos, especialmente China, que es el principal mercado. Con respecto a las empresas exportadoras, la principal es Globe Seaweed International SAC con el 35 % de participación.

Figura 2

Desembarque y exportación de Algas Marinas – Perú



Fuente. Estadísticas de PRODUCE 2011

2.2.2. Pesquerías de algas pardas en Perú

Se está desarrollando una pesquería en nuestro país en torno a las poblaciones de macroalgas pardas: aracanto negro (*Lessonia berteroana*), sargazo (*Macrocystis pyrifera*) y aracanto palo (*Lessonia trabeculata*) (Figura 3) (Carbajal & Gamarra, 2018; Arakaki et al., 2021).

Figura 3

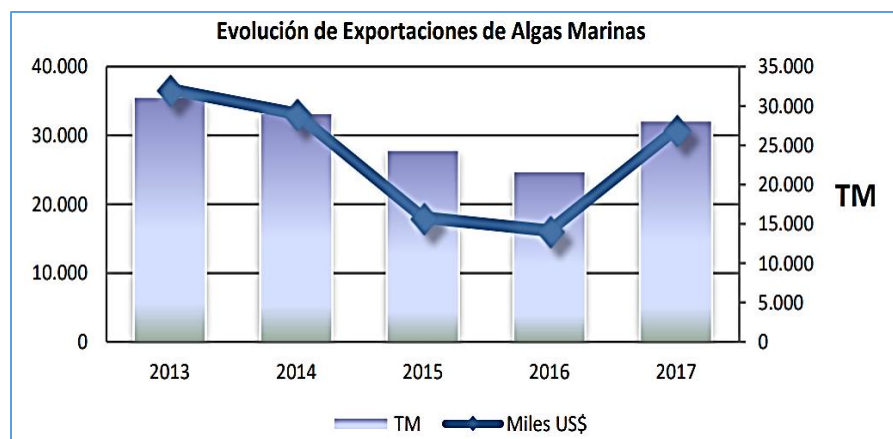
Principales macroalgas comerciales en el Perú: A. *Macrocystis pyrifera*, B. *Lessonia trabeculata* y C. *Lessonia berteroana*



Fuente. Carbajal & Gamarra, (2018).

El acopio de materia prima tiene dos formas: una forma pasiva, que consiste en recolectar macroalgas varadas de la zona intermareal por las olas y corrientes marinas; y otra forma activa, que implica el uso de barretas, espátulas o cuchillas para las poblaciones intermareales de *Lessonia berteroana*; y el buceo semiautónomo para la cosecha de *Lessonia trabeculata* (ICON-INSTITUT, 2009).

Durante el año 2008, se registró un aumento en las tasas de aprovechamiento y generación de divisas gracias a las exportaciones de macroalgas pardas. Hasta el año 2017, se exportaron alrededor de 30 000 toneladas de macroalgas secas (Figura 4) (PROMPERÚ, 2018).

Figura 4*Evolución de exportaciones de algas marinas*

Fuente. (PROMPERÚ, 2018)

El total del volumen exportado en el 2017 generó más de 30 millones de dólares en divisas para el Perú (Figura 5) (PROMPERÚ, 2018).

Figura 5*Valor de exportaciones por empresa*

| Mercados | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | Var.% 17/16 |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| China | 36,185,115 | 32,408,282 | 17,464,842 | 15,639,422 | 30,541,298 | 95% |
| Francia | 85,000 | 139,685 | - | - | 159,409 | - |
| Canadá | 107,880 | 157,941 | 125,650 | 292,968 | 88,092 | -70% |
| Taiwán | 111,067 | 264,483 | 111,468 | 89,574 | 60,264 | -33% |
| Estados Unidos | 23,711 | 20,809 | 107,423 | 21,421 | 26,676 | 25% |
| Otros | 200,055 | 161,908 | 265,526 | 118,262 | 2,428 | -98% |
| Total | 36,712,829 | 33,153,107 | 18,074,909 | 16,161,646 | 30,878,166 | 91.1% |

Fuente. (PROMPERÚ, 2018)

China se mantiene como el principal destino de las exportaciones de macroalgas con un 99 % (Figura 6) (PROMPERÚ, 2018).

Figura 6*Principales mercados de algas marinas**Fuente.* (PROMPERÚ, 2018)

De las empresas exportadoras, la principal es Inka Sur Pacífico S.A.C. con el 36 % de participación (Figura 7 y 8) (PROMPERÚ, 2018).

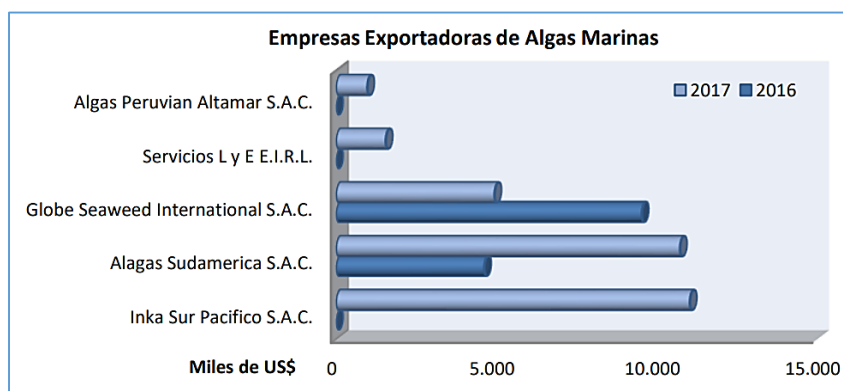
Figura 7*Principales empresas exportadoras de algas marinas**Fuente.* (PROMPERÚ, 2018)

Figura 8

Participación de las empresas exportadoras de algas marinas

| Principales Mercados de Algas Marinas (US\$ FOB) | | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|---------------|
| Empresas | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | Var.% 17/16 | Part. % 17 |
| Inka Sur Pacifico S.A.C. | 636,118 | 0 | 0 | 0 | 11,015,920 | - | 36% |
| Alagas Sudamerica S.A.C. | 0 | 0 | 0 | 4,612,896 | 10,708,744 | 132% | 35% |
| Globe Seaweed International S.A.C. | 18,992,830 | 19,464,990 | 11,457,900 | 9,516,170 | 4,931,145 | -48% | 16% |
| Servicios L y E E.I.R.L. | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,544,888 | - | 5% |
| Algas Peruvian Altamar S.A.C. | 0 | 0 | 0 | 0 | 971,661 | - | 3% |
| Otros (7) | 17,083,881 | 13,688,117 | 6,617,009 | 2,032,580 | 1,705,809 | -16% | 6% |
| Total | 36,712,829 | 33,153,107 | 18,074,909 | 16,161,646 | 30,878,166 | 91.1% | 100% |

Fuente. (PROMPERÚ, 2018)

El uso del recurso resultó en la extracción excesiva de las praderas naturales de *L. berteroa* y *L. trabeculata* en el intermareal y submareal rocoso, respectivamente. Además, se produjo la pérdida de especies relacionadas con las frondas y rizoides de estas macroalgas, de las cuales muchas son de interés comercial (Gamarra, Flores, et al., 2018).

2.2.3. La actividad “alguera” en la zona Sur

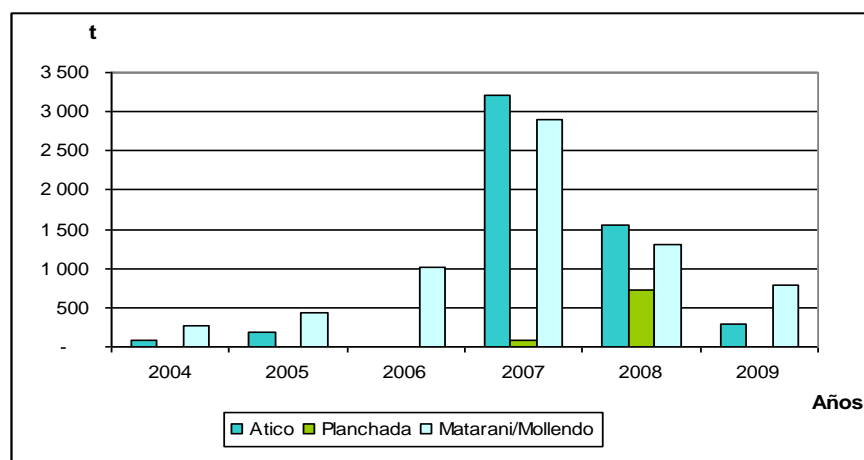
Aunque ha habido extracción de algas marinas en la región sur del Perú (Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna) durante muchos años, los datos de desembarques solo se han recopilado a partir del año 2004 por parte del IMARPE. Las estaciones costeras del Laboratorio Costero de Ilo del IMARPE (Atico, La Planchada, Matarani, Ilo y Morro Sama) obtienen estadísticas a través de observadores de campo. Estas cifras se utilizan exclusivamente para fines científicos y ofrecen un espectro de información que ayuda a determinar las tendencias de los volúmenes de algas pardas extraídas en el litoral sur del Perú (Arequipa, Moquegua y Tacna).

Las tendencias de los volúmenes extraídos de algas pardas reportadas por IMARPE indican que las extracciones más grandes, principalmente *Lessonia berteroa*, se realizan en Matarani y Atico (Figura 9), en cambio en Moquegua

y Tacna, no existen registros de volúmenes de desembarque, debido a que la extracción es realizada en playas o áreas de recolección de algas muy lejos de los puntos de recopilación de datos de IMARPE

Figura 9

Desembarque y exportación de Algas Marinas en Arequipa, por puerto (t)



Fuente. Estadísticas de PRODUCE 2011

La información sobre la extracción y recolección no es registrada por IMARPE y PRODUCE debido a la accesibilidad y las lejanías de las zonas. Sin embargo, se sabe que en Ilo hay pescadores dedicados a esta extracción y que los pescadores de Punta Picata han iniciado planes de extracción y recolección, pero que necesitan programar todo un manejo y orden para esto.

