



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS DIETAS EXPERIMENTALES
SOBRE EL CRECIMIENTO DEL ERIZO DE MAR *Echinometra vanbrunti*
EN LA LIBERTAD, PROVINCIA DE SANTA ELENA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO MARINO

AUTOR:

MELANY DAYANA ANAGUANO QUIJIA

TUTOR:

BLGA. ANA GABRIELA BALSECA V., M.SC

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS DIETAS EXPERIMENTALES
SOBRE EL CRECIMIENTO DEL ERIZO DE MAR *Echinometra vanbrunti*
EN LA LIBERTAD, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO MARINO

AUTOR:

MELANY DAYANA ANAGUANO QUIJIA

TUTOR:

BLGA. ANA GABRIELA BALSECA V., M.SC

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

DEDICATORIA

A mi Dios y a mis padres que me lo han dado todo, empezando por la existencia y brindarme salud y vida para culminar mi meta propuesta.

A mis padres Orlando y Delfa por darme amor y apoyo en momentos difíciles brindándome su fortaleza con palabras de aliento o simplemente por estar presentes en momentos de felicidad y afrontar problemas. Gracias por enseñarme a seguir siempre adelante, dar siempre lo mejor y ser un pilar fundamental para la elaboración de esta tesis.

A mis hermanos por su acompañamiento y cariño incondicional al apoyarme con este trabajo de titulación demostrando la fuerte unión que juntos tenemos.

Y a mi hijo Adrien por estar desde el primer día, siendo parte del proyecto y por darme el impulso de mejorar día a día, iniciando por la culminación de mis estudios universitarios.

AGRADECIMIENTO

A las autoridades por liderar el proceso de formación profesional y los docentes de la Facultad de Ciencias del Mar, Carrera de Biología Marina de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por impartir enseñanzas, los cuales aportaron importantes conocimientos en mi carrera universitaria.

A mi tutora, Blga. Ana Balseca, M.SC por su acertada orientación y dedicación para mejorar esta tesis logrando guiarme y sugerir en base a su vasta experiencia siendo un soporte crítico que me permitió aprovechar los conocimientos de la investigación, por confiar en mí, siendo paciente para corregir detalles para destacar mi tesis.

A la docente Ac. Sonnya Mendoza Lombana, Ph.D. por brindarme su valioso apoyo y aportaciones en esta tesis las cuales han sido de mucha importancia.

A mi familia, por acompañarme en la etapa experimental de este proyecto, en especial a mi padre Orlando por ser constante apoyándome con el proceso investigativo permitiendo culminar mi carrera universitaria.

A mis amigos que durante la carrera universitaria supieron ser un apoyo y ejemplo de esfuerzo hasta llegar a unirnos como una familia afrontando juntos la vida de foráneos.

A las distintas personas nacionales e internacionales que supieron brindarme conocimientos, sugerencias y ser valiosas guías para el éxito de esta investigación.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



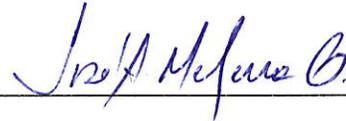
Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.
**DECANO DE LA FACULTAD
CIENCIAS DEL MAR**



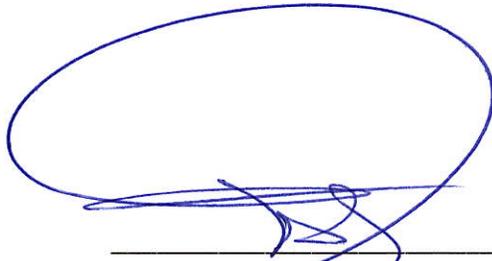
Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
**DIRECTOR DE LA CARRERA
DE BIOLOGÍA**



Blga. Ana Gabriela Balseca V., M.Sc.
DOCENTE TUTOR



Ac. José Melena C., Ph.D.
DOCENTE DE ÁREA



Abg. Luis Alberto Castro Martínez, Mgs.
SECRETARIO GENERAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por las ideas, datos, investigaciones y resultados expuestos en este trabajo de titulación pertenece exclusivamente al autor, y el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Melany Dayana Anaguano Quijia

C.I. 171913087- 2

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
3. JUSTIFICACIÓN	5
4. OBJETIVOS.....	8
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
5. HIPÓTESIS	9
6. MARCO TEÓRICO	10
6.1 Características generales	10
6.2 Biología	12
6.2.1 Locomoción.....	12
6.2.2 Sistema Ambulacral	12
6.2.3 Alimentación	12
6.2.4 Ciclo de vida.....	13
6.3 <i>Echinometra vanbrunti</i>	15
6.3.1 Taxonomía	16
6.4 Alimento natural	16
6.4.1 Características <i>Ulva lactuca</i>	16
6.4.2 Composición nutricional.....	17
6.5 Alimento artificial	19
6.6 Importancia ecológica.....	20
6.7 Importancia económica.....	21
6.8 Marco Legal.....	24
7. MARCO METODOLÓGICO.....	27
7.1 Área de estudio	27
7.2 Obtención del material biológico.....	28
7.3 Permiso de extracción de organismos	28
7.4 Traslado de organismos	29
7.5 Elaboración de alimento balanceado	29

7.6 Alimentación.....	31
7.7 Sistema de cultivo.....	31
7.8 Aspectos morfométricos.....	34
7.9 Toma de parámetros.....	35
7.10 Análisis estadístico.....	35
7.11 Análisis de Laboratorio.....	36
8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	37
8.1 Crecimiento de los erizos de mar <i>Echinometra vanbrunti</i> con las dietas experimentales.....	37
8.1.1 Incremento del diámetro de testa.....	37
8.1.2 Incremento del Peso.....	39
8.1.3 Análisis de composición nutricional.....	41
8.2 Tasa de crecimiento.....	42
8.2.1 Diámetro de testa.....	42
8.2.2 Peso.....	45
8.3 Adaptación al sistema de cultivo con las dietas experimentales.....	47
8.4 Temperatura.....	49
8.5 Salinidad.....	50
8.6 Correlación del diámetro de testa y peso de los erizos de mar, salinidad, temperatura, mortalidad y supervivencia con el alimento suministrado.....	51
8.7 Análisis de sólidos suspendidos totales (SST) del agua de cultivo.....	53
9. DISCUSIÓN.....	55
10. CONCLUSIONES.....	59
11. RECOMENDACIONES.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características morfológicas de erizos regulares y sistema apical. A: Vista lateral. B: Vista aboral. C: Vista oral. D, E y F: Localización de poros genitales, ano, madreporito y placas genitales, anales y oculares.....	11
Figura 2. Linterna de Aristoteles.....	13
Figura 3. Ciclo de vida del erizo de mar.....	14
Figura 4. Erizo de mar (<i>Echinometra vanbrunti</i>)	15
Figura 5. Anatomía del erizo de mar.....	23
Figura 6. Erizo de mar de A) sexo femenino y B) sexo masculino.....	24
Figura 7. Lugar de la investigación. A: Mapa del Ecuador y Provincia de Santa Elena.....	27
Figura 8. Diseño de acuario.....	33
Figura 9. Sistema de cultivo.....	33
Figura 10. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables estudiadas en el alimento vivo (Diámetro de testa, peso, salinidad, temperatura, mortalidad y supervivencia)	52
Figura 11. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables estudiadas en el alimento balanceado (Diámetro de testa, peso, salinidad, temperatura, mortalidad y supervivencia)	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Incremento del diámetro de testa mensual del tratamiento con alimento vivo y sus réplicas.....	38
Gráfico 2. Incremento del diámetro de testa mensual del tratamiento con alimento balanceado y sus réplicas.....	39
Gráfico 3. Incremento del peso mensual del tratamiento con alimento vivo y sus réplicas.....	40
Gráfico 4. Incremento del peso mensual del tratamiento con alimento balanceado y sus réplicas.....	41
Gráfico 5. Tasa de crecimiento del diámetro de la testa de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.....	43
Gráfico 6. Porcentaje de crecimiento del diámetro de la testa de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.....	44
Gráfico 7. Tasa de crecimiento del peso de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.....	45
Gráfico 8. Porcentaje de crecimiento del peso de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.....	46

Gráfico 9. Mortalidad y Supervivencia de los erizos de mar del tratamiento con alimento vivo.....	47
Gráfico 10. Mortalidad y Supervivencia de los erizos de mar del tratamiento con alimento balanceado.....	48
Gráfico 11. Mortalidad mensual de los erizos de mar del tratamiento con alimento vivo y balanceado.....	49
Gráfico 12. Temperatura mensual en tratamientos de alimento vivo y balanceado.....	50
Gráfico 13. Salinidad mensual en tratamientos de alimento vivo y balanceado.....	51
Gráfico 14. Concentración de solidos suspendidos totales de acuarios de Alimento vivo, balanceado y agua de mar.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición proximal de la <i>Ulva lactuca</i>	17
Tabla 2. Contenido de vitaminas en la <i>Ulva lactuca</i>	18
Tabla 3. Contenido de minerales en la <i>Ulva lactuca</i>	18
Tabla 4. Contenido de aminoácidos en la <i>Ulva lactuca</i>	18
Tabla 5. Composición de la dieta experimental (alimento extruido) por 1 kg.....	30
Tabla 6. Etiquetado de acuarios.....	34
Tabla 7. Porcentaje teórico nutricional del alimento balanceado.....	42
Tabla 8. Porcentaje promedio nutricional del alimento vivo.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 12. Preparación (A) y acondicionamiento del sistema de cultivo (B).....	69
Figura 13. Colección de individuos <i>Echinometra vanbrunti</i> en el intermareal rocoso de la playa de San Lorenzo – Salinas. A y B: Identificación y observación de erizos de mar. C y D: Medición de diámetro de testa de los erizos de mar para investigación.....	70
Figura 14. Extracción de algas verdes <i>Ulva lactuca</i>	71
Figura 15. Aclimatación de erizos de mar al sistema de cultivo con algas verdes.....	71
Figura 16. Preparación del alimento balanceado.....	72
Figura 17. Sistema de cultivo en el área de estudio.....	73
Figura 18. Compilación de agua de mar (A). Toma de parámetros de salinidad (B) y temperatura (C) de los acuarios del sistema de cultivo.....	74
Figura 19. Toma de datos del peso (A), medición (C) de erizos de mar y pesado del algas (B) para alimentación.....	75
Figura 20. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de A) Diámetro de testa de O; B) Diámetro de testa de réplica 1 (R1); C) Diámetro de testa de réplica 2 (R2); D) Diámetro de testa de réplica 3 (R3) y E) Diámetro de testa de réplica 4 (R4) de los erizos sometidos con Alimento Vivo (AV).....	76
Figura 21. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de A) Peso de O; B) Peso de réplica 1 (R1); C) Peso de réplica 2 (R2); D) Peso de réplica 3	

(R3) y E) Peso de réplica 4 (R4) de los erizos sometidos con Alimento Vivo (AV).....	77
Figura 22. Prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene) a los valores de diámetro de testa (A) y peso (B) con alimento vivo.....	78
Figura 23. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de A) Diámetro de testa de O; B) Diámetro de testa de réplica 1 (R1); C) Diámetro de testa de réplica 2 (R2); D) Diámetro de testa de réplica 3 (R3) y E) Diámetro de testa de réplica 4 (R4) de los erizos sometidos con Alimento Balanceado (AB).....	81
Figura 24. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de A) Peso de O; B) Peso de réplica 1 (R1); C) Peso de réplica 2 (R2); D) Peso de réplica 3 (R3) y E) Peso de réplica 4 (R4) de los erizos sometidos con Alimento Balanceado (AB).....	82
Figura 25. Prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene) a los valores de diámetro de testa (A) y peso (B) con alimento balanceado.....	83
Figura 26. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de mortalidad (A) y supervivencia (B) de Alimento Vivo.....	86
Figura 27. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de mortalidad (A) y supervivencia (B) de Alimento Balanceado.....	87
Figura 28. Prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene) a los valores de mortalidad y supervivencia con alimento vivo (A) y balanceado (B).....	88
Figura 29. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de temperatura de Alimento Vivo (A) y Alimento Balanceado (B).....	90

Figura 30. Prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene) a los valores de temperatura de alimento vivo y balanceado.....	91
Figura 31. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de salinidad de Alimento Vivo (A) y Alimento Balanceado (B).....	92
Figura 32. Prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene) a los valores de salinidad de alimento vivo y balanceado.....	93
Anexo 1 Autorización de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica.....	94

GLOSARIO

Abundancia: Número de individuos totales en una población.

Ad Libitum: Es el manejo de la alimentación mediante el cual se ofrece a los animales alimento a voluntad.

Calidad del Agua: Describe las características físico – químicas y biológicas del agua aptas para un uso particular.

Densidad: Número de individuos por unidad de superficie o volumen.

Dieta: Conjunto de sustancias alimenticias que un ser vivo consume diariamente.

Dinámica Poblacional: Estudio de la composición de una población y sus cambios a lo largo del tiempo.

Fototropismo Negativo: Crecimiento en la dirección contraria a la fuente de luz.

Hidrodinámica: Estudio del comportamiento del movimiento de los líquidos.

Locomoción: Desplazamiento de un ser vivo de un lugar a otro.

Pies Ambulacrales: Sistema de locomoción de los equinodermos.

Recursos Marinos: Conjunto de elementos bióticos y abióticos del mar que tienen un valor económico.

Riqueza Biológica: Número de especies presentes en un área y en un determinado período de tiempo.

Sobreexplotación: Explotación de un recurso natural desmesuradamente.

Taxonomía: Ciencia que jerarquiza y sistematiza los grupos de flora y fauna.

Toxicología: Identificación y cuantificación del efecto de productos tóxicos o venenosos sobre el organismo.

SIMBOLOGÍA

%: Porcentaje

cm: Centímetro

g: Gramo

Kcal: Kilocaloría

Kg: Kilogramo

L: Litro

m: Metro

mm: Milímetro

UPS: Unidades prácticas de salinidad

ABREVIATURAS

CENAIM: Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas.

CITT: Centro de Innovación y Transferencia de Tecnología.

INOCAR: Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada.

IPIAP: Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca.

MAATE: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

MPCEIP: Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca.

SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

SST: Sólidos Suspendidos Totales

USC: Universidad de Santiago de Compostela.

RESUMEN

En la presente investigación se comparó el efecto de dos dietas experimentales a base de alimento vivo y balanceado suministradas al erizo de mar *Echinometra vanbrunti* en cautiverio analizando su crecimiento y supervivencia. El sistema de cultivo tuvo 12 acuarios cada uno con 10 erizos, a cinco acuarios se les suministró alimento vivo con el alga verde *Ulva lactuca* extraída de la zona intermareal y las otras cinco una dieta artificial preparada con diferentes harinas (trigo, maíz, soya, algas, pescado) y otros elementos (minerales y vitamina), así como, dos acuarios de reserva aplicadas el mismo tratamiento. Durante 6 meses se registró semanalmente la longitud (diámetro de testa), peso, supervivencia, así como, parámetros de temperatura y salinidad. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas en el crecimiento por diámetro de testa y peso ($p < 0.05$) evidenciando una tasa promedio del incremento del diámetro de testa con alimento balanceado de 0.15 mm/mes y peso de 0.64 g/mes a comparación con el alimento vivo de 0.13 mm/mes de diámetro de testa y peso de 0.16 g/mes durante los seis meses., también se obtuvo una supervivencia de *E. vanbrunti* del 50% con *Ulva lactuca* y 40% con balanceado causado por factores externos. La temperatura y salinidad varió de 21°C a 24.5°C y 34 UPS a 35 UPS respectivamente, la calidad del agua de acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis de sólidos suspendidos totales fue buena. Este estudio se considera un éxito porque los erizos se adaptaron a una dieta artificial como el balanceado, la misma que tuvo reproducción al igual que en el tratamiento con *Ulva lactuca*.

Palabras clave: Balanceado, Erizo de Mar, Crecimiento, Supervivencia

1. INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, la acuicultura ha ido en aumento mediante la producción global de alimentos para el consumo humano, sin embargo, el cultivo se ha enfocado en peces, moluscos y crustáceos dejando de lado a los equinodermos representando un porcentaje bajo en producción de tal manera que ha llevado a países denominados de “primer mundo” a promover cultivos con nuevos recursos marinos para diversificar el mercado acuícola (Sonnenholzner-Varas, 2021) con estrategias de dietas experimentales y sistemas de cultivo que ayuden a reducir el tiempo de cultivo, engorde y reproducción.

Mientras que en Latinoamérica, el mayor productor acuícola es Chile seguido de Brasil, México, Colombia y Ecuador estando en constante expansión para lograr satisfacer la gran demanda alimenticia principalmente de los países asiáticos evitando de esta manera la sobreexplotación en el medio natural de productos marinos al ser considerados de alta calidad nutricional, añadiendo a los equinodermos poco estudiados los cuales son organismos invertebrados marinos con simetría radial y bilateral con un sistema vascular acuífero con movilidad lenta y hábitos alimenticios diferentes como herbívoros, carnívoros, detritívoros u omnívoros, por ejemplo, los erizos de mar que son especies que presentan placas calcáreas rodeada de espinas son importantes en el medio marino por crear refugio a otros invertebrados gracias a los

orificios que produce con sus espinas y forma de alimentación en las rocas llamado bioturbación llegando a controlar la riqueza biológica (Soriano, 2014) mediante su alimentación donde para realizar el cultivo de estos organismos es importante conocer las condiciones del agua, así como sus parámetros, ya que varían de acuerdo con la localidad (Sonnenholzner-Varas, 2021) influyendo directamente en el tipo de alimento que se necesita suministrar a los erizos de mar debido a que estos se destacan por presentar un crecimiento rápido, así como, adaptación al cautiverio con alimento natural o balanceado porque deben ser dietas capaces de satisfacer la nutrición necesaria en cada etapa de desarrollo llegando a implementar y formular alimentos capaces de aportar compuestos esenciales con condiciones estables.

