



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**EFFECTOS DE DIETAS EXPERIMENTALES SOBRE EL
CRECIMIENTO Y CALIDAD GONADAL DEL ERIZO DE
MAR *Echinometra vanbrunti* EN EL LABORATORIO
SEMACUA S.A, SANTA ELENA – ECUADOR**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

DE LOS SANTOS RODRÍGUEZ JUAN STEVEN.

DOCENTE TUTOR:

AC. SONNYA MENDOZA LOMBANA, Ph. D

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**EFFECTOS DE DIETAS EXPERIMENTALES SOBRE EL
CRECIMIENTO Y CALIDAD GONADAL DEL ERIZO DE
MAR *Echinometra vanbrunti* EN EL LABORATORIO
SEMACUA S.A, SANTA ELENA – ECUADOR**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

DE LOS SANTOS RODRÍGUEZ JUAN STEVEN.

DOCENTE TUTOR:

AC. SONNYA MENDOZA LOMBANA, Ph. D


LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “Efectos De Dietas Experimentales Sobre El Crecimiento Y Calidad Gonadal Del Erizo De Mar *Echinometra vanbrunti* En El Laboratorio Semacua S.A, Santa Elena – Ecuador”, elaborado por el estudiante De Los Santos Rodríguez Juan Steven, de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Ac. Sonnya Mendoza Lombana, Ph. D

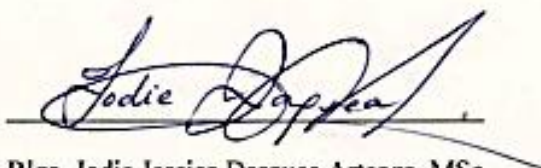
DOCENTE TUTOR

C.I.: 0912802816

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “Efectos De Dietas Experimentales Sobre El Crecimiento Y Calidad Gonadal Del Erizo De Mar *Echinometra vanbrunti* En El Laboratorio Semacua S.A, Santa Elena – Ecuador”, elaborado por De Los Santos Rodríguez Juan Steven, estudiantes de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Blga. Jodie Jessica Darquea Arteaga, MSc
DOCENTE DE ÁREA

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios, quien me dio las fuerzas y salud para seguir adelante cada día y poder culminar mi carrera con éxitos.

A mis padres, Juan de los Santos y Marlene Rodríguez quienes con su amor, consejos y ejemplos me han enseñado a nunca rendirme y a siempre dar lo mejor de mí, sin importar lo complicada que se ponga la vida. Gracias por ser mi inspiración y por enseñarme el valor de la perseverancia, su apoyo incondicional siempre han sido una base fundamental en todos mis logros, y esta tesis es una muestra de su guía y enseñanza.

A mi novia Dayra Reyes, quien me brindo su apoyo incondicional en cada momento, por creer en mi aun en los días difíciles, dedico este logro a ti, por ser parte fundamental de este sueño.

A mis compañeros de clases: Mauricio Bernabé, Eduardo Espinoza, María Tomalá y Angelica Mero, quienes con su amistad y apoyo hicieron este camino una experiencia única e inolvidable.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad Ciencias del Mar, autoridades y docentes de la institución, quienes a lo largo de cada semestre impartieron sus conocimientos, contribuyendo a mi formación académica y profesional.

En particular a mi tutora la Ac. Sonnya Mendoza Lombana PhD. A ella, mi gratitud por su invaluable apoyo, guía, orientación científica y profesional en este proyecto de titulación.

A la compañía DULODER S.A, agradezco profundamente su colaboración, cuyo conocimiento técnico y profesional fueron claves para realizar análisis y obtener resultados confiables, requeridos en el presente estudio.

De igual manera, al laboratorio SEMACUA S.A. en especial al ing. Jorge Espinoza, quien nos abrió las puertas del laboratorio, sus equipos e instalaciones fueron fundamentales para el desarrollo de mi investigación.

A mi familia especialmente a mis padres y novia por brindarme el apoyo necesario en mi etapa académica.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **De Los Santos Rodríguez Juan Steven** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 10 de diciembre del 2024

Ing. Jimmy Agustín Villón Moreno, MSc
**DIRECTOR/A DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Blga. Jodie Jessica Darquea Arteaga, MSc
**PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ac. Sonnya Patricia Mendoza Lombana,
Ph.D.
**DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Blg. Richard Gonzalo Duque Marin, MSc
**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Lic. Pascual Alejandro Roca Silvestre, MSc
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

El presente trabajo de titulación o graduación “Efectos De Dietas Experimentales Sobre El Crecimiento Y Calidad Gonadal Del Erizo De Mar *Echinometra vanbrunti* En El Laboratorio Semacua S.A, Santa Elena – Ecuador” la responsabilidad por las ideas, hechos, investigaciones y resultados expuestos en esta tesis, pertenece exclusivamente al autor y el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Juan De los Santos.

Juan Steven De Los Santos Rodriguez

C.I: 0928199421

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR	I
DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO	IV
TRIBUNAL DE GRADO	V
DECLARACIÓN EXPRESA.....	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
GLOSARIO	XIV
ABREVIATURAS.....	XVI
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. OBJETIVOS.....	9
4.1. Objetivo general	9
4.2. Objetivos específicos	9
5. HIPÓTESIS	10
6. MARCO TEÓRICO	11
6.1. Características generales.....	11
6.1.1. Aparato digestivo	13

6.1.2.	Aparato respiratorio	16
6.1.3.	Sistema nervioso	16
6.2.	Biología.....	17
6.2.1.	Locomoción y Sistema ambulacral	17
6.2.2.	Reproducción.....	18
6.2.3.	Ciclo de vida	18
6.2.4.	Distribución	20
6.2.5.	Alimentación.....	20
6.2.6.	Regeneración	21
6.2.7.	Crecimiento	21
6.2.8.	Importancia ecológica	22
6.2.9.	Importancia económica	23
6.3.	<i>Echinometra vanbrunti</i>	24
6.3.1.	Taxonomía	25
6.4.	Característica de <i>Padina durvillaei</i>	25
6.4.1.	Composición nutricional.....	26
6.5.	Dietas artificiales en la equinocultura	27
6.6.	Marco legal	30
7.	MARCO METODOLÓGICO	31
7.1.	Área de estudio	31
7.2.	Obtención de organismos:	32
7.3.	Transporte de organismos:	32
7.4.	Aclimatación.....	32
7.5.	Diseño experimental:	33
7.6.	Aplicación de dietas.	34
7.6.1.	Dieta natural.....	34

7.6.2.	Dieta experimental 1.	35
7.6.3.	Dieta Experimental 2.	37
7.7.	Aplicación de dietas.	38
7.8.	Registro de datos.	39
7.8.1.	Crecimiento y supervivencia.	39
7.8.2.	Índice gonadal	40
7.8.3.	Características organolépticas	40
7.8.4.	Madurez gonadal	42
7.8.5.	Registro de temperatura.	42
7.8.6.	Análisis estadístico	43
8.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	44
9.	DISCUSIONES	83
10.	CONCLUSIONES	89
11.	RECOMENDACIONES	91
12.	BIBLIOGRAFÍAS	92
13.	ANEXOS	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Morfología Externa de un equinodermo</i>	13
Figura 2. <i>Anatomía de la estructura interna del erizo de mar</i>	15
Figura 3. <i>Estructura de la linterna de Aristóteles</i>	15
Figura 4. <i>Estructura del erizo de mar</i>	17
Figura 5. <i>Ciclo de vida de erizo regular</i>	19
Figura 6. <i>Echinometra vanbrunti</i>	24
Figura 7. <i>Ubicación del laboratorio SEMACUA y Área de extracción de organismos, Santa Elena-Ecuador</i>	31
Figura 8. <i>Sistema de cultivo para cada tratamiento experimental</i>	34
Figura 9. <i>Incremento de talla en erizos de mar alimentados con Padina durvillaei</i>	45
Figura 10. <i>Incremento de talla en erizos de mar alimentados con dieta Reformulada</i>	46
Figura 11. <i>Incremento de talla en erizos de mar alimentos con dieta de maduración</i>	48
Figura 12. <i>Incremento del diámetro de testa en erizos de mar bajo tres tipos de dietas: natural, reformulado y maduración</i>	50
Figura 13. <i>Crecimiento mensual en erizos de mar</i>	51
Figura 14. <i>Análisis de peso en erizo de mar alimentados con Padina durvillaei</i>	53
Figura 15. <i>Incremento del peso en erizos de mar alimentados con dieta reformulado</i>	54
Figura 16. <i>Análisis del peso en erizo de mar alimentados con dieta de maduración</i>	56
Figura 17. <i>Incremento del peso en erizos de mar bajo tres tipos de dietas: natural, reformulado y maduración</i>	58
Figura 18. <i>Crecimiento mensual (PESO)</i>	59

Figura 19. <i>Supervivencia de Echinometra vanbrunti bajo tres tratamientos alimenticios.</i>	61
Figura 20. <i>Porcentajes de mortalidad por cada tratamiento experimental.</i>	62
Figura 21. <i>Evaluación mensual del índice gonadal (IG) en erizos de mar Echinometra vanbrunti.</i>	64
Figura 22. <i>Distribución de organismos según la calidad gonadal (evaluada por el color de las gónadas) de Echinometra vanbrunti</i>	66
Figura 23. <i>Clasificación del color de las gónadas en el mes de junio.</i>	67
Figura 24. <i>Clasificación del color de las gónadas en el mes de agosto.</i>	67
Figura 25. <i>Vista aboral en erizos de mar Echinometra vanbrunti.</i>	68
Figura 26. <i>Distribución de organismos según la calidad gonadal (Textura) de Echinometra vanbrunti.</i>	69
Figura 27. <i>Clasificación de la textura gonadal</i>	70
Figura 28. <i>Evaluación de calidad gonadal (firmeza) de Echinometra vanbrunti.</i>	71
Figura 29. <i>Estadios gonadales en Echinometra vanbrunti.</i>	73
Figura 30. <i>Estadios gonadales de erizo de mar Echinometra vanbrunti.</i>	75
Figura 31. <i>Estadios gonadales de erizo de mar Echinometra vanbrunti.</i>	77
Figura 32. <i>Temperatura mensual en tratamientos de dieta natural, reformulada y de maduración.</i>	79
Figura 33. <i>Análisis de componentes principales (ACP) en erizos de mar alimentados con dieta natural.</i>	80
Figura 34. <i>Análisis de componentes principales (ACP) en erizos de mar alimentados con dieta reformulada.</i>	81

Figura 35. <i>Análisis de componentes principales (ACP) en erizos de mar alimentados con dieta de maduración</i>	82
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Composición nutricional de Padina durvillaei</i>	26
Tabla 2. <i>Composición mineral de Padina durvillaei</i>	27
Tabla 3. <i>Porcentaje nutricional de Padina durvillaei</i>	35
Tabla 4. <i>Ingredientes de la dieta preparada, extruido por 1Kg</i>	36
Tabla 5. <i>Porcentaje nutricional de la dieta preparada</i>	37
Tabla 6. <i>Porcentaje nutricional de dieta comercial</i>	38
Tabla 7. <i>Escala de criterios para evaluar la calidad gonadal</i>	41
Tabla 8. <i>Registro de talla de erizos alimentados con Padina durvillaei</i>	112
Tabla 9. <i>Registro de talla de erizos alimentados con dieta reformulada</i>	112
Tabla 10. <i>Registro de talla de erizos alimentados con dieta de maduración</i>	113
Tabla 11. <i>Incremento del diámetro de la testa de erizos de mar bajo tres tipos de dietas: natural, reformulado y maduración</i>	113
Tabla 12. <i>Registro de peso de erizos alimentados con Padina durvillaei</i>	114
Tabla 13. <i>Registro de peso de erizos alimentados con dieta reformulada</i>	114
Tabla 14. <i>Registro de peso de erizos alimentados con dieta de maduración</i>	115

Tabla 15. <i>Incremento del peso de erizos de mar bajo tres tipos de dietas: natural, reformulado y maduración</i>	115
---	-----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Recolección de especies</i>	108
Anexo 2 <i>Aclimatación de organismos.</i>	109
Anexo 3 <i>Registros biométricos en erizo de mar Echinometra vanbrunti</i>	110
Anexo 4 <i>Mantenimiento del sistema de cultivo y alimentación.</i>	111
Anexo 5. <i>Análisis del incremento de testa mediante el test Kruskal walis y Post hoc .</i> ..	116
Anexo 6. <i>Análisis del peso mediante el Test de Anova y Tukey.</i>	117
Anexo 7. <i>Análisis del índice gonádico mediante el test Kruskal walis y Post hoc</i>	118
Anexo 8. <i>Permiso de investigación con código MAATE-ARSFC-2024-0343</i>	119
Anexo 9. <i>Análisis del alimento balanceado mediante el método de KJELDAHL.</i>	120
Anexo 10. <i>Análisis del alimento balanceado mediante el método de NIR.</i>	122

GLOSARIO

Fagocitos nutritivos: Células que se encuentran en algunos organismos, como en ciertos invertebrados que se encargan de almacenar nutrientes esenciales para la gametogénesis.

Columna de espermatocitos: Agrupación de células espermatocíticas que se desarrollan a partir de espermatogonias que tras un proceso de maduración se convierten en espermatozoides maduros.

Espermatozoides: Célula reproductora masculina, cuya función es fecundar al óvulo.

Ovocito previtelogénicos: Célula en etapa temprana de desarrollo en el proceso de la formación de óvulos durante esta etapa aun no empieza el proceso de acumulación de nutrientes y materias de reserva y se ubican en la periferia.

Ovocitos viteliginicos: Ovocito que empieza una fase de desarrollo que acumula reservas nutritivas conocidas como vitelo que es una combinación de macronutrientes como proteínas, lípidos etc. Estas se depositan en el citoplasma del

ovocito en forma de gotas o gránulos, que funcionan como una reserva nutritiva que proporciona energía.

Ovocitos maduros: Característicos de ovarios en estado de madurez. El cual se encuentran recubiertas por células foliculares alargadas. Su citoplasma está compuesto por grandes gotas de lípidos y numerosas placas de vitelo proteico que se tiñe de color rojo intenso con H-E.

ABREVIATURAS

Mm: milímetro

Cm: centímetros

Kg: kilogramos

G: gramos

TC: Tasa de crecimiento

IG: Índice gonadal

°C: grados centígrados

%: Porcentaje

R: Coeficiente de correlación

R²: coeficiente de determinación

FN: Fagocitos nutritivos

CE: columna de espermatocitos

E: espermatozoides

OPV: ovocito previtelogénicos

OV: ovocitos viteliginicos

OM: Ovocitos maduro

RESUMEN

En la actualidad, los erizos de mar han despertado un interés comercial por su alto valor nutricional para el consumo humano, convirtiéndose en un recurso vulnerable afectado por las actividades pesqueras a nivel mundial. Por otra parte, estudios realizados sobre el cultivo de erizos de mar en Ecuador son limitados. por ende, existe carencia de información del aprovechamiento de este recurso para su posible explotación en cultivos cerrados. La presente investigación comprobó los efectos de la aplicación de dos dietas experimentales y dieta natural *Padina durvillaei*, sobre el crecimiento, desarrollo y mejora de la calidad en las gónadas del erizo de mar *Echinometra vanbrunti*, con el fin de establecer dietas alternativas que puedan beneficiar su desarrollo. Por su parte, el análisis mensual de talla y peso reveló que la dieta reformulada promovió un mayor crecimiento de 0.71 mm/mes y una ganancia de peso de 0.61 g/mes. Así mismo, mostro un incremento constante de IG de 6.62 ± 5.30 %, este aumento progresivo se debió a la composición proteica de la dieta de 27.33% y lípidos de 7.81%, influenciada por la temperatura de 21 °C que ayudo a la ganancia de IG superando a las otras dietas. Consiguiente, mostro respuesta positiva en términos de color, textura y firmeza. Las dietas aplicadas fueron fundamentales para acelerar el desarrollo gonadal de erizos de mar, a diferencia de los organismos alimentados con dieta natural donde se encontraron erizos en etapa de crecimiento.

Palabras claves: Índice gonadal, Madurez, diámetro de testa, peso, supervivencia.

ABSTRACT

Currently, sea urchins have awakened commercial interest due to their high nutritional value for human consumption, becoming a vulnerable resource affected by fishing activities worldwide. On the other hand, studies on sea urchin cultivation in Ecuador are limited; therefore, there is a lack of information on the use of this resource for its possible exploitation in closed culture. The present investigation verified the effects of the application of two experimental diets and the natural diet *Padina durvillaei*, on the growth, development and improvement of the quality of the gonads of the sea urchin *Echinometra vanbrunti*, with the purpose of establishing alternative diets that could benefit its development. The monthly analysis of length and weight revealed that the reformulated diet promoted a greater growth of 0.71 mm/month and a weight gain of 0.61 g/month. Likewise, it showed a constant increase in GI of 6.62 ± 5.30 %, this progressive increase was due to the protein composition of the diet of 27.33% and lipids of 7.81%, influenced by the temperature of 21 °C which helped the gain of GI surpassing the other diets. Consequently, it showed positive response in terms of color, texture and firmness. The diets applied were instrumental in accelerating the gonadal development of sea urchins, unlike the organisms fed with natural diet where urchins were found in the growth stage.

Key words: gonadal index, maturity, testa diameter, weight, survival.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad que ha logrado extender sus actividades de forma positiva permitiendo el desarrollo económico de manera local y regional (López & Moreno, 2022). Además, promueve y mantiene la sostenibilidad productiva del mundo (Berger, 2020). Bajo este término se engloba un conjunto de técnicas y actividades dedicadas al estudio y cría de organismos acuáticos ya sean peces marinos, moluscos, crustáceos y equinodermos, con el fin de abastecer al sector comercial de consumo humano y especies de importancia ecológica (Cuesta & Sánchez, 2016).

La diversificación de la acuicultura representaría una nueva frontera para la producción alimentaria altamente nutritiva, permitiendo así que varias especies incluyendo los equinodermos sean un recurso sostenible de alto valor comercial (Sonnenholzner, 2021).

Los equinodermos son organismos acuáticos que se encuentran distribuidos ampliamente a nivel mundial, desde zonas costeras hasta aguas profundas, su importancia biológica se basa principalmente en la capacidad de influir en varios niveles tróficos a través de su alimentación, repercutiendo sobre la densidad, distribución y estructura de la comunidad arrecifal (González et al, 2019), un ejemplo de este grupo son los erizos de mar, siendo considerados como organismos biorremediadores, debido a la acción mecánica de sus espinas que provocan la erosión del sustrato, removiendo así carbonato de calcio y algas, lo cual es fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas (Padilla et al, 2017). Por lo general, este grupo se alimenta principalmente de algas, aunque también pueden consumir una amplia variedad de alimentos como fanerógamas o animales, Siendo ampliamente referidos para estudios en la ciencia aplicada (Barrera, 2018).

En la actualidad, los erizos de mar han despertado un interés comercial por su alto valor nutricional para el consumo humano, por lo que se ha convertido en un recurso vulnerable afectado por las actividades pesqueras a nivel mundial (Álvarez, 2017; Mendes, 2020). Sin embargo, la acuicultura podría ofrecer una alternativa para la explotación de este recurso, promoviendo la restauración de su población silvestre (Groso et al, 2020). Su captura se basa en un total de 20 especies, correspondiente a un total de 60.000 a 70.000 toneladas por años a nivel mundial, donde varios

países, incluyendo Canadá, Estados Unidos, Rusia, Islandia, Japón y México participan en su extracción, siendo Japón quien lidera el mercado mundial con el 90% y el 80% perteneciente al consumo en este país (Álvarez, 2017; Lourenco et al, 2020). La comercialización de las gónadas de erizos de mar radica principalmente por su valor comercial, por lo que se han clasificado en tres categorías (Excelente, Buena y Mala), para ello se evalúan una serie de características organolépticas esenciales como el color, textura y sabor que son fundamentales para los estándares comerciales, estas características varían en función del ciclo reproductivo y el desarrollo, por lo que pueden verse influenciados por diversos factores como la temperatura, fotoperiodo, hidrodinamismo, disponibilidad de alimento y composición de la dieta (Pérez, 2018).

Cabe mencionar que los erizos de mar son representativamente un buen modelo de estudio, debido a su modo reproductivo y características morfológicas. Dentro de este contexto, Ecuador presenta condiciones óptimas para el desarrollo de organismos marinos en cautiverio y se encuentra en la búsqueda de especies con miras a la diversificación, e interés investigativo desde el punto de vista socio-ambiente-productivo. Respecto a los erizos de mar, existe un conocimiento limitado a su morfología, pero escaso sobre las prácticas de cultivo en condiciones controladas. En efecto, para avanzar en este campo, es necesario promover las

investigaciones y desarrollar sistemas de cultivos para aprovechar su potencial económico y contribuir a la conservación de estas especies marinas. En función de lo planteado, el erizo de mar *Echinometra vanbrunti*, cuenta con las características necesarias para la experimentación en sistemas controlados, mediante la aplicación de dietas. Esto permitirá optimizar su desarrollo, mejorando así la calidad de las gónadas en esta especie.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La acuicultura de equinodermos se ha vuelto una de las principales fuentes de ingreso a nivel internacional debido a su potencial en la producción, explotación y comercialización para los países asiáticos. La pesca ilegal de los erizos de mar es una práctica muy común en varios países del mundo, lo que implica la sobreexplotación de recursos marinos y como consecuencia la pérdida de biodiversidad. Adicionalmente, la poca información que existe acerca del cultivo de nuevas especies de interés investigativo en las zonas costeras del Ecuador implicaría una limitante para la explotación económica de estas especies y a su vez un desafío que debe ser abordado para garantizar un desarrollo sostenible a futuro.

A pesar de que Ecuador, cuenta con las variables medioambientales que favorecen al crecimiento y desarrollo de especies con interés comercial, incluyendo *Echinometra vanbrunti*, el cultivo de esta especie todavía se encuentra en una etapa preliminar, donde la mayoría de los procesos de extracción se realiza de manera artesanal, lo que dificulta la obtención de un producto sostenible. A pesar que, estos organismos demuestran una notable capacidad para adaptarse a diversos entornos de cultivo, enfrentan numerosas limitantes que afectan el crecimiento y calidad gonadal, dando como resultado la presencia de variaciones de colores en las

gónadas e inconsistencia de sabor y textura que hacen poco deseable a este recurso marino.

Para abordar este desafío, se plantea la necesidad de evaluar la relación entre dietas experimentales y su influencia en el crecimiento y calidad gonadal del erizo de mar *Echinometra vanbrunti*, las cuales pueden ser capaces de contrarrestar estas limitantes supliendo las necesidades nutricionales de estos organismos, siendo este el punto de partida para optimizar el cultivo de esta especie y contribuir a la obtención de un recurso sostenible a corto plazo.

3. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial, la pesca y la acuicultura han sido una de las principales fuentes de producción de alimentos de altos estándares de calidad. En la actualidad, se ha demostrado que varias especies cuentan con el potencial de ser explotados a nivel nacional. Entre estos, los erizos de mar representarían una alternativa con gran potencial para satisfacer la creciente demanda de alimento para el consumo humano.

Las gónadas de erizos de mar son consideradas una delicia culinaria en varios países del mundo. Sin embargo, por los altos niveles nutritivos la población se ha visto drásticamente afectada por la sobreexplotación en su medio natural, llegando al punto en que varias especies lleguen a mermar. Por ende, varios países, cuya única fuente de ingreso es la extracción de erizos de mar, tuvieron que desarrollar estudios para cultivarlos y resolver la problemática de sobreexplotación de este recurso garantizando un desarrollo sostenible, manteniendo la capacidad productiva en los ambientes naturales (Vine et al., 2020).

Entre los principales países productores de erizos de mar se encuentra México y Chile. En México se cultivan *Strongylocentrotus franciscanus*, *Strongylocentrotus purpuratus* y *Tripneustes depressus* constituyendo uno de los principales recursos pesqueros (Cuesta, 2017) y Chile *Loxechinus albus*. Mientras que, Japón se caracteriza por ser el principal país consumidor de erizos de mar (Tourón, 2012; Lourenco et al, 2020).

Por otra parte, estudios realizados sobre el cultivo de erizos de mar en Ecuador son limitados, por ende, existe carencia de información del aprovechamiento de este recurso para su posible explotación en cultivos cerrados. Por lo que, implementar y extender las actividades del sector acuícola en Ecuador, probablemente genere ingresos económicos y empleos, diversificando la acuicultura en nuestro país.

La presente investigación tiene como finalidad comprobar la efectividad de la aplicación de dos dietas experimentales, sobre el crecimiento, desarrollo y mejora de la calidad en las gónadas del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* con el fin de establecer dietas alternativas que puedan beneficiar a su desarrollo, mejorando así la calidad de las gónadas de esta especie.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Comparar los efectos del crecimiento y desarrollo gonadal en erizos de mar *Echinometra vanbrunti* mediante la aplicación de dos dietas experimentales y dieta natural *Padina durvillaei* evaluando la calidad en sistemas controlados.

4.2. Objetivos específicos

- Comparar el crecimiento y supervivencia de erizos de mar en función a la aplicación de dietas.
- Determinar la variación del índice gonádico por cada tratamiento alimenticio.
- Evaluar las características organolépticas de las gónadas de los erizos de mar alimentados con diferentes tratamientos.

5. HIPÓTESIS

H1: La aplicación de dieta experimental favoreció al crecimiento, supervivencia, índice gonádico y mejora de las características organolépticas en las gónadas del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* en comparación de aquellos alimentados con *Padina durvillaei*.

CAPÍTULO II

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Características generales

Los erizos de mar son animales que pertenecen al filo de los Echinodermata la cual significa “Echino” espina y “dermos” piel. Por lo mismo, provenientes de la clase Echinoidea, característico por poseer un cuerpo globoso o discoidal formando placas esqueléticas a partir de colágeno y calcita, dado origen al caparazón y a las placas ambulacrales donde surgen los pies ambulacrales y otros apéndices como las espinas móviles (Ángeles, 2021). Consiguiente, la clase Echinoide se divide en dos Subclases: Cidaroida y Euechinoidea o inclusive en erizos regulares e irregulares en función de la morfología del caparazón o testa (Calcagno, 2014). Los erizos de mar son herbívoros, comúnmente conocidos por su notable capacidad de pastoreo sobre macroalgas y fanerógamas marinas. Regulando la productividad y estructura de las comunidades vegetales. Sin embargo, la variación de temperatura, salinidad y oleaje pueden afectar a la formación de estructuras, como el grosor de testa o caparazón, lo que disminuiría el número y tamaño de las espinas (Escárcega et al, 2019).

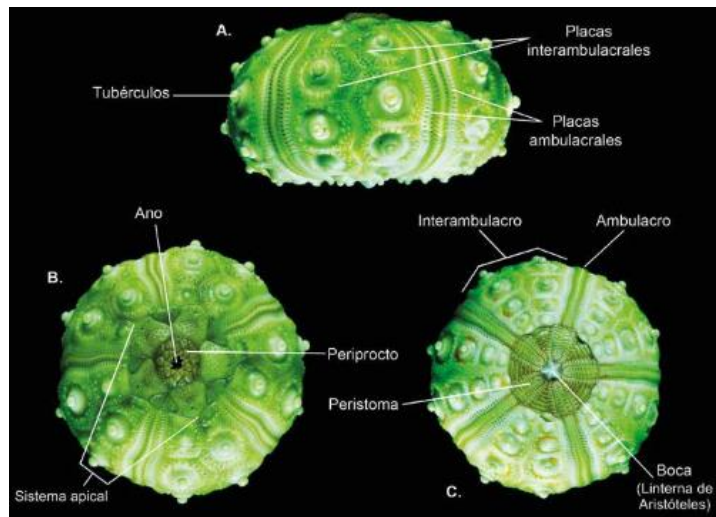
Al igual que todos los equinodermos, poseen un esqueleto sólido compuesto de placas de calcita llamado testa, constan de 10 hileras calcáreas que convergen a su

vez en la cara oral y aboral del cuerpo (Figura 1 A, B, C). Puede llegar a medir de 25 a 60 mm de longitud, 20 a 60 mm de ancho y altura de 10 a 25 mm (Borrero et al, 2012). Asimismo, las espinas miden aproximadamente de 8 a 35 mm, estas pueden ser robustas y alargadas. Por tal motivo, se encuentran repartidas por todo el esqueleto (Plua, 2023).

Por otro lado, al ser organismos con comportamiento gregario, su actividad se basa principalmente de forma nocturna, debido a que evitan la exposición al sol para impedir la desecación, cobijándose en trozos de algas que a su vez le sirven de protección de depredadores como estrellas de mar, jaibas y crustáceos. (Tigua, 2021).

Figura 1.

Morfología Externa de un equinodermo



Nota. Exoesqueleto de erizo de mar A). Perfil, B) Vista aboral y C) Vista oral.

Figura obtenida de Borrero et al. (2012).

6.1.1. Aparato digestivo

El sistema digestivo del erizo de mar se encuentra constituido por un tubo que se extiende desde la boca hasta el Ano. La mayoría de los erizos de mar cuentan con un conducto estrecho llamado sifón, el cual se abre en el intestino teniendo como función principal proporcionar un desvío para el exceso de agua y poder contener la materia alimenticia (Brunetti, 2014).

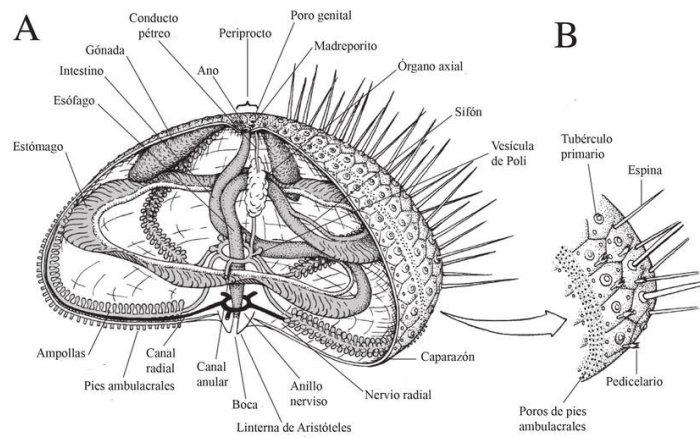
El aparato masticador del erizo de mar se encuentra formado por la linterna de Aristóteles, la cual, mantiene contacto con el sustrato y se forma a partir de cinco

dientes y músculos unidos al exoesqueleto (Figura 3). Su función principal es desgarrar y triturar los alimentos. Seguidamente estos pasan al esófago que a su vez está unida al estómago tubular dando inicio a la digestión extracelular, desembocando en el intestino donde ocurre la absorción de nutrientes y consigo al recto, finalmente este llega al ano donde se expulsan los residuos alimenticios (Figura 2 A), (Vera, 2007). Durante la digestión se produce un mucus, el cual es especializado en la síntesis de enzimas digestivas y absorción de nutrientes; Carbohidrasas, proteasas y lipasas, permitiendo así asimilación del alimento y por lo tanto el crecimiento y desarrollo de las gónadas (Pincay, 2023).

En efecto, la linterna de Aristóteles es una estructura que puede presentar variación en su morfología, debido a la disponibilidad del alimento y al sustrato en el que se encuentre. este aumenta cuando su principal presa posee estructuras calcáreas duras, lo contrario ocurre cuando los sustratos son blandos o con presencia de cavidades (Escárcega, 2019).

Figura 2.

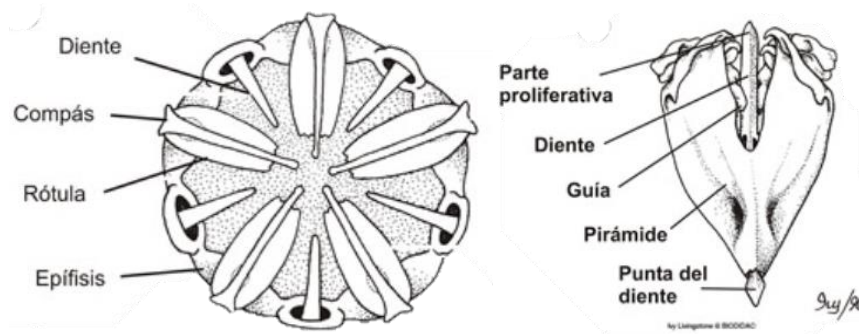
Anatomía de la estructura interna del erizo de mar



Nota. A) Cuerpo globoso, B) Parte exterior del endoesqueleto. Figura obtenida de Pérez et al. (2014).

Figura 3.

Estructura de la linterna de Aristóteles



Nota. Órgano masticador de los erizos de mar. Figura obtenida de Menéndez (2006).

6.1.2. Aparato respiratorio

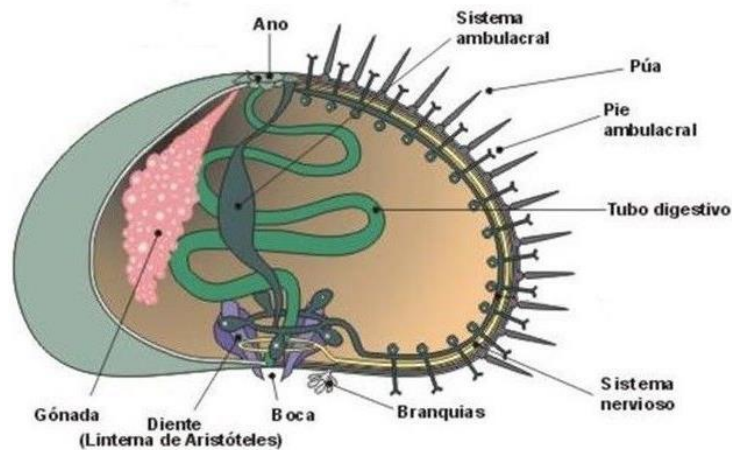
Al igual que todos los equinodermos, los erizos de mar cuentan con cinco pares de branquias, cada una de estas cuentan con una evaginación ramificada de la pared corporal del animal, siendo parte de la estructura interna como externa por epitelio ciliado, funcionando como el principal centro de intercambio gaseoso. Sin embargo. Cabe destacar que los pies ambulacrales también contribuyen a la respiración del animal gracias a la presencia de unos cilios vibrátiles en el interior de estos tubos que unen la parte externa del pie ayudando al intercambio gaseoso (Bustos & Olave, 2001).

6.1.3. Sistema nervioso

El sistema nervioso de los erizos de mar se encuentra formado por un anillo que rodea el esófago, consta de tres partes: sistema nervioso oral dicha función es motora y sensitiva, el sistema nervioso superficial el cual tiene una funcionalidad locomotora y el sistema nervioso aboral, cada uno de estos sistemas están compuestos por 5 cordones nervioso, cada uno de estos sistemas nervioso recorre una zona ambulacral (Figura 4), (Ruiz, 2014; Brunetti, 2014).

Figura 4.

Estructura del erizo de mar.



Nota. Cuerpo lobular y estructura interna de erizo de mar. Figura obtenida de Brunetti (2014).

6.2. Biología

6.2.1. Locomoción y Sistema ambulacral

Su desplazamiento se da gracias a las espinas y pies ambulacrales. Los cuales, sirven como un órgano locomotor permitiendo la movilidad en estos organismos, capacidad adhesiva a sustratos y actividad alimenticia (Gonzales, 2024).

6.2.2. Reproducción

Habitualmente, estos organismos no presentan dimorfismo sexual externo evidente, pero atraviesan fases reproductivas durante todo el año. Principalmente en los meses de frío donde muestran un rendimiento bastante significativo en su actividad gonadal. (Tigua, 2021). Los periodos de desoves se dan antes de entrar a la estación seca, es decir en los meses de agosto a octubre. (González, 2004; Zhadan et al, 2017). Al ser un organismo dioico, solo se puede diferenciar el sexo a través de la liberación de gametos. Durante el desove, los huevos son liberados de las gónadas y viajan a lo largo del oviducto antes de pasar por el gonoporo y ser expulsados al agua para su desarrollo indirecto. Normalmente, los espermatozoides son representativos por tener un color blanquecino, mientras que los óvulos exhiben un color naranja. (Bolton & Thomas, 2002; Mendes, 2019; Ángeles, 2021). Durante este proceso, el erizo de mar libera entre 100.000 y 20 millones de óvulos (Zhadan et al, 2017).

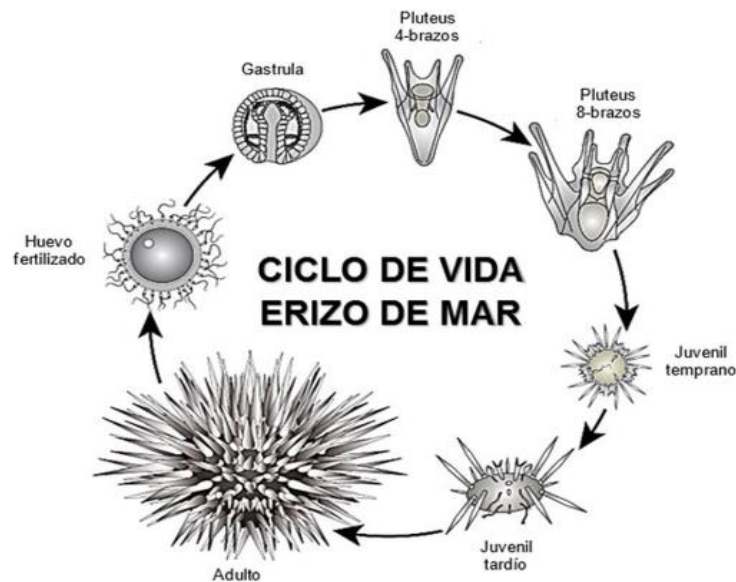
6.2.3. Ciclo de vida

Al igual que todos los invertebrados bentónicos, el erizo de mar *Echinometra vanbrunti* comienza su ciclo de vida una vez que los adultos liberan gametos al medio, dando paso a la fertilización, durante las primeras 24 horas se forman las larvas planctónicas bilaterales llamadas equinopluteus. Durante este periodo se

encuentra a merced de diferentes factores bióticos y abióticos los cuales hacen incierta su sobrevivencia. (González, 2004). las larvas migran a las aguas superficiales, el proceso de alimentación se da gracias a la presencia de brazos largos y cilíndricos los cuales les permiten capturar el fitoplancton. Una vez que surge el asentamiento de las larvas, estas empiezan un proceso de metamorfosis, dando lugar a la forma del cuerpo juvenil donde su supervivencia se encuentra limitada por la disponibilidad de alimento, desecación, refugio y depredación (Figura 5), (Olascoaga, 2020).

Figura 5.

Ciclo de vida de erizo regular.



Nota. Ciclo biológico de erizo de mar: huevo fertilizado hasta la etapa adulta.

Figura obtenida de Olascoaga (2020).

6.2.4. Distribución

Se localizan desde la zona intermareal hasta 45 m de profundidad, habitan en habiudad rocosos y coralinos, desde aguas someras o poco profundas, agrupándose en estructuras complejas como oquedades y cuevas para protegerse de diversos depredadores. Al encontrarse en altas densidades, se distribuyen aleatoriamente sobre el sustrato rocoso. (Mora et al, 2010). Por lo general, la especie *Echinometra* se encuentra en regiones desde el norte de California central hasta Colombia y el sur de Perú. Aunque, también se puede encontrar en las costas ecuatorianas: Salinas, Los Frailes, Punta carnero hasta las Islas Galápagos (Plúa, 2023).

6.2.5. Alimentación

Generalmente herbívoros, sin embargo, muchas especies pueden llegar a consumir regularmente de invertebrados pequeños y detritos marinos (Jiménez, 2024). Dependiendo de la estación, hábitat o disponibilidad de alimento en el área determinada. Esta función se realiza gracias a la linterna de Aristóteles, siendo este el órgano adaptado para morder, raspar y desgarrar de los erizos de mar (Álvarez, 2018; Polanco & Reyes, 2018). No obstante, esta estructura funcional puede presentar variación morfológica como respuesta al cambio de alimento (Escárcega et al, 2019).

6.2.6. Regeneración

Estos organismos pueden regenerar partes de su cuerpo como los brazos o espinas en caso de lesiones, amputaciones y reemplazo de extremidades dañadas o infectadas, esta capacidad no solo se da en respuesta por la interacción a depredadores, sino que también ocurre como una señal de estrés por factores como: temperatura, sequedad y contaminación. (Soriano, 2014; Padilla et al, 2017). Esto se da gracias a que utilizan proteínas destinadas para el desarrollo y crecimiento de la testa. Sin embargo, en la etapa adulta estos organismos utilizan estos nutrientes al almacenamiento en las células gonadales (Pincay, 2023).

6.2.7. Crecimiento

Uno de los cambios impresionante del erizo de mar es el crecimiento, esta característica se basa en la extensión del organismo por la calcificación y producción de tejidos blandos (Barrera, 2018). El crecimiento somático del Caparazón, espinas y linterna de Aristóteles se basa principalmente de procesos celulares en los que participan compuestos como calcita, magnesio y la matriz orgánica del organismo. Asimismo, factores como la disponibilidad de alimentación, temperatura, digestión, respiración y el desarrollo reproductivo influyen en el crecimiento de estos organismos. (Leal, 2023). Cabe destacar que, varias especies de erizos de mar experimentan un mayor crecimiento en

temperaturas frías, generalmente entre 18° C a 22 °C. Dado que, al incrementarse la temperatura arriba de los 22°C el crecimiento disminuye (Boudouresque & Verlaque, 2020). Por lo general, su crecimiento es lento, promediando entre 1 a 3 mm por mes (Lope, 2016).

6.2.8. Importancia ecológica

Los erizos de mar son herbívoros, común mente conocidos por su notable capacidad de pastoreo sobre macroalgas y fanerógamas marinas. Lo que permite regular la productividad y estructura de las comunidades vegetales. Consiguiente, un cambio en la abundancia poblacional de estos organismos podría generar efectos tanto positivos como negativos. La acción mecánica de sus espinas, favorecen a la bioerosión de sustratos lo que permite el balance de carbono en los ecosistemas arrecifales (Rodríguez, 2017; Álvarez, 2018). De tal manera, la presencia de erizos de mar en los ecosistemas arrecifales es indispensables siendo considerado como un importante indicador de estabilidad o perturbación en el equilibrio entre los corales y macroalgas (Tigua, 2021).

6.2.9. Importancia económica

Actualmente, la extracción de erizos de mar se ha convertido en uno de los principales productos explotados en varios países del mundo. Su importancia se debe al alto valor comercial de sus gónadas, generando alrededor de 70 000 toneladas de erizos de mar por año (Galindo et al, 2016; Tigua, 2021). Dado que, las huevas de estos organismos son nutricionalmente ricas en ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs), ácido aracidónico (ARA), y ácido eicosapentaenoico (EPA). Adicionalmente, poseen antioxidantes de origen animal y vegetal (algas) dando un efecto positivo en la prevención de enfermedades para el ser humano tales como hipertensión, cardiovasculares, arritmias y cancerígenas (Lourenço et al, 2021).

Posteriormente, las empresas acuicultoras de erizos de mar se encuentran en el desafío para maximizar la calidad de las gónadas, implementando diferentes dietas para mejorar así su calidad y hacerlas económicamente viables (Mos, 2019). El valor comercial de las huevas de erizo de mar depende de diversas características que se encuentran relacionadas con el tamaño, sabor y color de las gónadas, donde el consumo es referencial a las huevas grandes de color naranja o amarillas con un distintivo dulce y salado (Lourenço et al, 2022).

6.3. *Echinometra vanbrunti*

La familia Echinometridae se encuentran distribuidos principalmente desde el norte de California centran, Colombia, Sur de Perú y en las costas ecuatoriana de poca profundidad o someras, principalmente en Galápagos, Salinas, Punta Carnero, Ballenita y los frailes (Tigua, 2021). *Echinometra vanbrunti* se alimenta principalmente de macroalgas (Figura 6), sin embargo, prefieren algas pardas en especial de *Padina sp* (Ferrer, 2023).

Figura 6.

Echinometra vanbrunti.



Nota. [Fotografía] de erizo de mar en la zona intermareal de chullupe.

6.3.1. Taxonomía

Reino: Animal

Filo: Echinodermata

Clase: Echinoidea

Orden: Camarodonta

Familia: Echinometridae

Género: Echinometra

Especie: vanbrunti

Nombre científico: *Echinometra vanbrunti* (Agassiz, 1863).

6.4. Característica de *Padina durvillaei*

Padina durvillaei es una especie de alga parda que se encuentra típicamente en aguas tropicales y subtropicales. Por lo general, son endémicas de Galápagos y Ecuador y poseen una estructura en forma de hojas con un tamaño aproximado de 40 cm de altura. Se caracteriza por ser rica en ácidos grasos insaturados, Carbohidratos, esteroides (Fucosterol o isofucosterol) y pigmentos como fucoxantina y clorofila. Además, es indispensable como una fuente de proteínas, fibras, lípidos y minerales (Calcio, fósforo, potasio, magnesio y sodio) (Tabla 1 y

2). Son isomorfas y diplohaplontes con gametofitos dioicos, se la encuentra en rocas y plataformas cubiertas de arena en la zona intermareal media hasta 3.3 m de profundidad (Morris & Smith, 2020; Vanegas, 2021). Esta especie crece adherida al sustrato solido o inclusive en forma epifita, es decir crecen sobre algunas algas grandes como *sargassum spp.* Adicionalmente son característicos al ser bioindicadores de diversos factores como nutrientes, temperatura y contaminación. Actualmente, las algas desempeñan un papel importante al ser productores primarios de los ecosistemas acuáticos (Ansari, 2019).

6.4.1. Composición nutricional

Tabla 1.

Composición nutricional de Padina durvillaei.