Según información de los mismos extractores, en Ilo se extraen y recolectan en promedio un estimado de 70 toneladas (t) mensuales de dicho recurso, los cuales son secados de manera empírica y vendidos a las empresas procesadoras que se encuentran en la región de Arequipa. Desde el inicio de la actividad alguna existen presiones en la extracción, por su alta demanda no se llevaron medidas de control, las que fueron implementadas conforme se realizaba la explotación y los trabajos de investigación. La modalidad de explotación de las algas ha perjudicado a los extractores, debido al desorden y la falta de planes de

manejo y explotación que garantice la sostenibilidad del recurso, es así que al inicio de la actividad el promedio de extracción era de 2 t/día/pescador y actualmente su promedio de extracción no llega a los 1 t/día/pesador, a este hecho se suma la reducción del costo de sus productos (algas secas) en donde los acopiadores o empresas procesadoras hacen un pago no compensatorio para el pescador, aduciendo la baja calidad del producto por un deficiente manipuleo y proceso primario (secado). Estas causas que perjudicaron la economía del pescador obligo a los mismos a recurrir a las autoridades correspondientes para buscar la solución a sus problemas de manera conjunta.

2.2.4. Acciones de ordenamiento

Mediante Resolución Ministerial N° 068-2005-PRODUCE, se autoriza el otorgamiento de permisos de pesca para la extracción de algas marinas en el litoral, considerándose dicha actividad artesanal de singular importancia para las áreas de influencia de su desarrollo, por ser generadora de mano de obra y bienestar socioeconómico.

Con el incremento de la explotación de algas, se dispone la Resolución Ministerial N° 839-2008-PRODUCE del 04 de diciembre de 2008 que amplía a todo el litoral peruano el ámbito geográfico de aplicación de la veda dispuesta por las Resoluciones Ministeriales N° 460-2008-PRODUCE y N° 761-2008-PRODUCE para las algas marinas pardas *Lessonia nigrescens* (aracanto, negra o cabeza) y *Lessonia trabeculata* (aracanto o palo) y, asimismo, establece la veda de las algas marinas pardas *Macrocystis integrifolia* (sargazo, boyador o bolas) y *Macrocystis pyrifera* (sargazo) en el litoral peruano, incluyendo para las citadas especies la prohibición del recojo, la colecta y el acopio de especímenes varados.

Posteriormente con la Resolución Ministerial N° 211-2009-PRODUCE del 18 de mayo de 2009 se suspende lo dispuesto en el artículo 3 de la Resolución Ministerial N° 839-2008-PRODUCE y autoriza el recojo, la colecta y el acopio de especímenes varados de algas del género *Macrocystis* (sargazo, boyador o bolas) y *Lessonia* (aracanto o palo) por un período de sesenta (60) días calendario, solo

en el litoral comprendido entre las localidades de San Fernando ($15^{\circ}6'18.93''$ L.S. - $75^{\circ}23'15.86''$ L.O.) y Yanyarina ($15^{\circ}27'36.73''$ L.S. - $75^{\circ}1'40.46''$ L.O.).

Debido a las condiciones de explotación y necesidad de los extractores, se promulga la R.M. N° 264-2009-PRODUCE, que autoriza el recojo, la colecta y el acopio de especímenes varados de algas de los géneros *Macrocystis* (sargazo, boyador o bolas) y *Lessonia* (aracanto o palo), a partir del término de vigencia de la resolución anterior, la cual permitió realizar explotación de algas, pero a través de la colecta o recojo de las playas del litoral marino de las regiones de Ica, Arequipa y Moquegua.

Estas disposiciones de control de explotación de algas fue regulado con la promulgación del Reglamento de Ordenamiento Pesquero de las Macroalgas Marinas (D.S. N° 019-2009-PRODUCE), que tiene por objetivo garantizar el aprovechamiento racional y sostenible de las macroalgas marinas y el desarrollo de su pesquería en el largo plazo, de acuerdo a los principios de pesca responsable contenidos en la legislación pesquera nacional, así como en el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO y otras disposiciones afines; asimismo, establecer el marco normativo para lograr un equilibrio dinámico entre la conservación de las macroalgas marinas y el desarrollo socioeconómico, incluyendo la protección del ambiente, la preservación de las praderas y bosques de macroalgas y de la diversidad biológica que alberga; y, contribuir al desarrollo de la actividad pesquera, a través del aprovechamiento de macroalgas marinas como fuente de alimento y de obtención de productos no alimenticios, proveedor de bienes y servicios ambientales, y generador de empleo, ingreso económico y divisas para el país.

Sin embargo, con la Resolución Ministerial N° 117-2013-PRODUCE se autoriza la actividad extractiva de la especie *Lessonia trabeculata* (aracanto o palo), en el área marítima contigua al litoral comprendida entre $15^{\circ}22'38.28''$ S – $75^{\circ}10'42.24''$ W y $15^{\circ}27'37.68''$ S – $75^{\circ}04'16.32''$ W, considerando la rotación de áreas: i. Mil ochocientos veinticinco (1 825) toneladas de alga húmeda, del

15°24'26.64"S – 75°08'12.12"W al 15°27'37.68"S – 75°04'16.32"W, hasta que el IMARPE recomiende el cese de la actividad. ii. Quinientas ochenta y siete (587) toneladas de alga húmeda del 15°22'38.28"S – 75°10'42.24"W al 15°24'26.64"S – 75°08'12.12"W, en el periodo comprendido desde el 1 al 30 de setiembre de 2013.

Y con la Resolución Ministerial N° 291-2013-PRODUCE se da por concluida la actividad extractiva del recurso aracanto o palo en área marítima, restableciéndose la veda dispuesta mediante R.M. N° 839-2008- PRODUCE.

Según la Resolución Ministerial N° 386-2014-PRODUCE se autoriza la actividad extractiva del recurso aracanto o palo en el área marítima contigua al litoral, comprendida entre los 15,37551°S – 75,17974°W y 15,46886°S – 75,03897°W, con una cuota de volumen total de extracción permisible de cinco mil novecientos noventa y cuatro (5 994) toneladas.

Y de acuerdo a la Resolución Ministerial N° 387-2014-PRODUCE también se autoriza la actividad extractiva del recurso *Lessonia trabeculata* (Aracanto o palo) en el área marítima contigua al litoral, comprendida entre Piedras Blancas (16°08'14,79"S – 73°51'55,18"W) en la provincia de Caravelí y Mollendo (17°01'52,79"S – 72°0'57,61"W) en la provincia de Islay, departamento de Arequipa, con una cuota de veintinueve mil cuatrocientos sesenta y siete (29 467) toneladas distribuido en: a) 15 491 toneladas en el Subsector 8A Piedras Blancas – La Bodega b) 5 444 toneladas en el Subsector 9A Los Misios – La Pared, Ocoña c) 3 887 toneladas en el Subsector 10A La Sorda - Hornillos d) 4 645 toneladas en el Subsector 10B Hornillos - Mollendo.

Conforme a la Resolución Ministerial N° 256-2015-PRODUCE se autoriza excepcionalmente la actividad extractiva del recurso *Lessonia trabeculata* (aracanto o palo) en el área marítima contigua al litoral, comprendida entre los 15,37551°S – 75,17974°W y 15,46886°S – 75,03897°W, con un Volumen Total de Extracción Permisible de 4 443.19 (cuatro mil cuatrocientas cuarenta y tres y 19/100) toneladas.

De acuerdo con la Resolución Ministerial N° 304-2017-PRODUCE se autoriza la cuota de extracción de veinticuatro mil trescientos cincuenta (24,350) toneladas del recurso *Lessonia trabeculata* (aracanto o palo) en áreas marítimas adyacentes al Departamento de Arequipa. La cuota autorizada fue distribuida de la siguiente manera: 22 275 toneladas en el Sector 8 Piedras Blancas - La Bodega Entre 16° 08' 14" y 16° 15' 55" Latitud Sur; 1 448 toneladas en el Subsector 9A Los Misios - Roca Flora Entre 16° 20' 20" y 16° 24' 17" Latitud Sur y 627 toneladas en el Subsector 9B Punta Blanca - La Pared Entre 16° 24' 42" y 16° 27' 13" Latitud Sur.

Con la Resolución Ministerial N° 00125-2022-PRODUCE se autoriza la actividad extractiva del recurso palo (*Lessonia trabeculata*) en área marítima contigua al litoral comprendida entre Piedras Blancas (16°08'14,508" S – 73°52'2,272" O) y La Bodega (16°15'55,341" S – 73°30'54,656" O) de la provincia de Caravelí, en el departamento de Arequipa con una cuota total de diecinueve mil novecientos treinta y dos (19,932) toneladas, distribuido de la siguiente manera: a) Seis mil quinientos noventa y cinco (6,595) toneladas para la zona comprendida entre Piedras Blancas – Virgen de la Piedra (entre 16° 08' 14.508" S y 16° 10' 21.667" S). b) Cinco mil noventa y cuatro (5,094) toneladas para la zona comprendida entre Virgen de la Piedra – La Punta (entre 16° 10' 21.667" S y 16° 13' 35.867" S). c) Tres mil trescientos cincuenta y siete (3,357) toneladas para la zona comprendida entre La Punta – La Sarnosa (entre 16° 13' 40.223" S y 16° 14' 22.327" S). d) Cuatro mil ochocientos ochenta y seis (4,886) toneladas para la zona comprendida entre La Sarnosa – La Bodega (entre 16° 14' 22.327" S y 16° 15' 55.341" S).

2.2.5. *Lessonia berteriana* (negra)

Alga parda, también conocida como "negra" por los pescadores, alcanza una altura de hasta cuatro metros y tiene un color verde oliváceo, verde parduzco o casi negro. Tiene frondas y un disco rizoidal grande y cónico formado por estípites gruesos y flexibles que adelgazan hacia la parte superior, de donde salen

frondas gruesas y acintadas. Se adhieren al sustrato por un disco globoso grueso y, de acuerdo con la extensión del sustrato y el grado de acción del oleaje, forman cinturones intermareales de extensión variable. Se encuentra en áreas roqueríos expuestas y semi expuestas, con oleaje constante.