En el Ecuador, la acuicultura se ha enfocado en especies de crustáceos, peces y moluscos tradicionales dejando de lado a los equinodermos, del cual solo se tiene mayor información del cultivo en pepinos de mar realizados por el CENAIM, a pesar de que los erizos de mar también pueden llegar a ser una fuente de ingresos adicional del país porque países asiáticos y europeos son consumidores de sus gónadas generando la necesidad de producir estos organismos a gran escala logrando así diversificar los cultivos de especies comerciales.

Por estas razones esta investigación, al estudiar el cultivo de erizos de mar en condiciones controladas con dietas a base de algas o balanceado demostrará que se sigue realizando avances en la acuicultura al ser una alternativa sostenible a futuro ayudando a reducir la presión sobre los bancos naturales mediante el repoblamiento(Sonnenholzner et al., 2019) y lograr una producción acuícola, al igual que en países extranjeros suministrándoles alimento balanceado a los erizos marinos, el cual favorecerá el crecimiento en talla y peso asegurando de mejor manera el contenido nutricional facilitando la administración y disponibilidad del alimento a comparación con el alimento a base de algas.

Por ello, la importancia de esta investigación es la comparación del efecto de la dieta a base de *Ulva lactuca* y alimento balanceado para registrar el crecimiento y adaptación al cautiverio por lo cual, al ofrecer al erizo de mar alimento balanceado como alternativa para su adaptación a sistemas de cultivo permitirá conocer las condiciones óptimas para un buen desarrollo (Vizcarra Piérola, 2017) que beneficiará a las zonas litorales ecuatorianas con la repoblación de larvas así como, la creación de cultivos a gran escala.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, en el Ecuador los pocos estudios realizados en erizos de mar como densidad, abundancia y distribución no están enfocados en la alimentación para evaluar el crecimiento y mortalidad en condiciones de laboratorio, por ello se debe garantizar un alimento con las necesidades nutricionales adecuadas para que estos organismos puedan producirse de manera sostenible a largo plazo. Además, de que es necesario el estudio de nuevas fuentes de ingreso económico tanto en sector privado como público, al ser un país acuicultor enfocado en cultivos de camarones, moluscos y peces comerciales tradicionales. Esto ha dado como resultado que los equinodermos como el erizo de mar no sea objeto de estudio para cultivo masivo al ser una especie nueva de la cual no se tiene una base de datos sobre las condiciones óptimas, ya sea los parámetros que se necesita, el tipo de alimentación y tasa de crecimiento para cada etapa de desarrollo, así como métodos de identificación para evaluar el crecimiento y mortalidad. De igual manera, la falta de atención para desarrollar programas, proyectos o planes de gestión y conservación de estos invertebrados bentónicos como *Echinometra vanbrunti* a comparación con los organismos comerciales explotados ha producido carencia de información sobre la adaptación del alimento balanceado en *E. vanbrunti* en estado adulto en cautiverio, incluyendo datos sobre los parámetros adecuados para un buen desarrollo y registros sobre la tasa de crecimiento y supervivencia en condiciones controladas.

3. JUSTIFICACIÓN

En el mundo la acuicultura ha sido de gran importancia para lograr satisfacer la gran demanda de recursos alimenticios como los productos marinos, por ser estos una fuente alta en nutrientes como proteínas, grasas, vitaminas y minerales, como los erizos de mar que al ser considerados un alimento apetecido por sus gónadas ha llegado a alcanzar un precio alto en mercados internacionales (USD\$50-\$250/kg) produciendo un volumen sobre las 80 mil toneladas anuales en peso húmedo (Sonnenholzner & Campos, s.f.), sin embargo, estas especies también tienen aplicaciones en biotecnología, farmacéutica y cosmética, por tal motivo en países asiáticos y europeos tuvieron que desarrollar estudios para resolver problemas de sobreexplotación de erizos marinos en el medio natural, dando como resultado el cultivo sostenible y repoblación de los organismos mediante la adaptación de alimento balanceado y sistemas de cultivo proporcionando información de condiciones adecuadas en cada etapa de desarrollo.

De igual manera, en América latina, en países como Perú, Chile y México están mayormente diversificando su acuicultura con especies de erizos de mar por existir el interés de satisfacer la demanda en otros países con mayor consumo, porque estas especies poseen un gran potencial de adaptación al alimento artificial facilitando su

cultivo al proporcionarles requerimientos nutricionales necesarios para su buen desarrollo.

Del mismo modo, en el Ecuador la acuicultura con mayor producción es el camarón por lo cual estudiar nuevas especies como el erizo de mar dará al mercado acuícola avances importantes en el ámbito investigativo, económico y de conservación mediante programas de cultivo logrando una producción masiva, así como el repoblamiento a largo plazo (Sonnenholzner-Varas, 2021).

Por ende, el litoral ecuatoriano al estudiar a los equinodermos principalmente al erizo de mar desarrollará a futuro un cultivo sostenible con dietas alternativas como el balanceado en condiciones de laboratorio el cual dará como resultado la comercialización puesto que se estudiará cada etapa de desarrollo logrando así un ciclo cerrado.

Sin embargo, en la actualidad el cultivo de los erizos de mar y los parámetros que necesita, están muy poco estudiados en nuestro país, por lo cual este trabajo investigativo tiene la finalidad de probar dietas para el crecimiento teniendo en consideración el tipo de alimento que consume de manera natural el erizo de mar

Echinometra vanbrunti y brindando una dieta alternativa como el balanceado en un sistema de cultivo observando su adaptabilidad (Lope Sosa, 2016) para establecer condiciones y parámetros que beneficien su desarrollo y gracias a los registros que proporcionará este estudio será una base que dará paso a siguientes investigaciones donde a futuro se pueda comercializar y repoblar la zona costera ecuatoriana.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar el efecto de dietas experimentales a base de *Ulva lactuca* y balanceado para el crecimiento mediante el cultivo en condiciones experimentales del erizo de mar *Echinometra vanbrunti*.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar alimento balanceado para comparación con *Ulva lactuca* relacionando el crecimiento en talla y peso.
- Determinar el porcentaje de adaptación de los erizos de mar al sistema de cultivo según la dieta aplicada.
- Registrar las variaciones de temperatura y salinidad del sistema de cultivo de *Echinometra vanbrunti*, de acuerdo con el alimento suministrado.

5. HIPÓTESIS

El erizo de mar *Echinometra vanbrunti* alimentado con balanceado tuvo un crecimiento en talla y peso similar a los erizos alimentados con *Ulva lactuca*.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Características generales

Los erizos de mar pertenecen a la clase Echinoidea conformado por 800 especies aproximadamente incluyendo dólares de mar, estos organismos están compuestos por un esqueleto interno calcáreo, quiere decir que, posee placas de calcita, estas al estar fuertemente fusionadas forman la testa, la cual puede tener diferentes morfologías permitiendo dividirlo en dos grupos llamados erizos “regulares” con testa esférica y simetría pentaradial como los erizos de mar y erizos “irregulares” con testa más aplanada y simetría bilateral como el dólar de mar. Estos dos grupos presentan 20 columnas de placas donde 5 pares constituyen los ambulacros con perforaciones por donde salen los pies ambulacrales y 5 pares interambulacros formados desde la parte oral hasta la parte aboral (Figura 1 A, B, C). También cuenta con 10 placas en el sistema apical, 5 placas genitales cada placa esta perforada con poros genitales por donde los huevos o espermia son expulsados para la reproducción incluso en una placa se encuentra el madreporito y 5 placas oculares cada placa tiene un orificio por donde sale un pie ambulacral (Figura 1 D, E, F).

La testa está cubierta por varios tubérculos que sirven de sostén a las espinas ya que estas son móviles y de varios tamaños cumpliendo funciones de locomoción,

percepción y defensa de depredadores (Borrero et al., 2012), por tal motivo, al presentar esta característica es denominado equinodermo que significa “animales con piel espinosa” (Vizcarra Piérola, 2017). Además, la testa puede presentar pequeños apéndices con forma de mandíbula denominados pedicelarios con diferentes morfologías ya sea en tamaño y forma que cumple funciones como la alimentación, remoción de detritos y protección de depredadores y organismos parásitos (Borrero et al., 2012).

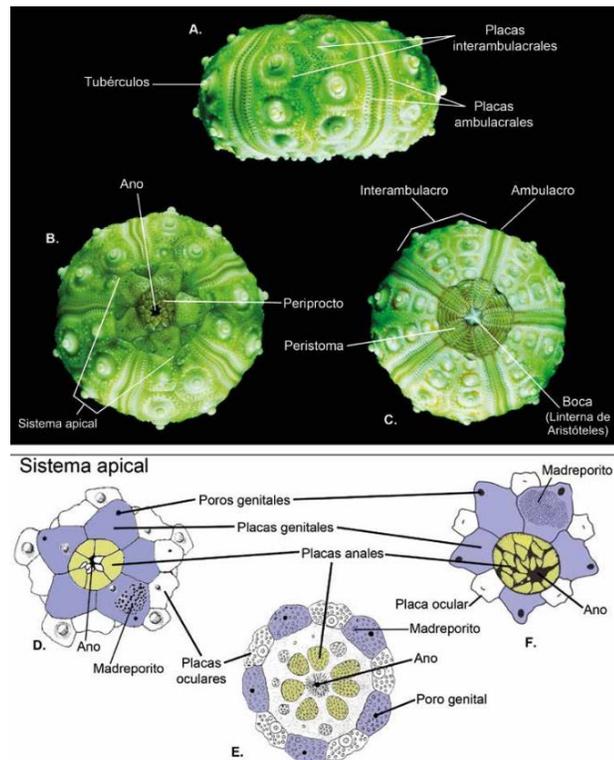


Figura 1. Características morfológicas de erizos regulares y sistema apical. A: Vista lateral. B: Vista aboral. C: Vista oral. D, E y F: Localización de poros genitales, ano, madreporito y placas genitales, anales y oculares.

Fuente: Borrero et al., 2012

6.2 Biología

6.2.1 Locomoción

Para desplazarse en cualquier dirección emplean las espinas y los pies ambulacrales como órganos locomotores ya sea para buscar alimento o refugio al presentar fototropismo negativo recurriendo a áreas con poca intensidad lumínica como grietas o zonas rocosas del intermareal donde perforan rocas y superficies duras para evitar la acción del oleaje (Soriano, 2014).

6.2.2 Sistema Ambulacral

Está constituida por una serie de canales y apéndices de la pared del cuerpo, los canales internamente están revestidos por epitelio ciliado con líquidos conectando el exterior mediante el madreporito. En la superficie del madreporito tiene surcos recubiertos por epitelio ciliado de la parte superficial del cuerpo. Los surcos poseen en el fondo poros que atraviesan el madreporito con canales y se dirigen hacia el interior del cuerpo (Soriano, 2014).

6.2.3 Alimentación

Los erizos poseen un aparato masticador muy desarrollado llamada linterna de Aristóteles (Figura 2) donde mayormente dentro de la boca está constituida con 5 dientes fuertes y filudos calcáreos los cuales se encuentran dentro de un saco dental

encargado de compensar un diente al desgastarse ya que cumplen con la función de cortar y raspar algas y fanerógamas para alimentarse. Esta estructura masticadora posee músculos encargados de retraer los dientes y evertir la linterna al exterior permitiendo tirar el alimento. La actividad alimentaria junto al movimiento de las espinas produce una acción de erosión formando grietas y huecos. También intercalan ciclos de nutrición teniendo fases de reposo entre 1.5 a 2 días (Borrero et al., 2012; Menéndez, 2006; Soriano,2014).

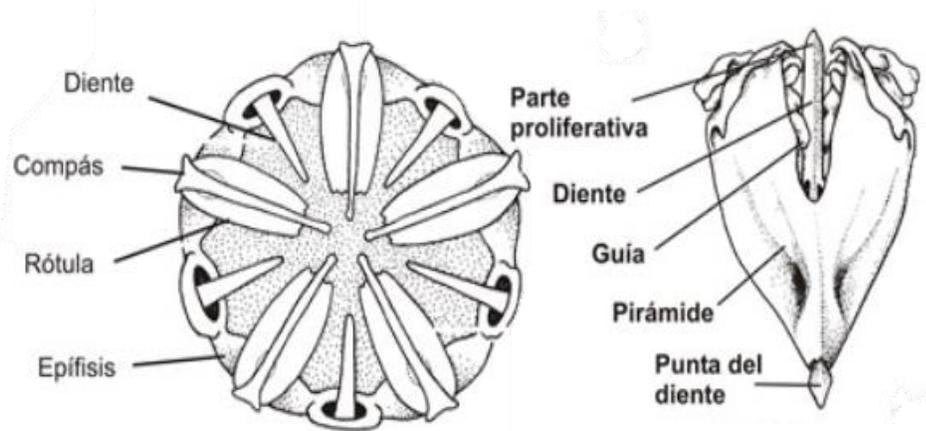


Figura 2. Linterna de Aristoteles

Fuente: Modificada de Menéndez, 2006

6.2.4 Ciclo de vida

Son dioicas sin dimorfismo sexual con fecundación externa (Figura 3), durante el periodo reproductivo liberan gametos masculinos y femeninos al medio donde se fecundan transcurrido un minuto, en ese momento comienza la etapa embrionaria hasta

48 horas aproximadamente donde inicia la etapa larvaria, pasando por la fase prisma, pluteus, 4, 6 y 8 brazos durante 25 días aproximadamente produciéndose la metamorfosis seguido del asentamiento al sustrato (roca o conchilla) y cambio de vida planctónica a bentónica (Lope Sosa, 2016).

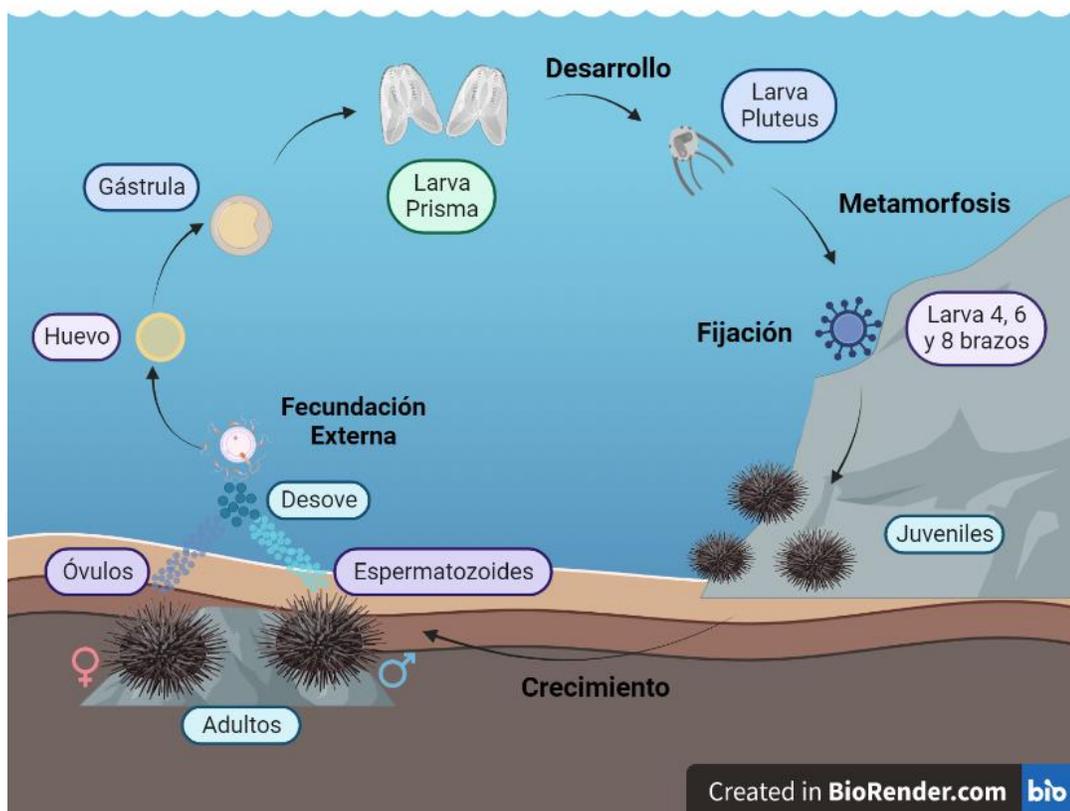


Figura 3. Ciclo de vida del erizo de mar

Fuente: Modificada de Bustos y Olave, 2001

6.3 *Echinometra vanbrunti*

Es una especie bentónica de color morado con una testa de forma ovalada cubierta de espinas cónicas, robustas, afiladas y estriadas de color púrpura o negro que habita en el intermareal rocoso y aguas someras a una profundidad de 3 m generalmente, encontrándose en posas de marea o grietas entre rocas adhiriéndose fuertemente al sustrato y excavando agujeros ya sea en sustratos rocosos, arenosos y arrecifes coralinos (López Aburto, 2021; González Peláez, 2004). Estos organismos se distribuyen desde el Norte de California Central hasta el Sur de Perú y en la costa ecuatoriana se encuentran distribuidos en Salinas, Punta Carnero, Los Frailes hasta las Islas Galápagos existiendo en esta mayor abundancia, así como en Colombia (Tigua, 2021).