Proteína	Lípidos	Extracto etéreo	Fibra	Carbohidratos	Cenizas
5,87 ± 0,12	0,37 ± 0,03	0,69 ± 0,03	7,57 ± 0,11	44,18	34,43

Nota. Macronutrientes presentes en *Padina durvillaei*. Los valores de la tabla provienen de Vanegas (2021).

Tabla 2.

Composición mineral de Padina durvillaei.

Macronutrientes					Micronutrientes		
g/100g harina algal					mg/kg harina algal		
Calcio	Fósforo	sodio	Potasio	Magnesio	Zinc	Cobre	Hierro
5,56	0,51	2,3	6,54	1,79	11	61	455

Nota. Macronutrientes y micronutrientes de *Padina durvillaei*. Los valores de la tabla provienen de Vanegas (2021).

6.5. Dietas artificiales en la equinocultura

En la actualidad, la equinocultura representa un éxito en la producción de erizos de mar. No obstante, durante su cultivo se presentan diversos problemas para producir el color y sabor deseado en el mercado. Para ello, el uso de dietas naturales y formuladas, o la combinación de ambas, son indispensables para resolver esta problemática. La distinción de color en las gónadas de los erizos de mar se encuentra relacionados por la acumulación de pigmentos dentro del tejido, principalmente por que los erizos de mar no pueden sintetizar carotenoides. Sin embargo, estos metabolizan la equinenona oxidando el β -caroteno en el intestino y almacenándolos en las gónadas (Lourenço et al, 2022).

El uso de las Macroalgas en la equinocultura, es una de las mejores opciones para el cultivo de estos organismos. Sin embargo, el suministro de este alimento implicaría una limitante logística y económica, principalmente por la disponibilidad y almacenamiento para mantener en buena calidad este recurso. Por lo tanto, debido a estas delimitaciones se optó en probar diferentes dietas experimentales, los cuales han demostrado tener fiabilidad en términos de almacenamiento, buen comportamiento en agua salada y suministro a bajo precio (Mendes, 2020).

El uso de dietas balanceadas consiste en una mezcla homogénea de varios ingredientes y proporciones diferentes. Las cuales se usan para beneficiar las necesidades energéticas de los erizos de mar (Lope, 2016). El uso de una dieta equilibrada tiene la capacidad de superar el valor nutritivo de las algas marinas, promoviendo al crecimiento somático y mejora de la calidad gonadal maximizando el comercio y producción de gónadas, disminuyendo así la fuerte dependencia de pastos marinos (Walker et al, 2021).

La calidad gonadal se encuentra determinada principalmente por características como el tamaño, color, textura y sabor, las cuales se encuentran netamente relacionadas por el contenido nutricional de la formulación de dietas (proteínas,

carbohidratos, lípidos y carotenoides) (Baião et al, 2019). Cabe destacar que, varios estudios han demostrado que los alimentos formulados con un nivel de proteína superior al de las macroalgas conduce a un mayor crecimiento durante la etapa de pregametogénesis y renovación de fagocitos nutritivos (Walker et al, 2021). Principalmente porque, las proteínas son macronutrientes importantes en el proceso biológico del erizo de mar proporcionándoles energía y aminoácidos esenciales para el desarrollo gonadal (Baião et al, 2019).

6.6. Marco legal

Ley orgánica de la biodiversidad (2009).

Artículo 2.- En efecto de esta ley, se comprende por diversidad biológica o biodiversidad a la variabilidad de organismos existente, derivados de los ecosistemas terrestres, marinos, acuáticos y complejos geológicos.

Artículo 3.- El estado, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades pueden ejercer soberanía sobre la biodiversidad, cuya gestión se realiza con responsabilidad intergeneracional. Declarándose de interés público la conservación de la biodiversidad agrícola y silvestre.

Ley orgánica para el desarrollo de la acuicultura y pesca (2020).

Artículo 131.- En base a este artículo se establece el acceso a las actividades pesquera extractiva con previa autorización del ente rector, relacionadas con nuevas pesquerías que requieran estudios realizados por instituto público o de investigación acuícola y pesquera, que se encuentran dentro de las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y otras áreas relacionadas a la conservación de la biodiversidad.

CAPÍTULO III

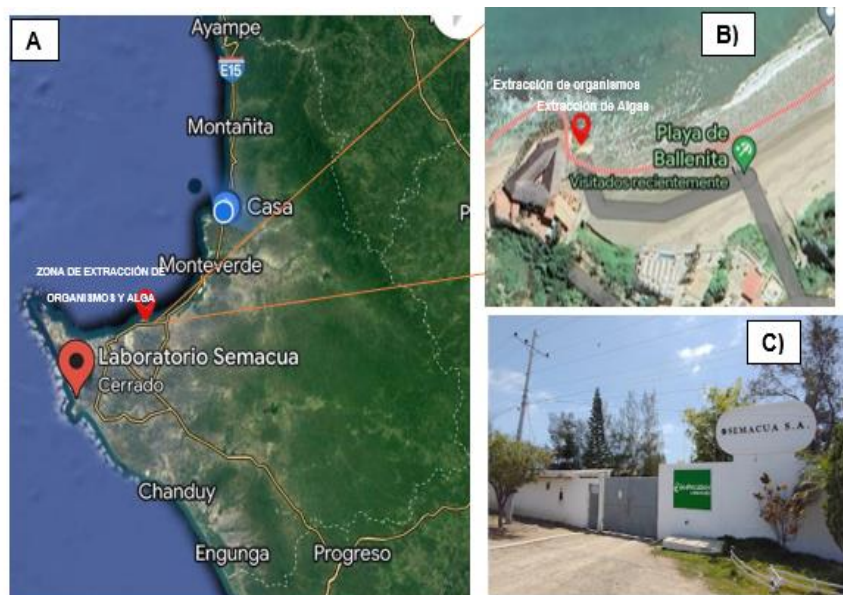
7. MARCO METODOLÓGICO

7.1. Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio SEMACUA, ubicado en la parroquia Anconcito, Provincia de Santa Elena -Ecuador con las siguientes coordenadas -2.311554 S, - 80.895298 W (Figura 7).

Figura 7.

Ubicación del laboratorio SEMACUA y Área de extracción de organismos, Santa Elena-Ecuador.



Nota. Obtenido de Google MAPS imágenes, 2024. A) Provincia de Santa Elena. B) Área de extracción de organismos, chulluype. C) Laboratorio SEMACUA.

7.2. Obtención de organismos:

La recolección de los erizos de mar se llevó a cabo en la zona intermareal de Chulluype, que se encuentra junto al balneario de Ballenita, Provincia de Santa Elena. Se recolectó un total de 120 individuos de 30 a 40 mm de diámetro. Adicional, se extrajo 192 g/mes de alga parda, *Padina durvillaei*, la cual es dominante de esta costa rocosa (Figura 7 B). Para ello se solicitó el permiso de extracción de especie biológica al MAATE – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica con código **MAATE-ARSFC-2024-0343**.

7.3. Transporte de organismos:

Los especímenes se transportaron individualmente en bolsas plásticas doble con cremalleras, con dimensiones de 29,9 cm (Ancho) x 26,8 cm (Largo), 3,81 cm (Diámetro). Llenas con agua de mar, las cuales fueron colocadas en contenedores plásticos y llevadas hasta las instalaciones del laboratorio SEMACUA. (Sonnenholzner et al, 2018).

7.4. Aclimatación

Los erizos de mar recolectados, llegaron a las instalaciones del laboratorio a 29°C y fueron distribuidos aleatoriamente en cada uno de los contenedores y aclimatados

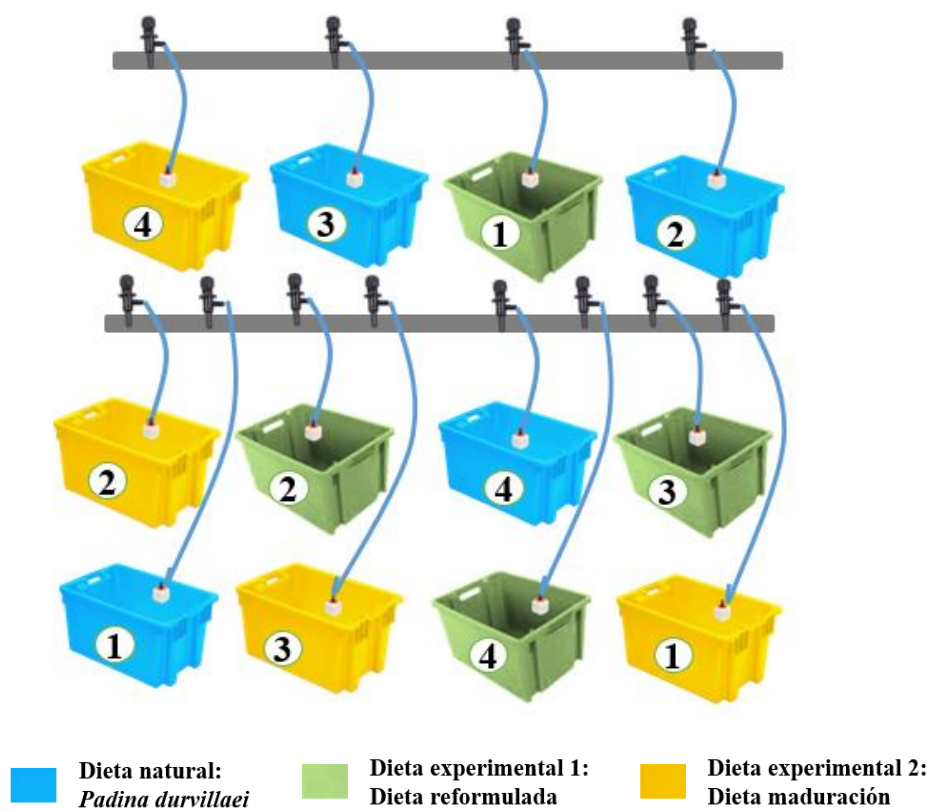
a 27 °C por 15 días. Durante este período, fueron alimentados con *Padina durvillaei*, lo que les permitió recuperarse del estrés causado por la recolección y el transporte, facilitando su adaptación. Asimismo, cualquier erizo que mostro signos de enfermedad o muerte fueron retirados antes de iniciar con las pruebas alimenticias.

7.5. Diseño experimental:

Se utilizaron 12 gavetas plásticas con capacidad de 40 litros de agua, cada una con dimensiones de 30 cm (Alto) x 40 cm (Ancho) x 60 cm (Largo). las cuales, fueron distribuidas aleatoriamente en 4 réplicas por cada tratamiento experimental, incluyendo al grupo control (Figura 8), cada acuario albergo 10 organismos y se implementó un sistema de oxigenación. Consiguiente, cada 2 días se realizaron recambios parciales del volumen del agua al 75% mediante sifoneo, lo que permitió evitar la acidificación del medio por residuos de alimentos y exceso de heces fecales en los contenedores. Del mismo modo, el manteniendo total de los acuarios se llevó a cabo cada 15 días, implicando la limpieza total de los implementos (Zambrano, 2023).

Figura 8.

Sistema de cultivo para cada tratamiento experimental.



Nota. Distribución aleatoria de tratamientos experimentales.

7.6. Aplicación de dietas.

7.6.1. Dieta natural

La implementación de alimento natural se llevó a cabo mediante el suministro de macroalga *Padina durvillaei* considerándose como alimento del grupo control a diferencia de cada uno de los tratamientos experimentales (Tabla 3).

Tabla 3.

Porcentaje nutricional de Padina durvillaei.

	Porcentaje
Proteína	5,87 ± 0,12%
Lípidos	0,37 ± 0,03%
Extracto etéreo	0,69 ± 0,03%
Fibra	7,57 ± 0,11%
Carbohidratos	44,18%
Cenizas	34,43%

Nota. Macronutrientes. Los valores de la tabla provienen de Vanegas (2021).

7.6.2. Dieta experimental 1.

Para la preparación de la primera dieta balanceada se adaptó la composición nutricional establecida por Vizcarra (2017), para erizos de mar *Loxechinus albus*. Actualmente, esta dieta fue utilizada en *Echinometra vanbrunti* por Anaguano (2023), en base a los resultados obtenidos se realizaron ajustes en la composición original.

Con el objetivo de optimizar su valor nutricional y ajustarlo a las necesidades específicas del erizo de mar, se modificó la proporción de proteínas y se

incorporaron ingredientes alternativos, estos cambios buscan mejorar el balance nutricional alimenticio a más de maximizar el desarrollo y calidad gonadal del erizo, mantenido un equilibrio adecuado de nutrientes esenciales (Tabla 4). La mezcla de estos ingredientes resultó en una masa homogénea, la cual se tamizó en un cedazo metálico de 3/16, obteniendo un pellet de 5 mm de diámetro (Pincay et al, 2022). La dieta reformulada fue analizada en el laboratorio Nueva gestión por medio de dos diferentes métodos KJELDAHL y NIR para determinar su composición proximal (Tabla 5).

Tabla 4.

Ingredientes de la dieta preparada, extruido por 1Kg.

Componentes	Peso (gr)
Harina de maíz	288
Harina de trigo	270
Harina de soya	115
Harina de algas	100
Harina de krill	100
Harina de pescado	75
Aceite de pescado	24
Gelatina	10
Premix Vit-Min camarón	13
Toxo MX (EC-AGRI) 25 T GI	1
Fylax Fo HCL (EC-AGRI) 1000 GI	1
Vitamina C	3

Nota. Composición utilizada para erizos de mar *Echinometra vanbrunti*.

Tabla 5.

Porcentaje nutricional de la dieta preparada.

	Porcentaje
Proteína	27,33 %
Lípidos	7,81 %
Ceniza	9,67 %
Humedad	12,33 %

Nota. Análisis proximal basado bajo el método de Kjeldahl.

7.6.3. Dieta Experimental 2.

La segunda dieta experimental, implicó la adaptación de una dieta comercial utilizada principalmente en la maduración de camarones *Litopenaeus vannamei* con un pellet de 2.5 mm. Esta dieta se caracterizó por su composición rica en micronutrientes esenciales, como minerales y carotenoides. Los cuales, desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y bienestar de estos organismos marinos (Tabla 6).

Tabla 6.

Porcentaje nutricional de la dieta comercial.

	Porcentaje
Proteína	59 %
Lípidos	11 %
Ceniza	11.5 %
Fibra	0.3 %

Nota. Composición nutricional de la dieta de maduración para camarones.

7.7. Aplicación de dietas.

La alimentación de los erizos de mar sometidos a los dos tratamientos experimentales y alimento vivo *Padina durvillaei*, se realizó cada dos días, después del recambio de agua. Se aplicó 0.3 – 0.5 g/erizo, es decir, por cada réplica con 10 animales se aplicó 3 g de alimento. siendo este rango para erizos de 40 mm de diámetro (Lope, 2016; Vizcarra, 2017; Tourón, 2018).

7.8. Registro de datos.

7.8.1. Crecimiento y supervivencia.

Para determinar el crecimiento de los erizos de mar, se consideraron características biométricas de cada organismo en relación a la talla y peso de la población recolectada. Estos datos se registraron mensualmente, midiendo el diámetro del caparon del erizo de mar con un calibrador vernier y el peso mediante el uso de una balanza digital en gramos. (Vives, 2018).

Para calcular la tasa de crecimiento se aplicó la siguiente fórmula establecida por Gidea (2017).

$$TC \% = \left(\frac{X_f}{X_o} - 1 \right) * 100$$

La supervivencia se midió en cada experimento, comparando el número de individuos vivos al final de cada mes con el número inicial. Determinada mediante la siguiente ecuación (Carrera, 2018).

$$\text{Supervivencia (\%)} = \frac{\text{Número final de erizos}}{\text{Número inicial de erizos}} \times 100$$

7.8.2. Índice gonadal

Se utilizó el peso de cada individuo y el peso total de sus 5 gónadas. Los datos obtenidos se determinaron de acuerdo a Schubauer et al. (2010), utilizando la siguiente fórmula:

$$IGS = \frac{\text{Peso total de las gónadas}}{\text{Peso total del individuo}} \times 100$$

El cálculo del índice gonadal (IG) se realizó de forma mensual durante tres meses, utilizando 8 organismos seleccionados al azar por cada tratamiento experimental. Los mismos, serán utilizados para los análisis organolépticos, que se describe a continuación.

7.8.3. Características organolépticas

Para determinar la calidad gonadal (Color, firmeza y textura), se utilizó la escala de criterios propuesta por Pearce et al. (2002a) y Cuesta (2017), según esta escala, los valores altos indican gónadas de bajo valor comercial, mientras que los valores bajos reflejan una excelente calidad gonadal (Tabla 7). Los datos obtenidos permitieron determinar la calidad gonadal del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* bajo distintos tratamientos dietéticos en condiciones controladas.

Tabla 7.

Escala de criterios para evaluar la calidad gonadal.

CRITERIOS	Puntaje			
	1	2	3	4
Color	Amarillo o anaranjado brillante	Amarillo o anaranjado pálido	Amarillo-Café, anaranjado-Café, crema	Cualquier otro color diferente
Firmeza	Muy firme	Firme	Suave	Muy suave
Textura	Dos mitades segmentadas diferentes, muy suaves	Dos mitades segmentadas diferentes, suaves	Distinción de las dos mitades de gónada posible, granulares	Distinción de las dos mitades de gónada no es posible, granulares

Nota. Mediante la escala de criterios se describe los cambios sensoriales en las gónadas de los erizos de mar por cada tratamiento experimental. Modificado de Pearce et al. (2002a).

7.8.4. Madurez gonadal

Al finalizar las pruebas alimenticias, se analizaron 8 animales por tratamiento equivalente al 20% de la población total. Se extrajo una sola gónada de los erizos de mar, con la finalidad de observar la evolución gonadal después de tres meses de prueba, los cuales fueron fijados en fijador de Davidson por 48 horas de inmersión, las muestras se transfirieron en etanol al 70% para su almacenamiento antes de la histología con Hematoxilina-eosina. (Bucke, 1989; Vine et al, 2020). Para determinar el estado gameto genético de los erizos, Clasificados en 6 etapas de madurez: a) recuperación, (b) Crecimiento, (c) Premaduras, (d) Maduras, (e) Parcialmente desovadas, (f) Gastadas. (Vives, 2018; Vine et al, 2020).

7.8.5. Registro de temperatura.

La temperatura se registró cada dos días a las 10: 00 a.m., se utilizó un YSI Pro20, que nos permitió conocer las variaciones de forma mensual en el sistema de cultivo para cada tratamiento experimental (Busto & Olave, 2001).

7.8.6. Análisis estadístico

Al obtener los datos de cada tratamiento, se determinó la normalidad de cada grupo experimental utilizando la prueba de Anderson-Darling. El promedio de talla e índice gonadal en cada tratamiento, incluyendo el grupo control, fueron analizado por medio de la prueba no paramétricos de Kruskal-Wallis para detectar diferencias estadísticas. Además, se realizó un análisis post hoc para identificar que tratamiento difiere entre sí.

Por otro lado, los datos de peso se compararon utilizando ANOVA de un solo factor para evaluar posibles diferencias significativas. En los casos de detectaran diferencias, se aplicó la prueba de Tukey. Se empleo un nivel de confianza del 95% y un valor de $p < 0,05$ para todas las pruebas. Así mismo, se aplicó un análisis de componentes principales (ACP) para determinar la relación entre la temperatura, supervivencia, talla, peso e índice gonadal. El análisis fue ejecutado mediante el software Statgraphics centurion 19.

CAPÍTULO IV

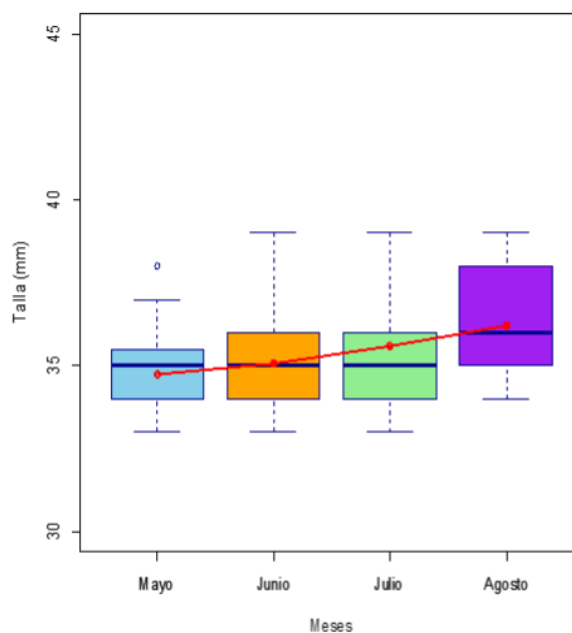
8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Incremento del diámetro de testa

El incremento del diámetro de testa de los erizos de mar alimentados con *Padina durvillaei* se muestra en la figura 9. Al inicio, se presentó una talla promedio de 34.72 mm, una mediana en 35 mm, un valor máximo registrado de 38 mm y un mínimo de 33 mm. En junio, la media aumentó a 35,08 mm, mientras que la mediana y el valor mínimo no presentaron cambios en su talla hasta julio, el valor máximo ascendió a 39 mm, sin cambios posteriores hasta agosto. Para julio, la talla promedio aumento ligeramente a 35.75 mm. En agosto, la media alcanzo los 36.22 mm y la mediana ascendió a 36 mm. Los erizos experimentaron un crecimiento moderado y constantes en los primeros meses con respecto a la mediana y el valor mínimo, mientras que los valores máximos se estabilizaron a partir de junio, mostrando que los erizos más grandes habian alcanzado su tamaño máximo.

Figura 9.

Incremento de talla en erizos de mar alimentados con Padina durvillaei.



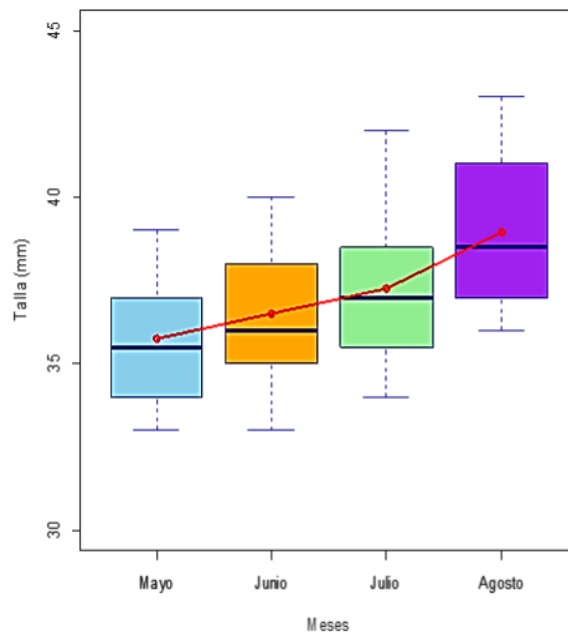
Nota. Análisis basado en los valores de media, mediana, máximos y mínimos para explicar el patrón de crecimiento desde mayo hasta agosto.