El patrón de distribución de esta especie es subantártico. Se puede encontrar desde Callao en Perú hasta Cabo de Hornos en Chile. Además, se puede encontrar en las Islas Malvinas, las Islas Heard y Kerguelen (IMARPE, 2011).

Figura 10

Lessonia berteroana

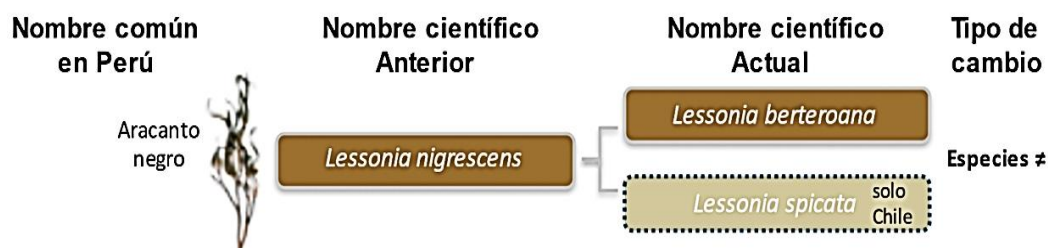


Fuente. Arakaki et al., (2019)

Esta especie de macroalga antes era denominada en Perú como *Lessonia nigrescens*, sin embargo, estudios filogenéticos de comparación BLASTn demostraron que al presentar los haplotipos tanto rs1 como atp14 y atp39 exclusivos de la especie *L. berteroana*, corroboraron que en Perú la presencia de *L. berteroana* (= *L. nigrescens*). En consecuencia, *L. nigrescens* no es una especie taxonómica reconocida en Perú y las áreas intermareales de *Lessonia* pertenecen a *L. berteroana*, cuya área norte alcanza los 15°S (Arakaki et al., 2021).

Figura 11

Cambio taxonómico que afectó al alga Lessonia berteroana (ex L. nigrescens)



Fuente. Arakaki et al., (2021)

En Perú, el nombre de *L. nigrescens* sigue siendo mencionado en publicaciones científicas, estadísticas pesqueras y documentos oficiales utilizados en la toma de decisiones sobre manejo y conservación. Por ello, se recomienda una actualización del nombre científico en la futura normativa peruana (Pérez-Araneda, Zevallos, Arakaki, Alex Gamarra, et al., 2021).

2.2.6. Clasificación taxonómica

Las macroalgas pardas que se explotan en Ilo, tienen la siguiente clasificación taxonómica:

| | |
|---------------|-------------------------------------|
| Reino: | Protista |
| Phylum: | Heterokontophyta |
| Clase: | Phaeophyceae |
| Orden: | Laminariales |
| Familia: | Lessoniaceae |
| Género: | Lessonia |
| Especie: | <i>Lessonia berteroana</i> Montagne |
| Nombre común: | Aracanto, negra |

2.2.7. Estructura biológica de las macroalgas

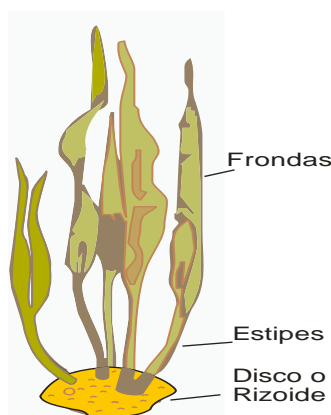
La riqueza en proteínas, mucílagos, oligoelementos y vitaminas de las macroalgas ha permitido su uso en la alimentación humana. No tienen raíz, tallo

ni hojas, pero tienen un talo que se compone de tres formas estructurales distintas: fronda, estipe y rizoide (Figura 12) (IMARPE, 2011).

- **Fronda:** esta estructura se parece a las hojas de las plantas superiores, que generalmente tienen formas laminares que le permiten una alta captación de luz y dióxido de carbono porque su principal función es realizar la fotosíntesis y proporcionar glúcidos al resto de la planta.
- **Estipe:** se asemeja al tallo de las plantas superiores, su función es la sujeción mecánica de la fronda y, en algunas plantas más especializadas, transporta glúcidos desde la fronda al resto de la planta. Aunque carece de capilares como los tallos, realiza la función de transporte gracias al desarrollo de ciertas células especializadas.
- **Rizoide:** se asemeja morfológicamente a la raíz de las plantas superiores, sirve para adherir el alga al substrato. La base de esta estructura presenta una hendidura que le permite actuar como una ventosa, adhiriéndose con fuerza al material. Además, crece junto con la forma del substrato, aprovechando las imperfecciones del suelo para fijarse con mayor fuerza. El rizoide tiene muchas formas, pero su forma típica es cónica circular.

Figura 12

Estructura de las algas marinas



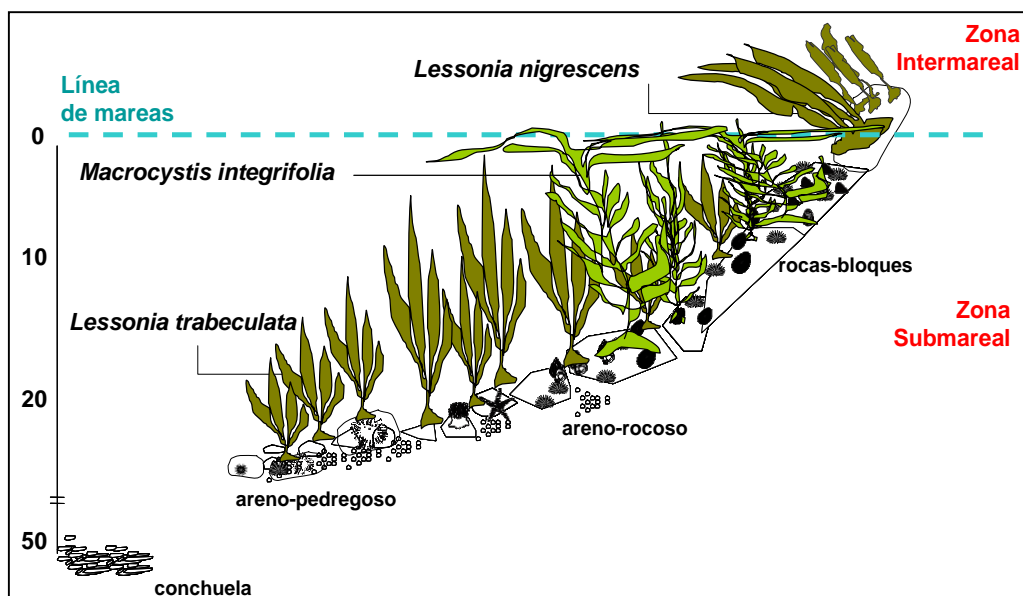
Fuente. IMARPE, (2012)

2.2.8. Características ecológicas

Las macroalgas pardas, habitan en la zona intermareal y submareal del ambiente marino. *Lessonia berteroa* (ex *Lessonia nigrescens*) se encuentra en la zona intermareal entre la línea de mareas, un poco más profundo encontramos a la *Macrocystis* y en la profundidad (entre 4 a 20 metros) podemos encontrar a la *Lessonia trabeculata*. Estas especies se encuentran pegadas en el sustrato rocoso o duro del fondo marino (IMARPE 2011).

Figura 13

Ilustración del hábitat de las algas pardas.



Fuente. IMARPE, (2012)

2.2.9. Importancia ecológica

Muchos animales como moluscos, crustáceos, peces, gusanos y pólipos encuentran refugio y protección en las masas densas y enmarañadas de algas marinas. Debido a que alimentan a pequeños animales, forman parte de los primeros eslabones de la cadena alimentaria del mar. Son los únicos organismos capaces de extraer alimentos del agua, del anhídrido carbónico y de los minerales que absorben. Las algas transforman el 90% del anhídrido carbónico que absorben

las plantas en su función clorofílica. Según IMARPE (2011), su cantidad diaria supera las 500 000 000 toneladas.

2.2.10. Evaluaciones poblacionales

Para estimar la biomasa total y explotable en áreas específicas (sectores y subsectores) y analizar el estado de los indicadores biológicos y poblacionales de las praderas en el área de estudio, se establecieron evaluaciones poblacionales del recurso macroalgas pardas. La evaluación poblacional se basa en métodos directos, adaptados de la metodología empleada para los recursos invertebrados bentónicos (Tejada et al., 2018).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Alga: Organismo capaz de utilizar la luz solar para producir carbono orgánico y realizar fotosíntesis oxigénica.

Macroalga marina: Alga multicelular que se adhiere al sustrato, realiza fotosíntesis y forma praderas y/o bosques.

Macroalgas pardas: También conocidas como feofíceas, son una categoría de algas marinas que se encuentran en la región intermareal y submareal somera. Proveedoras de alginatos.

Lessonia berteriana: Especie de alga marina que tiene un talo de color verde parduzco o casi negro con uno o más ejes que alcanzan una altura de hasta seis metros. Se origina en un rizoide o disco de fijación grueso.

Rizoide: Parte inferior del alga que sirve para fijarla al sustrato.

2.4. MARCO FILOSÓFICO

La Tierra, con todos sus componentes tanto vivos como inertes, presenta un equilibrio ecológico que sus propias fuerzas han mantenido en su justa medida

mediante reacciones naturales que el hombre ha calificado de desastres. Sin embargo, el ser humano ha sido la especie con la mayor habilidad para alterar y afectar este equilibrio, convirtiéndose en el agente más dañino en la historia biológica de la Tierra.

La relación que los seres humanos han establecido con el ambiente a lo largo de la historia, contribuye al deterioro ambiental global por una variedad de problemas, como la superpoblación, la contaminación y la destrucción de los recursos naturales, que comprometen la salud de los ecosistemas y del planeta en su conjunto.