Figura 4. Erizo de mar (*Echinometra vanbrunti*)

Fuente: Cazares, 2017

6.3.1 Taxonomía

Phylum: Echinodermata

Clase: Echinoidea

Subclase: Euechinoidea

Orden: Camarodonta

Familia: Echinometridae

Género: *Echinometra*

Especie: *Echinometra vanbrunti*

(Agassiz, 1863)

6.4 Alimento natural

Las clorófitas (*Ulva lactuca*), rodofitas (*Laurencia obtusa*) y feofíceas (*Lessonia sp*, *Sargassum natas*) son especies que cumplen el rol de alimentación, protección y refugio para una gran cantidad de invertebrados, peces y flora en los ecosistemas bentónicos permitiendo una coexistencia al generar espacios habitables llamadas por ese motivo ingenieras ecosistémicas.

6.4.1 Características *Ulva lactuca*

Ulva lactuca también llamada lechuga de mar es un alga laminar de color verde claro a intenso, con hojas redondeadas y foliácea que puede llegar a medir 1 m de longitud. Esta alga tolera salinidades bajas encontrándose en el intermareal hasta 20 m y en zonas

con aportes nitrogenados, además están presentes en todo el mundo y en abundancia que aporta a sus consumidores antioxidantes, ácidos grasos (Omega 3), proteínas y vitaminas como B12 (Logroño, 2018).

6.4.2 Composición nutricional

Ulva lactuca presenta concentraciones proteicas similares a los alimentos naturales como legumbres, por ejemplo, lentejas, arvejas y fréjoles detalladas en la tabla 1 (Sumarriva Bustinza et al., 2019). Además, se especifica el contenido de vitaminas (Tabla 2), minerales (Tabla 3) y aminoácidos (Tabla 4) de acuerdo con varios autores.

Tabla 1. Composición proximal de la *Ulva lactuca*

Autor	Sumarriva Bustinza et al., 2019	Ortiz, 2012	D'Armas et al., 2019
Parámetro	%		
Proteína	27.38	27.2 ± 1.1	5.54 ± 0.02
Fibra	3.37	-	0.96 ± 0.03
Grasa	0.48	0.3	0.33 ± 0.01
Nifex / Carbohidrato	44.70	61.5 ± 0.8	45.52 ± 0.04
Ceniza	24.07	11.0 ± 0.1	26.99 ± 0.26
Energía	3408.8 cal/g	357.5 kcal/ 100g	2071.4 ± 0.15 Kcal/kg

Tabla 2. Contenido de vitaminas en la *Ulva lactuca*

Autor	Sumarriva Bustinza et al., 2019	Rasyid, 2017
Vitamina	mg/100g	mg/kg
Tiamina	0.257	4.87
Riboflavina	0.05	0.86
Carotenos	0.3	< 0.5
Niacina	0.98	-

Tabla 3. Contenido de minerales en la *Ulva lactuca*

Autor	Sumarriva Bustinza et al., 2019	Rasyid, 2017	Jatmiko et al., 2019
Minerales			
Cobre	2.1 µg/g	-	-
Zinc	25.6 µg/g	-	-
Potasio	15.68 mg/g	467 mg/100g	4.46%
Calcio	21.81 mg/g	1828 mg/100g	1.95%
Magnesio	15.14 mg/g	-	7.92%
Sodio	1.42 mg/g	364 mg/100g	6.86%
Fósforo	6.31 mg/g	0.05 %	-

Tabla 4. Contenido de aminoácidos en la *Ulva lactuca*

Autor	Sumarriva Bustinza et al., 2019	García Rodríguez et al., 2022	Ortiz et al., 2006
Aminoácidos	%	g	mg/100g
Lisina	1.32	0.5874	723.3 ± 8.5

Histidina	0.20	0.2466	133.9 ± 1.5
Arginina	1.54	0.8887	486.6 ± 3.5
Ácido aspártico	2.05	1.0701	1487.0 ± 8.5
Treonina	1.21	0.5079	797.8 ± 7.5
Serina	1.20	0.4933	833.2 ± 5.9
Acido glutámico	2.97	0.9586	1508.4 ± 9.5
Prolina	0.28	0.4478	0.7 ± 0.1
Glicina	1.32	0.6978	815.6 ± 5.7
Alanina	3.19	0.6331	1096.4 ± 10.5
Valina	1.35	0.5225	339.2 ± 4.5
Metionina	0.36	0.2361	671.7 ± 8.5
Isoleucina	0.74	0.4104	550.0 ± 7.1
Leucina	1.53	0.7311	1034.5 ± 8.9
Tirosina	0.21	0.4014	435.2 ± 1.5
Fenilalanina	1.20	0.4882	1245.4 ± 12.5

6.5 Alimento artificial

Este alimento consiste en ser una mezcla homogénea de ingredientes con diferentes porciones lo cual busca satisfacer todas las necesidades nutricionales de un organismo suministrado como único alimento asegurando una ración diaria balanceada o dieta equilibrada (Lope Sosa, 2016) logrando en un futuro producciones rentables en cultivos al beneficiar el desarrollo, crecimiento y reproducción de una población.

6.6 Importancia ecológica

Los equinodermos al pertenecer a los macroinvertebrados bentónicos son fundamentales por las relaciones dentro de la cadena trófica y los diferentes cambios ambientales que alteran la distribución y abundancia de sus poblaciones. Además, al componer parte de la biomasa del bentos se evalúa la productividad secundaria del mar, esto quiere decir que forman parte clave e integral en la cadena alimenticia de los ecosistemas marinos (Carballo & Pocasangre, 2007).

Los holoturoideos, equinoideos y asteroideos son utilizados para estudios de derrames petroleros debido a que son idóneos al ser indicadores de contaminación porque son fáciles de identificar y cuantificar en campo, de igual manera se ha evidenciado que poseen una persistencia y fuerte respuesta inmediata a los derrames de petróleo al encontrarse en aguas someras logrando con ello evaluar los impactos negativos (Carballo & Pocasangre, 2007).

Los erizos de mar en los ecosistemas marinos tienen el papel de descomponer materia orgánica porque son especies comunes y con gran abundancia, incluyendo que dentro de la cadena alimenticia constituyen el principal alimento para peces junto a otras especies zoobentónicas y son importantes para el reciclaje de nutrientes a través de procesos de remoción de sedimento por acción de la marea acelerando los procesos de

remineralización, por ello el estudiar a estas comunidades relacionándolo con las redes tróficas, dinámica poblacional y ecología beneficia en el manejo eficiente de los recursos. También poseen la capacidad de cambiar la composición, abundancia y distribución de algas perturbando indirectamente a otras especies de fauna marina, desequilibrando a las comunidades si las densidades superaran de 7 a 20 individuos x m² (Carballo & Pocasangre, 2007; Tigua, 2021; Soriano, 2014).

El grupo de equinodermos poseen diferentes estrategias alimenticias puesto que suelen habitar diversos ambientes y se adapta a diferentes condiciones al estar sometidos con frecuencia al fuerte hidrodinamismo en donde esa característica les permite colonizar y protegerse de los fuertes oleajes y suelen alimentarse por absorción corporal, alimentadores de depósito y suspensión, herbívoros, detritívoros, depredadores, oportunistas, comensalismo, entre otros. Sin embargo, tomando en cuenta los niveles tróficos los equinodermos son considerados como herbívoros, sedimentívoros, carroñeros, carnívoros y omnívoros. (Carballo & Pocasangre, 2007; Soriano, 2014).

6.7 Importancia económica

Los caparzones de los erizos de mar son utilizados como fertilizantes, aunque mayormente se comercializa sus gónadas, que son consumidas en algunos lugares crudas con limón o cocidas y guisadas. Este alimento es considerado como nutritivo y

se le ha asignado la característica de ser “afrodisíaco”. En la actualidad las gónadas son un producto marino donde internacionalmente alcanza el precio comercial de 50\$ a 100\$/kg dando paso a generar la expansión de esta pesquería mundialmente. Son altamente apetecidas en Europa (Francia, Dinamarca, Irlanda e Islandia), Asia (Japón, Rusia, China, Corea) y América (Estados Unidos, Canadá, México y Chile). Aunque Japón es el primer país potencial en consumir gónadas de erizos calculando anualmente que se produce 60.000 toneladas aproximadamente, pero se explota tanto especies locales como erizos importados de algunos países de Estados Unidos y Chile, para su exportación suelen almacenarlos en fresco, congeladas, en salmuera, fermentadas o el organismo completo. Anteriormente Japón excedía la demanda de consumo de sus pesquerías y para abastecer el mercado se generó pesquerías a nivel mundial (Carballo & Pocasangre, 2007; Soriano, 2014).

Las gónadas al ser la parte comestible están localizadas en la parte superior del caparazón (Figura 5), las masas glandulares en hembras son de coloración amarillo anaranjado y en machos de color blancuzco y finos (Figura 6). De acuerdo con el Centro de Innovación y Transferencia de Tecnología (CITT) de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) indica que estos organismos pueden disminuir el riesgo cardiovascular y también poseen un elevado contenido proteico, así como gran cantidad de fosforo y hierro resultando ser un alimento bajo en calorías ya que cada 100 g contiene 68.70 Kcal (Soriano, 2014). De acuerdo con países en donde se

consumen gónadas de erizo y al ser un recurso comercial deben tener un diámetro igual o superior a 55 mm para ser capturados en donde dependiendo la especie puede tardar 3 años en alcanzar la talla comercial en un ambiente natural.

También los huevos del erizo de mar se han investigado con frecuencia al ser abundantes, así como fáciles de recolectar y manejar. Mediante investigaciones embriológicas se puede observar las fases de desarrollo con precisión y con partenogénesis artificial al cambiar la química del agua de mar se puede iniciar el desarrollo sin la necesidad de la intervención de un espermatozoide (Carballo & Pocasangre, 2007).

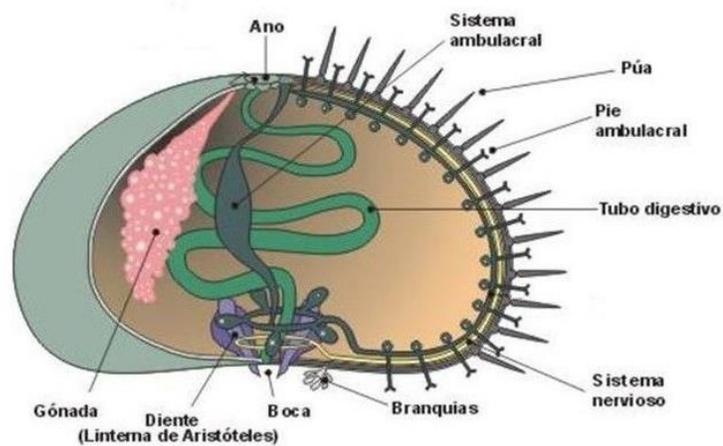


Figura 5. Anatomía del erizo de mar

Fuente: Brunetti, 2019

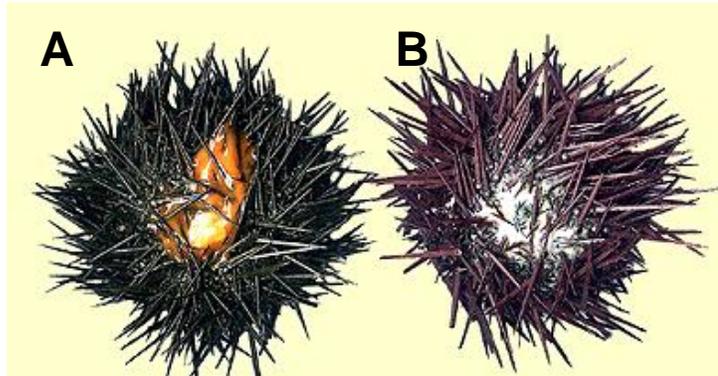


Figura 6. Erizo de mar de A: sexo femenino y B: sexo masculino.

Fuente: Delarue, 2004

Sin embargo, el CENAIM desde el 2016 hasta el 2018 ha investigado a los pepinos de mar como nueva especie para consumo y repoblación de bancos naturales los cuales se realizan mediante el estudio y siembra piloto de juveniles de pepino de mar en varias localidades de la provincia de Santa Elena (Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas, 2016-2018), dando así la oportunidad de estudiar a los equinodermos en cultivos masivos para lograr el incremento de especies nuevas como el erizo de mar en el comercio y repoblación en zonas explotadas.

6.8 Marco Legal

La Constitución del Ecuador al ser la norma jurídica suprema establece dentro de la misma derechos a la naturaleza promoviendo la conservación y protección de la biodiversidad manteniendo un desarrollo sostenible, descritos en el artículo 405 y 406 otorgando al Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SNAP el manejo y uso

sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados como los ecosistemas marinos y marinos – costeros (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008).

El convenio sobre la diversidad biológica fomenta la conservación de la diversidad biológica al ser un interés común de la humanidad, teniendo como objetivo brindar medidas que conduzcan a un futuro sostenible, además cubrirá el desarrollo en la ciencia, política y educación (Naciones Unidas, 2022).

La Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca establece un régimen jurídico para el desarrollo de las actividades acuícolas y pesqueras en todas sus fases fomentando la protección, conservación, investigación, explotación y uso de los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas manteniendo un enfoque sustentable y sostenible, en el artículo 5 menciona que los recursos hidrobiológicos y las riquezas naturales existentes en los espacios acuáticos y terrestres jurisdiccionales, son bienes nacionales cuyo aprovechamiento sustentable y sostenible será regulado y controlado por el Estado ecuatoriano (Asamblea Nacional, 2020).

En el Ecuador las entidades reguladoras sobre las actividades acuícolas y pesqueras están constituidas en la actualidad por el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca – MPCEIP, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica – MAATE y el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca – IPIAP, cada uno planificando, promoviendo, coordinando, ejecutando e impulsando la aplicación de políticas, planes y programas para el aprovechamiento sustentable y sostenible de los recursos hidrobiológicos importantes en la economía ecuatoriana.

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1 Área de estudio

La investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio de prácticas de la Facultad Ciencias del Mar de la carrera de Biología en la Universidad Península de Santa Elena ubicada en el Cantón Libertad en las coordenadas de latitud $2^{\circ}14'1.33''S$ y longitud $80^{\circ}52'34.94''O$ en la provincia de Santa Elena - Ecuador (Figura 7 A y B).



Figura 7. Lugar de la investigación. A: Mapa del Ecuador y Provincia de Santa Elena.

B: Área de estudio, sitio de recolección de erizos y extracción de algas.

Fuente: Modificado de Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2010 y Google Maps, 2022.

7.2 Obtención del material biológico

Se colectaron de manera manual con ayuda de una espátula a 120 individuos de *Echinometra vanbrunti* con un rango entre 35 a 45 mm de diámetro de testa en el intermareal rocoso de la playa de San Lorenzo – Salinas (Figura 7 B), para esto se utilizó la tabla de mareas del INOCAR y se tomó el peso con balanza digital de estos individuos en el área de estudio, luego se procedió a extraer 145 g de algas verdes (*Ulva lactuca*) en la playa localizada en La Libertad detrás de la Unidad Educativa Santa Teresita (Figura 7 B), posteriormente se incorporaron todos los organismos en el sistema de cultivo. La extracción de algas se realizó cada 8 días durante 6 meses como alimento vivo.

7.3 Permiso de extracción de organismos

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica – MAATE otorgó la debida autorización de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica con el código MAAE-ARSFC-2022-2113, modificada en junio del 2022 al aumentar el número de extracción de organismos para la investigación.

7.4 Traslado de organismos

Los organismos capturados se transportaron en un recipiente circular plástico para minimizar el estrés y evitar su deterioro hasta llegar al lugar de estudio, en donde el sistema de cultivo estaba previamente acondicionado.

7.5 Elaboración de alimento balanceado

La preparación del alimento balanceado fue tomada de Vizcarra Piérola (2017) en donde se adaptó la composición de la dieta experimental de acuerdo con el manual de cultivo de Erizo *Loxechinus albus* (Bustos y Olave, 2001).

Se pesaron las harinas (Tabla 5) en un recipiente con una balanza digital marca Truper, posteriormente se tamizaron para eliminar los grumos, además se agregó 1.5 L de agua y se procedió a mezclar.

Tabla 5. Composición de la dieta experimental (alimento extruido) por 1 kg.

Componente	Peso (g)
Harina de maíz	320
Harina de trigo	270
Harina de soya	115
Harina de algas	180
Harina de pescado	75
Aceite de pescado	24
Sales minerales	13
Vitamina C	3

Fuente: Vizcarra Piérola, 2017

En otro recipiente se disolvieron 500 g de fécula de maíz con 1000 ml de agua hirviendo, luego, ésta se incorporó a la mezcla anterior de forma homogénea, a continuación, se agregó 40 g de gelatina sin sabor disueltos en 250 ml de agua hirviendo, finalmente se agregó el aceite de pescado junto con la vitamina C y el extracto de zanahoria (100 ml/kg de alimento) (Vizcarra Piérola, 2017), por último, se horneó la mezcla a 180°C por 15 minutos.

La ración alimentaria para un erizo de 40 a 50 mm de diámetro es de 0.3-0.5 g/día, por lo que se suministró en el sistema de cultivo 3 g/día de *Ulva lactuca* y alimento balanceado a 10 erizos por cada acuario (Vizcarra Piérola, 2017).

7.6 Alimentación

La alimentación de los erizos de mar en los acuarios sometidos al tratamiento con *Ulva lactuca* se considera como dieta experimental al aplicarse solo una especie de macroalga la cual se suministró como alimento cada 8 días mientras que a los organismos con tratamiento de alimento balanceado fue tres veces por semana. Además, se realizó mantenimiento para eliminar la acumulación de materia orgánica evitando la degradación del medio de cultivo, siendo la alimentación *ad libitum* (Lope Sosa, 2016).