La figura 10, muestra el crecimiento de los erizos de mar alimentados con dieta reformulada. Donde, el valor inicial de la media fue de 35,75 mm, la mediana de 36 mm, un valor máximo de 39 mm y un mínimo de 33 mm. En junio, se observó un incremento en la media de 36,49 mm y una mediana de 36 mm. Aunque el valor máximo aumentó ligeramente a 40 mm, el valor mínimo se mantuvo constante en

33 mm. En julio, la talla media siguió incrementándose a 37,25 mm y la mediana a 37 mm. El valor máximo alcanzó 42 mm, y el mínimo ascendió a 34 mm. Finalmente, en agosto la talla media alcanzó su punto más alto con 38,95 mm, y la mediana se situó en 39 mm. Mientras que, el valor máximo registrado fue de 43 mm, el mínimo llegó a los 36 mm.

Figura 10.

Incremento de talla en erizos de mar alimentados con dieta Reformulada.

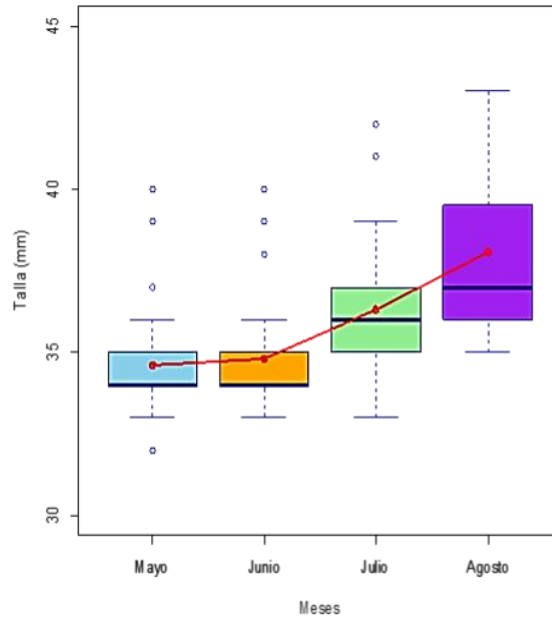


Nota. Análisis basado en los valores de media, mediana, máximos y mínimos para explicar el patrón de crecimiento desde mayo hasta agosto.

El crecimiento de los erizos alimentados con dieta de maduración se presenta en la figura 11. Al inicio del experimento, los erizos presentaron un tamaño promedio de 34.6 mm, con una mediana de 34 mm, un máximo 40 mm y un mínimo de 32 mm. En junio, la media aumentó ligeramente a 34.8 mm, sin cambios en la mediana ni en el valor máximo, aunque el valor mínimo incrementó a 33 mm. A partir de julio, se observó un crecimiento notable, con una media y mediana de 36 mm. El valor máximo aumentó a 42 mm, mientras que el mínimo permaneció sin cambios. En agosto, los erizos de mar experimentaron un incremento significativo, alcanzando una media de 38.08 mm, una mediana de 37 mm, un máximo de 43 mm y un mínimo de 35 mm, reflejando un crecimiento significativo en los individuos de mayor y de menor tamaño.

Figura 11.

Incremento de talla en erizos de mar alimentados con dieta de maduración.



Nota. Análisis basado en los valores de media, mediana, máximos y mínimos para explicar el patrón de crecimiento desde mayo hasta agosto.

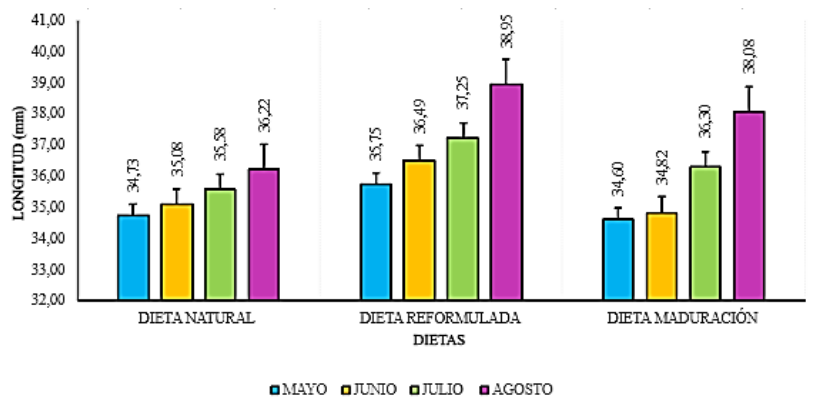
Incremento Del Diámetro De Testa

La figura 12, muestra el promedio en crecimiento del diámetro de testa de los erizos de mar, alimentados durante los meses de mayo hasta agosto. En base a los tratamientos de dieta natural, reformulado y maduración. La dieta natural empezó con un tamaño promedio de 34.73 ± 1.22 mm de diámetro, manteniendo un incremento gradual en junio y julio, alcanzando un promedio de $36,22 \pm 1.83$ mm en agosto. Al igual que, la dieta reformulada presento un diámetro inicial de $35,75 \pm 1.84$ mm en mayo, alcanzando un promedio de 38.95 ± 2.24 mm en agosto. Posteriormente, los erizos alimentados con dieta de maduración iniciaron con un diámetro mínimo de $34,60 \pm 1.75$ mm, llegando a 38.08 ± 2.54 mm a finales del estudio.

El análisis de Kruskal-Wallis reveló diferencias entre los grupos. Por otro lado, las pruebas de Post hoc demostraron diferencias significativas entre las dietas de Maduración y Reformulada ($p = 7,739E-05$), y la dieta Reformulada y Natural ($p = 0,0001252$). Mientras que, no se encontró diferencias significativas entre la dieta de Maduración y Natural ($p = 0,9071$).

Figura 12.

Incremento del diámetro de testa en erizos de mar bajo tres tipos de dietas: natural, reformulado y maduración.



Nota. Análisis del crecimiento del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* bajo diferentes condiciones experimentales, con el objetivo de identificar variaciones en el desarrollo de la especie.

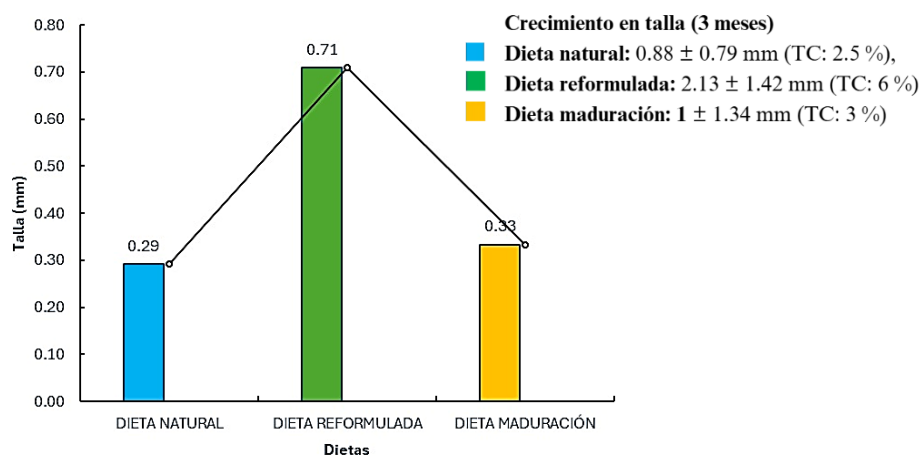
Tasa De Crecimiento en talla

La figura 13, muestra el incremento mensual en talla de los erizos de mar bajo la aplicación de tres dietas diferentes. Los erizos alimentados con dieta natural presentaron un crecimiento de 0.29 ± 0.26 mm/mes. Mientras que, aquellos alimentados con dieta reformulada experimentaron un crecimiento mensual significativamente mayor, alcanzando 0.71 ± 0.41 mm/mes. Por último, la dieta de maduración, mostro un crecimiento de 0.33 ± 0.45 mm/mes. A lo largo del estudio,

la dieta natural resultó en un crecimiento total de 0.88 ± 0.79 mm (TC: 2.5 %). Sin embargo, la dieta reformulada mostró un mayor crecimiento, alcanzando 2.13 ± 1.42 mm (TC: 6 %). No obstante, la dieta de maduración, aunque registró un crecimiento de 1 ± 1.34 mm (TC: 3 %), evidencio un crecimiento en talla mayor al de la dieta natural.

Figura 13.

Crecimiento mensual en erizos de mar.



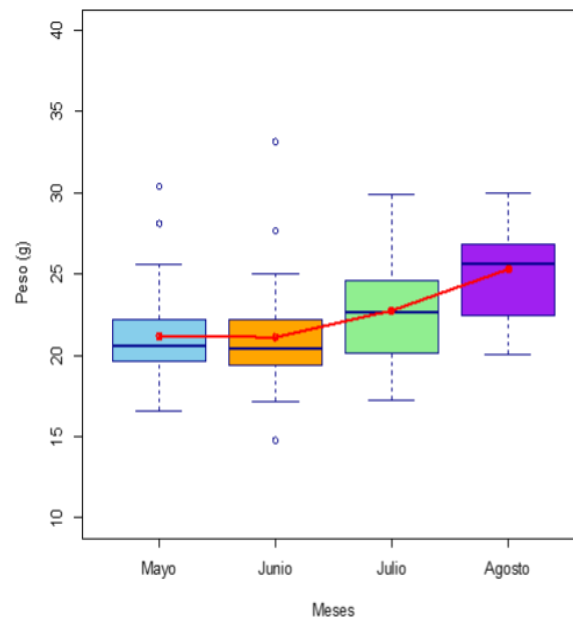
Nota. Efectos de tres tratamientos experimentales, evaluados en función al crecimiento mensual, crecimiento total y la tasa de crecimiento.

Incremento del peso

Los resultados de peso del grupo alimentado con *Padina durvillaei* se observan en la figura 14. Indicando que el peso promedio inicial de los erizos de mar fue de 21.29 g, con una mediana de 20.82 g, un peso máximo registrado de 30.41 g y un mínimo de 16.63 g. Para junio, se observó una ligera disminución en la media de 21.11 g, mientras que la mediana disminuyó a 20.51 g, el valor máximo aumentó a 33.15 g, y el peso mínimo disminuyó a 14.75 g. En julio, el peso promedio subió a 22.98 g y la mediana aumentó considerablemente a 23.15 g, durante este mes se observa una disminución del peso máximo 29.86 g y un aumento del peso mínimo incrementó a 17.23 g. Finalmente, en agosto, el peso de la media llegó a 25.31 g, evidenciando una mejora en la capacidad de crecimiento. La mediana alcanzó 25.64 g, el valor máximo experimentó una leve ganancia de peso, llegando a 29.91 g, finalmente el peso mínimo registrado fue de 20.08 g.

Figura 14.

Análisis de peso en erizo de mar alimentados con Padina durvillaei.



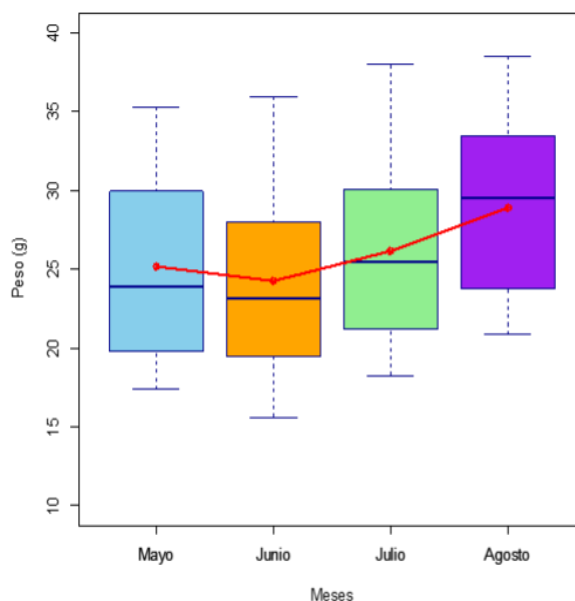
Nota. Análisis basado en los valores de media, mediana, máximos y mínimos para explicar la evolución del peso a lo largo de mayo hasta agosto.

El peso promedio de los erizos de mar alimentados con dieta reformulada se muestra en la figura 15. Se inició con una media de 25.13 g, una mediana de 23.83 g, un peso máximo de 35.25 g y un mínimo de 17.38 g. En junio, se observó una ligera pérdida en el peso de los organismos, donde la media bajo a 24.27 g y la mediana a 23.14 g. Sin embargo, el peso máximo aumento a 35.92 g, mientras que,

el mínimo descendió a 15.64 g. Para julio, los erizos de mar experimentaron un incremento notable en el peso, con una media que subió a 26.16 g y una mediana de 25.45 g, mostrando una recuperación positiva en el grupo experimental. El peso máximo también registro un incremento, alcanzado 37.98 g, y el mínimo aumento a 18.22 g. Finalmente, en agosto, la media alcanzo los 28.88 g, con una mediana de 29.49 g, el peso máximo llegó a 38.46 g y el mínimo subió a 20.84 g.

Figura 15.

Incremento del peso en erizos de mar alimentados con dieta reformulado.

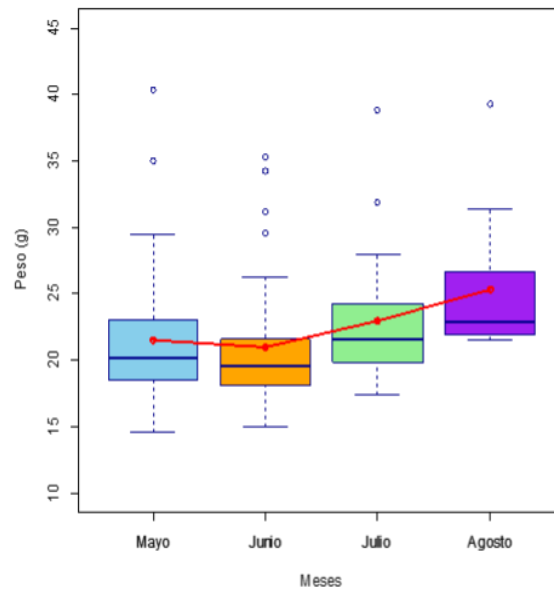


Nota. Análisis basado en los valores de media, mediana, máximos y mínimos para explicar la evolución del peso a lo largo de mayo hasta agosto.

El peso promedio de los erizos alimentados con dieta de maduración se observa en la figura 16. Al inicio, el peso promedio de los organismos fue de 21.50 g, con una mediana de 20.16 g, un peso máximo de 40.30 g y un mínimo de 14.58 g. En junio, se observó una disminución en el peso, alcanzando una media de 21.35 g, y una mediana de 19.86 g. Por otro lado, el peso máximo disminuyó a 35.33 g, y el mínimo aumentó ligeramente a 16.27 g. A partir de julio, los erizos experimentaron un aumento considerable en su peso, con una media de 22.93 g, una mediana de 21.58 g, un máximo de 38.79 g y un mínimo 17.38 g. En agosto, la ganancia de peso fue más evidente, donde la media alcanzó los 25.33 g y la mediana los 22.92 g. El peso máximo mostró una recuperación significativa, llegando a 39.27 g, aunque, aun se mantenía por debajo del valor inicial registrado en mayo. Asimismo, el peso mínimo aumentó a 21.48 g, manteniendo un incremento constante a lo largo del estudio.

Figura 16.

Análisis del peso en erizo de mar alimentados con dieta de maduración.



Nota. Análisis basado en los valores de media, mediana, máximos y mínimos para explicar la evolución del peso a lo largo de mayo hasta agosto.

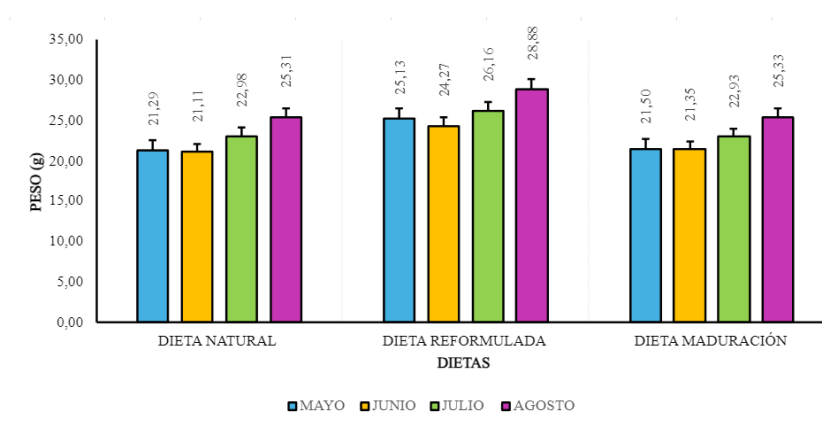
Incremento del peso

La figura 17, muestra la evolución del peso de los erizos de mar durante los meses de mayo hasta agosto, obtenidos de acuerdo a los tratamientos de dieta natural, reformulado y de maduración. El cual, se observó que, la dieta natural comienza con un peso promedio de $21,29 \pm 2.63$ g en mayo y, tras una leve fluctuación, experimenta un aumento progresivo. En julio alcanza los 22.98 ± 3.48 g y en agosto llega a su valor máximo de $25,31 \pm 2.80$ g mostrando ser el alimento con mayor incremento de peso a lo largo del estudio. Por otro lado, los erizos alimentados con dieta reformulada comenzaron con un peso promedio de $25,13 \pm 5.75$ g en mayo, presentando una disminución en junio. No obstante, este tratamiento mostró una recuperación eminente en julio y agosto, alcanzando un peso de $28,88 \pm 5.51$ g al final del periodo evaluado. En cuanto al tratamiento con dieta de maduración, los erizos empezaron con un peso promedio de $21,50 \pm 5.04$ g en mayo y experimentaron un aumento moderado, llegando a su valor máximo de 25.33 ± 5.30 g en agosto.

El análisis de ANOVA reveló diferencias entre las medias de los grupos ($p < 0.05$). La prueba de Tukey identificó diferencia significativa entre la dieta reformulada y natural, con una diferencia de 0.9989. Aunque, la media de ambos grupos difiere, no se observó diferencias significativas entre las medias de la dieta maduración y los otros dos grupos.

Figura 17.

Incremento del peso en erizos de mar bajo tres tipos de dietas: natural, reformulado y maduración.



Nota. Análisis del peso en erizos de mar *Echinometra vanbrunti* bajo diferentes condiciones experimentales, con el objetivo de identificar variaciones en el desarrollo de la especie.

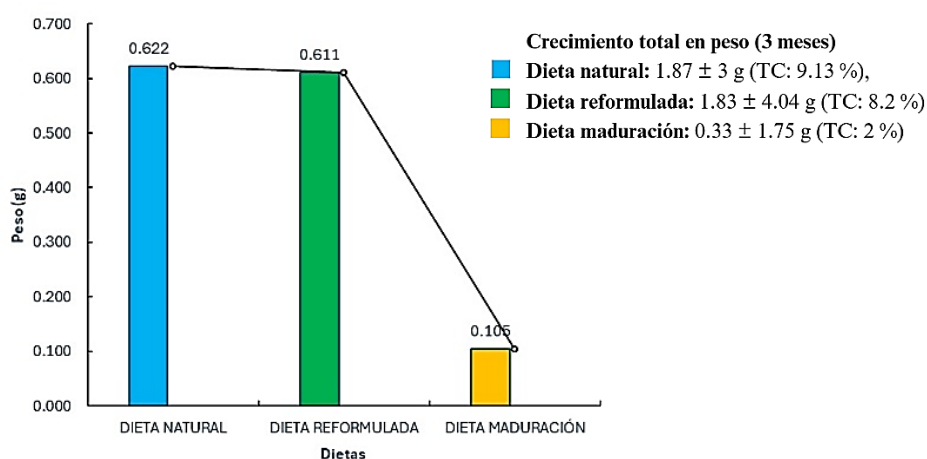
Tasa De Crecimiento en Peso

La figura 18, muestra el análisis del incremento del peso en los erizos de mar. Donde, la dieta natural y reformulado presentaron un promedio de peso significativamente similar, con un aumento mensual de 0.62 ± 1 g/mes y 0.61 ± 1.35 g/mes respectivamente. En contraste, el crecimiento mensual en peso de la dieta de maduración fue considerablemente menor, alcanzando solo 0.10 ± 0.58

g/mes. Al final del periodo de estudios, los organismos bajo la dieta natural lograron una ganancia en peso total de 1.87 ± 3 g (TC: 9.13 %), superior al de la dieta reformulada, que alcanzó 1.83 ± 4.04 g (TC: 8.2 %). Consiguientemente, la dieta de maduración mostró una ganancia de peso notablemente menor, de apenas 0.31 ± 1.75 g (TC: 2 %), mostrando una respuesta negativa para la ganancia de peso.

Figura 18.

Crecimiento mensual (PESO).



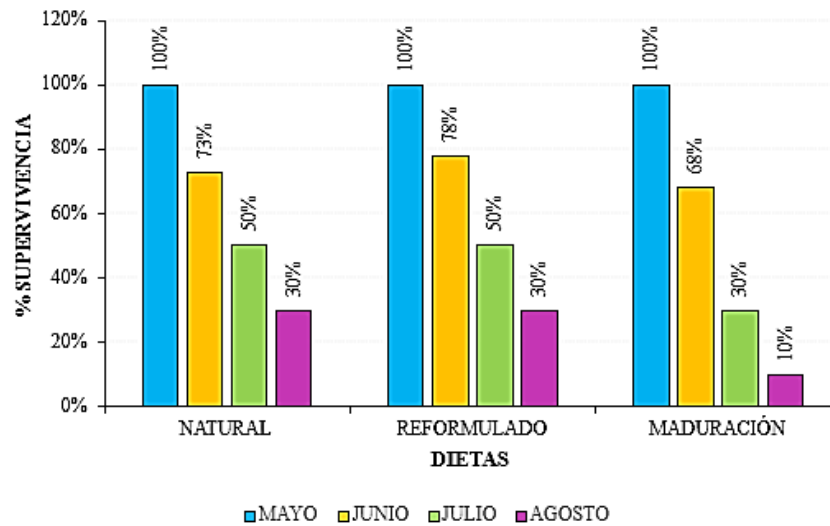
Nota. Efectos de tres tratamientos experimentales evaluados en función al peso mensual, peso total y la tasa de crecimiento.

Supervivencia

La figura 19, muestra el porcentaje de organismos sobrevivientes durante los meses de mayo, junio, julio y agosto, que corresponden al período de estudio. El 100% de la población se observó a finales de mayo, siendo este el mes inicial de las pruebas experimentales. A partir de junio, el tratamiento con la dieta natural experimento una disminución de 11 organismos, quedando el 73% de la población (29 erizos vivos). Consiguiente, la dieta reformulada mostró una disminución de 9 organismo, manteniendo una supervivencia del 78% (31 erizos vivos). Por otro lado, la dieta de maduración mostro la mayor pérdida de organismos durante este mes, representando una supervivencia del 68% (27 erizos vivos). Para julio, la dieta natural y reformulada mantuvieron una supervivencia similar del 50% (20 erizos vivos). Sin embargo, la dieta de maduración redujo su supervivencia, reflejando el 30% (12 erizos vivos) de la población sobreviviente. Durante agosto, la supervivencia se vio afectada directamente por los organismos que fueron sacrificados para el análisis de interés, disminuyendo a 30% (12 erizos vivos) para los tratamientos de dieta natural y reformulada, mientras que la dieta de maduración redujo la supervivencia al 10% (4 erizos vivos) al final del estudio.