Es esencial comprender la intrincada y oculta cadena de conexiones que conectan la vida humana con los sistemas naturales para poder cambiar nuestras creencias y percepciones más fundamentales y, por lo tanto, cambiar nuestras acciones y comportamientos individuales. Es fundamental comprender que alterar el equilibrio ecológico es un crimen contra el futuro y que la riqueza de la humanidad reside también en su diversidad, que debe protegerse en todas sus facetas: cultural, biológica, filosófica y espiritual.

El ecosistema marino no es ajeno a todos estos problemas ambientales y sociales, principalmente es el recurso macroalgas, que a raíz de su empleo en diversas facetas de la industria gracias al descubrimiento de sus múltiples beneficios de índole alimenticia, farmacéutica y como suplementos en diversos productos, es que se ha generado una explotación irracional de este recurso, depredando las praderas de este recurso y trayendo consigo nefastas consecuencias en el equilibrio ecológico del ecosistema marino, ya que las macroalgas juegan un papel muy importante como hábitat y refugio de diversas especies marinas.

Ante esta situación, es de suma importancia identificar indicadores que permitan identificar el estado actual de las poblaciones de *Lessonia berteroana*, recurso de gran presión extractiva por su distribución en la zona intermareal, que hace su extracción más sencilla para los pescadores artesanales al no necesitar de

equipos sofisticados para extraerla. Los resultados de la evaluación poblacional de este recurso son decisivos para tomar decisiones que ayuden a proteger el recurso y sostenibilidad.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La tesis fue de tipo aplicada, ya que su objetivo era mejorar la comprensión de un aspecto de la realidad que se encuentra dentro del campo de estudio de una disciplina científica específica.

De acuerdo con el tipo de diseño de investigación, fue experimental, ya que existe una situación de control en la que la variable independiente se altera deliberadamente para evaluar las consecuencias sobre la variable dependiente. Por su prolongación en el tiempo fue transversal; ya que el estudio se realizó en el periodo de 6 meses.

Por tanto, el diseño de investigación fue de tipo experimental de corte transversal.

En la zona intermareal se estableció un diseño estratificado al azar:

- 9 unidades muestrales
- 3 tratamientos de densidad: 0 %, 50 % y 100 %
- Crecimiento: 0-7 cm, 7 – 15, > 15 cm (2 por UM) diferenciando entre cada unidad muestral de una distancia de 2m.

En cada una de las unidades muestrales (UM) se registraron previamente la densidad de *Lessonia berteroana*, con la finalidad de aplicar posteriormente los tratamientos a diferentes densidades poblacionales. De acuerdo a la condición del cinturón de *Lessonia berteroana*, se establecieron los siguientes tratamientos, cada uno con 3 réplicas (Tabla 1).

Tabla 1

Distribución de los tratamientos por unidad muestral (UM) en la zona intermareal

| Nº | Tratamiento densidad (Nº ejem/m ²) | Explotación (%) | Unidades muestrales (UM) |
|----|---|-----------------|-----------------------------|
| 1 | 0 -7 | 100 | 1,4,7 |
| 2 | 7 – 15 | 50 | 2,5,8 |
| 3 | >15 | 0 | 3,6,9 |

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

Alga (*Lessonia berteroana*) en la zona litoral de la Provincia de Ilo, Región Moquegua.

3.2.2 Muestra

Densidad poblacional en las unidades de muestreo (4 m²)

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Identificación de variables

Las variables de la investigación son:

A) Variable independiente:

Niveles de explotación de *Lessonia berteroana*

B) Variable dependiente:

Parámetros poblacionales de *Lessonia berteroana*

Operacionalización de variables

| VARIABLES | DIMENSIONES/ NIVEL | INDICADORES |
|---|--------------------------|--|
| V.I.: Niveles de explotación de <i>Lessonia berteriana</i> | Nivel 1 | - 0% de explotación = Densidad > 15 ind/4 m ² |
| | Nivel 2 | - 50 % de explotación = Densidad 7 – 15 ind/4 m ² |
| | Nivel 3 | - 100 % de explotación = Densidad < 7 ind/4m ² |
| V.D.: Parámetros poblacionales de <i>Lessonia berteriana</i> | Tasa de crecimiento | - Longitud total alcanzada (cm/mes) |
| | Tasa de reclutamiento | - Número de algas por cada unidad de muestreo (N° de ind/4m ²) |
| | Tasa de mortalidad | - Número de algas sobrevivientes (% Mortalidad y/o supervivencia) |
| | Talla de primera madurez | - Longitud del DMR a la cual comienza a esporular en cm |
| | Organismos acompañantes | - N° de organismos ramoneadores |

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Técnica de recolección de información.**

Evaluación periódica en la zona intermareal, registro de datos y tomas fotográficas en el área de estudio.

- **Instrumentos.**

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- **Cintas métricas**, con las que se realizaron las mediciones en el área de estudio.
- **Barretas**, permitieron extraer ejemplares para acondicionar las unidades muestrales.
- **La cámara acuática**, facilitó la obtención de datos y mostrarlos a través de imágenes fotográficas de las diferentes actividades realizadas.

- **Cámara filmadora**, complemento para la obtención de información y evidencias mediante videos la investigación.
- **Formatos diseñados para registrar datos**, los formatos o registros facilitaron el registro de los datos obtenidos para luego ser procesados o sistematizados.
- **Softwares estadísticos**, los datos obtenidos fueron procesados en hojas de cálculo de EXCEL y los softwares SPSS y STATISTICA.

3.4.1 Procesamiento y análisis de datos

- **Crecimiento.**

A partir de observaciones directas del aumento en longitud del Diámetro Mayor del Rizoide (DMR) y la Longitud Total del alga (LTO) en el tiempo en la zona de estudio, se estimaron tasas de crecimiento de *Lessonia berteroana* en la zona intermareal (modelo de crecimiento de Von Bertalanffy).

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{L(t + \Delta t) - L(T)}{\Delta t}$$

- **Tasa de reclutamiento.**

En cada uno de los plots, se registraron el número de reclutas presentes en el periodo de monitoreo en forma periódica.

- **Mortalidad.**

Se realizó una marcación de ejemplares de diferente rango de tallas y se evaluó la sobrevivencia de plantas en los diferentes tratamientos y de esta forma se determinó la tasa de mortalidad por rango de tamaños por cada plots.

$$tasa\ de\ mortalidad = \frac{dN}{dT}$$

donde: dN = cambio de la abundancia en cada uno de los plots = diferencia del periodo del tiempo.

- **Talla de Primera madurez.**

Es la talla donde la especie (*Lessonia berteroana*) comienza a esporular, la cual se determina mediante una evaluación y seguimiento a la muestra mediante monitoreo programado por rango y talla alcanzado periódicamente.

Por medio del criterio del 50 % se estimó la talla de primera madurez esporofítica de *Lessonia berteroana* (L 50 %), a través de la presencia de soros reproductivos en los individuos de la población a la talla. La estimación se realizó utilizando la función logística de la forma:

$$P_i = \frac{e^{a+bx_i}}{1 + e^{a+bx_i}}$$

donde, P_i es la proporción de ejemplares con presencia de soros en el i -ésimo tramo de longitud X_i ; a y b son constantes (Gonzales, 2002).

Los datos registrados en cada monitoreo fueron sistematizados y procesados en hojas de cálculo Excel, para analizar las variables como parámetros de crecimiento, tasa de mortalidad, diámetro mayor del rizoide (DMR), temperatura y número de plantas en una base de datos para los análisis posteriores de diferentes indicadores estadísticos.

De igual manera para realizar comparaciones de la densidad de las plantas por unidades muestrales, parámetros poblacionales y porcentajes según a diseño experimental en cuanto a nivel de extracción de *Lessonia berteroana* y según el método utilizado se aplicó un Análisis de Varianza de una Vía (ANOVA, $p=0,05$) y para la validación de los valores de cada variable, se aplicó un Análisis de Varianza de medidas repetidas (ANOVA MR, $p=0,05$), para tal fin se utilizó el software estadístico SPSS versión 21,0, para lo cual se realizó

previamente la comprobación de la normalidad de los datos obtenidos y homocedasticidad de sus varianzas, posteriormente se aplicó la prueba post hoc de ajuste de Bonferroni.

CAPÍTULO IV

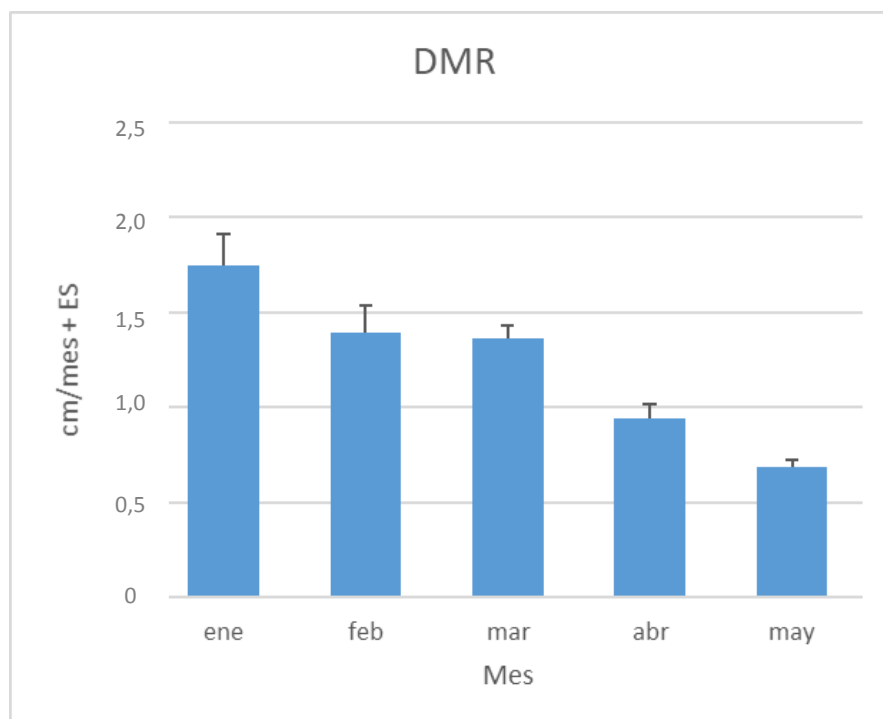
RESULTADOS

4.1. TASA DE CRECIMIENTO DE *Lessonia berteroana*

La tasa de crecimiento de *Lessonia berteroana* con relación al diámetro mayor del rizoide del esporofito (DMR) osciló de 0,68 a 1,75 cm/mes con un promedio de 1,23 cm/mes, ocurriendo el máximo crecimiento en enero, febrero y marzo (Figura 14).