7.7 Sistema de cultivo

El sistema de cultivo constó de 12 acuarios de vidrio rectangulares con medidas de 30 cm (altura) x 45 cm (largo) x 30 cm (ancho) y una capacidad de 41 L, colocando 27 L de agua de mar (Figura 8). Se ubicaron a los acuarios en dos estanterías metálicas de manera simétrica a 15 cm de distancia cada una, con 2 oxigenadores de seis salidas marca JAD conectados con mangueras de acuario flexibles fijadas en la parte superior y un filtro biomecánico marca JAD realizando mantenimiento cada 15 días para

mantener la calidad del medio el cual constaba con un sistema de aireación permitiendo la difusión de la oxigenación de manera continua.

Cada acuario contó con 10 individuos de erizo de mar *Echinometra vanbrunti* sometidos a dos tratamientos alimenticios: cinco con alimento vivo (*Ulva lactuca*) y cinco con alimento balanceado (Figura 9 y Tabla 6), para mantener el número inicial de los organismos se tuvo 10 erizos de mar en reserva por cada tratamiento en las mismas condiciones para realizar la reposición de estos en los acuarios que lo requirieron.

Cada estantería metálica estuvo cubierta completamente con una malla mosquitera para evitar la contaminación con organismos externos durante los meses de Julio a Diciembre 2022. Para el recambio de agua de mar se recolectó la misma en la playa de San Lorenzo en un contenedor de 200 L de capacidad para facilitar su traslado al área de estudio donde se extrajo el 50% (14 Litros) del agua de cultivo de cada acuario cada 15 días como recambio y para renovar su medio se extrajo el 25% (7 Litros) dos veces a la semana.

Los erizos de mar tuvieron un periodo de aclimatación por un mes al sistema de cultivo suministrándoles únicamente alimento natural (*Ulva lactuca*) la primera semana a los

dos tratamientos. Posteriormente se hizo un proceso de transición con el alimento balanceado.

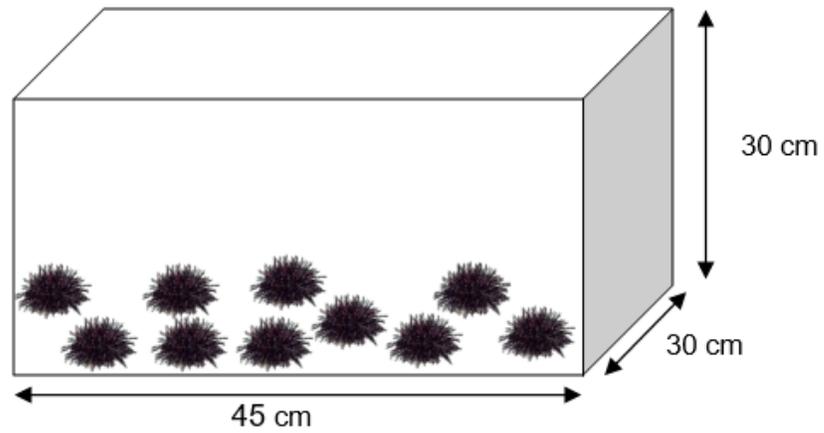


Figura 8. Diseño de acuario

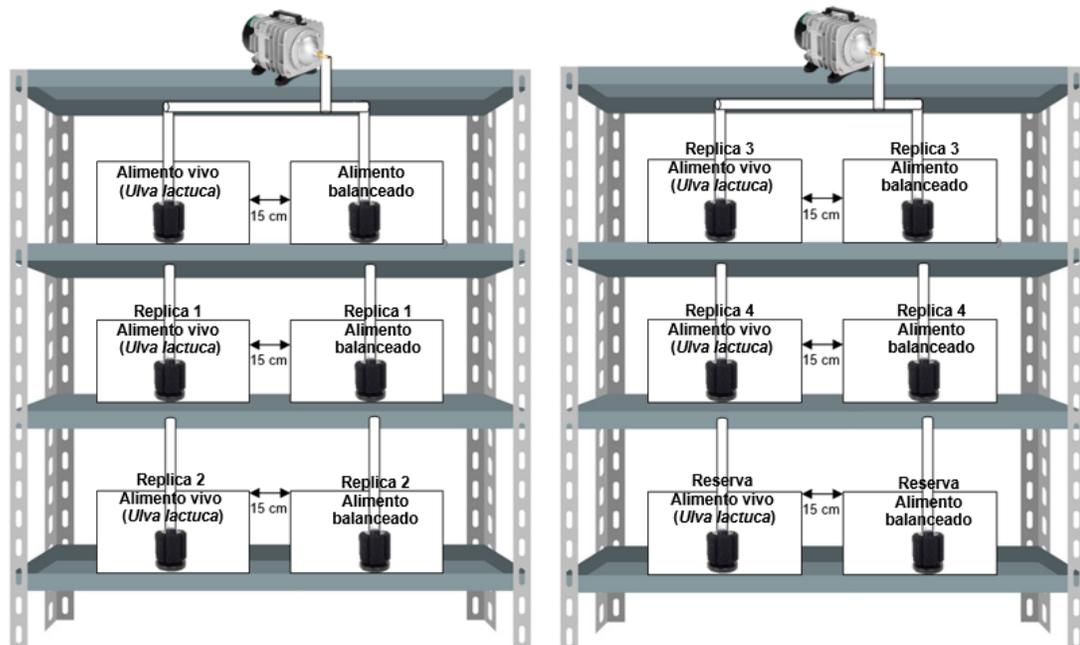


Figura 9. Sistema de cultivo

Tabla 6. Etiquetado de acuarios

Alimento Vivo <i>(Ulva lactuca)</i> (AV)	0
	R1
	R2
	R3
	R4
Alimento Balanceado (AB)	0
	R1
	R2
	R3
	R4

7.8 Aspectos morfométricos

Se registró semanalmente medidas de longitud total o diámetro de la testa y el peso total de los erizos usando un calibrador vernier y una balanza digital marca Truper respectivamente (Lope Sosa, 2016).

7.9 Toma de parámetros

Se tomaron datos semanales de parámetros de salinidad y temperatura en cada acuario mediante un refractómetro y un termómetro (Bustos y Olave, 2001).

7.10 Análisis estadístico

Para hallar la tasa de crecimiento del diámetro de testa y peso de cada acuario se utilizó la siguiente fórmula (Parker, 2002):

$$\text{Tasa de crecimiento} = \frac{(\text{Talla/Peso final}) - (\text{Talla/Peso inicial})}{\text{Talla/Peso inicial}}$$

También, para calcular el porcentaje de supervivencia de cada tratamiento se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Supervivencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de erizos vivos}}{N^{\circ} \text{ de erizos total}} \times 100$$

Además, luego de obtener los datos de los tratamientos estudiados, se determinó la normalidad de los datos utilizando una prueba de Anderson-Darling. Después, se realizó una prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene). Así mismo, para comparar las medias en los distintos tratamientos se aplicó ANOVA de una vía, con $p < 0.05$ como valor de significancia y un test posterior de Tukey.

Para verificar la correlación entre las variables y los puntos de muestreo se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), además de un test paramétrico de

Pearson. Todas las pruebas estadísticas se realizaron usando los programas MINITAB versión 19.0. y STATGRAPHICS CENTURION versión 16.1.03 para corroborar los resultados finales.

7.11 Análisis de Laboratorio

Para determinar la calidad del agua se envió a realizar en el laboratorio NUEVAGESTIÓN el análisis de sólidos suspendidos totales del agua de mar para recambio y de cada tratamiento al sexto mes (Diciembre) de la investigación utilizando el método gravimétrico el cual consiste en la filtración de la muestra bien mezclada a través de un filtro de fibra de vidrio estándar previamente pesado, posterior se realiza el secado del filtro con el residuo retenido a un peso constante en un horno a 103 – 105°C y se obtiene el peso de los sólidos suspendidos totales con la siguiente formula (Burgos Galeano, Castellanos Peñafiel & Hernández, 2019):

$$\frac{\text{mg SST}}{L} = \frac{(A - B) \times 1000000}{\text{Vol (mL)}}$$

Además, se realizó en el mismo laboratorio el análisis de composición nutricional del alimento elaborado mediante la espectroscopia por infrarrojo cercano (NIR) metodología que se basa en la quimiometría, asociando la luz absorbida en la muestra de alimento para determinar la composición química con ecuaciones de predicción por cada componente de alimento (Rivera-Rivera & Alba-Maldonado, 2017).

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1 Crecimiento de los erizos de mar *Echinometra vanbrunti* con las dietas experimentales.

8.1.1 Incremento del diámetro de testa

En los erizos de mar *Echinometra vanbrunti* alimentados con *Ulva lactuca* se observa en el gráfico 1, el valor máximo en el primer mes en la réplica 2 (R2) con 37.41 mm y el mínimo en la réplica 4 (R4) con un valor de 35.3 mm mientras que en el mes de diciembre el valor máximo se encuentra en O con 43.38 mm y el mínimo en la réplica 4 (R4) con 37.69 mm. Teniendo como promedio la talla de 38.45 mm en los organismos alimentados con alga durante los seis meses de estudio. Las letras dentro del gráfico 1 señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

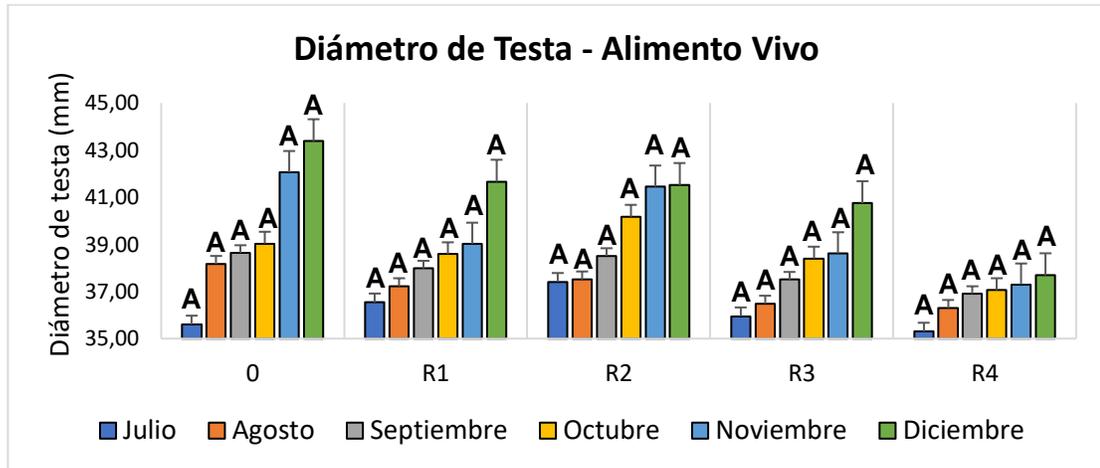


Gráfico 1. Incremento del diámetro de testa mensual del tratamiento con alimento vivo y sus réplicas.

En los erizos de mar alimentados con balanceado se observa en el gráfico 2, el valor máximo en el primer mes en la réplica 2 (R2) con 37.74 mm y el mínimo en la réplica 1 (R1) con un valor de 35.44 mm, mientras que en el mes de diciembre el valor máximo se encuentra en la réplica 3 (R3) con 43 mm y el mínimo en la réplica 1 (R1) con 40.5 mm. Teniendo como promedio la talla de 39.51 mm en los organismos alimentados con balanceado durante los seis meses de estudio. Las letras dentro del gráfico 2 señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

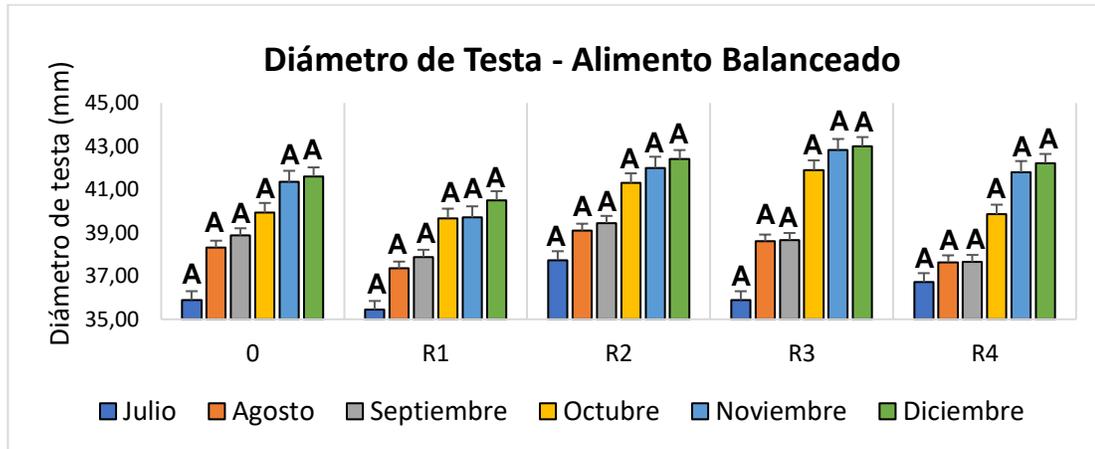


Gráfico 2. Incremento del diámetro de testa mensual del tratamiento con alimento balanceado y sus réplicas.

8.1.2 Incremento del Peso

El resultado del incremento del peso en los erizos alimentados con *Ulva lactuca* se observa en el gráfico 3, el valor máximo en el primer mes en la réplica 3 (R3) con 18.72 g y el mínimo en la réplica 4 (R4) con un valor de 18 g, mientras que en el mes de diciembre el valor máximo se encuentra en la réplica 2 (R2) con 24.2 g y el mínimo en la réplica 4 (R4) con 20.65 g. Teniendo como promedio el peso de 20.39 g en los organismos alimentados con alga durante los seis meses de estudio. Las letras dentro del gráfico 3 señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

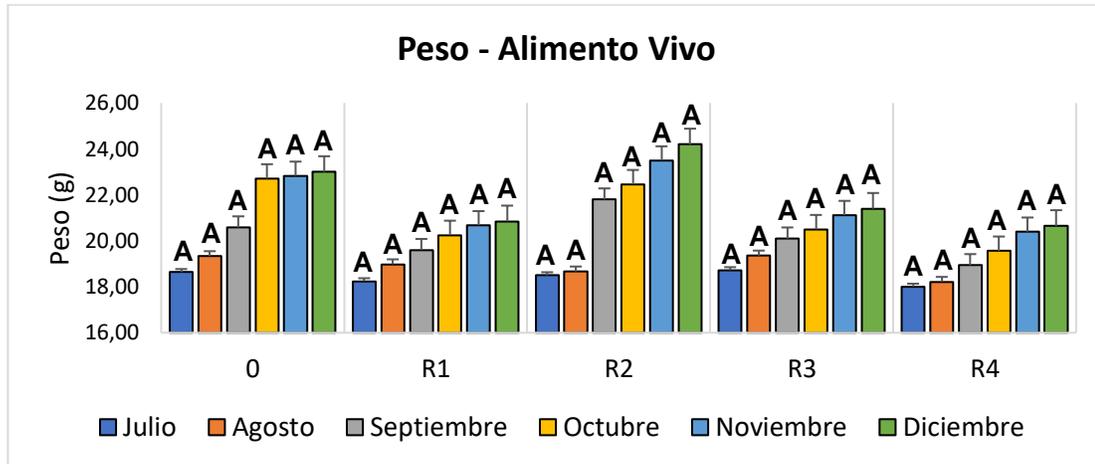


Gráfico 3. Incremento del peso mensual del tratamiento con alimento vivo y sus réplicas.

El resultado del incremento del peso en los erizos alimentados con balanceado se observa en el gráfico 4, el valor máximo en el primer mes en O con 21 g y el mínimo en la réplica 3 (R3) con un valor de 12.9 g, mientras que en el mes de diciembre el valor máximo se encuentra en la réplica 1 (R1) con 32.51 g y el mínimo en la réplica 4 (R4) con 20.44 g. Teniendo como promedio el peso de 22.92 g en los organismos alimentados con balanceado durante los seis meses de estudio. Las letras dentro del gráfico 4 señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

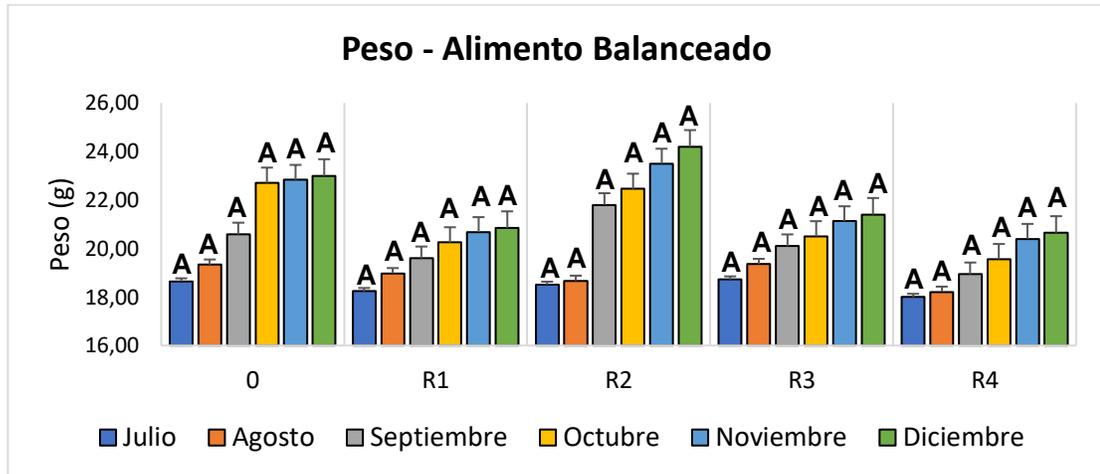


Gráfico 4. Incremento del peso mensual del tratamiento con alimento balanceado y sus réplicas.