Figura 19.

Supervivencia de Echinometra vanbrunti bajo tres tratamientos alimenticios.



Nota. Porcentaje de supervivencia desde el inicio hasta el final de las pruebas experimentales.

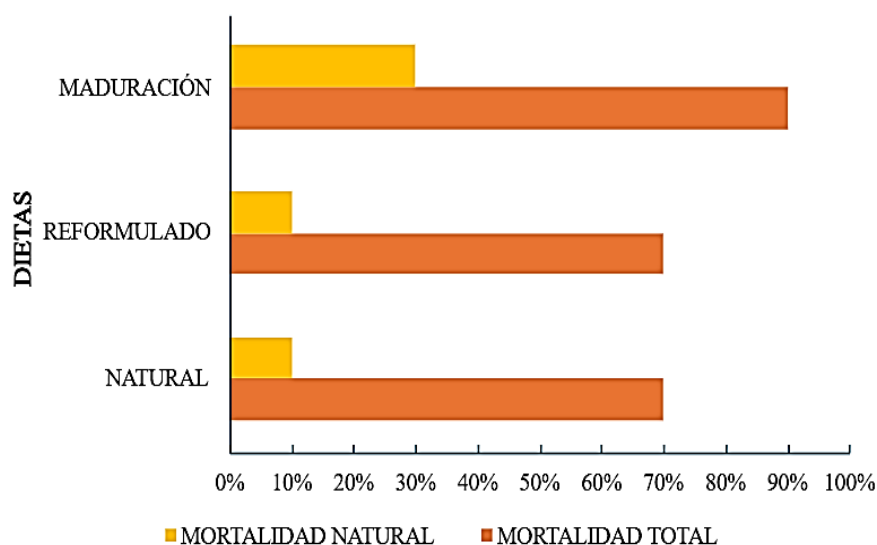
Mortalidad

La figura 20, muestra una comparación entre el porcentaje de organismos que murieron de forma natural y la mortalidad total registrada en cada tratamiento experimental. Posteriormente, la dieta natural y reformulada mostraron una mortalidad total del 70% al final del experimento. Donde, solo el 10% de las muertes se debió a causas natural, demostrando ser adecuadas para el mantenimiento y desarrollo de los erizos de mar *Echinometra vanbrunti* durante el

periodo de estudio. En comparación de la dieta de maduración que mostro ser menos efectiva en mantener la supervivencia de los organismos, con una mortalidad total del 90%, del cual, el 30% fue de forma natural. Aunque el 60% de la mortalidad atribuible fue utilizada para determinar las variables de interés, el impacto de las dietas fue evidente, demostrando que los tratamientos con dieta natural y reformulado reflejaron mejores resultados en la supervivencia de estos organismos.

Figura 20.

Porcentajes de mortalidad por cada tratamiento experimental.



Nota. La gráfica muestra el porcentaje de mortalidad total registrado, donde incluyen los organismos que fueron sacrificados para determinar las variables de interés. Adicionalmente, se incluye el porcentaje de organismos que murieron de forma natural.

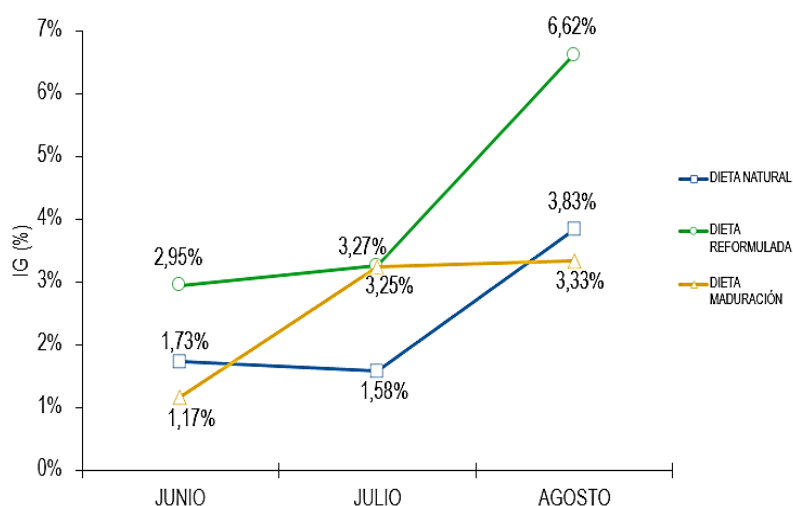
Índice gonádico

La figura 21, muestra la evolución del índice gonadal (IG) en erizos de mar, alimentados con tres dietas: Natural, reformulado y maduración. A finales de junio, los tratamientos de dieta natural y maduración mostraron valores bajos de IG, con $1.73 \pm 1.30 \%$ y $1.17 \pm 1.16 \%$. Sin embargo, para el mes de julio el IG de la dieta natural disminuyó a $1.58 \pm 1.33\%$, mientras que la dieta de maduración aumento significativamente a $3.25 \pm 2.07 \%$. Para agosto, ambas dietas registraron un incremento de $3.83 \pm 3.76 \%$ y $3.33 \pm 0.42 \%$ respectivamente. Por otro lado, la dieta Reformulada mostro diferencias notables en su efectividad a lo largo del tiempo, promoviendo el desarrollo gonadal de manera gradual. En junio, el IG fue de $2.95 \pm 2.29 \%$ y continuó ascendiendo en julio, llegando a $3.27 \pm 1.45 \%$. Finalmente, en agosto, este alimento supero claramente a las otras dos dietas, mostrando un incremento de $6.62 \pm 5.30 \%$.

El análisis de Kruskal-Wallis detecto diferencias entre las medianas de los grupos ($p=0.0124$). El análisis post hoc mostro diferencias significativas entre la dieta de maduración y reformulado ($p = 0,03578$), así como entre la dieta reformulada y natural ($p = 0,002322$). Sin embargo, no hubo una diferencia significativa entre la dieta de maduración y natural.

Figura 21.

*Evaluación mensual del índice gonadal (IG) en erizos de mar *Echinometra vanbrunti*.*



Nota. Variación del índice gonadal (IG) de junio hasta agosto en erizos de mar sometidos a tres tratamientos alimenticios.

Calidad gonadal

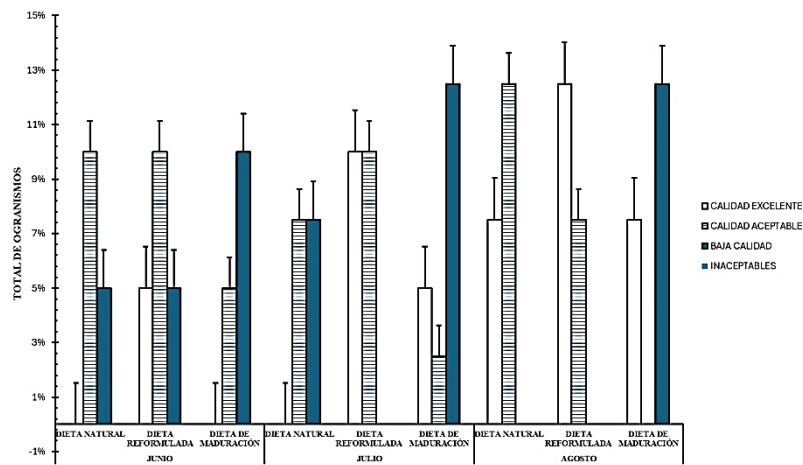
La figura 22, muestra la evolución del color de las gónadas en erizos de mar *Echinometra vanbrunti*. En junio, se observó que la dieta natural y reformulada presentaron el 10% de organismos (4 erizos) con gónadas de calidad aceptable y 5% (2 erizos) con gónadas de baja calidad, caracterizadas por un color crema (Figura 23A). Sin embargo, la dieta reformulada también mostró una pequeña

proporción de organismos con gónadas de calidad excelente del 5% (2 erizos) caracterizada por un color Anaranjado brillantes (Figura 23B), mientras que la dieta de maduración mostró un 5% (2 erizos) con gónadas de calidad aceptable y una proporción mayor del 10% (4 erizos) de gónadas de baja calidad, las cuales presentaron un color café (Figura 23C). Para Julio, la dieta reformulado mostro una mayor proporción de organismos con gónadas de excelente calidad y aceptables del 10% (4 erizos) cada una, mientras que la dieta natural y maduración no mostraron mejoras durante este mes.

Finalmente, en agosto se observó un incremento general en la proporción de gónadas de calidad aceptable y excelente calidad, para los tratamientos de dieta natural y reformulado, siendo la dieta reformulada quien predominó en la categoría excelente calidad con un 12.5 % (5 erizos) con gónadas de color anaranjado brillante (Figura 24B), seguido de la dieta natural con el 12.5% (5 erizos) con gónadas de color Amarillo pálido (Figura 24A). En comparación con la dieta de maduración que continuó mostrando mayormente gónadas de color café, clasificados como de baja calidad, con muy pocos en la categoría de excelente calidad.

Figura 22.

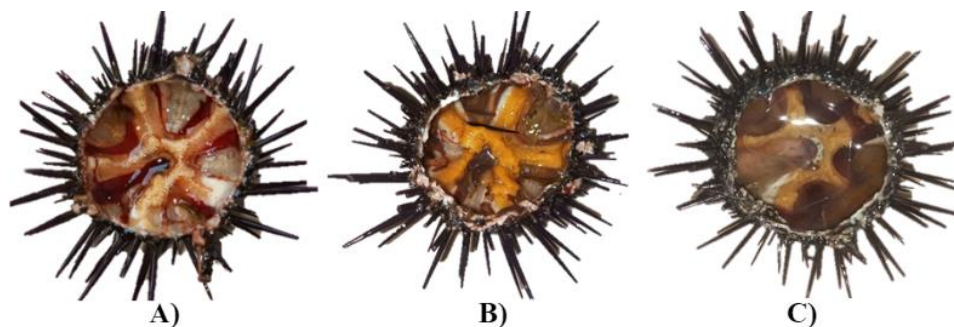
Distribución de organismos según la calidad gonadal (evaluada por el color de las gónadas) de Echinometra vanbrunti



Nota. Clasificación del color de las gónadas en cuatro categorías: excelente calidad: Amarillo o Naranja brillante, calidad aceptable: Amarillo pálido, baja calidad: Café y Crema e inaceptable: cualquier otro color.

Figura 23.

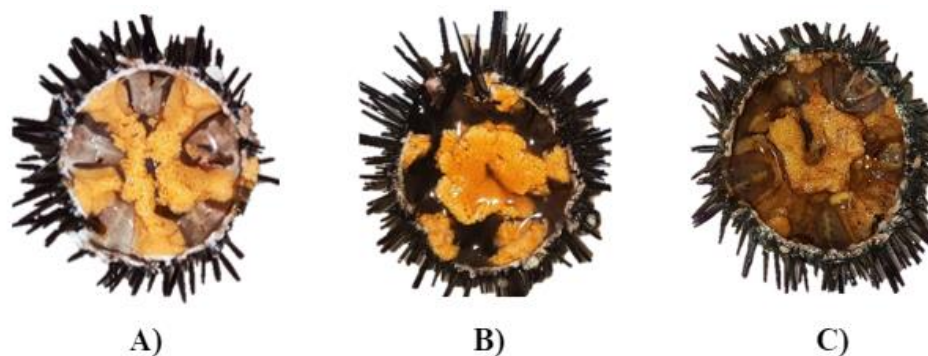
Clasificación del color de las gónadas en el mes de junio.



Nota. Organismos evaluados según la escala de criterios (Color). A) Crema, B). Anaranjado brillante, C). Café.

Figura 24.

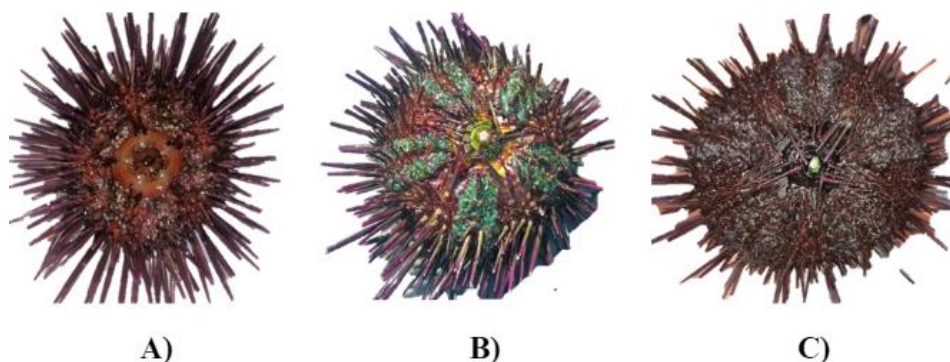
Clasificación del color de las gónadas en el mes de agosto.



Nota. Organismos evaluados según la escala de criterios (Color) después de tres meses de aplicación de las dietas. A) Amarillo pálido, B). Anaranjado brillante, C). Café.

Figura 25.

Vista aboral en erizos de mar Echinometra vanbrunti.



Nota. Cambios en el color del sistema apical en erizos de mar alimentados con distintos tratamientos. A) Dieta Natural, B). Dieta reformulada, C). Dieta de maduración.

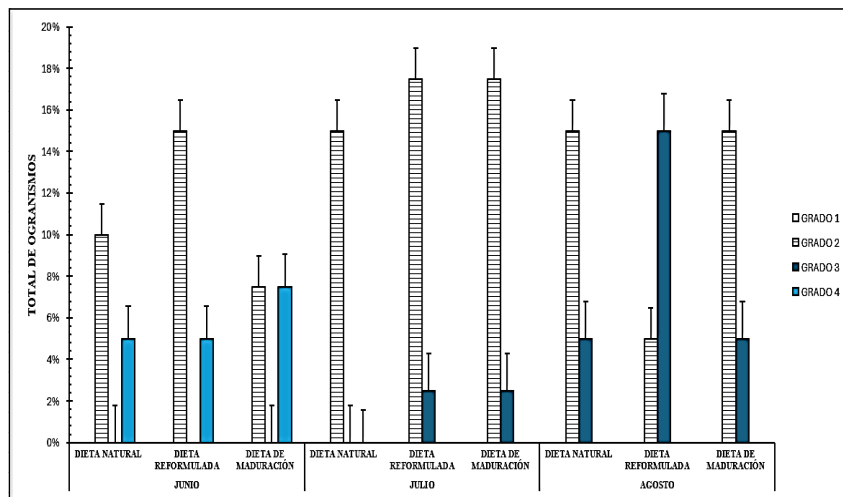
Textura

Los valores de textura de las gónadas del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* se presentan en la figura 26. El análisis muestra que, en junio, el tratamiento con dieta reformulada mostró el mayor número de organismo con 15% (6 erizos) de gónadas en grado 2, seguido de la dieta natural evidenciando una textura suave y una clara segmentación de las dos mitades gonadales (Figura 27B) y un 5% (2 erizos) en grado 4. Para ambos tratamientos la distinción entre las dos mitades gonadales no era posible debido al estado de recuperación gonadal, tras un periodo de estrés (Figura 27A). En julio, los tres tratamientos prevalecieron con gónadas en grado 2. El cual, se mantuvo estable en los tratamientos de natural y maduración con el 15%

(6 erizos) de gónadas firmes y con dos mitades segmentadas para agosto y un grado 3, del 5% (2 erizos) que se caracterizó por una textura granular para ambos tratamientos, mientras que la dieta reformulada mostro un 15% de este grado, debido a la madurez alcanzada por los erizos de mar (Figura 27C).

Figura 26.

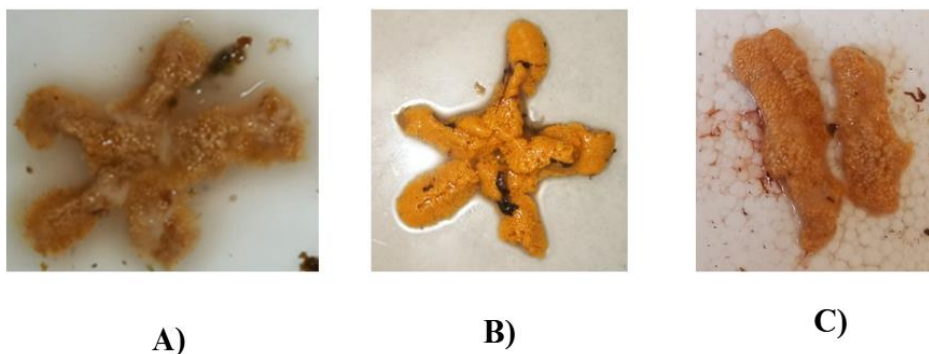
Distribución de organismos según la calidad gonadal (Textura) de Echinometra vanbrunti.



Nota. Clasificación de la textura de las gónadas en cuatro categorías: Grado 1: Dos mitades segmentadas diferentes, muy suaves. Grado 2: Dos mitades segmentadas diferentes, suaves. Grado 3: Distinción de las dos mitades de la gónada es posible, granulares. Grado 4: Distinción de las dos mitades de la gónada no es posible, granulares.

Figura 27.

Clasificación de la textura gonadal



Nota. A) Distinción de las dos mitades de la gónada no es posible, granulares. B) Dos mitades segmentadas diferentes, suaves. C) Distinción de las dos mitades de la gónada es posible, granulares.

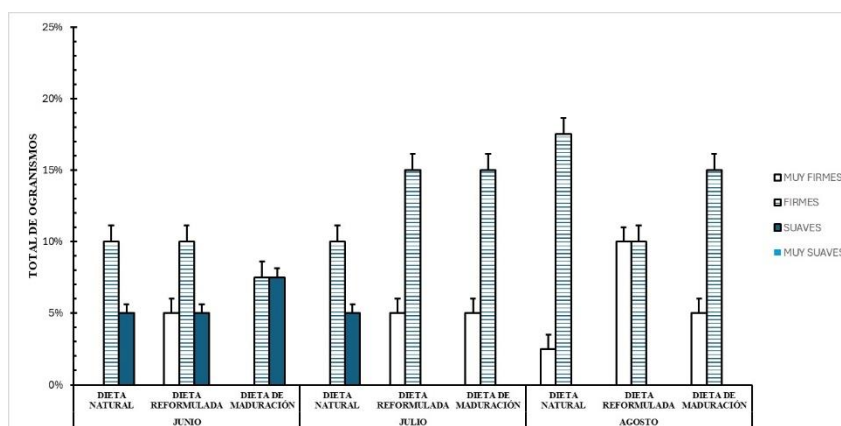
Firmeza

Los valores de firmeza se presentaron en la figura 28. Evidenciando que, en junio, la dieta reformulada mostró la mayor proporción de organismo con gónadas muy firmes y firmes del 5% (2 erizos) al 10% (4 erizos), seguido por los tratamientos con dieta natural y de maduración. No obstante, en los tres tratamientos se observó una baja proporción de gónadas suaves. Donde la dieta de maduración mostró una mayor prevalencia de gónadas de menor firmeza. En julio, el tratamiento con la dieta natural no presentó mejoras significativas en su firmeza. Sin embargo, los tratamientos con dieta reformulada y de maduración mostraron un aumento en la

proporción de gónadas muy firmes del 5% (2 erizos) y firmes del 15% (6 erizos) en comparación con el mes anterior. Para agosto, la firmeza de las gónadas en el tratamiento con la dieta natural mostró un aumento progresivo, con un 17.5% (8 erizos) de organismos con gónadas firmes y una mínima de 2.5% (2 erizos) de gónadas muy firmes. En el caso de la dieta reformulada, se observó una mejora significativa en la firmeza gonadal, con un aumento notable en la cantidad de organismos con gónadas muy firmes y firmes del 10% (4 erizos). Mientras que, el tratamiento con dieta de maduración no presento mejoras en la firmeza de sus gónadas.

Figura 28.

Evaluación de calidad gonadal (firmeza) de Echinometra vanbrunti.



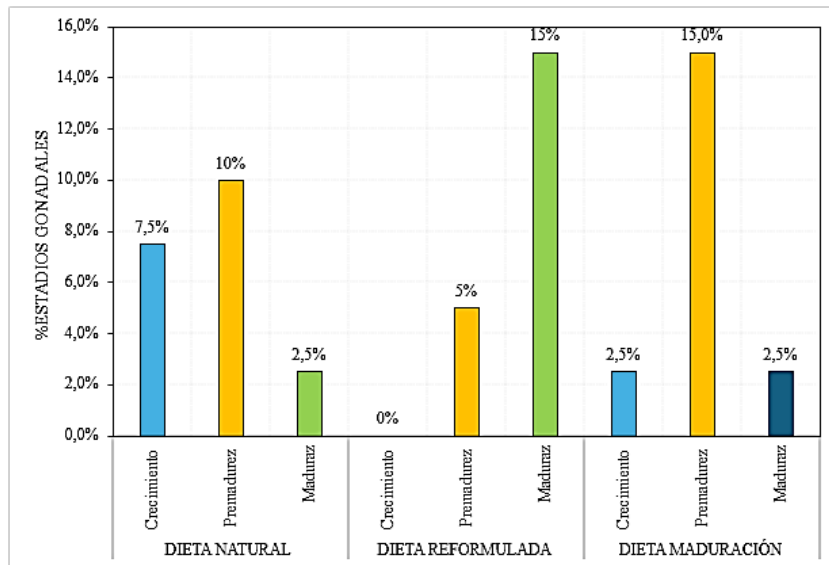
Nota. Clasificación de la textura en cuatro categorías: Grado 1 (muy firme), Grado 2 (firme), Grado 3 (suaves) y Grado 4 (muy suaves).

Madurez gonadal

Al concluir las pruebas experimentales, se evaluó el 20% de los organismos para determinar el estadio gonadal en los tres tratamientos alimenticios, observando distintas etapas de desarrollo gonadal en ambos sexos. En la figura 29, se observa que ambos tratamientos experimentales evaluados promovieron el desarrollo gonadal, destacando que el tratamiento de dieta reformulada mostró un 15% de organismos en etapa de madurez y un 5% en premadurez. Asimismo, la dieta de maduración mostró un 15% de organismos en etapa de premadurez y solo un 2.5% en etapa de crecimiento y madurez. Estos valores superan a los de dieta natural, que presentó un 7.5% de los organismos en etapa de crecimiento, un 10% en premadurez y solo un 2.5% en etapa madura. La evaluación gonadal por sexo se determinó mediante las siguientes características:

Figura 29.

Estadios gonadales en Echinometra vanbrunti.



Nota. Determinación de estadios gonadales en erizos de mar a finales del estudio con tres tratamientos diferentes.