Figura 14

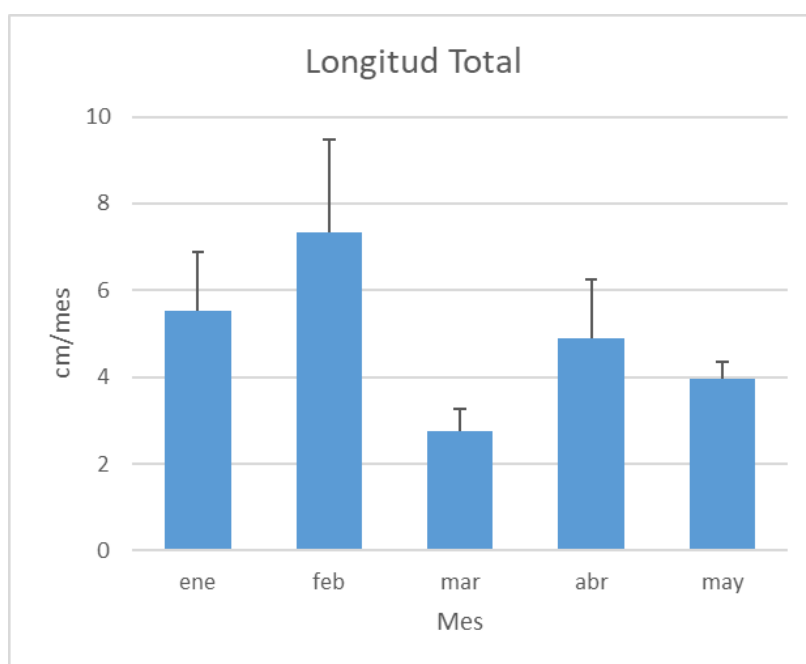
Tasa de crecimiento del DMR (cm/mes) + Error standard de esporofitos de Lessonia berteroana por mes en la Zona de Calienta Negros – Ilo



El crecimiento de *Lessonia berteroana* según la longitud total del esporofito varía entre 2,74 y 7,32 cm/mes, con un valor promedio de 4,88 cm/mes; los meses de enero, febrero y abril tuvieron las tasas de crecimiento más altas (Figura 15).

Figura 15

Tasa de Crecimiento de Longitud total (cm/mes) de Lessonia berteroana por mes en la Zona de Calienta Negros – Ilo



Además, se empleó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para determinar si una variable presenta o no una distribución normal ($p < 0,05$). La decisión es que la hipótesis nula no se puede rechazar porque se encontró un valor p mayor que el nivel de significancia ($p > 0,05$). Por lo tanto, los datos muestran una distribución normal a un nivel de significancia de $p > 0,05$ (Tabla 2).

Tabla 2
Prueba de Normalidad

| | Test of Normality | | | | | |
|-----|---------------------------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| ene | 0,196 | 27 | 0,009 | 0,944 | 27 | 0,156 |
| feb | 0,186 | 27 | 0,017 | 0,952 | 27 | 0,244 |
| mar | 0,193 | 27 | 0,011 | 0,876 | 27 | 0,004 |
| abr | 0,175 | 27 | 0,033 | 0,932 | 27 | 0,077 |
| may | 0,278 | 27 | 0,000 | 0,795 | 27 | 0,000 |

a. Lilliefors Significance Correction

También se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas para determinar si las varianzas son iguales. Al realizar la prueba de Levene se tiene en consideración que las varianzas no son significativamente diferentes entre sí, si el valor p es superior a 0,05, cumpliendo el supuesto de homogeneidad de la varianza. Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que las varianzas son iguales, a un nivel de significancia de $p > 0,05$ (Tabla 3).

Tabla 3
Prueba de homogeneidad de varianzas

| | Test of Homogeneity of Variances | | | |
|-----|----------------------------------|-----|-----|-------|
| | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| ene | 2,564 ^a | 2 | 22 | 0,100 |
| feb | 0,790 ^b | 2 | 22 | 0,466 |
| mar | 2,417 ^c | 2 | 22 | 0,112 |
| abr | 0,751 ^d | 2 | 22 | 0,483 |
| may | 0,723 ^e | 2 | 22 | 0,497 |

a. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for ene.

b. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for feb.

c. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for mar.

d. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for abr.

e. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for may.

Al tener una distribución normal, se realizó un ANOVA de medidas repetidas. El ANOVA de medidas repetidas con una corrección de Greenhouse-Geisser determinó que la tasa de crecimiento de *Lessonia berteroana* difería estadísticamente significativamente entre los puntos temporales ($F(2,747;71,416) = 15,205, P < 0,0005$) (Tabla 4).

Tabla 4
Tabla de estadísticas descriptivas

| Descriptive Statistics | | | |
|------------------------|--------|----------------|----|
| | Mean | Std. Deviation | N |
| ene | 1,7479 | 0,84288 | 27 |
| feb | 1,3963 | 0,72668 | 27 |
| mar | 1,3603 | 0,36231 | 27 |
| abr | 0,9405 | 0,40672 | 27 |
| may | 0,6825 | 0,21044 | 27 |

Tabla 2
Tabla de pruebas de efectos intra-sujetos empleando ANOVA de medidas repetidas

| Tests of Within-Subjects Effects | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------------------------|-------|-------------|--------|-------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Measure: Crecimiento | | | | | | | | | |
| | Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. | Partial Eta Squared | Noncent. Parameter | Observed Power ^a |
| Tiempo | Sphericity Assumed | 18,799 | 4 | 4,700 | 15,205 | 0,000 | 0,369 | 60,822 | 1,000 |
| | Greenhouse-Geisser | 18,799 | 2,747 | 6,844 | 15,205 | 0,000 | 0,369 | 41,766 | 1,000 |
| | Huynh-Feldt | 18,799 | 3,103 | 6,057 | 15,205 | 0,000 | 0,369 | 47,188 | 1,000 |
| | Lower-bound | 18,799 | 1,000 | 18,799 | 15,205 | 0,001 | 0,369 | 15,205 | ,963 |
| | Sphericity Assumed | 32,144 | 104 | 0,309 | | | | | |

| | | | | |
|----------|--------------------|--------|--------|-------|
| Error | Greenhouse-Geisser | 32,144 | 71,416 | ,450 |
| (Tiempo) | Huynh-Feldt | 32,144 | 80,687 | ,398 |
| | Lower-bound | 32,144 | 26,000 | 1,236 |

a. Computed using alpha = 0.05

El análisis post hoc con un ajuste de Bonferroni reveló que la tasa de crecimiento de *Lessonia berteriana* disminuyó de manera estadísticamente significativa entre el primero y el quinto mes (1,065 (IC del 95 %, 0,547 a 1,583) cm/mes, $p < 0,0005$), entre el segundo y el quinto mes (0,714 (IC del 95 %, 0,264 a 1,164) cm/mes, $p < 0,0005$), entre el tercero y el quinto mes (0,678 (IC del 95 %, 0,441 a 0,915) cm/mes, $p < 0,0005$), pero no entre el cuarto y quinto mes (0,258 (IC 95 %, -0,026 a 0,54) cm/mes, $p = 0,099$) (Tabla 6).

Tabla 3

Tabla de comparaciones por pares

| Pairwise Comparisons | | | | | | |
|----------------------|------------|-----------------------|------------|-------------------|---|-------------|
| Measure: Crecimiento | | | | | | |
| (I) Tiempo | (J) Tiempo | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. ^b | 95% Confidence Interval for Difference ^b | |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1 | 2 | 0,352 | 0,183 | 0,654 | -0,209 | 0,912 |
| | 3 | 0,388 | 0,169 | 0,298 | -0,129 | 0,905 |
| | 4 | 0,807* | 0,188 | 0,002 | 0,231 | 1,384 |
| | 5 | 1,065* | 0,169 | 0,000 | 0,547 | 1,583 |
| 2 | 1 | -0,352 | 0,183 | 0,654 | -0,912 | 0,209 |
| | 3 | 0,036 | 0,154 | 1,000 | -0,437 | 0,509 |
| | 4 | 0,456 | 0,178 | 0,167 | -0,091 | 1,002 |
| | 5 | 0,714* | 0,147 | 0,000 | 0,264 | 1,164 |
| 3 | 1 | -0,388 | 0,169 | 0,298 | -0,905 | 0,129 |
| | 2 | -0,036 | 0,154 | 1,000 | -0,509 | 0,437 |
| | 4 | 0,420* | 0,108 | 0,006 | 0,089 | 0,751 |
| | 5 | 0,678* | 0,077 | 0,000 | 0,441 | 0,915 |
| 4 | 1 | -0,807* | 0,188 | 0,002 | -1,384 | -0,231 |
| | 2 | -0,456 | 0,178 | 0,167 | -1,002 | 0,091 |
| | 3 | -0,420* | 0,108 | 0,006 | -0,751 | -0,089 |

| | | | | | | |
|---|---|---------|-------|-------|--------|--------|
| | 5 | 0,258 | 0,093 | 0,099 | -0,026 | 0,542 |
| 5 | 1 | -1,065* | 0,169 | 0,000 | -1,583 | -0,547 |
| | 2 | -0,714* | 0,147 | 0,000 | -1,164 | -0,264 |
| | 3 | -0,678* | 0,077 | 0,000 | -0,915 | -0,441 |
| | 4 | -0,258 | 0,093 | 0,099 | -0,542 | 0,026 |