8.1.3 Análisis de composición nutricional

La composición de la dieta experimental utilizada en la investigación presenta una baja calidad nutricional (Tabla 7) para los organismos por contener una proteína con un porcentaje inferior a los alimento balanceados acuícolas, al igual que la grasa, sin embargo, al comparar con los valores promedio de *Ulva lactuca* (Tabla 8) el alimento balanceado tiene valores casi similares siendo aceptado hasta la culminación de la investigación.

Tabla 7. Porcentaje nutricional del alimento balanceado

	Porcentaje
Proteína	14%
Grasa	1%
Humedad	11%
Cenizas	6%

Tabla 8. Porcentaje promedio nutricional del alimento vivo

	Porcentaje
Proteína	20%
Grasa	0.4%
Humedad	-
Cenizas	21%

8.2 Tasa de crecimiento

8.2.1 Diámetro de testa

La tasa de crecimiento del diámetro de testa de los erizos de mar durante los meses de Julio a Diciembre 2022 obtenidos de acuerdo al tratamiento de alimento vivo (AV) y alimento balanceado (AB) con sus respectivas réplicas (gráfico 5) muestra que en el tratamiento con alimento vivo el valor máximo está en O con 0.22 mm y el valor

mínimo está en replica 4 (R4) con 0.07 mm, mientras que en el tratamiento de alimento balanceado el valor máximo es de 0.2 mm en replica 3 (R3) y el mínimo es de 0.12 mm en replica 2 (R2). Se obtuvo una tasa de crecimiento mayor en los erizos de mar con alimento balanceado resultado del promedio general que es de 0.15 mm a comparación con el alimento vivo que es de 0.13 mm.

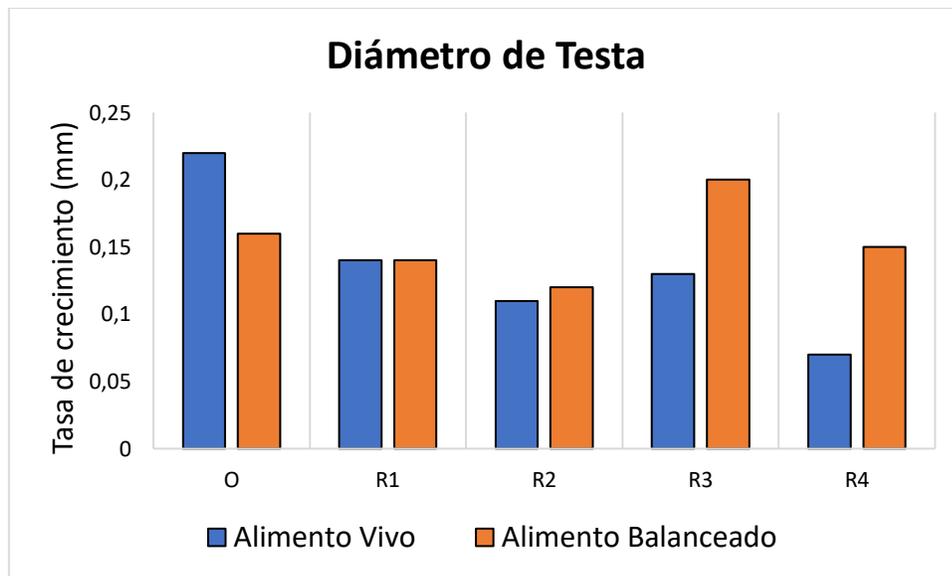


Gráfico 5. Tasa de crecimiento del diámetro de la testa de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.

El porcentaje de crecimiento del diámetro de testa de los erizos de mar durante los meses de Julio a Diciembre 2022 obtenidos de acuerdo al tratamiento de alimento vivo (AV) y alimento balanceado (AB) con sus respectivas réplicas (gráfico 6) muestra que

en el tratamiento con alimento vivo el máximo porcentaje se observa en el O con 61% y el mínimo en la réplica 4 (R4) con 53%, mientras que en el tratamiento de alimento balanceado el porcentaje máximo está en replica 3 (R3) con 60% y el mínimo se observa en la réplica 2 (R2) con 56%. Además, el porcentaje promedio de crecimiento del tratamiento con alimento vivo aplicado a los erizos de mar es del 57% a comparación con el alimento balanceado que es de 58%, demostrando que el aumento de los porcentajes del diámetro de testa fue mayor al 53%.

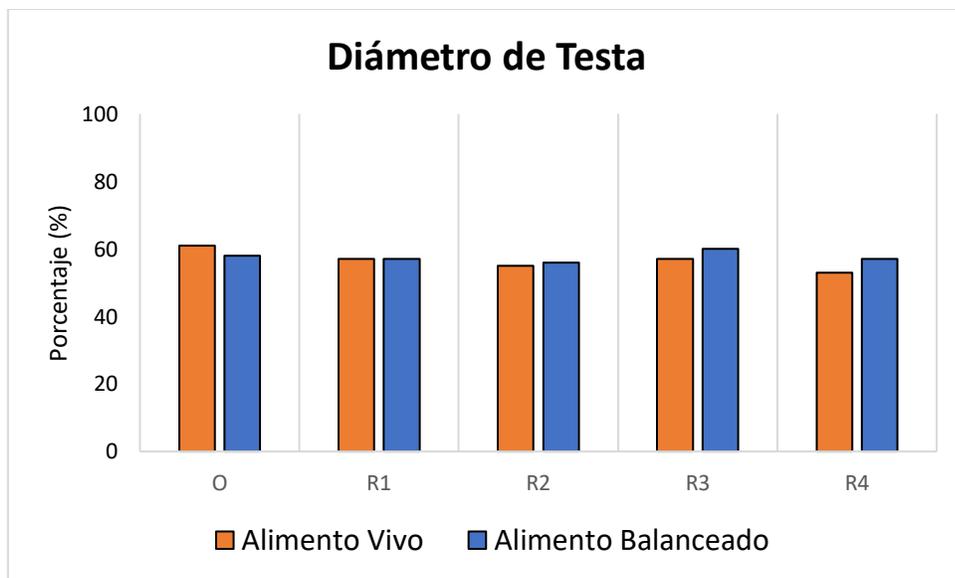


Gráfico 6. Porcentaje de crecimiento del diámetro de la testa de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.

8.2.2 Peso

La tasa de crecimiento del peso de los erizos de mar durante los meses de Julio a Diciembre 2022 obtenidos de acuerdo al tratamiento de alimento vivo (AV) y alimento balanceado (AB) con sus respectivas réplicas (Gráfico 7) muestra que en el tratamiento con alimento vivo el valor máximo está en replica 2 (R2) con 0.3 g y el valor mínimo está en replica 1 (R1) con 0.1 g, mientras que en el tratamiento de alimento balanceado el valor máximo es de 1.5 g en replica 3 (R3) y el mínimo es de 0.17 g en replica 4 (R4). Se obtuvo una tasa de crecimiento mayor en los erizos de mar con alimento balanceado resultado del promedio general que es de 0.64 g a comparación con el alimento vivo que es de 0.16 g.

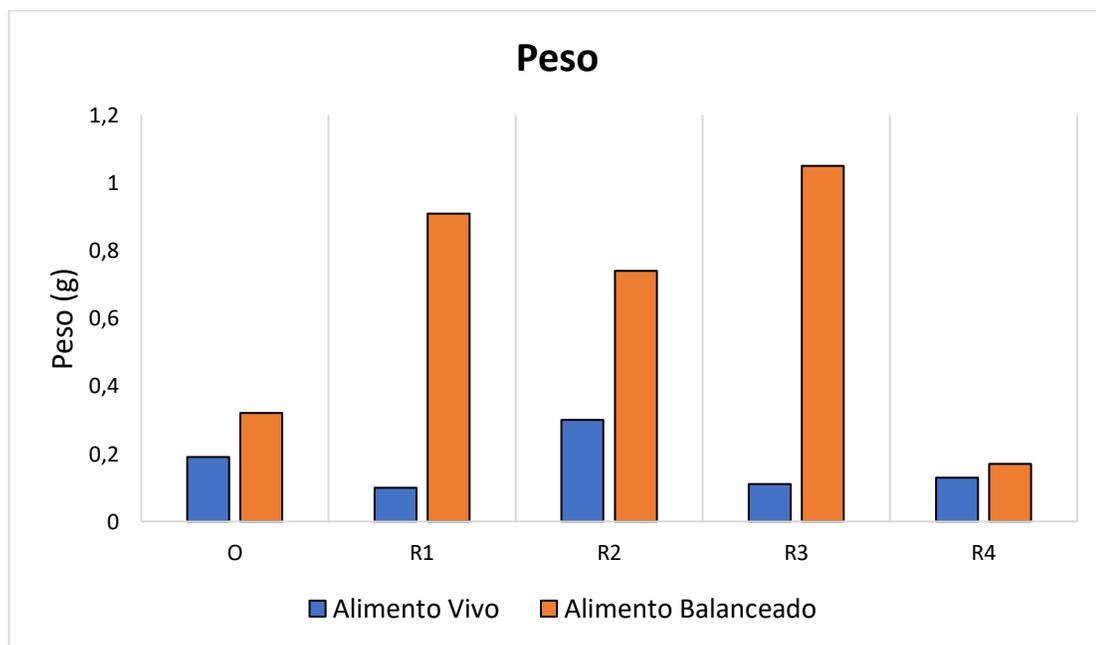


Gráfico 7. Tasa de crecimiento del peso de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.

El porcentaje de crecimiento del peso de los erizos de mar durante los meses de Julio a Diciembre 2022 obtenidos de acuerdo al tratamiento de alimento vivo (AV) y alimento balanceado (AB) con sus respectivas réplicas (gráfico 8) muestra que en el tratamiento con alimento vivo el máximo porcentaje se observa en la réplica 2 (R2) con 65% y el mínimo en la réplica 1 (R1), replica 3 (R3) y replica 4 (R4) con 57%, mientras que en el tratamiento de alimento balanceado el porcentaje máximo está en replica 3 (R3) con 100% y el mínimo se observa en la réplica 4 (R4) con 59%. Además, el porcentaje promedio de crecimiento del tratamiento con alimento vivo aplicado a los erizos de mar es del 60% a comparación con el alimento balanceado que es del 82%, demostrando que el aumento de los porcentajes del peso fue mayor al 57%.

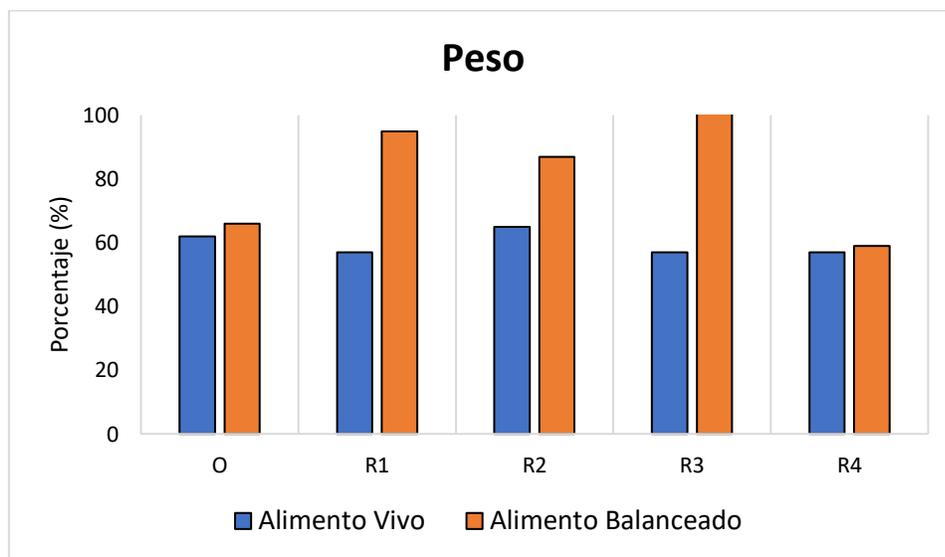


Gráfico 8. Porcentaje de crecimiento del peso de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.

8.3 Adaptación al sistema de cultivo con las dietas experimentales

En los datos de mortalidad del tratamiento con alimento vivo (Gráfico 9) se observa que existió mayor supervivencia con 8 organismos en la réplica 1 (R1) y menor supervivencia con 3 organismos en O durante los 6 meses de investigación evidenciándose un 50% de supervivencia. Así mismo, los valores del tratamiento con alimento balanceado (Gráfico 10) se obtuvo 8 organismos como supervivencia máxima en replica 1 (R1) y como mínima 1 organismo en replica 3 (R3) demostrando una supervivencia del 40%. Las letras dentro del gráfico 9 y gráfico 10 señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

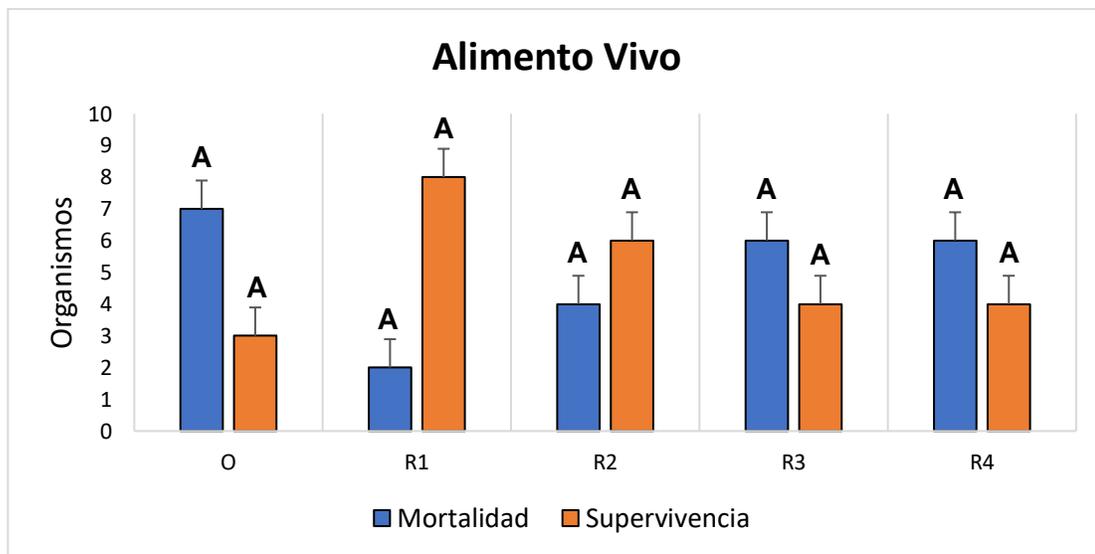


Gráfico 9. Mortalidad y Supervivencia de los erizos de mar del tratamiento con alimento vivo.

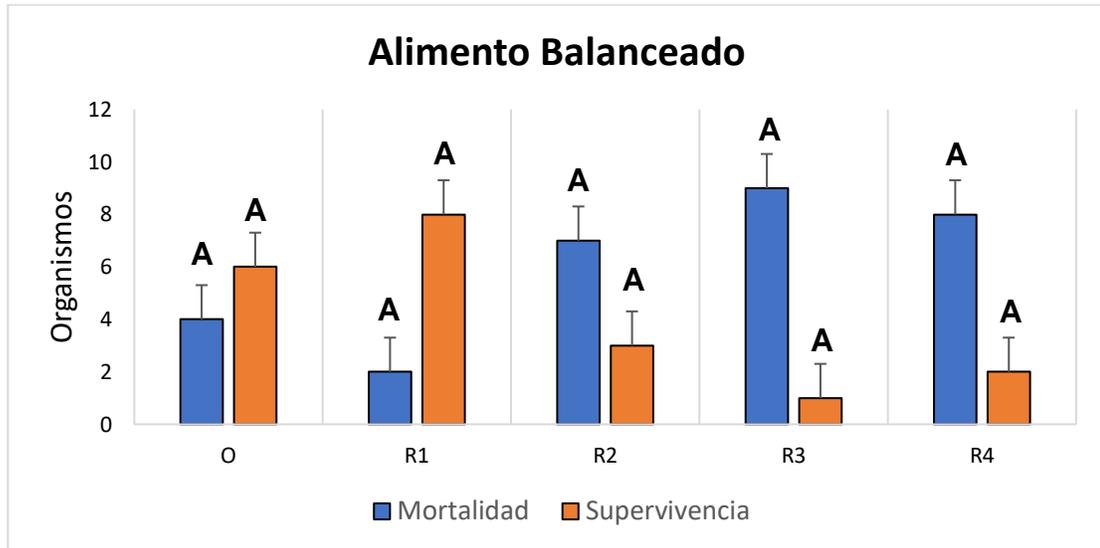


Gráfico 10. Mortalidad y Supervivencia de los erizos de mar del tratamiento con alimento balanceado.

La mortalidad mensual por cada tratamiento se evidencia en el gráfico 11, se determinó que a partir del mes de agosto hubo una baja supervivencia en ambas dietas experimentales con 11 y 16 organismos muertos al producirse un corte de energía eléctrica por 5 horas lo que debilito a los individuos del balanceado obteniendo mortalidad de 13 erizos en el mes de septiembre, sin embargo a partir del mes de octubre los erizos de mar de balanceado se mantuvieron mientras que los alimentados con *Ulva lactuca* iban disminuyendo su supervivencia.