MACHO

Crecimiento:

Durante este estadio se observó una mayor proporción de fagocitos nutritivos que ocuparon todo el lumen del acino. Además, se identificaron columnas de espermatocitos o grupos de espermatogonias (CE) localizados en la periferia (Figura 30A)

Premadurez:

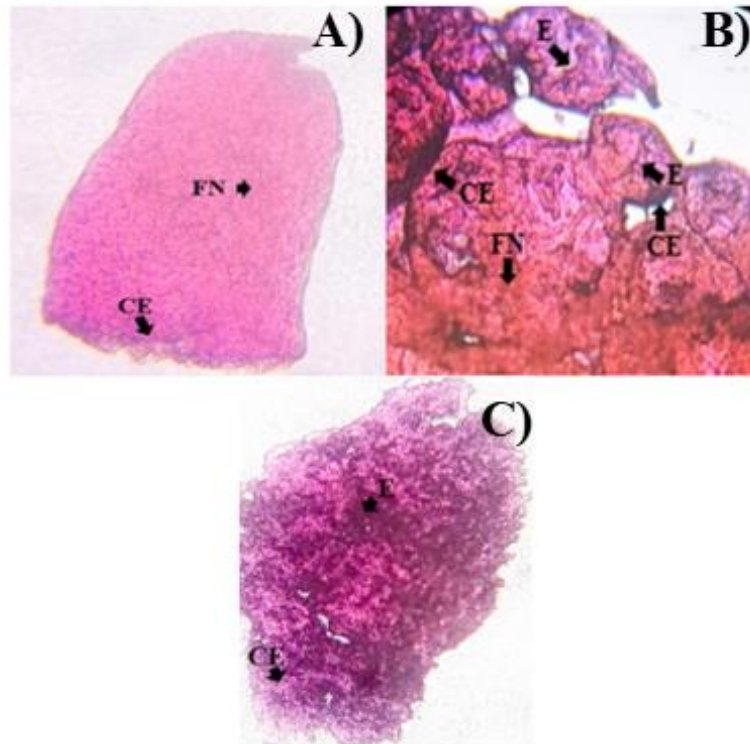
Para este estadio se observó que las columnas de espermatocitos (CE) continuaban ocupando la periferia del acino y los espermatozoides (E) desarrollados se localizaron en el centro del acino. Los fagocitos nutritivos (FN) permanecieron abundantes, pero con algunos espacios vacíos (Figura 30B).

Madurez:

En este estadio se observó una mayor proporción de células sexuales que llenaron el lumen de cada acino, formando una banda de color azul, en comparación con las células de reserva (FN). Mientras que, las columnas de espermatocitos (CE) se encontraron presentes en la periferia del acino (Figura 30C).

Figura 30.

Estadios gonadales de erizo de mar Echinometra vanbrunti.



Nota. Macho; FN: Fagocitos nutritivos; CE: Columna de espermatocitos; E: espermatozoide.

HEMBRA

Crecimiento:

Durante este estadio se observó una mayor presencia de fagocitos nutritivos (FN) que ocuparon el lumen del acino, en comparación con los ovocitos previtelogénicos (OVP), que solo se encontraron en la periferia del acino. Esta disposición es característica de ejemplares pequeños que aún no han iniciado su proceso de maduración gonadal (Figura 31A).

Premadurez:

Para este estadio se observaron la presencia de ovocitos previtelogénicos (OVP) y vitelogénicos (OV). No obstante, aunque la presencia de fagocitos nutritivos siguió siendo alta, comienzo a disminuir, dejando algunos espacios vacíos. Estos fagocitos nutritivos fueron progresivamente reemplazados por óvulos (Figura 31B).

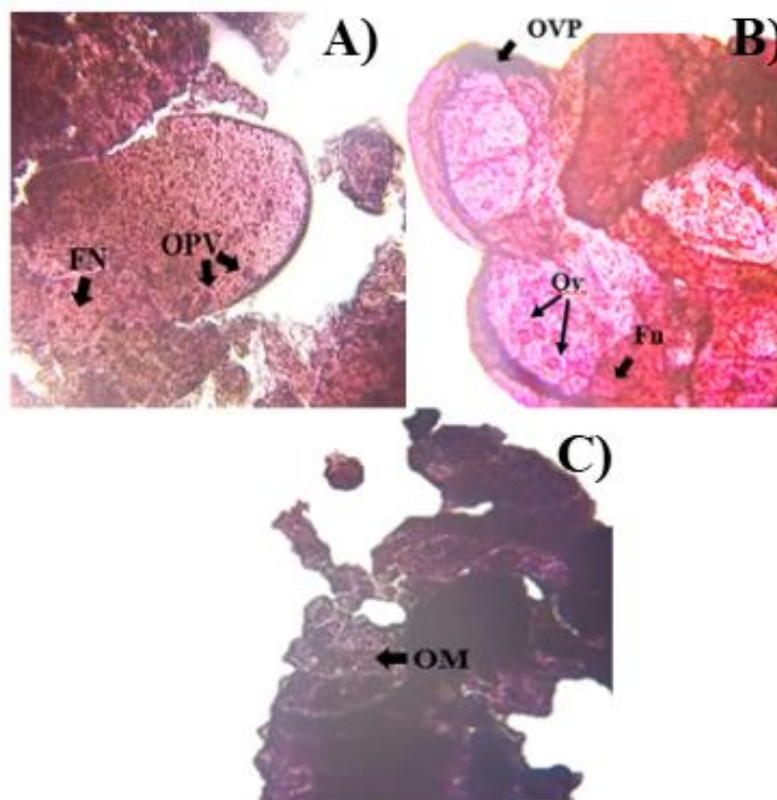
Madurez:

En este estadio se observó una mayor proporción de células sexuales, donde los ovocitos maduros (OM) llenaron el lumen, ocupando casi todo el espacio lobular.

las paredes del acino adoptaron formas irregulares debido a la presión ejercida por los ovocitos entre sí (Figura 31C).

Figura 31.

Estadios gonadales de erizo de mar Echinometra vanbrunti.



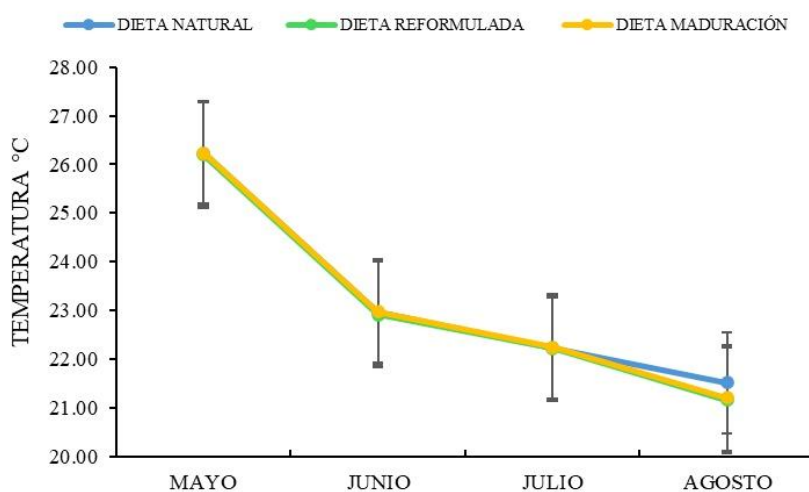
Nota. Hembra; FN: Fagocitos nutritivos; OPV: Ovocitos previtelogénicos; OV: Ovocitos Vitelogénicos; OM: Ovocitos maduros.

Temperatura

La figura 32, presenta los valores de temperatura mensual en cada uno de los tratamientos experimentales. Donde, se observó una disminución de temperatura en cada uno de los tratamientos. Al iniciar las pruebas experimentales, la temperatura se mantuvo para los tratamientos de dieta natural y maduración en 26.23 ± 0.09 °C y para la dieta reformulada 26.20 ± 0.12 °C. Sin embargo, a partir de junio y julio se observó un descenso de la temperatura entre los tres tratamientos de 22.96 ± 0.01 °C, 22.91 ± 0.11 °C y 22.97 ± 0.02 °C en junio, y 22.23 ± 0.06 °C, 22.22 ± 0.04 °C y 22.25 ± 0.01 °C, en julio. En agosto, los tratamientos de dieta reformulada y de maduración registraron la temperatura más baja 21.20 ± 0.01 °C y 21.16 ± 0.01 °C, mientras que la dieta natural tuvo una temperatura ligeramente más alta de 21.52 ± 0.24 °C.

Figura 32.

Temperatura mensual en tratamientos de dieta natural, reformulada y de maduración.



Nota. Revisión de la temperatura semanal promediada desde mayo hasta agosto.

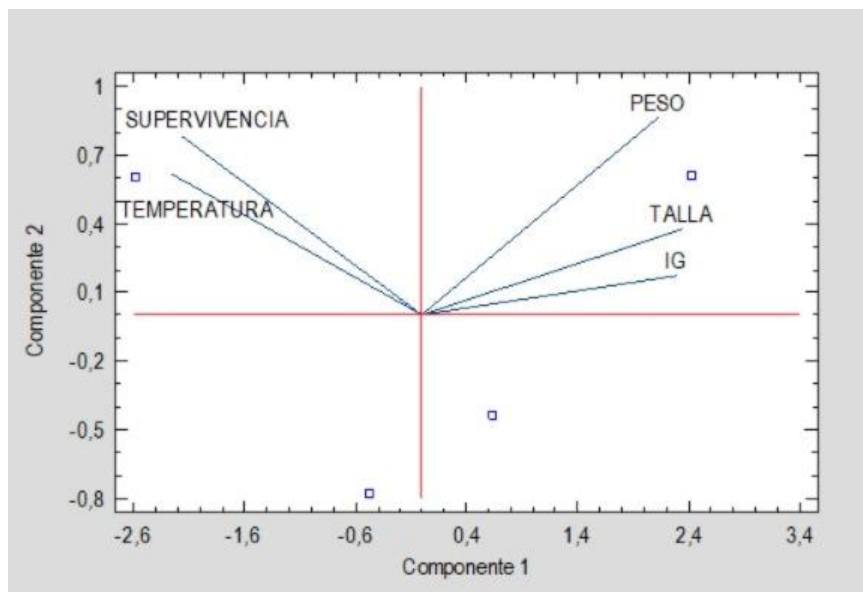
Correlación entre temperatura, supervivencia, talla, peso e índice gonadal en base a las dietas aplicadas.

El análisis de componentes principales (ACP) para la dieta natural se muestra en la figura 33. Indicando que, las variables de temperatura, supervivencia, talla y peso presentaron una correlación positiva, mientras que el índice gonadal mantuvo una correlación negativa. Así mismo, el análisis de ACP para la dieta reformulada (Figura 34), y la dieta de maduración (Figura 35), mostraron la misma tendencia.

La relación positiva de la temperatura, demuestra que a mayor temperatura mejora la respuesta en supervivencia, talla y peso. Aunque la talla y peso se encuentran relacionadas, su variación en la respuesta dependió también de la dieta aplicada. Por otro lado, la respuesta del IG se presentó en una relación inversa para los tres tratamientos a diferencia de las otras variables, mostrando que a menor temperatura favorece el desarrollo gonadal en erizos de mar.

Figura 33.

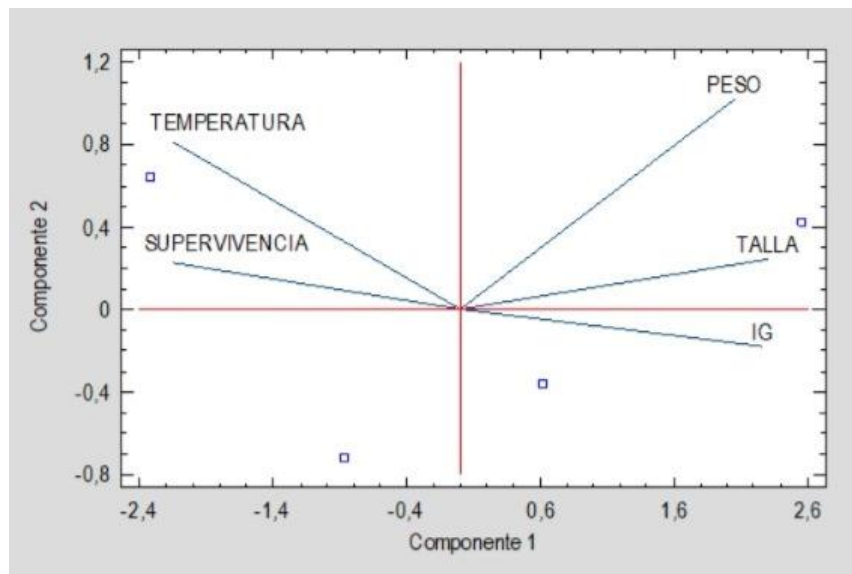
Análisis de componentes principales (ACP) en erizos de mar alimentados con dieta natural.



Nota. El ACP muestra una correlación positiva entre las variables estudiadas en la dieta natural *Padina durvillaei*: temperatura, supervivencia, peso y talla, mientras que se observa una respuesta inversa en la variable de IG.

Figura 34.

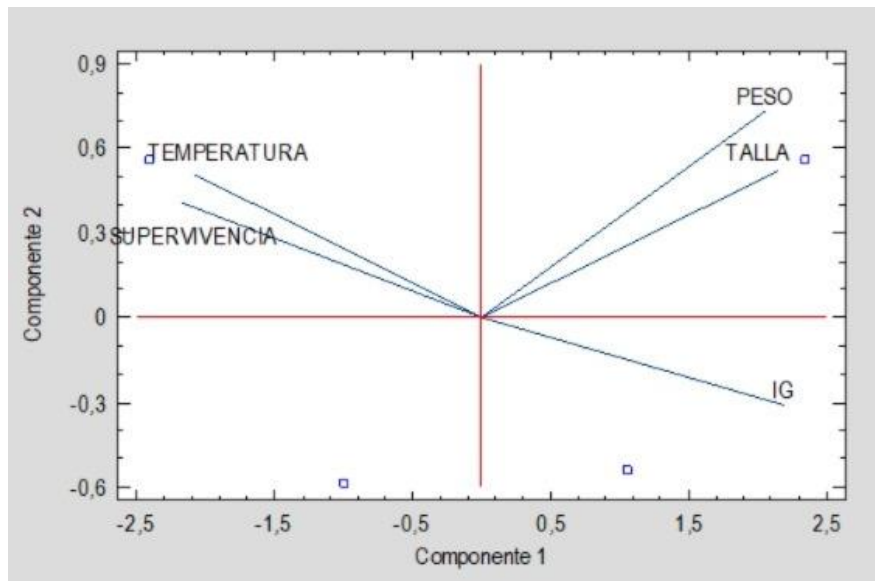
Análisis de componentes principales (ACP) en erizos de mar alimentados con dieta reformulada



Nota. El ACP muestra una correlación positiva entre las variables estudiadas en la dieta reformulada: temperatura, supervivencia, peso y talla, mientras que se observa una respuesta inversa en la variable de IG.

Figura 35.

Análisis de componentes principales (ACP) en erizos de mar alimentados con dieta de maduración



Nota. El ACP muestra una correlación positiva entre las variables estudiadas en la dieta de maduración: temperatura, supervivencia, peso y talla, mientras que se observa una respuesta inversa en la variable de IG.

CAPÍTULO V

9. DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio confirmaron que la dieta reformulada aplicada en *Echinometra vanbrunti* promovió un crecimiento significativamente mayor en comparación con la dieta natural y la de maduración. Obteniendo una talla promedio de 0.71 mm/mes con la dieta reformulada y un crecimiento total de 2.13 mm al final del experimento, estos datos mostraron una tendencia menor, aunque significativa, en comparación con lo reportado por Mendoza (2018), quien reportó un crecimiento de 4.37 ± 0.10 mm en *Tripneustes depressus* utilizando un producto comercial para la maduración en camarón EzMate durante cuatro meses.

Por otro lado, Zupo et al. (2018), observaron un incremento de 1.38 mm en erizos alimentados con dieta peletizada en un periodo de 90 días, lo que resultó inferior a la ganancia de talla mensual reportada en nuestro estudio con la dieta reformulada. Así mismo, Anaguano (2023) reportó un incremento de talla menor de 0.15 mm/mes, en *Echinometra vanbrunti* alimentados con dieta balanceada y un aumento de peso de 0.64 g/mes, en comparación con los 0.61 g/mes registrados en el presente estudio con dieta reformulada. A pesar de que el peso final entre las dietas natural y reformulada fueron levemente diferentes de 0.62 g/mes y 0.61 g/mes, la dieta natural mantuvo un mayor incremento en peso. No obstante, la dieta

de maduración mostró una ganancia de peso menor de 0.10 g/mes, lo que podría estar relacionado a un desequilibrio energético para los erizos de mar.

Vizcarra (2017), observó un crecimiento superior en longitud y peso en erizos de mar alimentados con dietas naturales, destacando en la respuesta a distintos tratamientos dietéticos formulados. Estas diferencias muestran que, aunque las dietas naturales ofrecen ciertos beneficios, la dieta reformulada evaluada en este estudio contribuyó favorablemente al desarrollo de los organismos, siendo altamente eficaz para promover el crecimiento en talla y peso comparable al de la dieta natural.

Así mismo, La supervivencia de los erizos de mar en función al tipo de dietas, demuestran variaciones significativas entre estudios. Zupo et al. (2018), reportaron una alta supervivencia en erizos *Paracentrotus lividus* alimentados con dietas naturales alcanzando el 89% y 100%, mientras que aquellos que fueron alimentados con una dieta paletizada mostraron una supervivencia del 85%. En el presente estudio, los resultados de la supervivencia en erizos de mar fueron significativamente inferior al 30% para la dieta natural y reformulada y del 10%

para la dieta de maduración. Sin embargo, la disminución de los organismos a lo largo del estudio se vio directamente influenciada por las variables de interés.

Los resultados obtenidos de Zupo et al. (2018) en *Paracentrotus lividus*, mostraron una tendencia positiva en el impacto de las dietas formuladas. En este estudio, los erizos alimentados con una dieta peletizada alcanzaron un IG de 9.19 %, en comparación con los organismos alimentados con *Posidonia oceánica* 4.43 % y *Ulva rígida* 2.13 % cuyo IG resultó ser más bajo.

Aunque las especies difieren entre estudios, la evolución del índice gonadal de *Echinometra vanbrunti* demostró tendencias similares que demuestran el impacto de la dieta en el desarrollo gonadal. Los valores iniciales del IG en junio fueron relativamente bajos para los tres tratamientos. A lo largo del estudio, la dieta reformulada mostró un incremento significativamente mayor, alcanzando 6.62 ± 5.30 % de IG al finalizar el experimento, siendo considerablemente mayor en comparación con los otros tratamientos. Lo cual, podría atribuirse a la composición proteica de la dieta, con un 27.33 % de proteína y lípidos de 7.81 %.

El aumento del IG se atribuye principalmente por el crecimiento de fagocitos nutritivos, que son células de reserva especializadas en acumular macronutrientes como proteínas, lípidos y carbohidratos (Cuesta et al, 2016; Symonds et al, 2008). Lourenço et al. (2020) señalan que una dieta rica con aproximadamente un 30% de proteína, es la adecuada para promover tanto el crecimiento somático como el rendimiento gonadal en erizos de mar.

Estos resultados están en línea con estudios previos. Baião et al. (2019) reportaron un aumento sustancial del IG en especie de *Paracentrotus lividus* alimentados con una dieta rica en proteínas del 30 % y lípidos 6%, donde el IG pasó de un 10 % inicial a un rango del 19 al 23 % tras 15 semanas de alimentación controlada. Sin embargo, Angwin, (2022) reporto un crecimiento gradual del IG en erizos de mar morado *Strongylocentrotus purpuratus* alimentados con una dieta que contenía un 20.1% de proteína y un 46.3 % carbohidratos. El IG inicial fue de $6.8 \pm 0.7\%$ y al finalizar las 9 semanas de prueba, aumento a $22.40 \pm 1.68 \%$. Al comparar estos estudios, queda claro que el contenido proteico de 27.33 % y lípidos de 7.81 %, fueron fundamental para optimizar el aumento del IG en erizos de mar *Echinometra vanbrunti*. Sin embargo, la variación en las respuestas observadas de cada estudio puede atribuirse tanto a las diferencias entre especies como a la duración del experimento.

La relevancia del color en la calidad gonadal de los erizos fue destacada por, Baião et al. (2019) quienes documentaron que, en un análisis de cuatro tratamientos dietéticos en erizos, no se observaron cambios significativos en el color, brillo, enrojecimiento, amarillez ni en la textura o firmeza de las gónadas. Este resultado contrasta con los hallazgos de nuestro estudio, donde las dietas aplicadas difirieron en el color. Obteniendo una clara ventaja con la dieta reformulada que presento tonalidades de amarillo y naranja brillante durante los tres meses de estudio. En cambio, la dieta natural mostró una mejora progresiva en el mes de agosto, mientras que la dieta de maduración presentó mayormente gónadas de baja calidad, con un color café predominante. Esta diferencia se atribuye a la composición específica de las dietas que ayudan a potenciar la pigmentación gonadal en *Echinometra vanbrunti*.

Onomu et al. (2020), en un estudio con *Tripneustes gratilla*, observaron que las dietas frescas y formuladas no presentaron diferencias significativas en la textura y firmeza de las gónadas. Estos resultados coinciden con la presente investigación, donde los tres tipos de dietas resultaron efectivos para mantener una segmentación clara de las gónadas. Sin embargo, la dieta reformulada destacó en términos de firmeza, mostrando un incremento progresivo de gónadas muy firmes a lo largo del periodo de estudio.

La madurez gonadal en los erizos de mar fue notablemente influenciada por la composición de las dietas. En nuestro estudio, los individuos alimentados con dietas reformuladas y maduración mostraron una mayor proporción de organismos en etapas de premadurez y madurez en comparación con aquellos alimentados con dieta natural, quienes aún presentaban individuos en etapas de crecimiento. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Vizcarra (2017), quien demostró que la dieta balanceada en erizos de mar *Loxechinus albus* aceleró la maduración gonadal, especialmente entre los estadios II (madurez) y V (desove) en los primeros dos meses de tratamiento. Asimismo, los resultados concuerdan con lo obtenido por Prato et al. (2018) en erizos de mar *Paracentrotus lividus*, quienes encontraron que, tras dos meses de tratamiento con dietas preparadas, las gónadas se desarrollaron significativamente y alcanzaron la madurez, con un 95% de los organismos mostrando gametos maduros al final del estudio.

Además de la dieta, la temperatura del agua jugó un papel crucial en la respuesta del IG. Santos et al. (2020), confirmaron que en *Paracentrotus lividus*, la temperatura óptima para el crecimiento gonadal y somático es de 22°C, logrando un IG de $7.50 \pm 2.36\%$ con una dieta artificial. En nuestro estudio, una temperatura promedio de 22°C durante los meses de junio y julio, y un descenso a 21°C en agosto, ayudó a promover la tasa de maduración gonadal, observándose una gran

cantidad de óvulos acumulados en el lumen de los ovarios maduros, como reportaron Santos et al. (2020).

10. CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas en el crecimiento, peso, supervivencia, índice gonadal y madurez de los erizos de mar bajo tres tratamientos alimenticios. El análisis mensual de talla y peso reveló que la dieta reformulada promovió un mayor crecimiento en talla de 0.71 mm/mes (TC: 6%) y una ganancia de peso menor al de la dieta natural de 0.61 g/mes. Mientras que, la dieta de maduración mostró un rendimiento inferior en la ganancia de peso, alcanzando solo 0.10 g/mes. Al comparar la tasa de supervivencia entre los grupos experimentales resultaron que, tanto la dieta natural y reformulada mostraron la tasa más alta de supervivencia con el 30% al finalizar los tres meses de estudio y el 10% correspondiente a la dieta de maduración.

Respecto al índice gonadal, la dieta reformulada destacó al promover un incremento constante, alcanzando un IG de $6.62\% \pm 5.30\%$ en agosto, superando a las otras dietas. Así mismo, el análisis de madurez gonadal evidenció que esta dieta aceleró

las etapas de desarrollo gonadal, logrando obtener una mayor proporción de organismos en estadio maduro, consolidando su efectividad como dieta óptima para el desarrollo gonadal en erizos de mar.

Así mismo, sobresalió como el tratamiento más efectivo en mejorar consistentemente la calidad gonadal en términos de color (Anaranjado brillante) y firmeza, seguido por la dieta natural que presentó una tonalidad amarilla. Por otro lado, la dieta de maduración mostró limitaciones para alcanzar una calidad gonadal óptima, prevaleciendo una tonalidad de color café, sin mostrar mejoras significativas. En términos de textura, los tres tratamientos experimentales presentaron una estabilidad en las gónadas, resultando efectivas para mantener la segmentación clara en las gónadas.

De la misma forma, la variación de temperatura de 21 a 27 °C favoreció considerablemente al desarrollo de los organismos. La correlación positiva entre temperatura, supervivencia, talla y peso mostraron que existe una mayor respuesta en erizos de mar a una temperatura mayor de 22°C y un aumento progresivo del IG a una temperatura inferior.

11. RECOMENDACIONES

- ✓ Establecer un control de temperatura para *Echinometra vanbrunti*, especialmente en entornos de cultivo que utilizan dietas formuladas, con el fin de optimizar el crecimiento y rendimiento gonadal de esta especie, asegurando condiciones térmicas adecuadas para su desarrollo.

- ✓ Implementar esta dieta reformular a diferentes especies de erizos de mar comerciales, para acelerar su crecimiento y mejorar la calidad gonadal, reduciendo así la dependencia de dietas naturales.

- ✓ Observar el comportamiento de los erizos, especialmente la movilidad o pérdidas de espinas ya que estos son indicativos de posibles problemas como estrés o enfermedades en el cultivo.

- ✓ Implementar protocolos regulares de limpieza y desinfección de materiales para reducir riesgos de enfermedades en el cultivo de erizo de mar, ocasionados por la acumulación de restos de alimentos y heces.

12. BIBLIOGRAFÍAS

Álvarez, I. (2017). Ciclo reproductivo de *Tripneustes depressus* (A.Agassiz, 1863)(Echinodermata: Echinoidea) En Punta Arena de la Ventana, Baja California Sur, México. Tesis de grado. Universidad Autónoma de Baja California Sur. <https://biblio.uabcs.mx/tesis/te3740.pdf>

Ángeles, J. (2021). Participación de CatSper y de la proteína cinasa dependiente de AMPc (PKA) en la quimiotaxis del espermatozoide de erizo de mar. Tesis de grado. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/3298>

Asamblea Nacional. (2011). Ley Orgánica de la Biodiversidad. <https://www.edicioneslegales-informacionadicional.com/leyes/LeyOrganicadelaBiodiversidad.pdf>

Asamblea Nacional. (2020). Ley Orgánica Para El Desarrollo De La Acuicultura y Pesca. <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-09/LEY%20ORG%C3%81NICA%20PARA%20EL%20DESARROLLO%20DE%20LA%20ACUICULTURA%20Y%20PESCA.pdf>

Ansari, A., Alghanem, S & Naem, M. (2019). Brown Alga Padina: A review. International Journal of Botany Studies 4(1).

https://www.researchgate.net/publication/333879310_Brown_Alga_Padina_A_review

Anaguano, M. (2023) Efecto de la aplicación de dos dietas experimentales sobre el crecimiento del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* en la libertad, provincia de santa elena. Tesis de Biología. Repositorio UPSE. Santa Elena, Ecuador. Pág. 17.

Angwin, R., Hentschel, B., & Anderson, T. (2022). Gonad enhancement of the purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*, collected from barren grounds and fed prepared diets and kelp. *Aquaculture International*, 30(3), 1353–1367. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00863-1>

Barrera, A. (2018). Estimación del crecimiento del erizo de mar *Arbacia lixula*. Universidad de la Laguna. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/23646/Estimacion%20del%20crecimiento%20del%20erizo%20de%20mar%20Arbacia%20lixula.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Baião, L., Rocha, F., Costa, M., Tiago Sá, Oliveira, A., Margarida, M., Fonseca, A., Pintado, M., & Valente, L. (2019). Effect of protein and lipid levels in diets for adult sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). *Aquaculture*, 506, 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.03.005>

- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), e003. DOI: 10.21142/SS-0101-2020-003
- Bolton, T., & Thomas, F. (2002). Physical forces experienced by echinoid eggs in the oviduct during spawning: comparison of the geminate pair *Echinometra vanbrunti* and *Echinometra lucunter*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 267(2), 123–137. [https://doi.org/10.1016/s0022-0981\(01\)00344-6](https://doi.org/10.1016/s0022-0981(01)00344-6).
- Borrero, G., Benavides, M., Díaz, C. (2012). Equinodermos del Cribre colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras- INVEMAR. https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/6680/Catalogo_Equinodermos_II.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Boudouresque, C & Verlaque, M. (2020). *Paracentrotus lividus*. *Sea Urchins: Biology and Ecology*, Vol, 43, pág. 447-485. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819570-3.00026-3>
- Bustos, E & Olave Morales, S. (2001). Manual: el cultivo del erizo (*Loxechinus albus*). División de Acuicultura Instituto de Fomento Pesquero. https://www.ifop.cl/wp-content/uploads/biblioteca/libros_digitales/manual_erizo.pdf
- Brunetti, A. (2014). Los erizos de mar o equinoideos (Echinoidea). *Ciencias biológicas*. Obtenido de: <https://cienciaybiologia.com/los-erizos-de-mar-o-equinoideos-echinoidea/>

Carrera, S. (2018). Crecimiento Y Supervivencia De Larvas De Capaz *Pimelodus grosskopfii* (Steindachner, 1879) Durante La Transición A Una Dieta Seca. Revista científica Interciencia, 43(2), 111–114.
<https://www.redalyc.org/journal/339/33956916008/html/>

Cantera, J. (2008). Equinodermos del Santuario de fauna y flora Malpelo, pacifico colombiano. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. Tesis de grado.
<https://rediberoamericanaequinodermos.com/wp-content/uploads/2015/09/Cohen-Rengifo-2008-Equinodermos-Malpelo-UJTL.pdf>

Candeias-Mendes A., Araújo, J., Santos, M., Namora, M., Soares, F., Gomes, R., Cardoso, C., Alfonso, C., Bandarra, NM., & Pousão, P. (2020). Growth, survival and fatty acids profile of sea urchins, *Paracentrotus lividus* juveniles fed with *Ulva* spp. and maize in aquaculture production. First results using G1 generation in Portugal. *Journal of Aquaculture & Marine Biology*, 9(6), 208–214. <https://doi.org/10.15406/jamb.2020.09.00297>

CENAIM. (2020). Diversificación Acuicola. ESPOL - Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas. Disponible en: <http://www.cenaim.espol.edu.ec/diversificacion-acuicola2020>

Gidea. (2017). La medición del crecimiento. Instrumentos de economía aplicada. <https://www.um.es/documents/805885/7231169/2017-07-10-medicion-del-crecimiento.pdf/c9fb1ed3-86d0-4c6c-91e1-4cc8141cc3f2>

Cuesta, D. (2017). Evaluación de nivel de los macronutrientes en dietas formuladas para el erizo morado *Strongylocentrotus purpuratus* y su efecto en el índice gonádico y la calidad gonadal. Tesis Doctoral en Ciencias en Acuicultura. Centro de investigación científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México. Disponible en Repositorio institucional. https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/1296/1/tesis_Cuesta_G%C3%B3mez_Diana_Mar%C3%ADa_11_mayo_2017.pdf

Cuesta, D., Quiñones, M., & Sánchez, M. (2016). Effects of protein and carbohydrate levels on survival, consumption and gonad index in adult sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson 1857) from Baja California, Mexico. Article in Aquaculture Research. doi:10.1111/are.12994

Escárcega, A., Granados, A., González, C., Epherra, L., Hernández, M & Crespi, A. (2019). Variación fenotípica del erizo *Eucidaris tribuloides* (Cidaroida: Cidaridae) en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Revista de Biología Tropical, 67(6). <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i6.36319>

Ferrer, J. (2023). On the Rocks, Below the Rocks: A study of intertidal life in the low, middle and high zones of the Puerto Cabuyal – Punta San Clemente

Marine Reserve during an El Niño event. School For International Training.
https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/3676/

Galindo, O., Ramírez, A., Campos, S., Arguelles, J. (2016). Protocolo Para Muestreo Biológico Y Biométrico Del Erizo De Mar *Loxechinus albus* (Molina, 1782). ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/336832739_PROTOCOLO_PAR_A_MUESTREO_BIOLOGICO_Y_BIOMETRICO_DEL_ERIZO_DE_MAR_Loxechinus_albus_Molina_1782

González, C., Jordán, A., Ortiz, L., Salas, J., & Domínguez, C. (2019). Las Comunidades de Erizos Regulares en Dos Bancos Sumergidos de Veracruz, México. Estudios Científicos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 376 p. doi:10.26359/epomex0319. https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Granados-Barba/publication/336881966_Estudios_cientificos_en_el_Corredor_Arrecifal_del_Suroeste_del_Golfo_de_Mexico/links/5dc07c0f299bf1a47b153fa5/Estudios-cientificos-en-el-Corredor-Arrecifal-del-Suroeste-del-Golfo-de-Mexico.pdf#page=119

González, S. (2004). Biología Poblacional del Erizo *Echinometra vanbrunti* (Echinodermata: Echinoidea), En el sur del Golfo de California, México. Centro de investigaciones biológicas del Noroeste, S.C. Tesis de grado. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/360/1/gonzalez_s.pdf

- Groso, L., Fianchini, A., Morroni, L., Scardi, M., Cataudella, S & Rakaj. (2020). Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) system combining the sea urchin *Paracentrotus lividus*, as primary species, and the sea cucumber *Holothuria tubulosa* as extractive species. *Aquaculture*, Vol 534. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736268>.
- Hammer, H., Powell, M., Jones, W., Gibbs, V., Lawrence, A., Lawrence, J & Watts, S. (2012). Effect of Feed Protein and Carbohydrate Levels on Feed Intake, Growth, and Gonad Production of the Sea Urchin, *Lytechinus variegatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 43(2), 145–158. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2012.00562.x>
- Jiménez, C. (2024). Los erizos de mar. Calameo. Universidad de Ciencias y Arte de Chiapas. <https://www.calameo.com/read/0076077767c4bb53f50d0>
- Lawrence, J., Lawrence, A & Watts, S. (2007). Feeding, Digestion, and Digestibility. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 135-158. *Edible sea Urchins: Biology and Ecology*. V.37 Chapter 7. [https://doi.org/10.1016/s0167-9309\(07\)80071-8](https://doi.org/10.1016/s0167-9309(07)80071-8)
- Leal, M. (2023). Crescimento do ouriço-do-mar *Paracentrotus lividus* no litoral rochoso de Portugal continental em aquacultura em sistema aberto. [Mestrado em Biologia da Conservação, Universidade de Evora - Escola de Ciências e Tecnologia]. <http://hdl.handle.net/10174/34871>

Lope Sosa, F. (2016). Estudio comparativo de dietas natural y artificial en el crecimiento y supervivencia de juveniles de *Loxechinus albus* Erizo Verde en un sistema de cultivo suspendido en la playa gentilares durante el 2014. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Moquegua]. <http://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/23>

López, V & Moreno, L. (2022). Acuicultura en Baja California: Redes, Actores y Empresas. Universidad Autónoma de Baja California, México. https://www.researchgate.net/profile/Luis-Moreno-64/publication/367795786_Acuicultura_en_Baja_California_Redес_Actores_y_Empresas/links/63dab5ab64fc8606380584aa/Acuicultura-en-Baja-California-Redes-Actores-y-Empresas.pdf#page=260

Lourenco, S., Andrade, C & Valente, L. (2020). Growth performance and gonad yield of sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) fed with diets of increasing protein: energy ratios. *Animal Feed Science and Technology*, Vol, 270. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114690>

Lourenço, S., Mendes, S., Raposo, A., Santos, P., Gomes, A., Ganhão, R., Costa, J., Gil, M., & Pombo, A. (2021). Motivation and preferences of Portuguese consumers' towards sea urchin roe. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100312–100312. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100312>

Lourenço, S., Raposo, A., Cunha, B., Pinheiro, J., Santos, P., Gomes, A., Ferreira, S., Gil, M., Costa, J., & Pombo, A. (2022). Temporal changes in sex-specific color attributes and carotenoid concentration in the gonads (roe) of the purple sea urchin (*Paracentrotus lividus*) provided dry feeds supplemented with β -carotene. *Aquaculture*, 560, 738608–738608.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738608>

Menéndez, J. (2006). Los Equinoideos. Los erizos de mar. Astronatura.
<https://www.asturnatura.com/temarios/biologia/equinodermos/erizos>

Mendoza, A. (2018). Determinación de dietas que promuevan el crecimiento y la maduración gonadal del erizo de mar *Tripneustes depressus*. Instituto Tecnológico Superior “Luis Arboleda Martínez” [Tesis de grado].
http://www.cenaim.espol.edu.ec/sites/cenaim.espol.edu.ec/files/2023/Tesis/1_0.pdf

Mendes, A., Araújo, J., Soares, F., Bandarra, N., & Pousão, P. (2019). Production of Purple Sea Urchin *Paracentrotus lividus* in Portugal. *Aglobal View of Aquacultures Future*, 50 (1).
https://www.ipma.pt/pt/media/noticias/documentos/2020/JWAS_March_2019.pdf

Mora, E., Jurado, V & Mendívez, W. (2010). Diversidad de macroinvertebrados en la plataforma continental de Ecuador. *AquaDocs. Revista ciencias del*

Mar y Limnología 4(2).

<https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/5389/99-113.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Morris, K & Smith, J. (2020). First record and putative introduction of the subtropical Brown alga *Padina durvillaei* Bory (Phacophyceae, Dictyotales) in southern California, USA. *BioInvasions Records* 9(1); 50-59. <https://doi.org/10.3391/bir.2020.9.1.07>.

Mos, B., & Dworjanyn, S. A. (2019). Ready to harvest? Spine colour predicts gonad index and gonad colour rating of a commercially important sea urchin. *Aquaculture*, 505, 510–516. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.03.010>

Ouréns, R. (2013). Estrategia vital y dinámica poblacional del erizo *Paracentrotus lividus*. Tesis del Doctorado en Biología Marina y Acuicultura. Universidade da Coruña. España. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/10140>

Olascoaga, D. (2020). Diversidad taxonómica y funcional de equinoideos regulares (Echinodermata: Echinoidea) en Isla fuerte, Caribe Colombiano. Tesis de grado, Universidad de Córdoba. <https://docplayer.es/188958753-Diversidad-taxonomica-y-funcional-de-equinoideos-regulares-echinodermata-echinoidea-en-isla-fuerte-caribe-colombiano.html>

- Onomu, A., Vine, N., Ciro, M., Macey, B y Bolton, J. (2020). The effect of fresh seaweed and a formulated diet supplemented with seaweed on the growth and gonad quality of the collector sea urchin, *Tripneustes gratilla*, under farm conditions. *Aquaculture Research*, 51(10), 4087–4102. <https://doi.org/10.1111/are.14752>
- Padilla, M., Rodriguez, A., Sotelo, R & Cupul, A. (2017). Equinodermos del parque Nacional Islas Marietas: Generalidades, importancia e identificación visual como herramientas para su protección. Universidad de Guadalajara, Mexico. 7. Vol. 3 (2): 51-92. <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2017.03.03.02.0003>.
- Pelleiro, J. (2004). Dinámica de la población de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* sujeta a extracción comercial en Baja California. Tesis de grado. Repositorio institucional CICESE. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/2706/1/163131.pdf>
- Pérez, A., Gaspar, D & Rubilar, T. (2014). Echinodermata. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Echinoidea-A-anatomia-interna-de-un-erizo-de-mar-B-detalle-de-una-parte-del_fig3_268502981
- Pincay, J., Sonnenholzner, J., Isea, F & Cedeño, M. (2022). Effects of dry pelleted diets on growth and survival of the edible sea urchin *Arbacia stellata* (Blainville, 1825) for an echinoculture feasibility. *AquaTechnica* 4(3). <https://doi.org/10.33936/at.v4i3.5373> <https://doi.org/10.5281/zenodo.7478337>

Pincay, J. (2023). Efectos de dietas formuladas sobre el crecimiento y supervivencia del erizo de mar negro *Arbacia stellata* (Echinoidea: Arbaciidae). ResearchGate. DOI: 10.13140/RG.2.2.18503.06562

Polanco, D & Reyes, J. (2018). Ítems alimenticios de *Echinometra lucunter* en litorales rocosos del Noroccidente de Venezuela. ResearchGate 8 (2). https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Polanco-2/publication/353464043_ITEMS_ALIMENTICIOS_DE_Echinometra_lucunter_EN_LITORALES_ROCOSOS_DEL_NOROCCIDENTE_DE_VENEZUELA/links/60fedb25169a1a0103bb0b20/ITEMS-ALIMENTICIOS-DE-Echinometra-lucunter-EN-LITORALES-ROCOSOS-DEL-NOROCCIDENTE-DE-VENEZUELA.pdf#page=53

Prato, E., Fanelli, G., Angioni, A., Biandolino, F., Parlapiano, I., Papa, L., Denti, G., Secci, M., Chiantore, M., Kelly, M., Ferranti, M., y Addis, P. (2018). Influence of a prepared diet and a macroalga (*Ulva sp.*) on the growth, nutritional and sensory qualities of gonads of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Aquaculture*, 493, 240–250. Doi:| 10.1016/j.aquaculture.2018.05.010.

Rueda, F. (2011). *EUBACTERIA: ESPECIAL BIOLOGÍA MARINA. BREVE HISTORIA DE UNA GRAN DESCONOCIDA: LA ACUICULTURA.* <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/29260/1/Breve%20historia%20de%20una%20gran%20desconocida%20la%20Acuicultura.pdf>

- Rodríguez, A., Sotelo, R & Cupul, A. (2017). Equinodermos del Parque Nacional Islas Marietas: Generalidades, importancia e identificación visual como herramienta para su protección. *Áreas Naturales Protegidas Scripta* 3(2).
<https://doi.org/10.18242/anpscripta.2017.03.03.02.0003>
- Ruiz, R. (2014). Comportamiento de homing en el erizo cachero, *Arbacia lixula* (Echinodermata: Echinoidea). Sudocument.
<https://sudocument.ulpgc.es/files/original/e85babae85222dd6bc1592e54c525b5b85337d9b.pdf>
- Santos, P., Albano, P., Raposo, A, Ferreira, S., Lino, j y Pombo, A. (2020). The effect of temperature on somatic and gonadal development of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). *Aquaculture*, 528, 735487–735487.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735487>
- Symonds, R., Kelly, M., Suckling, C., & Young, A. (2009). Carotenoids in the gonad and gut of the edible sea urchin *Psammechinus miliaris*. *Aquaculture*, 288(1-2), 120–125.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.11.018>.
- Sonnenholzner, J. (2021). ¿Hacia dónde va la acuicultura de equinodermos en América Latina? Potencial, retos y oportunidades. *Revista de Biología Tropical*, 69(Suppl.1), S514–S549.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v69isuppl.1.46393>
- Sonnenholzner, V., Touron N. & Panchana M. (2021). Breeding, larval development, and growth of juveniles of the edible sea urchin *Tripneustes*

depressus: A new target species for aquaculture in Ecuador. *Aquaculture* 496. Pág. 134.145.

Schuhbauer, A., Brickle, P., and Arkhipkin, A. (2010). Growth and reproduction of *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea) at the southerly peripheries of their species range, Falkland Islands (South Atlantic). *Marine Biology* 157, 1837–1847.
https://www.researchgate.net/publication/225702745_Growth_and_reproduction_of_Loxechinus_albus_Echinodermata_Echinoidea_at_the_southerly_peripheries_of_their_species_range_Falkland_Islands_South_Atlantic

Tigua, H. (2021). Caracterización de la población del erizo negro en la zona intermareal rocosa de estero de Plátano. Escuela de gestión ambiental, [Tesis de grado].
<https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/53b6d44a-c518-4d57-a1e1-9bbc63e1cb65/content>

Tourón, N. (2012). Caracterización genética de poblaciones *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) en Asturias, Galicia y Canarias y desarrollo de sistemas de cultivo en batea. Universidad de Santiago de Compostela, España. Tesis doctoral. <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/8056>

Tourón, N. (2018). Determination of diets that promote the growth and gonadal maturation of *Tripneustes depressus*. University of vigo.
https://www.researchgate.net/publication/346952127_Libro_dietas_Tripneustes_PDF

Vanegas, A. (2021). Ficha de Algas Información Vinculación. Scribd.
<https://es.scribd.com/document/515747764/Ficha-de-Algas-Informacion-Vinculacion>

Vives, P. (2018). Calidad de las gonada del erizo de mar *Tripneustes depressus* (Agassiz, 1863, Echinodermata: Echinoidea) En la Bahía de la Paz, BCS, México. Tesis de grado. Instituto Politécnico Nacional. Repositorio Digital IPN.
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/31511/vivespe1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vanegas, A. (2021). Ficha de Algas Información Vinculación. Scribd.
<https://es.scribd.com/document/515747764/Ficha-de-Algas-Informacion-Vinculacion>

Vizcarra P. (2017) Determinación del efecto de las dietas natural y balanceada sobre el crecimiento, la madurez gonadal y el perfil bioquímico del “Erizo” *Loxechinus albus* (Molina 1782) en un sistema de cultivo suspendido en medio natural durante la estación estival 2014 – 2016. Tesis de Biología. Arequipa, Perú. Pág. 10-14.