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

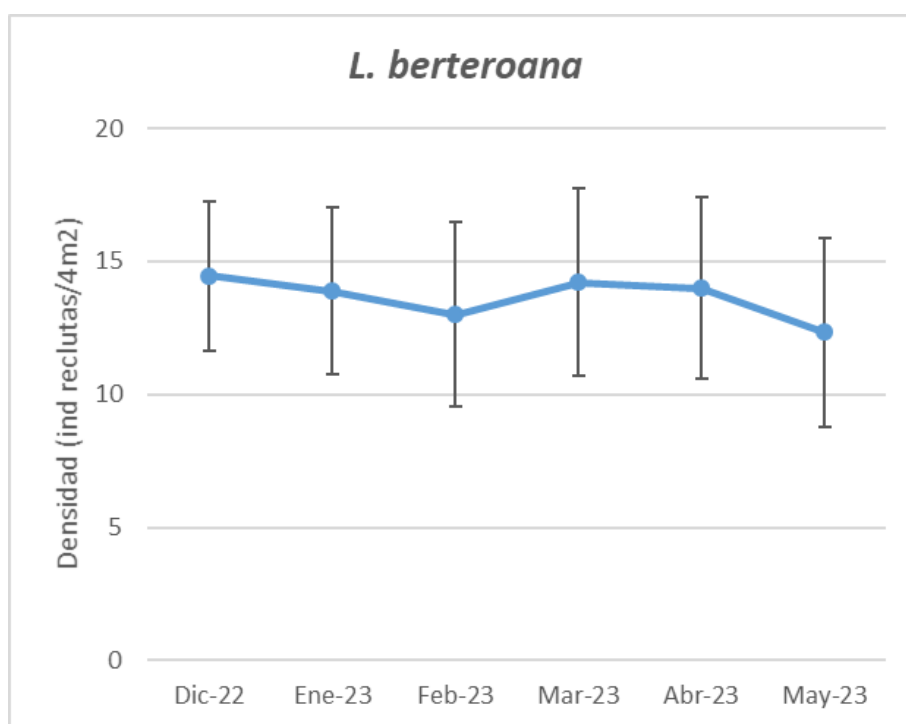
b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

4.2. TASA DE RECLUTAMIENTO DE *Lessonia berteroana*

La tasa de reclutamiento de *Lessonia berteroana* varió entre 12,33 y 14,44 Ind reclutas/4m², y un valor promedio de 13,65 Ind reclutas/4m² (Figura 16).

Figura 16

Reclutamiento de Lessonia berteroana por mes en la Zona de Calienta Negros – Ilo



También se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas obteniendo un valor $p=0,582$ ($p>0,05$), por lo tanto, las varianzas son iguales.

Tabla 4
Prueba de homogeneidad de varianzas

| Test of Homogeneity of Variances | | | |
|----------------------------------|-----|-----|-------|
| Brotos | | | |
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| 0,762 | 5 | 48 | 0,582 |

Asimismo, se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov que muestra un valor $p=0,2$ ($p>0,05$), por lo tanto, los datos presentan una distribución normal.

Tabla 5
Prueba de Normalidad

| Test of Normality | | | | | | | |
|-------------------|--------|---------------------------------|----|--------|--------------|----|-------|
| mes | | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| Brotos | dic 22 | 0,151 | 9 | 0,200* | 0,939 | 9 | 0,574 |
| | ene 23 | 0,162 | 9 | 0,200* | 0,931 | 9 | 0,491 |
| | feb 23 | 0,117 | 9 | 0,200* | 0,946 | 9 | 0,647 |
| | mar 23 | 0,180 | 9 | 0,200* | 0,941 | 9 | 0,593 |
| | abr 23 | 0,163 | 9 | 0,200* | 0,938 | 9 | 0,557 |
| | may 23 | 0,192 | 9 | 0,200* | 0,936 | 9 | 0,537 |

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Con los resultados de la prueba de ANOVA de una vía podemos determinar que el valor $p = 0,992$ ($p > 0,05$), por lo tanto, las diferencias entre las medias no son estadísticamente significativas. El reclutamiento por mes no evidenció diferencias significativas.

Tabla 6
Prueba de ANOVA de una vía

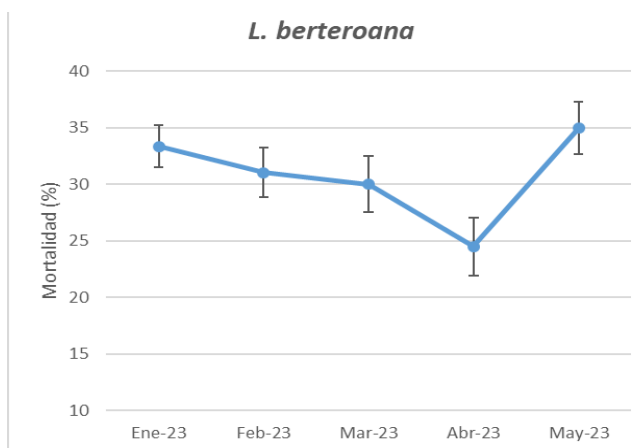
| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|-------|
| Brotos | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 29,648 | 5 | 5,930 | 0,100 | 0,992 |
| Within Groups | 2836,667 | 48 | 59,097 | | |
| Total | 2866,315 | 53 | | | |

4.3. TASA DE MORTALIDAD NATURAL DE *Lessonia berteroana*

La tasa de mortalidad natural de *Lessonia berteroana* provocada por la influencia de factores ambientales (principalmente exposición al oleaje y condiciones climáticas) varió entre 24,52 y 34,93 %, y un valor promedio de 30,76 % (Figura 17). Este es un factor determinante para estimar la abundancia de las macroalgas.

Figura 17

Tasa de mortalidad natural de Lessonia berteroana en la Zona de Caliente Negros – Ilo

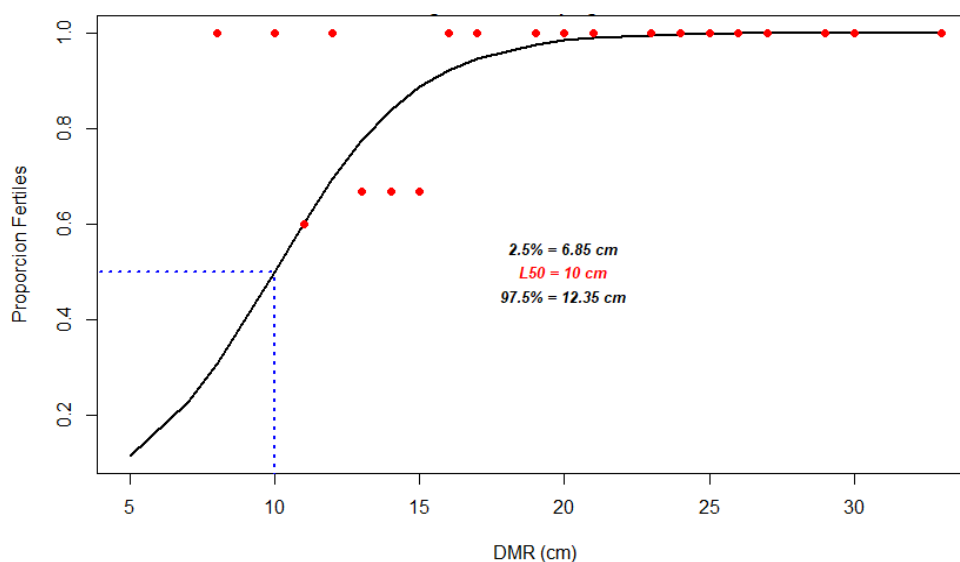


4.4. TALLA DE PRIMERA MADUREZ DE *Lessonia berteroana*

La talla de primera madurez esporofítica de *Lessonia berteroana* es cuando la talla del 50 % de los esporofitos (plantas) registran la presencia de soros portadores de gametófitos. Al observar la Figura 8 notamos que la talla de primera madurez esporofítica es de 10 cm de diámetro del disco basal (Figura 18).

Figura 18

Talla de primera madurez esporofítica de Lessonia berteroana en la Zona de Calienta Negros – Ilo



DISCUSIONES

El complejo *Lessonia nigrescens* es el alga marina de mayor importancia ecológica y la conforman dos especies crípticas, una de ellas es la *Lessonia berteroana* y la otra es la *Lessonia spicata* (González et al., 2012), difiriendo en distintos rasgos ecofisiológicos (Vega et al., 2016) y distribución geográfica (Tellier et al., 2011).

Pérez-Araneda, Zevallos, Arakaki, Gamarra, et al., (2020) examinaron la especie *L. nigrescens*, que se ha cosechado ampliamente en Perú y Chile en los últimos años. Después de analizar su taxonomía y con base en herramientas genéticas, demuestran que el aracanto negro en Perú, conocido también como aracanto negro o cabeza, pertenece a la especie *L. berteroana*. Por lo que recomiendan actualizar el nombre científico de esta especie en la legislación peruana y en las publicaciones científicas.

En cuanto a la tasa de crecimiento se registra todos los meses crecimiento en el alga *Lessonia berteroana*, pero se evidencia una disminución gradual de crecimiento a partir del mes de enero, resultados que coinciden con la evaluación realizada por Gonzales, (2002) quien afirma que los meses de mayor crecimiento corresponden a invierno y principios de primavera, sin embargo, la elongación de los estipes disminuye a finales de la primavera y durante todo el verano debido a dos eventos: la pérdida de tejido cicatrizal después de la descarga de tejido reproductivo y la deshidratación y decoloración causada por la mayor radiación solar y las altas temperaturas del verano; y con el estudio realizado por Brown et al., (1997) donde evaluaron la variación estacional en el crecimiento de la macroalga parda *Macrocystis pyrifera*, concluyendo que aunque existe una tendencia a reducir el crecimiento hacia el invierno y aumentarlo hacia la primavera, estas diferencias no fueron significativas, por lo que las tasas de crecimiento durante el resto del año pueden considerarse relativamente constantes.