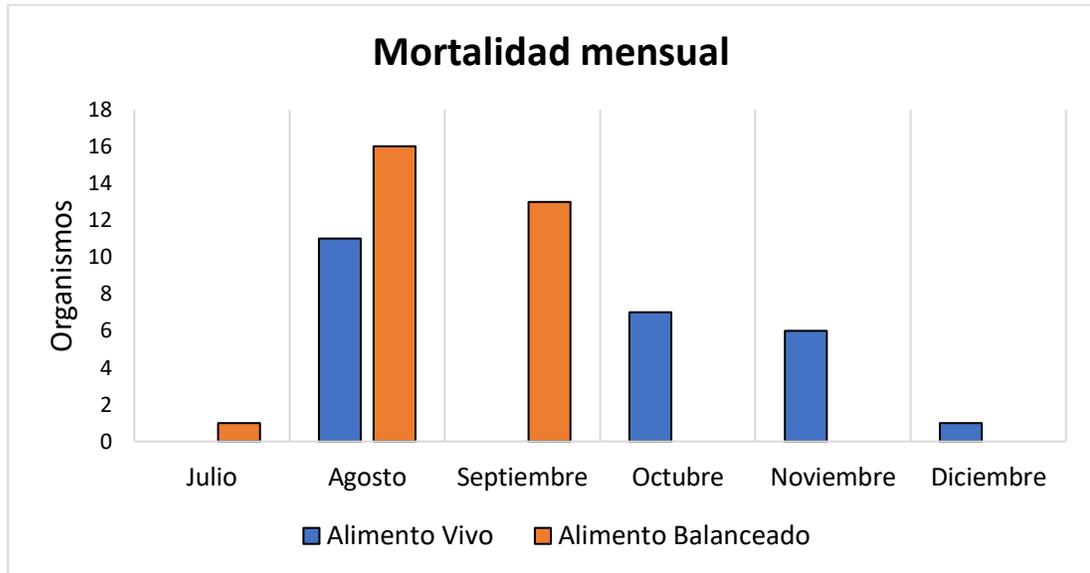


Gráfico 11. Mortalidad mensual de los erizos de mar del tratamiento con alimento vivo y balanceado.

8.4 Temperatura

Los valores mensuales por tratamiento de alimento vivo y balanceado, se observan en el gráfico 12, donde en los meses de agosto a octubre se evidencia una disminución de temperatura en los acuarios, presentando en el mes de octubre la temperatura más baja en los tratamientos con alimento vivo y balanceado con $21 \pm 1.28^{\circ}\text{C}$ y $21 \pm 1.27^{\circ}\text{C}$ respectivamente, mientras que en los meses de noviembre y diciembre se nota un incremento de temperatura en los acuarios, presentando en el mes de diciembre la temperatura más alta en los tratamientos con alimento vivo y balanceado con $24.5 \pm 1.28^{\circ}\text{C}$ y $24.5 \pm 1.27^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Las letras dentro del gráfico 12 señalan que

no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

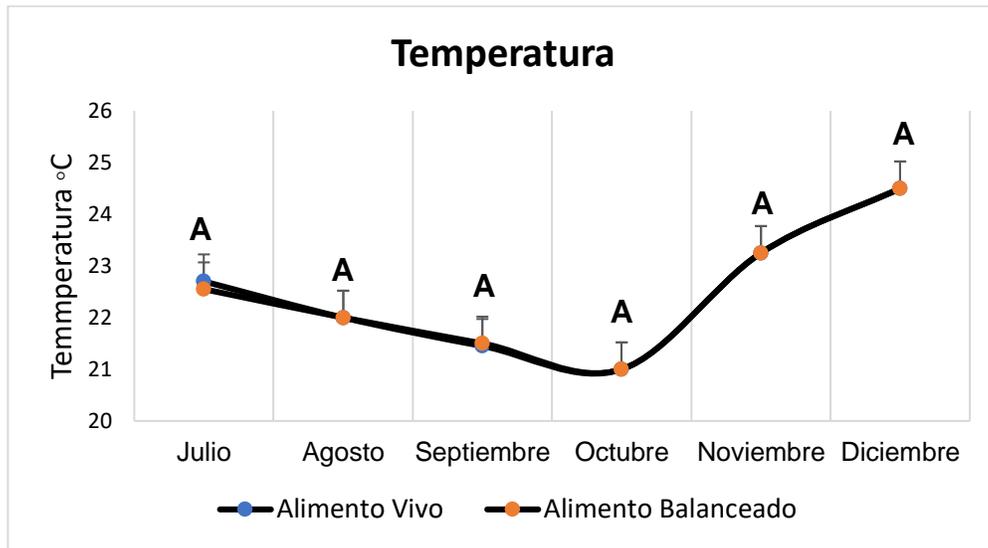


Gráfico 12. Temperatura mensual en tratamientos de alimento vivo y balanceado.

8.5 Salinidad

Los valores mensuales por tratamiento de alimento vivo y balanceado se observan en el gráfico 13, donde en el mes de julio se evidencia el valor de salinidad máxima en los acuarios de los tratamientos con alimento vivo y balanceado con 35.7 ± 0.54 UPS y 35.7 ± 0.56 UPS respectivamente, mientras que en el mes de diciembre se nota el valor de salinidad mínima en los acuarios de los tratamientos con alimento vivo y balanceado con 34 ± 0.54 UPS y 34 ± 0.56 UPS respectivamente. Las letras dentro del gráfico 13 señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

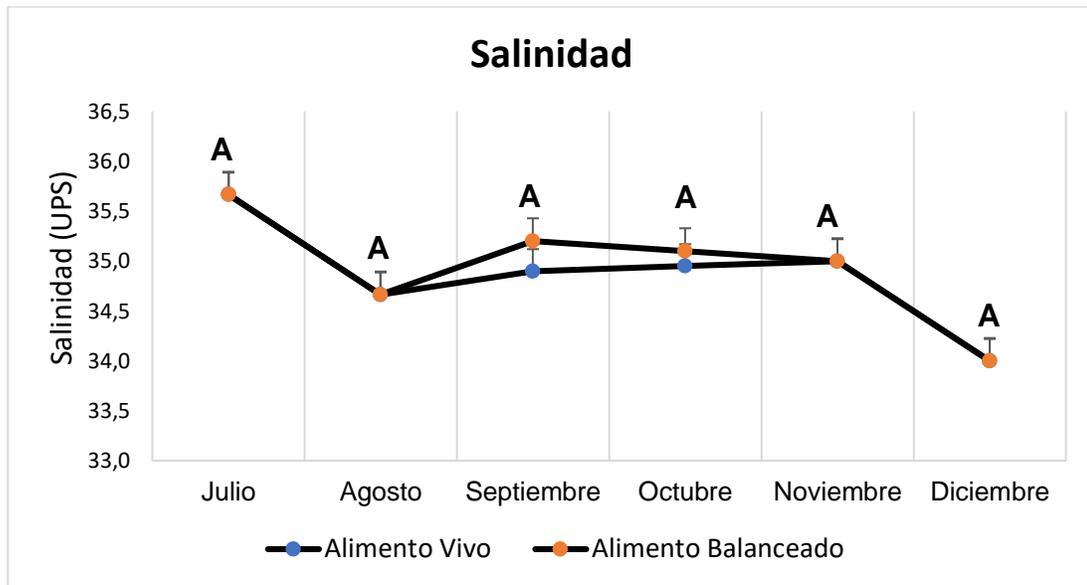


Gráfico 13. Salinidad mensual en tratamientos de alimento vivo y balanceado.

8.6 Correlación del diámetro de testa y peso de los erizos de mar, salinidad, temperatura, mortalidad y supervivencia con el alimento suministrado.

Para verificar la relación entre las variables obtenidas dentro del estudio se realizó el análisis de componentes principales (ACP) demostrada en la figura 10 donde indica una correlación positiva del diámetro de testa y peso de los erizos de mar, también una leve correlación con la temperatura, aunque se evidencia una correlación negativa con la salinidad, mortalidad y supervivencia con el alimento vivo. De igual manera, en la figura 11 con el alimento balanceado la correlación de las variables es similar a la del alimento vivo, señalando que el alimento suministrado no influía en la mortalidad y supervivencia, así como, la salinidad, sino que factores externos afectan la supervivencia de los erizos de mar.

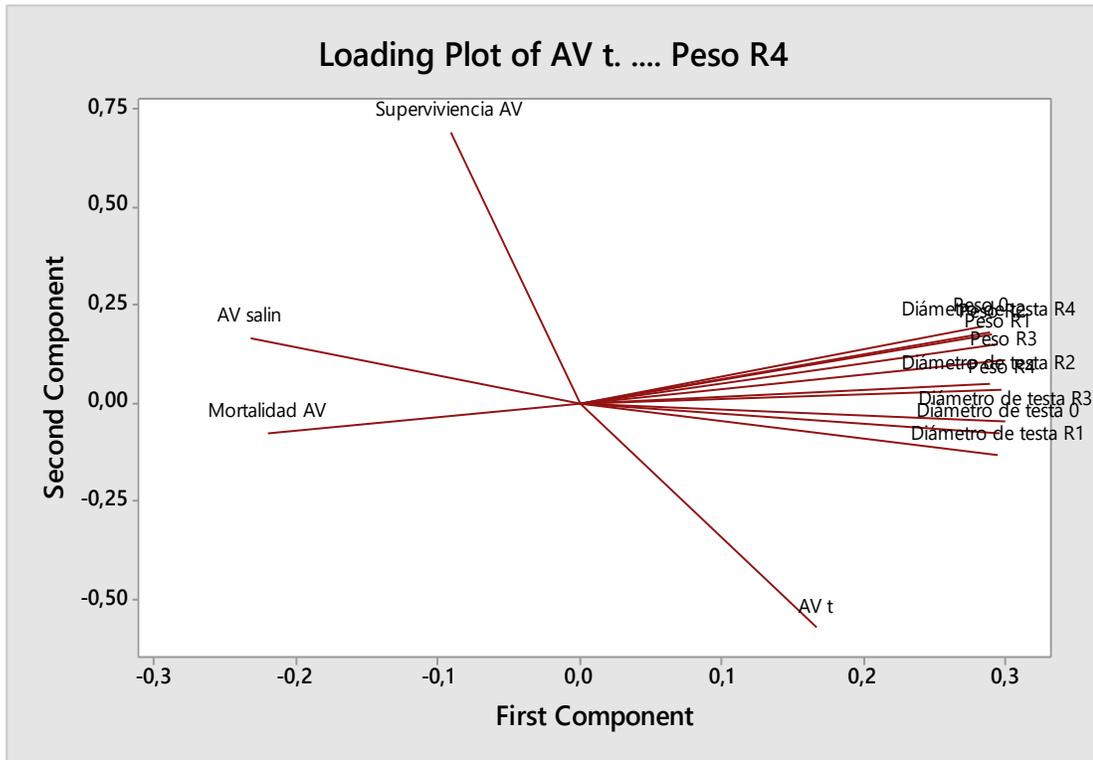


Figura 10. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables estudiadas en el alimento vivo (Diámetro de testa, peso, salinidad, temperatura, mortalidad y supervivencia).

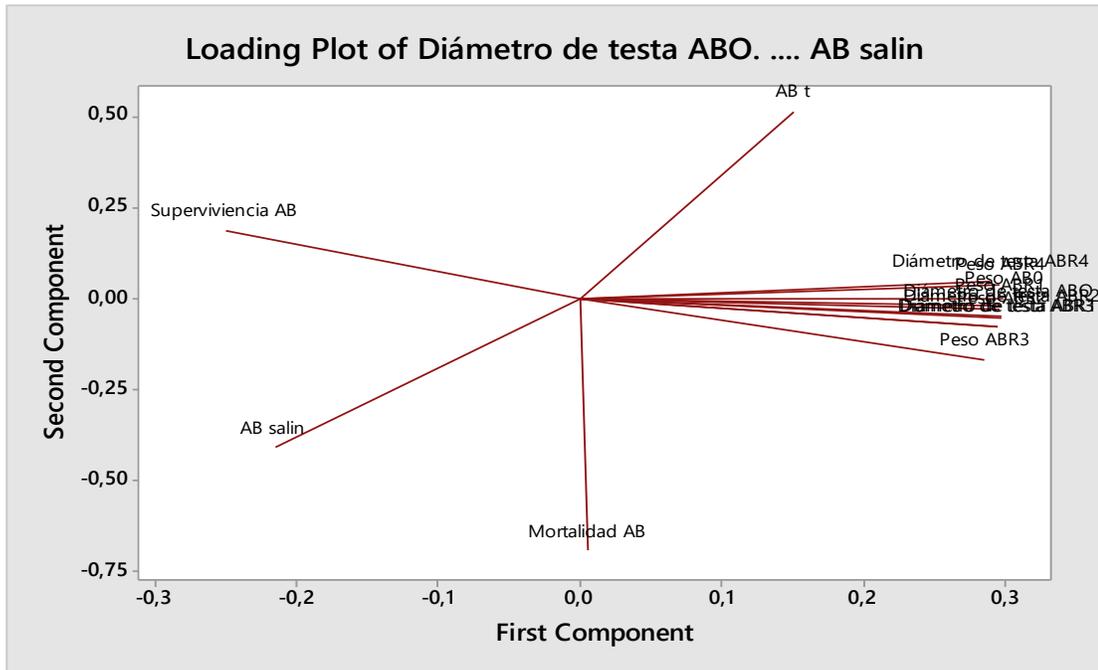


Figura 11. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables estudiadas en el alimento balanceado (Diámetro de testa, peso, salinidad, temperatura, mortalidad y supervivencia).

8.7 Análisis de sólidos suspendidos totales (SST) del agua de cultivo

El gráfico 14, describe la concentración de solidos suspendidos totales (SST) por tratamiento con alimento vivo y balanceado, la cual muestra que el agua de mar para realizar el recambio del agua de cultivo posee mayor concentración con 0.669 mg/l por las partículas de arena procedentes del mar, en cuanto a O del alimento vivo obtuvo una concentración elevada de 0.468 mg/l y en la réplica 3 (R3) se observa que tuvo una elevada concentración con 0.563 mg/l del alimento balanceado. De acuerdo con el

gráfico 14 se puede inferir que en los acuarios con alimento balanceado tienen una elevada concentración de SST por la descomposición del alimento suministrado (coloide), sin embargo, los valores obtenidos son mínimos de acuerdo con las condiciones en aguas de producción <100 mg/L por la Global Aquaculture Alliance dentro del Programa de Acuicultura Responsable (Asociación Nacional de Acuicultores de Colombia, s.f.).

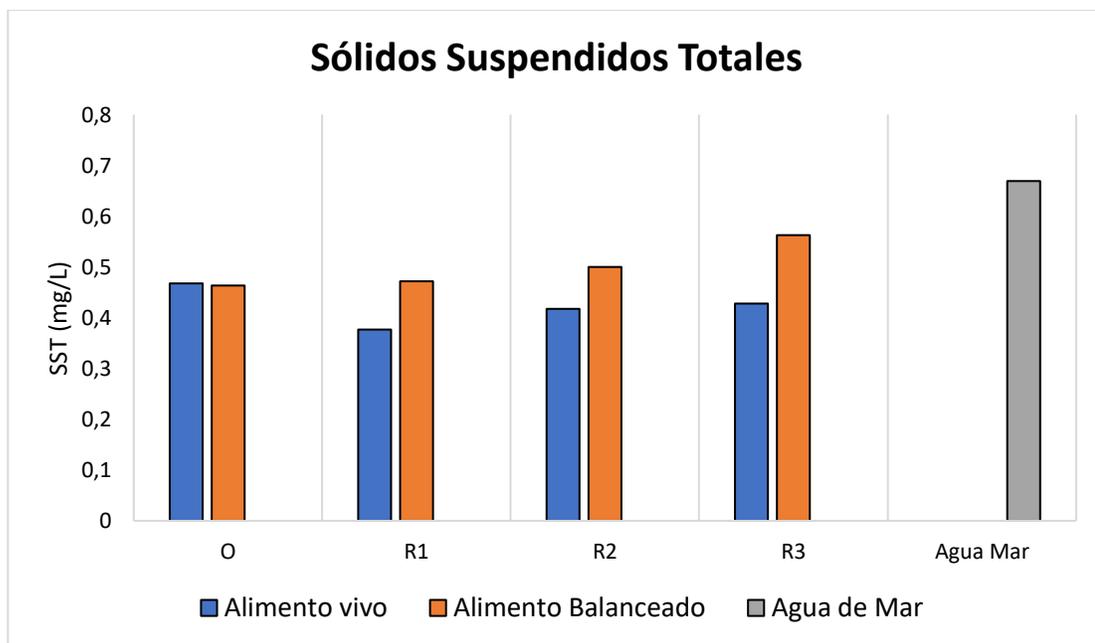


Gráfico 14. Concentración de solidos suspendidos totales de acuarios de Alimento vivo, balanceado y agua de mar.

9. DISCUSIÓN

Durante el estudio, se registró el incremento del diámetro de testa mensual lo cual se obtuvo una tasa máxima con alimento vivo fue de 0.22 mm y de peso fue de 0.3 g donde de acuerdo con Cortés-Useche, et.al. (2011) el crecimiento del erizo *Echinometra lucunter* fue de 0.7 mm y el aumento del peso fue de 0.88 g con alimentación de biofouling (algas), por tal razón demuestra que los equinodermos se alimentan en mayor porcentaje de algas, pero a diferencia de los erizos estudiados el diámetro de testa y peso obtenidos fue menor. Además, Buckle, et. al. (1976) al investigar el crecimiento de erizos en cautiverio con algas en dos localidades detectaron un incremento en talla de los organismos en Valparaíso de 1.10 mm/mes con 0.74 gr/mes y de 0.24 mm/mes con 0.67 gr/ mes en Chiloé durante 18 meses y 13 meses respectivamente donde estos valores fueron mayores a lo conseguido en el tratamiento con *Ulva lactuca* en el presente estudio, sin embargo, los autores determinaron tener una relación peso – diámetro corroborando el crecimiento con alga con Cortés-Useche, et.al. (2011).