Walker, C., Unuma, T., Watts, S & Harris, L. (2021). Enhancing the Commercial Quality of Edible Sea Urchin Gonads — Technologies Emphasizing Nutritive Phagocytes. In Echinoderm Aquaculture (eds N.P. Brown and S.D. Eddy). <https://doi.org/10.1002/9781119005810.ch12>

Zhadan, P., Vaschenko, M., & Almyashova, T. (2017). Effects of Environmental Factors on Reproduction of the Sea Urchin *Strongylocentrotus Intermedius*. InTech EBooks. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69511>

Zambrano, Z. (2023). Estudio Citogenético clásico. A partir de embriones de *Echinometra Vanbrunti*. Tesis de Biología. Repositorio UPSE. Santa Elena, Ecuador. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10131/1/UPSE-TBI-2023-0089.pdf>

Zupo, V., Glaviano, F., Paolucci, M., Ruocco, N., Polese, G., Cosmo, A., Costantini, M., & Mirko Mutalipassi. (2018). Roe enhancement of *Paracentrotus lividus*: Nutritional effects of fresh and formulated diets. *Aquaculture Nutrition*, 25(1), 26–38. <https://doi.org/10.1111/anu.12826>

13. ANEXOS

Anexo 1

Recolección de especies

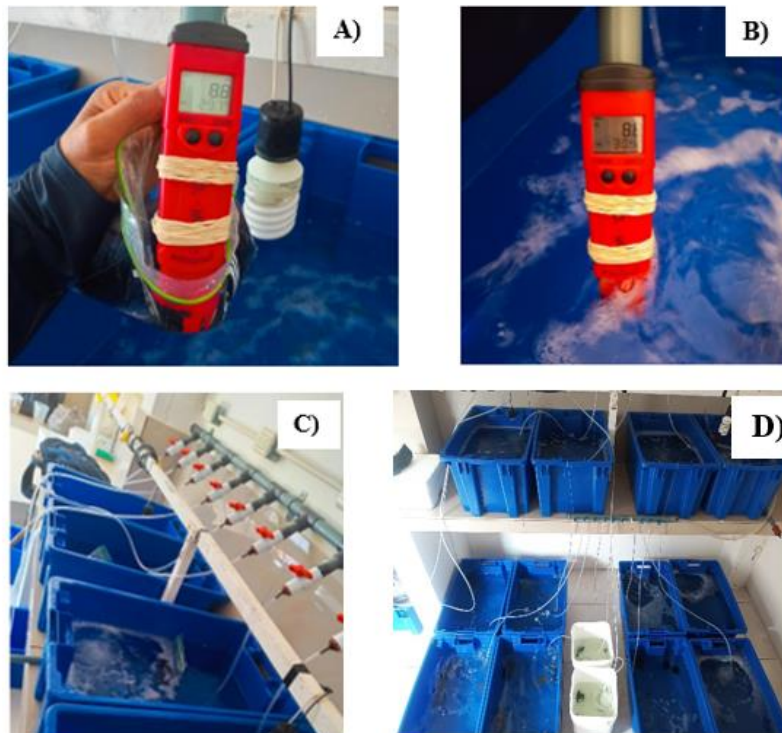


Nota. Obtención de organismos en la zona intermareal de Chullupe. A).

Recolección de *Echinometra vanbrunti*. B). Muestras de *Padina durvillaei*.

Anexo 2

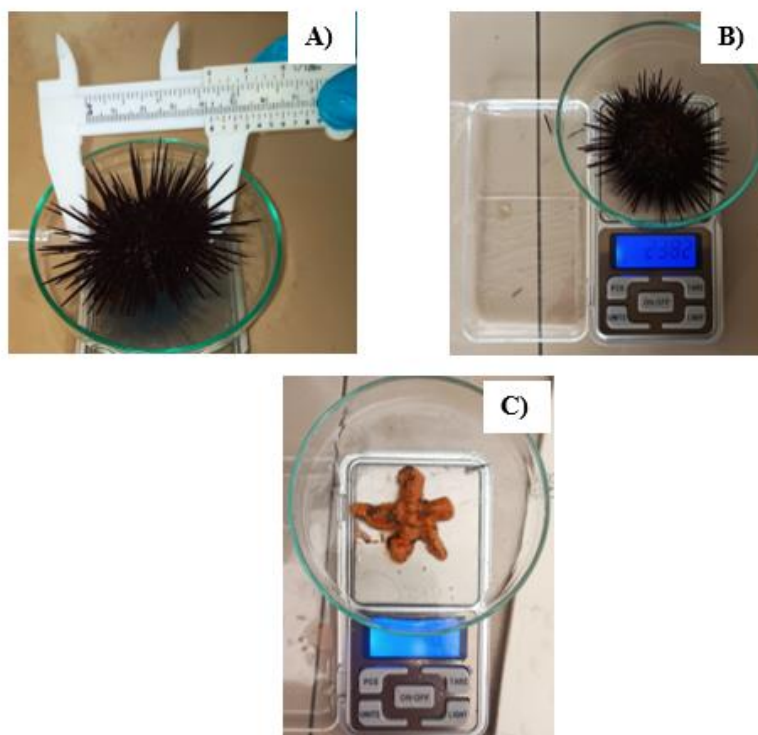
Aclimatación de organismos.



Nota. Los organismos previamente recolectados y transportados al área de estudio fueron aclimatados en gavetas plásticas. A) Temperatura ambiente del agua de mar, B). Temperatura del sistema de cultivo, C). Aclimatación de organismos y D) Sistema de cultivo.

Anexo 3

*Registros biométricos en erizo de mar *Echinometra vanbrunti**



Nota. La toma de datos de talla, peso y peso gonadal se llevaron a cabo de forma mensual para cada tratamiento alimenticio. A) Registro de talla, B). Registro de peso y C). Registro del peso de las 5 gónadas en el erizo de mar.

Anexo 4

Mantenimiento del sistema de cultivo y alimentación.



Nota. El registro de temperatura se llevo acabo de forma semanal, mientras que la limpieza de los contenedores experimentales se llevó cada dos días, para eliminar residuos de heces y alimento sobrante. A). Registro de temperatura, B). Sifoneo en gavetas plásticas con erizos de mar y C) Aplicación de alimento.

Tabla 8.

Registro de talla de erizos alimentados con Padina durvillaei.

Valores en (Mm)	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Media	34.73	35.08	35.58	36.22
Mediana	35	35	35	36
Max	38	39	39	39
Min	33	33	33	34

Nota. Patrón del crecimiento del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* de mayo a agosto, con respecto a la media, mediana, máximo y mínimo.

Tabla 9.

Registro de talla de erizos alimentados con dieta reformulada.

Valores en (mm)	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Media	35.75	36.49	37.25	39.95
Mediana	36	36	37	39
Max	39	40	42	43
Min	33	33	34	36

Nota. Patrón del crecimiento del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* de mayo a agosto, con respecto a la media, mediana, máximo y mínimo.

Tabla 10.

Registro de talla de erizos alimentados con dieta de maduración.

Valores en (mm)	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Media	35.60	35.82	36.30	38.08
Mediana	34	34	36	37
Max	40	40	42	43
Min	32	33	33	35

Nota. Patrón del crecimiento del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* de mayo a agosto, con respecto a la media, mediana, máximo y mínimo.

Tabla 11.

Incremento del diámetro de la testa de erizos de mar bajo tres tipos de dietas: natural, reformulado y maduración

Dietas	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Natural	34,73 ± 1,22	35,08 ± 1,50	35,58 ± 1,90	36,22 ± 1,83
Reformulada	35,75 ± 1,84	36,49 ± 2,09	37,25 ± 2,03	38,95 ± 2,24
Maduración	34,6 ± 1,75	34,82 ± 1,83	36,30 ± 2,32	38,08 ± 2,54

Nota. Análisis del diámetro de testa más la desviación estándar del erizo de mar *Echinometra vanbrunti*.

Tabla 12.

Registro de peso de erizos alimentados con Padina durvillaei.

Valores En (g)	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Media	21,29	21,11	22,98	25,31
Mediana	20,82	20,51	23,15	25,64
Max	30,41	33,15	29,86	29,91
Min	16,63	14,75	17,23	20,08

Nota. Aumento de peso del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* de mayo a agosto, con respecto a la media, mediana, máximo y mínimo.

Tabla 13.

Registro de peso de erizos alimentados con dieta reformulada.

Valores en (g)	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Media	25,13	24,27	26,16	28,88
Mediana	23,835	23,14	25,45	29,49
Max	35,25	35,92	37,98	38,46
Min	17,38	15,64	18,22	20,84

Nota. Aumento de peso del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* de mayo a agosto, con respecto a la media, mediana, máximo y mínimo.

Tabla 14.

Registro de peso de erizos alimentados con dieta de maduración.

Valores en (g)	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Media	21,50	21,35	22,93	25,33
Mediana	20,165	19,86	21,58	22,92
Max	40,3	35,33	38,79	39,27
Min	14,58	16,27	17,38	21,48

Nota. Aumento de peso del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* de mayo a agosto, con respecto a la media, mediana, máximo y mínimo.

Tabla 15.

Incremento del peso de erizos de mar bajo tres tipos de dietas: natural, reformulado y maduración

Dietas	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Natural	21,29 ± 2.63	21,11 ± 3.25	22,98 ± 3.48	25,31 ± 2.80
Reformulada	25,13 ± 5.75	24,27 ± 5.81	26,16 ± 5.69	28,88 ± 5.51
Maduración	21,50 ± 5.04	21,35 ± 4.97	22,93 ± 5.24	25,33 ± 5.30

Nota. Análisis de peso más la desviación estándar del erizo de mar *Echinometra vanbrunti*.

Anexo 5.

Análisis del incremento de testa mediante el test Kruskal wallis y Post hoc

The image shows two screenshots from SPSS. The top screenshot is the 'Kruskal-Wallis test for equal medians' dialog box. It displays the following statistics: $H(ch^2)$: 18.82, H_L (tie corrected): 20.23, and p (same): 4,044E-05. Below these statistics, it states: 'There is a significant difference between sample medians'. The bottom screenshot is the 'Several-sample tests' dialog box, with the 'Kruskal-Wallis' tab selected. It shows the 'Raw p values, uncorrected significance' dropdown menu. Below this, a table displays the pairwise comparison results for the three diet groups: ALIMENTO MADI, ALIMENTO REFO, and ALIMENTO NATU.

	ALIMENTO MADI	ALIMENTO REFO	ALIMENTO NATU
ALIMENTO MADI		7,739E-05	0,9071
ALIMENTO REFO	7,739E-05		0,0001252
ALIMENTO NATU	0,9071	0,0001252	

Nota. El análisis de Kruskal-Wallis reveló diferencias significativas entre los grupos. Por otro lado, las pruebas de Post hoc demostraron diferencias significativas entre las dietas de Maduración y Reformulada ($p = 7,739E-05$), y la dieta Reformulada y Natural ($p = 0,0001252$). Mientras que, no se encontró diferencias significativas entre la dieta de Maduración y Natural ($p = 0,9071$).

Anexo 6.

Análisis del peso mediante el Test de Anova y Tukey.

Several-sample tests

One-way ANOVA | Residuals | Tukey's pairwise | Kruskal-Wallis | Mann-Whitney pairwise | Dunn's post hoc

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	6,98237	2	3,49119	3,326	0,03935
Within groups:	122,795	117	1,04953		Permutation p (n=99999)
Total:	129,777	119			0,03867

Components of variance (only for random effects):

Var(group):	0,0610415	Var(error):	1,04953	ICC:	0,0549641
omega ² :	0,03733				

Levene's test for homogeneity of variance, from means p (same): 0,0007027
 Levene's test, from medians p (same): 0,001475

Welch F test in the case of unequal variances: F=5,303, df=69,68, p=0,007143

One-way ANOVA | Residuals | Tukey's pairwise | Kruskal-Wallis | Mann-Whitney pairwise | Dunn's post h

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal. Copenhaver-Holland

Significant comparisons are pink.

	A. MADURACIÓN	A. REFORMULAD	A. NATURAL
A. MADURACIÓN		0,07348	0,06626
A. REFORMULAD	3,127		0,9989
A. NATURAL	3,19	0,06328	

Nota. El análisis de ANOVA reveló diferencias significativas entre las medias de los grupos ($p < 0.05$). La prueba de Tukey identificó diferencia significativa entre la dieta reformulada y natural, con una diferencia de 0.9989. Aunque, la media de ambos grupos difiere, no se observó diferencias significativas entre las medias de la dieta maduración y los otros dos grupos.

Anexo 7.

Análisis del índice gonádico mediante el test Kruskal walis y Post hoc

Kruskal-Wallis test for equal medians

$H (chi^2)$: 8,774
 H_c (tie corrected): 8,78
 p (same): 0,0124

There is a significant difference between sample medians

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
Raw p values, uncorrected significance					
	Maduración	Reformulado	Natural		
Maduración		0,04848	0,3535		
Reformulado	0,04848		0,00372		
Natural	0,3535	0,00372			

Nota. El análisis de Kruskal-Wallis detecto diferencias significativas entre las medianas de los grupos ($p=0.0124$). El análisis post hoc mostro diferencias significativas entre la dieta de maduración y reformulado ($p = 0,03578$), así como entre la dieta reformulada y natural ($p = 0,002322$). Sin embargo, no hubo una diferencia significativa entre la dieta de maduración y natural.

Anexo 8.

Permiso de investigación con código MAATE-ARSFC-2024-0343



Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 343

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAATE-ARSFC-2024-0343

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2024-05-13	2025-05-13

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Animal
Plantae

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION

Nº de C./Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
0928199421	DE LOS SANTOS RODRIGUEZ JUAN STEVEN	Ecuatoriana	000000		Echinoidea

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA:

Nombre del Proyecto: Efectos de dietas experimentales sobre el crecimiento y calidad gonadal del erizo de mar Echinometra vanbrunti en Santa Elena - Ecuador

Anexo 9.

Análisis del alimento balanceado mediante el método de KJELDAHL.



INFORME DE ANALISIS SSA-12960-2024

1. Información general

SOLICITUD DE ANALISIS	SSA-12960-2024
FECHA DEL INFORME	21 de octubre de 2024

Datos del Cliente

NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. Juan De Los Santos
NOMBRE DE LA EMPRESA	JUAN DE LOS SANTOS
DIRECCIÓN	SANTA ELENA
TELEFONO	-

Datos de la muestra/ensayo

TIPO DE MUESTRA	Alimento		
DATOS DEL MUESTREO	Realizado por el cliente		
LUGAR DE MUESTREO	Laboratorio		
FECHA DE MUESTREO	16/10/2024		
FECHA/HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	16/10/2024	HORA:	11:07
FECHA DE ENSAYO	Inicio 16/10/2024	Fin:	21/10/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura (°C)		

2. Resultados

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	PROTINA %
ERIZO	SSA-12960-2024	27.33
	MÉTODO	Kjeldahl

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	GRASA %
ERIZO	SSA-12960-2024	7.81
	MÉTODO	Kjeldahl

Sonny Mendoza Lombana Ph.D.
Gerente General - Jefa de Laboratorio

Observaciones:

- Notas: 1. Los resultados solo se refieren a la muestra presentada al ensayo.
2. El presente informe no debe ser reproducido, excepto en forma total, sin la aprobación escrita del laboratorio.

Calle La Garzota II Mz 65 villa 6 (diagonal a Hotel Plaza Monte Carlos)

Telf: 5103890, Cel. 094816099

e.mail: sonny.mendoza@gmail.com

Guayaquil - ECUADOR

Nota. Composición de macronutrientes presentes en el alimento.

INFORME DE ANALISIS SSA-12960-2024
1. Información general

SOLICITUD DE ANALISIS	SSA-12960-2024
FECHA DEL INFORME	21 de octubre de 2024

Datos del Cliente

NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. Juan De Los Santos
NOMBRE DE LA EMPRESA	JUAN DE LOS SANTOS
DIRECCIÓN	SANTA ELENA
TELEFONO	-


Datos de la muestra/ensayo

TIPO DE MUESTRA	Alimento		
DATOS DEL MUESTREO	Realizado por el cliente		
LUGAR DE MUESTREO	Laboratorio		
FECHA DE MUESTREO	16/10/2024		
FECHA/HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	16/10/2024	HORA:	11:07
FECHA DE ENSAYO	Inicio 16/10/2024	Fin:	21/10/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura (°C)		

2. Resultados

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	CENIZA
ERIZO	SSA-12960-2024	9.67
	MÉTODO	Kjeldahl

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	HUMEDAD %
ERIZO	SSA-12960-2024	12.33
	MÉTODO	Kjeldahl


 Sonnya Mendoza Lombana Ph.D.
 Gerente General - Jefa de Laboratorio

Observaciones:

- Notas: 1. Los resultados solo se refieren a la muestra presentada al ensayo.
 2. El presente informe no debe ser reproducido, excepto en forma total, sin la aprobación escrita del laboratorio.

Anexo 10.

Análisis del alimento balanceado mediante el método de NIR.



INFORME DE ANALISIS SSA-12960-2024

1. Información general

SOLICITUD DE ANALISIS	SSA-12960-2024
FECHA DEL INFORME	21 de octubre de 2024

Datos del Cliente

NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. Juan De Los Santos
NOMBRE DE LA EMPRESA	JUAN DE LOS SANTOS
DIRECCIÓN	SANTA ELENA
TELEFONO	-


Datos de la muestra/ensayo

TIPO DE MUESTRA	Alimento		
DATOS DEL MUESTREO	Realizado por el cliente		
LUGAR DE MUESTREO	Laboratorio		
FECHA DE MUESTREO	16/10/2024		
FECHA/HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	16/10/2024	HORA:	11:07
FECHA DE ENSAYO	Inicio 16/10/2024	Fin:	21/10/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura (°C)		

2. Resultados

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	STARCH_ENZYM %
ALIMENTO	SSA-12960-2024	30.80
	MÉTODO	NIR

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	GELSTARCH %
ALIMENTO	SSA-12960-2024	7.20
	MÉTODO	NIR


 Sonny Mendoza Lombana Ph.D.
 Gerente General - Jefa de Laboratorio

Observaciones:

- Notas: 1. Los resultados solo se refieren a la muestra presentada al ensayo.
 2. El presente informe no debe ser reproducido, excepto en forma total, sin la aprobación escrita del laboratorio.

Cda La Garzota II Mz 63 villa 6 (diagonal a Hotel Plaza Monte Carlos)
 Telf. 5103890, Cel. 094816099
 e.mail: sonny.mendoza@gmail.com
 Guayaquil - ECUADOR

INFORME DE ANALISIS SSA-12960-2024
1. Información general

SOLICITUD DE ANALISIS	SSA-12960-2024		
FECHA DEL INFORME	21 de octubre de 2024		
Datos del Cliente			
NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. Juan De Los Santos		
NOMBRE DE LA EMPRESA	JUAN DE LOS SANTOS		
DIRECCIÓN	SANTA ELENA		
TELEFONO			
Datos de la muestra/ensayo			
TIPO DE MUESTRA	Alimento		
DATOS DEL MUESTREO	Realizado por el cliente		
LUGAR DE MUESTREO	Laboratorio		
FECHA DE MUESTREO	16/10/2024		
FECHA/HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	16/10/2024	HORA:	11:07
FECHA DE ENSAYO	Inicio 16/10/2024	Fin:	21/10/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura (°C)		

2. Resultados

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	MOISTURE%
ALIMENTO	SSA-12960-2024	11.30
	MÉTODO	NIR

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	ASH %
ALIMENTO	SSA-12960-2024	12.70
	MÉTODO	NIR



Sonny Mendoza Lombana Ph.D.
Gerente General - Jefa de Laboratorio

Observaciones:

- Notas: 1. Los resultados solo se refieren a la muestra presentada al ensayo.
2. El presente informe no debe ser reproducido, excepto en forma total, sin la aprobación escrita del laboratorio.

INFORME DE ANALISIS SSA-12960-2024

1. Información general

SOLICITUD DE ANALISIS	SSA-12960-2024
FECHA DEL INFORME	21 de octubre de 2024

Datos del Cliente

NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. Juan De Los Santos
NOMBRE DE LA EMPRESA	JUAN DE LOS SANTOS
DIRECCIÓN	SANTA ELENA
TELEFONO	-

Datos de la muestra/ensayo

TIPO DE MUESTRA	Alimento		
DATOS DEL MUESTREO	Realizado por el cliente		
LUGAR DE MUESTREO	Laboratorio		
FECHA DE MUESTREO	16/10/2024		
FECHA/HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	16/10/2024	HORA:	11:07
FECHA DE ENSAYO	Inicio 16/10/2024	Fin:	21/10/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura (°C)		

2. Resultados

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	GELATINISATION %
ALIMENTO	SSA-12960-2024	23.40
	MÉTODO	NIR

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	CHOLESTEROL (ppm)
ALIMENTO	SSA-12960-2024	1,586.00
	MÉTODO	NIR



Sonny Mendoza Lombana Ph.D.
Gerente General - Jefa de Laboratorio

Observaciones:

- Notas: 1. Los resultados solo se refieren a la muestra presentada al ensayo.
2. El presente informe no debe ser reproducido, excepto en forma total, sin la aprobación escrita del laboratorio.

Calle La Garzota II Mz 65 villa 6 (diagonal a Hotel Plaza Monte Carlos)

Telf. 5103890, Cel. 094816099

e.mail: sonny.mendoza@gmail.com

Guayaquil - ECUADOR

INFORME DE ANALISIS SSA-12960-2024

1. Información general

SOLICITUD DE ANALISIS	SSA-12960-2024
FECHA DEL INFORME	21 de octubre de 2024

Datos del Cliente

NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. Juan De Los Santos
NOMBRE DE LA EMPRESA	JUAN DE LOS SANTOS
DIRECCIÓN	SANTA ELENA
TELEFONO	-


Datos de la muestra/ensayo

TIPO DE MUESTRA	Alimento		
DATOS DEL MUESTREO	Realizado por el cliente		
LUGAR DE MUESTREO	Laboratorio		
FECHA DE MUESTREO	16/10/2024		
FECHA/HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	16/10/2024	HORA:	11:07
FECHA DE ENSAYO	Inicio 16/10/2024	Fin:	21/10/2024
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura (°C)		

2. Resultados

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	PROTEIN %
ALIMENTO	SSA-12960-2024	27.40
	MÉTODO	NIR

CODIGO DEL CLIENTE	CODIGO NG	FAT_NMR %
ALIMENTO	SSA-12960-2024	5.40
	MÉTODO	NIR


 Sonny Mendoza Lombana Ph.D.
 Gerente General - Jefa de Laboratorio

Observaciones:

- Notas: 1. Los resultados solo se refieren a la muestra presentada al ensayo.
 2. El presente informe no debe ser reproducido, excepto en forma total, sin la aprobación escrita del laboratorio.

*Calle La Garzota II M; 65 villa 6 (diagonal a Hotel Plaza Monte Carlos)
 Telf. 5103890, Cel. 094816099
 e.mail: sonny.mendoza@gmail.com
 Guayaquil - ECUADOR*