En cuanto a la tasa de reclutamiento de *Lessonia berteroana* no evidenció diferencias significativas entre los meses evaluados. Según Buschmann et al., (2004), en un análisis de las macroalgas *M. pyrifera* y *M. integrifolia* en las regiones del norte y sur de Chile, encontró hallazgos que indican que *M. integrifolia* se reproduce durante todo el año, pero principalmente durante la primavera e invierno. La reproducción de *M. pyrifera*

es anual, con un gran reclutamiento en verano y otoño. Sin embargo, Gonzales, (2002) manifiesta que en el reclutamiento de juveniles de *L. nigrescens* en Chile central sucede un fenómeno estacional que ocurre entre los meses de agosto y noviembre, y en consecuencia, si se libera un sustrato experimental en cualquier momento entre estos meses, los juveniles de *L. nigrescens* lo ocuparán rápidamente. Asimismo, menciona también que el reclutamiento de juveniles puede ocurrir en diferentes momentos del año y depende principalmente de la liberación de sustrato primario.

Cabe mencionar que esta especie se extrae a través de dos métodos: barroteo, que es la extracción directa desde la roca con instrumentos especializados y que se encuentra actualmente prohibido, y recolección de orilla, en donde se recogen de individuos que llegan a la orilla después de haber sido removidos naturalmente del sustrato rocoso (Ramírez Fernández, 2023).

En cuanto a la tasa de mortalidad natural de *Lessonia berteroana* se obtuvo un valor promedio de 30,76 %, que según Gonzales, (2002), mostraría que los individuos viejos de la población no sufren mayor mortalidad (se ha eliminado la selección natural). Por estos motivos, Vásquez & Santelices, (1990), recomiendan la remoción de algas durante el período de ausencia de herbívoros y cuando la fertilidad sea máxima.

Por otra parte, Parada & Martínez, (2000), afirman que en seis meses, se puede recuperar una alta densidad de esporofitos pequeños, de una talla promedio cercana al 50% del tamaño de las áreas sin extracción, dependiendo de la época de cosecha.

En cuanto a la talla de primera madurez esporofítica de *Lessonia berteroana* que se encuentra a los 10 cm de diámetro de disco basal, serían datos no distantes a lo reportado por Gonzales, (2002) cuya talla de primera madurez esporofítica oscila entre 15,6 y 12,7 cm de diámetro del disco basal, siendo esta la talla mínima de la población reproductiva, la cual se utiliza tradicionalmente en las pesquerías para establecer un criterio mínimo de talla de extracción. Sin embargo, la cantidad de soros por peso de planta y los niveles de producción total de esporas son factores que están escasamente documentados y son necesarios para estimar el potencial reproductivo y de renovación del recurso, por lo que los estudios futuros deberían tener en cuenta el potencial reproductivo.

CONCLUSIONES

1. Los hallazgos del presente estudio demostraron que la tasa de crecimiento de *Lessonia berteroana*, en relación al diámetro mayor del rizoide del esporofito, osciló entre 0,68 y 1,75 cm por mes, con un promedio de 1,23 cm por mes. Las tasas más altas se estimaron en los meses de enero, febrero y marzo. Así también, la tasa de crecimiento de *Lessonia berteroana* en relación a la longitud total del esporofito osciló entre 2,74 y 7,32 cm/mes, con un promedio de 4,88 cm/mes; las tasas más altas se estimaron en enero, febrero y abril.
2. La tasa de reclutamiento de *Lessonia berteroana* varió entre 12,33 y 14,44 Ind reclutas/4m², y un valor promedio de 13,65 Ind reclutas/4m².
3. La tasa de mortalidad natural de *Lessonia berteroana* provocada por la influencia de factores ambientales (principalmente exposición al oleaje y condiciones climáticas) varió entre 24,52 % y 34,93 %, y un valor promedio de 30,76 %.
4. La estimación de la talla de primera madurez esporofítica de *Lessonia berteroana* es cuando la talla del 50 % de los esporofitos (plantas) registran la presencia de soros portadores de gametófitos, resultando esta a los 10 cm del diámetro del disco basal.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al Instituto del Mar del Perú (IMARPE):

1. Continuar con la evaluación de la macroalga *Lessonia berteroana* por un mayor tiempo que comprenda un ciclo anual para realizar un análisis de datos más completo y recopilar más información que contribuya a conocer la dinámica poblacional, a fin de establecer un plan de manejo y gestión de este recurso.
2. Establecer un seguimiento estacional de la macroalga *Lessonia berteroana* en las áreas anteriormente estudiadas, utilizando muestreos que incluyan transeptos de cierta longitud y/o que sean paralelos a la línea de rompiente, con el objetivo de recopilar información sobre su cobertura de biocenosis.
3. Monitorear la presencia de especies acompañantes de la macroalga *Lessonia berteroana* y evaluar la susceptibilidad de las áreas estudiadas a posibles invasiones de otras especies de algas que puedan ser invasoras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aragón Paniagua, B., Castillo Rojas, C. R., Zavala Huambachano, J., Pastor Cuba, R., Castañeda Muñoz, V., & Rujel Mena, J. (2012). Plan de capacitación sobre las algas pardas en el sur del Perú 2011-2015. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2179>
- Arakaki, N., Alarcón, S. S., Carbajal, P., Gil-Kodaka, P., Tellier, F., Márquez-Corigliano, D., & Pérez-Araneda, K. (2021). Genética de macroalgas en el Perú: Diagnóstico, guía metodológica y casos de estudio. *Inf Inst Mar Perú*, 48(4), 594-609.
- Arakaki, N., Gil-Kodaka, P., Carbajal, P., Gamarra, A., & Ramírez, M. (2019). *Macroalgas de la costa central del Perú* (1°). UNALM. http://www.lamolina.edu.pe/eventos/pesqueria/2019/MACROALGAS_DE_LA_COSTA_CENTRAL_DEL_PERU_CATALOGO.pdf
- Brown, M., Nyman, M., Keogh, J., & Chin, N. (1997). Seasonal growth of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* in New Zealand. *Marine Biology*, 129(3), 417-424. <https://doi.org/10.1007/s002270050182>
- Buschmann, A., Vásquez, J., Osorio, P., Reyes, E., Filún, L., Hernández-González, M., & Vega, J. M. A. (2004). The effect of water movement, temperature and salinity on abundance and reproductive patterns of *Macrocystis* spp. (Phaeophyta) at different latitudes in Chile. *Mar. Biol.*, 145(5), 849-862. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1393-8>

- Carbajal Enzian, P., & Gamarra, A. (2018). Guía para recolección y reconocimiento de macroalgas pardas comerciales del Perú. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3292>
- Castillo Rojas, C. R., Tejada Cáceres, A., Castañeda Muñoz, V., & Pastor Cuba, R. (2011). Diagnóstico y estado de la macroalga parda aracanto *Lessonia nigrescens* en el litoral de Arequipa, Perú. 2007. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2177>
- Environmental Justice Atlas. (2018). *Extracción ilegal de algas marinas en la región Ica, Perú*. Environmental Justice Atlas. <https://ejatlas.org/conflict/enfrentamientos-por-el-control-de-la-extraccion-de-algas-marinas>
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. <https://doi.org/10.4060/CA9229EN>
- Figueroa Fábrega, L., Padilla, T., Herrera, M. J., Ariz, L., & Haun, R. (2017). Evolución de parámetros poblacionales y estado poblacional de las algas pardas del género *Lessonia* en Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos. *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaiso*, 30, 61-70.
- Gamarra, A., Flores, D., Tejada, A., Muñoz, R., & Carbajal Enzian, P. (2018). Protocolo para investigaciones en macroalgas pardas comerciales. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3293>
- Gamarra, A., Tejada Cáceres, A., Muñoz, R., Flores, D., & Galarza, O. (2018). Protocolo para muestreo biológico y biométrico de macroalgas pardas comerciales. *Instituto*

del Mar del Perú - IMARPE.

<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3291>

González Araujo, A., & Pastor Cuba, R. (2017). Comunidades bentónicas de los ecosistemas de fondos blandos y duros en el intermareal y submareal somero. Sitio piloto Punta San Juan. Enero – febrero 2014. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3219>

Gonzales, J. (2002). *Estrategias de explotación sustentable Algas Pardas en la zona norte de Chile*. (Informe Final FIP N° 2000-19; p. 376). Instituto de Fomento Pesquero. https://epic.awi.de/id/eprint/36539/1/FIP_2000-19.pdf

González, A., Beltrán, J., Hiriart-Bertrand, L., Flores, V., de Reviere, B., Correa, J. A., & Santelices, B. (2012). Identification of cryptic species in the *Lessonia nigrescens* complex (Phaeophyceae, Laminariales). *Journal of Phycology*, 48(5), 1153-1165. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2012.01200.x>

ICON-INITIUT. (2009). *Estudio de investigación de poblaciones y de las condiciones de viabilidad ecológica de las actividades extractivas de algas pardas e invertebrados en la zona costera sur, en apoyo a la investigación y desarrollo del Instituto del Mar del Perú (IMARPE)* (p. 90) [Informe Final]. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/Sites/ueperu/licitacion/pdfs/Informes/156.pdf

IMARPE. (2010). *Extracción Exploratoria Macroalgas V (Puerto Viejo – Quebrada Honda, Provincia de Caravelí, Región Arequipa) R.M. N° 515-2009-PRODUCE*.

http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/macro_algas/arch_macroal/EEM%20V.pdf

Innovate Perú. (2015). *Empresa y Estado peruano fomentan estudio y preservación de algas pardas*. Aquahoy. <https://www.aquahoy.com/noticias/algas/23942-empresa-y-estado-peruano-fomentan-estudio-y-preservacion-de-algas-pardas>

Llellish Juscamayta, M. Á. (2020). Impacto del evento El Niño (ENSO) 1997-1998 en las praderas de *Lessonia trabeculata* en Punta Coles, Ilo. *Repositorio de Tesis - UNMSM*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15704>

Mamani Maquera, J., Castillo Rojas, C. R., González Vargas, A., Castañeda Muñoz, V., & Rujel Mena, J. (2012). Plan de mejora de la producción de las algas pardas en el sur del Perú 2011-2015. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2180>