Ahora bien, el crecimiento del diámetro de testa con balanceado no tuvo diferencia significativa con el alimento vivo en el presente estudio pero se observa un mayor incremento con los alimentados con *Ulva lactuca* siendo similar a los datos descritos

por Vizcarra Piérola (2017) mostrando que el mayor crecimiento fue en los individuos que consumían alimento natural, sin embargo, los resultados de Lope Sosa (2016) describen que el peso con algas fue mayor que con dieta artificial mientras que en el presente estudio el peso de los erizos de mar obtuvo valores altos en comparación con los alimentados con *Ulva lactuca* difiriendo con el autor. También, en el estudio realizado por Vizcarra Piérola (2017) el peso de los erizos de mar al pasar los meses iba en disminución, lo contrario a los pesos obtenidos que fueron mayores, dando como resultado un incremento a medida que la investigación avanzaba.

La adaptación de los erizos de mar tuvo buenos resultados con alimento vivo que, con el balanceado, sin embargo, se debe mencionar que la reposición de los organismos de reserva y por factores externos como un corte de energía eléctrica por horas repercutió en la supervivencia de los individuos. Lope Sosa (2016) describe que el porcentaje de supervivencia en los alimentados con algas se mantuvo los últimos 3 meses, pero en esta investigación desde el cuarto mes hubo una disminución de supervivencia y con balanceado la supervivencia se mantuvo casi estable durante los 6 meses a excepción del mes de agosto y septiembre coincidiendo con el autor anteriormente mencionado. Así mismo, diferentes estudios han obtenido altas tasas de adaptación en distintas especies de erizos de mar, lo que demuestra que los erizos de mar se pueden adaptar a un sistema de cultivo como lo menciona Vizcarra Piérola (2017). Haciendo referencia que los alimentos artificiales (balanceado) tiene un gran potencial para el uso en

acuicultura mencionado en el manual de cultivo de erizo del Instituto de Fomento Pesquero de Chile (Bustos & Olave, 2001).

El alimento balanceado en esta investigación a pesar de presentar bajo porcentaje proteico *E. vanbrunti* tuvo una ingesta continua similar a lo obtenido en el estudio de Fernández y Boudouresque (2000) el cual se tuvo una mayor tasa de ingesta con el alimento vegetal con un porcentaje proteico del 13% siendo esta un componente fundamental para las funciones vitales, por ejemplo, reproducción y crecimiento, a diferencia de Lope Sosa (2016) que preparo el alimento con un 32% de proteína a pesar de utilizar los mismos ingredientes, sin embargo, la procedencia de los mismos y la preparación tendería a variar la composición del alimento elaborado, de igual forma la grasa presentada en este estudio es casi nula a que este componente ayuda a absorber vitaminas y almacenar energía, diferente a las 3 dietas experimentales realizados por Fernández y Boudouresque (2000) donde fue mayor al 10%, no obstante, la ceniza obtenida fue cercana al alimento vegetal (5%).

El análisis de sólidos suspendidos totales tuvo buenos resultados al presentar valores mínimos y de acuerdo con Hach (2023) las concentraciones altas de SST pueden afectar en la turbidez pudiendo aumentar la temperatura del agua y disminuir los niveles de oxígeno disuelto (OD) por lo cual en la investigación no se presentaron dichos

problemas, pero, Quirola Calderón y Veintimilla Mariño (2010) concuerdan que los sólidos suspendidos obtenidos son coloides producto de la descomposición de alimento o el polvo dentro del sistema de cultivo.

10. CONCLUSIONES

Al comparar las dietas experimentales a base de *Ulva lactuca* y balanceado no se obtuvo resultados con diferencias significativas para el crecimiento en talla y peso lo cual indica que se puede usar como alimento alternativo en el cultivo en condiciones experimentales del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* al presentar un porcentaje de aumento de crecimiento en diámetro de testa mayor al 53% y en peso mayor al 57%.

La adaptación de los erizos de mar al sistema de cultivo se considera un éxito al obtener en alimento vivo un 50% de supervivencia y alimento balanceado un 40% por producirse mortalidad solo por el corte de energía en el área de estudio, también se observó reproducción en las dos dietas aplicadas.

Las variaciones de temperatura (21°C a 25°C) y salinidad (33 UPS a 35 UPS) que se obtuvo en el sistema de cultivo fue por influencia de las condiciones ambientales y el área de investigación.

11. RECOMENDACIONES

Considerar la forma circular de los acuarios para observar si la adaptación se produce de mejor manera al sistema de cultivo disminuyendo el tiempo de aclimatación por su tipo de locomoción.

Continuar con la investigación para crear una base de datos sobre reproducción y crecimiento de larvas hasta cerrar el ciclo de producción con la especie *Echinometra vanbrunti* alimentados con balanceado.

Desarrollar alimentos balanceados con diferentes materias primas y porcentajes nutricionales para un mejor aprovechamiento de la dieta aplicada a los erizos *Echinometra vanbrunti* beneficiando su crecimiento y reproducción.

Estudiar la maduración sexual de los erizos de mar *E. vanbrunti* con diferentes dietas para mejorar la tasa de reproducción.

Probar un sistema de cultivo con flujo continuo o recirculación de agua con alimento balanceado para aumentar la densidad de organismos, evitando estrés al realizar mantenimiento de acuarios.

BIBLIOGRAFÍA

Agassiz, A. (1863). *List of the echinoderms sent to different institutions in exchange for other specimens, with annotations*. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College. 1: 17-28.

Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador. (2008). *Constitución del Ecuador*.
<https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.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>

Asociación Nacional de Acuicultores de Colombia. (s.f.). *GUÍA AMBIENTAL PARA EL SUBSECTOR CAMARONICULTOR*.
<https://justiciaambientalcolombia.org/wp-content/uploads/2012/09/guc3ada-ambiental-para-el-sector-camaronicultor.pdf>

Borrero-Pérez G.H., M. Benavides-Serrato y C.M. Diaz-Sánchez. (2012).
Equinodermos del Caribe colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar No. 30. Santa Marta, 250 p.

Buckle, F., Ch. Guisado, C. Serrano, L. Cordova, L. Peña, E. Vasquez. (1976). *Estudio de crecimiento en cautiverio del erizo Loxechinus albus (Molina 1782) en las*

costas de Valparaíso y Chiloé, Chile. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago de Chile, Chile.

Burgos Galeano, C., Castellanos Peñafiel, C. A., & Hernández, N. L. (2019). VALIDACIÓN DE UN MÉTODO GRAVIMÉTRICO PARA LA DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES SECADOS A 103 – 105°C. *Revista Teinova*, 4(1), 40–44.

<https://doi.org/10.23850/25007211.2946>

Bustos, E & Olave Morales, S. (2001). *Manual: el cultivo del erizo (Loxechinus albus)*. División de Acuicultura Instituto de Fomento Pesquero.

Carballo, R. E., & Pocasangre, X. M. (2007). *Composición y Estructura de la Fauna Intermareal de Equinodermos en el Sistema Arrecifal Rocoso, Los Cóbanos, Departamento de Sonsonate, El Salvador*. (“COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA FAUNA INTERMAREAL DE EQUINODERMOS EN EL ...”) [Tesis de Grado, Universidad de El Salvador, San Salvador].

<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/12456>

Cazares, C. (2017). *Erizo Marino de Las Rocas (Echinometra vanbrunti)* [Imagen].

NaturalistEc. <https://ecuador.inaturalist.org/photos/5978314>

Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas. (2016.). *Siembra de 300 juveniles de pepino de mar Isostichopus fuscus 28 de julio de 2016*. Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas.

http://www.cenaim.espol.edu.ec/siembra%20de%20pepinos%2028_07_2016

- Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas. (2017). *Siembra de pepinos de mar y spondylus en el pelado*. Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas. http://www.cenaim.espol.edu.ec/siembra_pepino
- Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas. (2018). *Siembra y liberación de pepinos y erizos de mar*. Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas. http://www.cenaim.espol.edu.ec/liberacion_erizos_pepinos
- Cortés-Useche, C., Gómez-León, J., & Santos-Acevedo, M. (2011). ERIZOS DE MAR COMO CONTROL BIOLÓGICO DEL " FOULING" EN UN CULTIVO DE NODIPECTEN NODOSUS EN EL ÁREA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras- INVEMAR*, 40(2), 233-247.
- D'Armas, H., Jaramillo, C., D'Armas, M., Echavarría, A., & Valverde, P. (2019). Proximate composition of several macroalgae from the coast of Salinas Bay, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 61-68.
- Delarue, M. (2004). *l'oursin animal de la boratoire*. Biologie et Multimédia – Universidad de la Sorbona. <https://www.snv.jussieu.fr/bmedia/oursanilab/index.htm>
- Fernández, C., & Boudouresque, C. F. (2000). Nutrition of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) fed different artificial food. *Marine Ecology Progress Series*, 204, 131-141.

- García Rodríguez, A. A., Carbonell Sorí, L., & Roche Delgado, L. (2022). DETERMINACIÓN DE LA FÓRMULA QUÍMICA APROXIMADA PARA LA MACROALGA ULVA LACTUCA. *Centro Azúcar*, 49(1), 71-80.
- González Peláez, S. S. (2004). "*Biología poblacional del erizo Echinometra vanbrunti (Echinodermata; Echinoidea), en el Sur del Golfo de California, México.*" ("Biología poblacional del erizo Echinometra vanbrunti (Echinodermata ...)") [Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas Del Noroeste, S. C.]. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/60>
- Google Maps. (2022). *Santa Elena*. <https://www.google.com.ec/maps/@-2.2280958,-80.896004,27157m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?hl=es>
- Hach. (s.f.). *Sólidos totales y disueltos (TSS y TDS) - Parámetros de calidad del agua*. <https://es.hach.com/parameters/solids>
- Jatmiko, T. H., Prasetyo, D. J., Poeloengasih, C. D., & Khasanah, Y. (2019, March). Nutritional Evaluation of *Ulva* sp. from Sepanjang Coast, Gunungkidul, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 251, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.
- Logroño. (2018). *La lechuga del mar*. <https://www.degustalarioja.com/sabemos-de/lechuga-20180127004019-ntvo.html> (Noviembre, 2021).
- 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 Aburto, K. D. T. (2021). *Determinación de la asociación de las especies (Ophiocomina nigra y Arbacia lixula), del Phylum Echinodermata, en función de variables físico-químicas en estratos rocosos del Refugio de Vida Silvestre, Río Escalante-Chacocente*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional Agraria].

<https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4316>

Menéndez, J. (2006). *Los Equinoidos. Los erizos de mar*. Asturnatura.

<https://www.asturnatura.com/articulos/equinodermos/erizos.php>

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2010). *Mapa de Santa Elena*.

https://www.gifex.com/fullsize1/2011-11-10-14885/Mapa_de_Santa_Elena_2010.html

Naciones Unidas. (2022). *"Convenio sobre la Diversidad Biológica, instrumento internacional clave para un desarrollo sostenible."* ("Convenio sobre la Diversidad Biológica | Naciones Unidas")

<https://www.un.org/es/observances/biodiversity-day/convention>

Ortiz, J. (2012). Composición nutricional y funcional de las algas clorofíceas chilenas: *Codium fragile* y *Ulva lactuca*. *Monografía, Laboratorio de Química y Análisis de Alimentos, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Facultad de Ciencias Química y Farmacéuticas, Universidad de Chile*.

- Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernández, J., Bozzo, C., ... & Rios, A. (2006). Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food chemistry*, 99(1), 98-104.
- Parker, B. (2002). *Planning Analysis: Calculating Growth Rates*.
<https://pages.uoregon.edu/rgp/PPPM613/class8a.htm>
- Quirola Calderon, I. y Veintimilla Mariño, R. (2010). *Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de raceways en camaronera, basado en un sistema de filtros físicos-biológicos* [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/13753/D-49915.pdf?sequence=1> .
- Rasyid, A. (2017). Evaluation of nutritional composition of the dried seaweed *Ulva lactuca* from Pameungpeuk waters, Indonesia. *Tropical life sciences research*, 28(2), 119.
- Rivera-Rivera, A., & Alba-Maldonado, J. M. (2017). Revisión: Nirs en el análisis de alimentos para la nutrición animal. *Revista Ingenio*, 13(1), 199–211.
<https://doi.org/10.22463/2011642X.2149>
- Sonnenholzner, J., & Campos, G. (s.f.). *Desarrollo de protocolos de producción de juveniles y de caracterización de sustancias nutraceuticas del erizo de mar*

Arbacia stellata (Blainville, 1823) para diversificación acuícola en Manabí, Ecuador.

https://utm.edu.ec/fcv/acuicultura/images/acuicultura/img_investigacion/img_equinodermos/Desarrollo_de_protocolos_de_produccion_de_juveniles_y_de_caracterizacion_de_sustancias_nutraceuticas_del_erizo_de_mar_Arbacia.pdf

Sonnenholzner, S; Argüello, W; Márquez, A; Revilla, J; Sonnenholzner Varas, J; Bonati, P; Bohórquez, M; Ochoa, J y Tourón, N. (2019). "*Desarrollo de Protocolos de Domesticación para el Uso Sostenible de Nuevas Especies Marinas para Consumo de Alimentos y Repoblación de Bancos Naturales.*" ("Proyectos | CENAIM - ESPOL") <http://www.cenaim.espol.edu.ec/pic-14-cenaim-002>

Sonnenholzner-Varas, J. I. (2021). *¿Hacia dónde va la acuicultura de equinodermos en América Latina? Potencial, retos y oportunidades.* Revista de Biología Tropical, 69, 514-549.

Soriano, S. (2014). *Evaluación de los bancos naturales del erizo negro (Echinometra vanbrunti) en la zona intermareal rocosa del balneario de ballenita y comuna la entrada, provincia de Santa Elena, durante noviembre 2013–abril del 2014* [Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1469>

Sumarriva Bustinza, L; Castro Luna, A; Sotelo Méndez, A y Chávez Sumarriva, N. (2019). *Evaluación biológica de proteína, vitaminas, minerales y aminoácidos*

del alga comestible Ulva lactuca" lechuga de mar" del litoral peruano.
(“EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE PROTEÍNA, VITAMINAS,
MINERALES Y ... - SciELO”) Revista de la Sociedad Química del Perú, 85(1),
31-42.

Tigua, H. (2021). *Caracterización De La Población Del Erizo Negro En La Zona Intermareal Rocosa De Estero De Plátano.* [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].

Vizcarra Piérola, Y. G. (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 2014–2015.* (“Determinación del efecto de las dietas natural y balanceada ... - UNSA”) [Tesis de Grado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3157>

ANEXOS

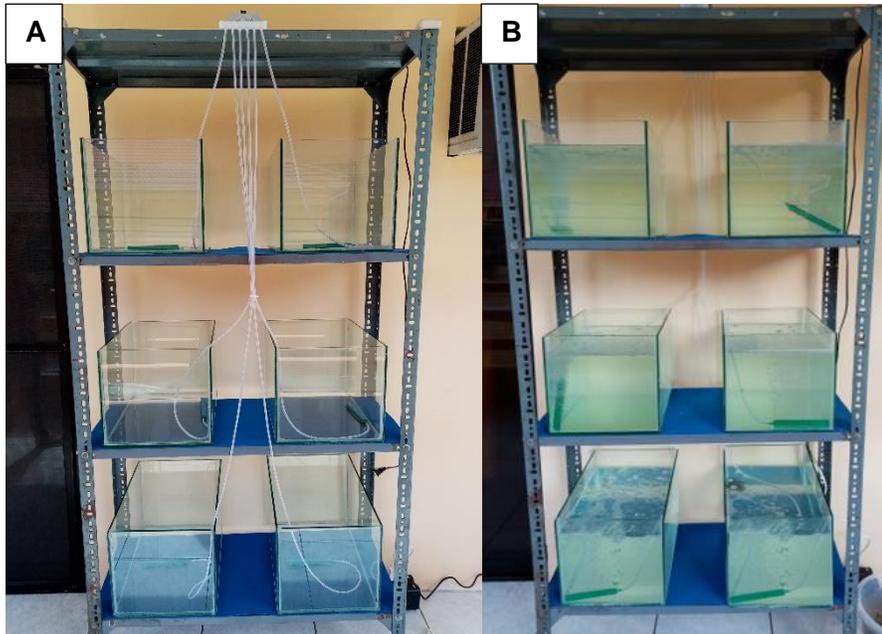


Figura 12. Preparación (A) y acondicionamiento del sistema de cultivo (B).

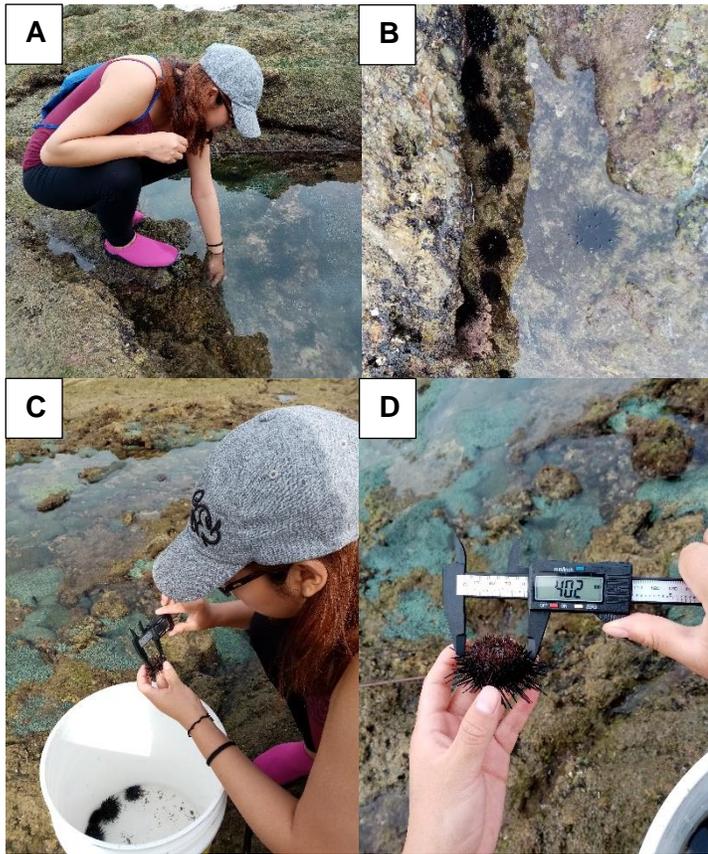


Figura 13. Colección de individuos *Echinometra vanbrunti* en el intermareal rocoso de la playa de San Lorenzo – Salinas. A y B: Identificación y observación de erizos de mar. C y D: Medición de diámetro de testa de los erizos de mar para investigación.