Muñoz, R., Flores, D., Tejada, A., & Gamarra, A. (2018). Protocolo para el estudio de la deriva y productividad de las macroalgas pardas comerciales varadas. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3289>

Parada, G., & Martínez, E. (2000). *Inhibición y facilitación en el reclutamiento de praderas explotadas de Lessonia nigrescens*. https://www.researchgate.net/publication/331877555_INHIBICION_Y_FACILITACION_EN_EL_RECLUTAMIENTO_DE_PRADERAS_EXPLORADAS_DE_Lessonia_nigrescens

Pérez-Araneda, K., Zevallos, S., Arakaki, N., Alex Gamarra, A., Carbajal, P., & Tellier, F. (2021). *Lessonia berteroana* en Perú: Comprobación de la identidad de la especie y diversidad genética en el borde norte de distribución. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 55(3), 270-276.
<https://doi.org/10.22370/rbmo.2020.55.3.2591>

Pérez-Araneda, K., Zevallos, S., Arakaki, N., Gamarra, A., Carbajal Enzian, P., & Tellier, F. (2020). *Lessonia berteroana* en Perú: Comprobación de la identidad de la especie y diversidad genética en el borde norte de distribución. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 55(3), 270-276.
<https://doi.org/10.22370/rbmo.2020.55.3.2591>

PROMPERÚ. (2018). *Desenvolvimiento del comercio exterior pesquero y acuícola en el Perú* (p. 86) [Informe Anual 2017]. Departamento de Productos Pesqueros de la Sub Dirección de Promoción Internacional de la Oferta Exportable, PROMPERÚ.
<http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/Desenvolvimiento%20Pesquero%20Acuicola%202017%20PromPeru.pdf>

Ramírez Fernández, R. de los Á. (2023). *Identificando oportunidades en el manejo del huiro negro (Lessonia spicata y Lessonia berteroana) para la adaptación al cambio climático de las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) en localidades costeras del norte de Chile*. 111.

Sánchez, M. R., Oscco, R. O., & Suárez, J. R. (2017). Aportación al conocimiento de las macroalgas del litoral costero de la Reserva Nacional San Fernando (Nasca, Perú). *AquaTIC*, 47, 1-9.

- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2013). *Plan de manejo de la pesquería de algas pardas Región de Antofagasta*. Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura XV, I y II Regiones. http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-83723_documento.pdf
- Tanna, B., & Mishra, A. (2019). Nutraceutical Potential of Seaweed Polysaccharides: Structure, Bioactivity, Safety, and Toxicity. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 817-831. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12441>
- Tejada Cáceres, A. G. (2019). *Evaluación de la variación temporal de Biomasa de Algas Marinas lessonia nigrescens “aracanto negro” en el Litoral Sur del Perú y propuesta de manejo* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8785>
- Tejada Cáceres, A., Gamarra, A., Flores, D., Muñoz, R., & Argüelles Torres, J. (2018). Protocolo para evaluación poblacional de *Lessonia trabeculata* mediante métodos directos. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3290>
- Tellier, F., Tapia, J., Faugeron, S., Destombe, C., & Valero, M. (2011). The *Lessonia nigrescens* species complex (Laminariales, Phaeophyceae) shows strict parapatry and complete reproductive isolation in a secondary contact zone. *Journal of Phycology*, 47(4), 894-903. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2011.01019.x>
- Torres, D., Castro, J., & Vílchez, F. (2017). *Prospección biológica-poblacional de las macroalgas marinas de importancia comercial en las Praderas de Chérrepe y Playa Las Rocas (30 octubre—4 noviembre 2017)*. 47(3).

- Vásquez Castro, J., Castillo Rojas, C. R., Zavala Huambachano, J., Tejada Cáceres, A., & Mamani Maquera, J. (2012). Programa de investigación de las algas pardas en el sur del Perú 2011-2015. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE, Extraordinario*, 55.
- Vásquez, J. A., & Santelices, B. (1990). Ecological effects of harvesting *Lessonia* (Laminariales, Phaeophyta) in central Chile. *Hydrobiologia*, 204(1), 41-47. <https://doi.org/10.1007/BF00040213>
- Vega, J. M. A., Asorey, C. M., & Piaget, N. (2016). Asociación *Scurria-Lessonia*, indicador de integridad ecológica en praderas explotadas de huiro negro *Lessonia berteriana* (ex *L. nigrescens*) en el norte de Chile. *Revista de biología marina y oceanografía*, 51(2), 337-345. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572016000200011>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO: Evaluación de los parámetros poblacionales de *Lessonia berteroana* bajo diferentes niveles de explotación para su aprovechamiento sostenible en el litoral marino de la Provincia de Ilo, Región Moquegua.

| Problemas | Objetivos | Hipótesis | Variables | Indicadores | Método | Instrumentos |
|---|--|--|---|--|---|--|
| <p>Problema general</p> <p>¿Cuáles son los parámetros poblacionales de <i>Lessonia berteroana</i>, en el litoral de la Provincia de Ilo, Región Moquegua?</p> <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál será la tasa de crecimiento de <i>L. berteroana</i> en el área de estudio? - ¿Cuál será la tasa de reclutamiento de <i>L. berteroana</i> en el área de estudio? | <p>Objetivo general</p> <p>Determinar los parámetros poblacionales básicos como tasas de mortalidad, crecimiento y talla de primera madurez esporofítica de <i>Lessonia berteroana</i>, en áreas experimentales que simulen diferentes niveles de extracción pesquera en el litoral de la Provincia de Ilo, Región Moquegua.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la tasa de crecimiento de <i>L. berteroana</i> en el área de estudio. | <p>Hipótesis general</p> <p>Los diferentes niveles de explotación pesquera influyen significativamente e infieren en los parámetros poblacionales de <i>Lessonia berteroana</i>, en las áreas experimentales en el litoral de la Provincia de Ilo, Región Moquegua.</p> | <p>Variable Independiente:</p> <p>Niveles de explotación de <i>Lessonia berteroana</i></p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Parámetros poblacionales de <i>Lessonia berteroana</i></p> | <p>0% de explotación = Densidad > 15 ind/4 m²</p> <p>50 % de explotación = Densidad 7 – 15 ind/4 m²</p> <p>100 % de explotación = Densidad < 7 ind/4m²</p> <p>Tasa de crecimiento (cm/mes)</p> <p>Tasa de reclutamiento (N° de ind/4m²)</p> <p>Tasa de mortalidad (% Mortalidad y/o supervivencia)</p> | <p>Tipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicada - Experimental - Transversal <p>Nivel:</p> <p>Nivel aplicativo</p> <p>Muestra:</p> <p>Densidad poblacional en las unidades de muestreo (4 m²)</p> | <p>Ficha de registro de datos</p> <p>Registro fotográfico en el área de estudio.</p> |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál será la tasa de mortalidad natural de <i>L. berteroana</i> en el área de estudio? - ¿Cuál será la talla de primera madurez de <i>L. berteroana</i> en el área de estudio? | <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la tasa de reclutamiento de <i>L. berteroana</i> en el área de estudio. - Determinar la tasa de mortalidad natural de <i>L. berteroana</i> en el área de estudio. - Determinar la talla de primera madurez de <i>L. berteroana</i> en el área de estudio. | | | <p>Talla de primera madurez (longitud del DMR a la cual comienza a esporular en cm)</p> <hr/> <p>N° de organismos ramoneadores</p> | | |
|--|--|--|--|--|--|--|

Anexo 2: Evaluación de los parámetros poblacionales de *Lessonia berteroana*

Figura 19

Área de estudio: Playa Calienta Negros, Provincia de Ilo, Departamento Moquegua.



Figura 20

Población algal de *Lessonia berteroana* en área de estudio.



Figura 21

Instrumento de medición para registro de crecimiento de las unidades muestrales.

**Figura 22**

(a) y (b) Medición del Diámetro Mayor del Rizoide (DMR).





Figura 23

Medición de la Longitud Total del alga (LTO) en las unidades muestrales



Figura 24

Selección de fronda de mayor longitud en la unidad muestral.

**Figura 25**

*Incrustamiento de precinto en talo de ejemplar de *Lessonia berteroana**



Figura 26

Reemplazo de precinto incrustado y nueva codificación del ejemplar algal.

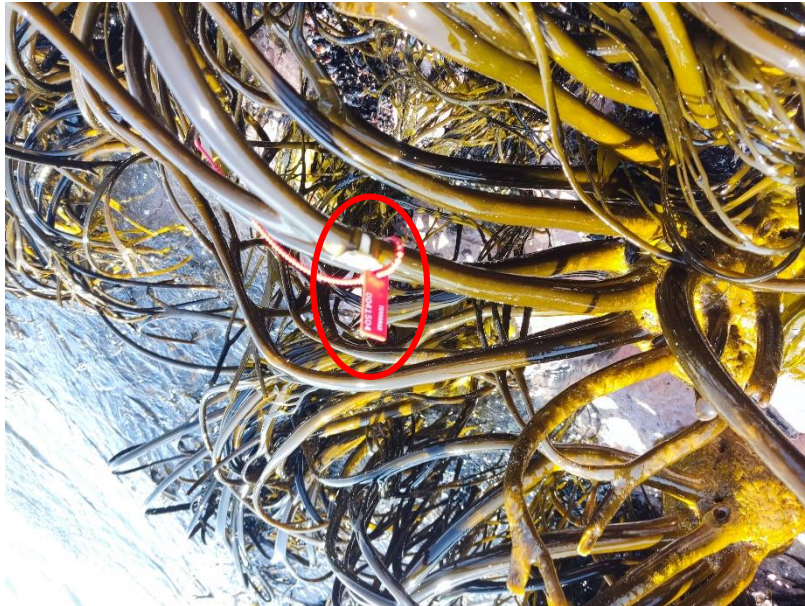


Figura 27

Organismos acompañantes en la unidad muestral (a) chorito (*Semimytilus algosus*), (b) barquillo (*Enoplochiton niger*), (c) picacho (*Balanus laevis*), (d) sol de mar (*Heliaster helianthus*)