Figura 14. Extracción de algas verdes *Ulva lactuca*.



Figura 15. Aclimatación de erizos de mar al sistema de cultivo con algas verdes.



Figura 16. Preparación del alimento balanceado.



Figura 17. Sistema de cultivo en el área de estudio.



Figura 18. Compilación de agua de mar (A). Toma de parámetros de salinidad (B) y temperatura (C) de los acuarios del sistema de cultivo.

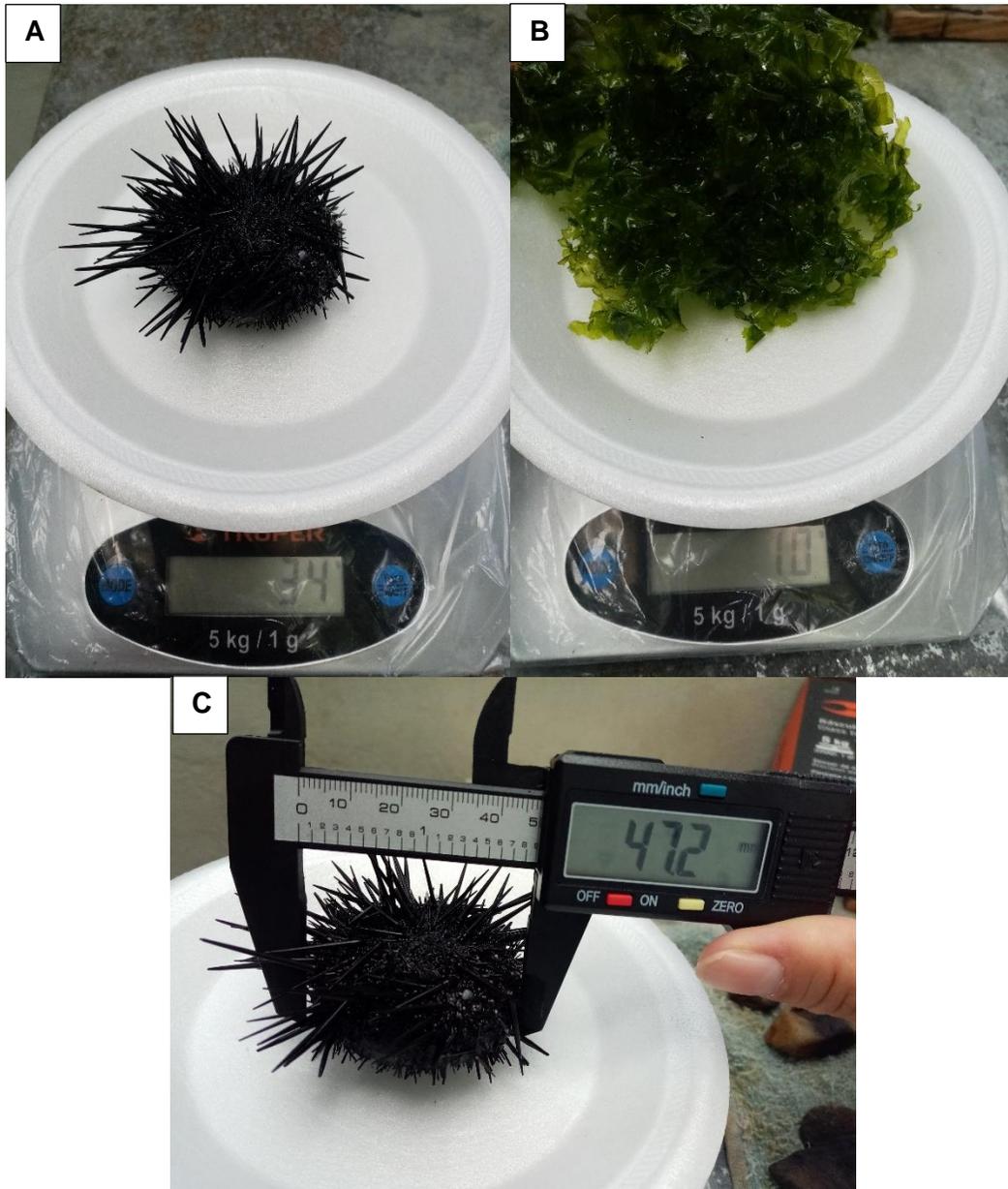


Figura 19. Toma de datos del peso (A), medición (C) de erizos de mar y pesado del algas (B) para alimentación.

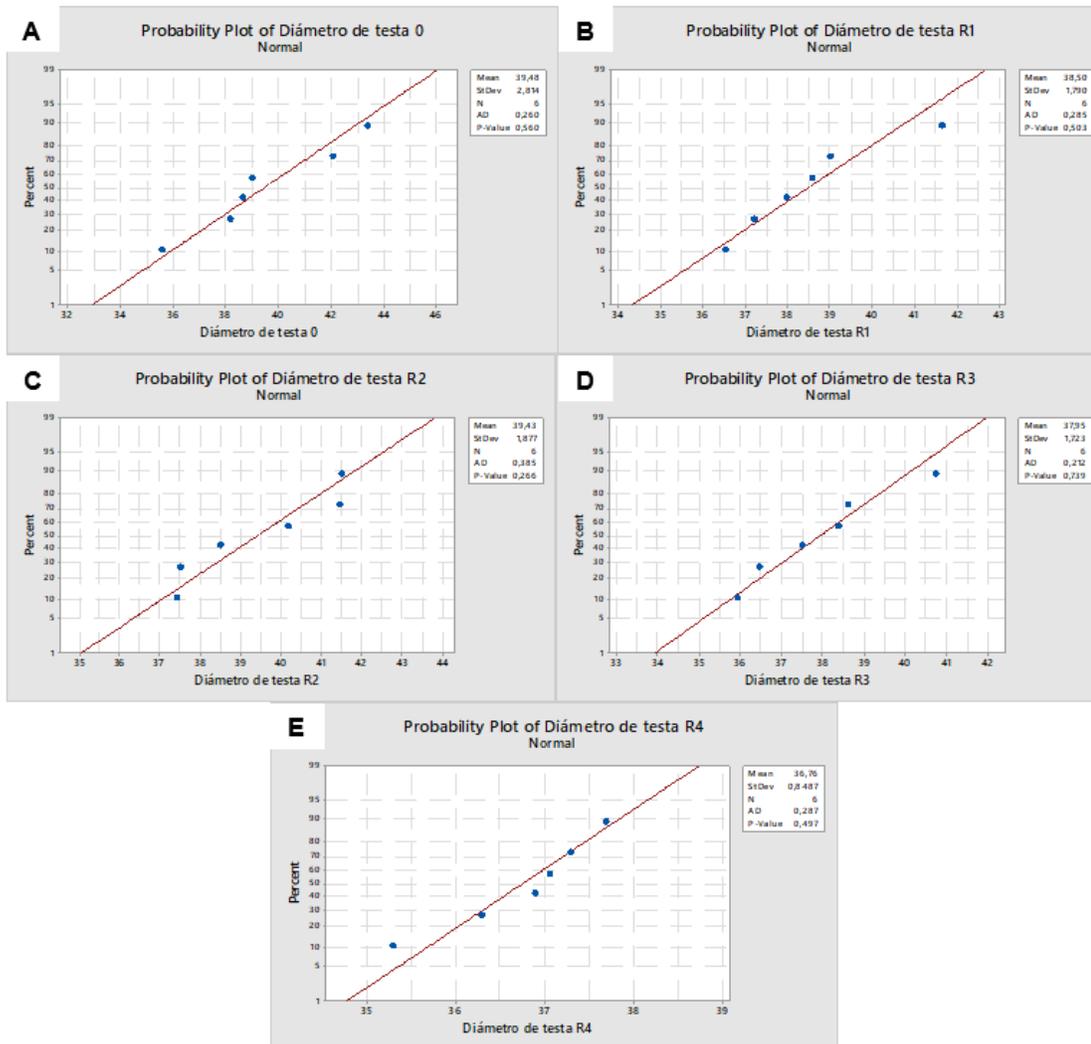


Figura 20. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de A) Diámetro de testa de O; B) Diámetro de testa de réplica 1 (R1); C) Diámetro de testa de réplica 2 (R2); D) Diámetro de testa de réplica 3 (R3) y E) Diámetro de testa de réplica 4 (R4) de los erizos sometidos con Alimento Vivo (AV).

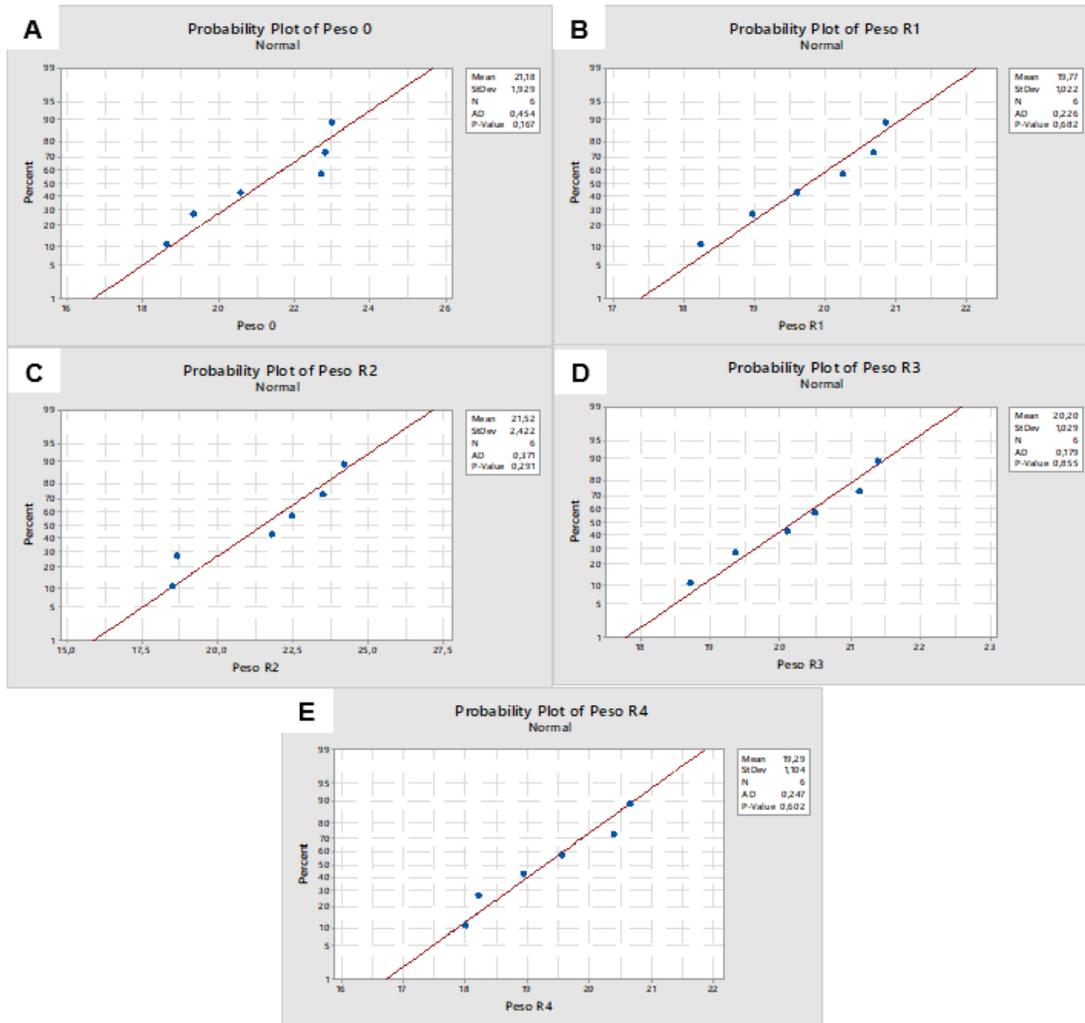


Figura 21. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de A) Peso de O; B) Peso de réplica 1 (R1); C) Peso de réplica 2 (R2); D) Peso de réplica 3 (R3) y E) Peso de réplica 4 (R4) de los erizos sometidos con Alimento Vivo (AV).

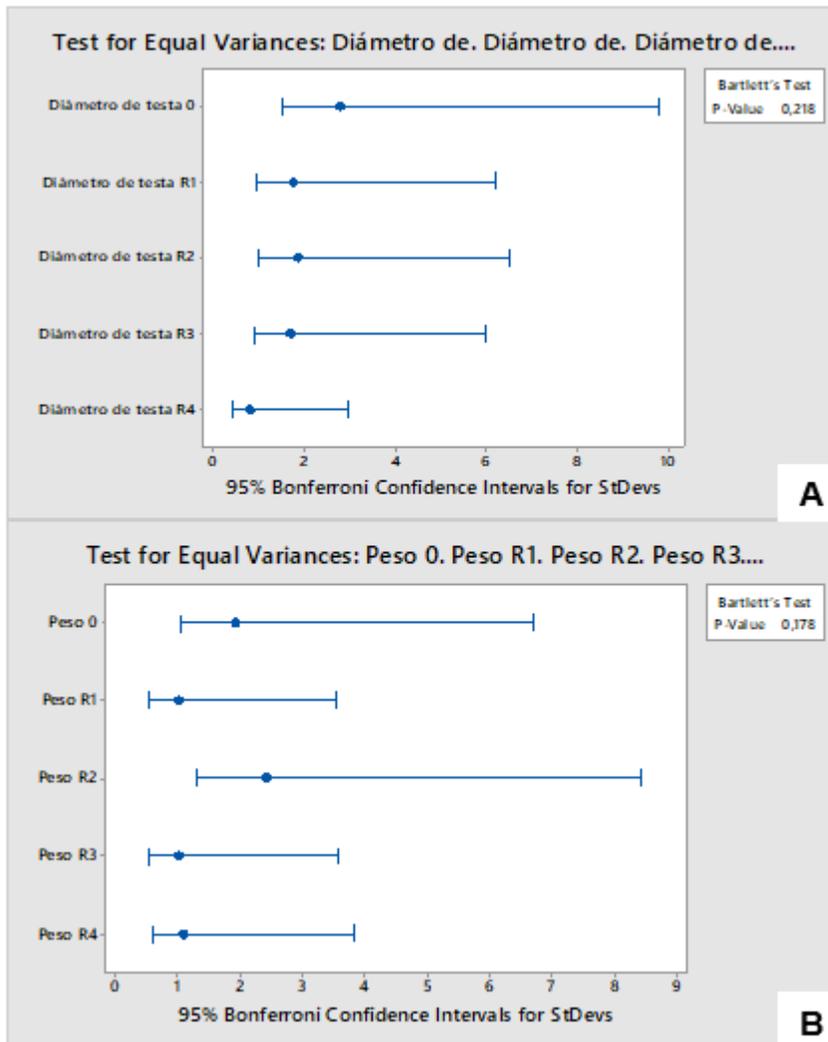


Figura 22. Prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene) a los valores de diámetro de testa (A) y peso (B) con alimento vivo.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Diámetro de testa 0	6	39,48	A
Diámetro de testa R2	6	39,430	A
Diámetro de testa R1	6	38,502	A
Diámetro de testa R3	6	37,951	A
Diámetro de testa R4	6	36,757	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Diámetro de - Diámetro de	-0,98	1,11	(-4,22. 2,27)	-0,89	0,900
Diámetro de - Diámetro de	-0,05	1,11	(-3,30. 3,19)	-0,05	1,000
Diámetro de - Diámetro de	-1,53	1,11	(-4,77. 1,71)	-1,38	0,643
Diámetro de - Diámetro de	-2,72	1,11	(-5,97. 0,52)	-2,46	0,131
Diámetro de - Diámetro de	0,93	1,11	(-2,32. 4,17)	0,84	0,916
Diámetro de - Diámetro de	-0,55	1,11	(-3,80. 2,69)	-0,50	0,987
Diámetro de - Diámetro de	-1,75	1,11	(-4,99. 1,50)	-1,58	0,524
Diámetro de - Diámetro de	-1,48	1,11	(-4,72. 1,77)	-1,34	0,671
Diámetro de - Diámetro de	-2,67	1,11	(-5,92. 0,57)	-2,42	0,144
Diámetro de - Diámetro de	-1,19	1,11	(-4,44. 2,05)	-1,08	0,815

Individual confidence level = 99,29%

Individual confidence level = 99%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Bartlett	5,76	0,218

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Peso R2	6	21,521	A
Peso 0	6	21,183	A
Peso R3	6	20,201	A
Peso R1	6	19,766	A
Peso R4	6	19,294	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Peso R1 - Peso 0	-1,417	0,928	(-4,139. 1,305)	-1,53	0,555
Peso R2 - Peso 0	0,338	0,928	(-2,384. 3,060)	0,36	0,996
Peso R3 - Peso 0	-0,982	0,928	(-3,704. 1,740)	-1,06	0,825
Peso R4 - Peso 0	-1,889	0,928	(-4,611. 0,833)	-2,04	0,279
Peso R2 - Peso R1	1,755	0,928	(-0,967. 4,477)	1,89	0,348
Peso R3 - Peso R1	0,435	0,928	(-2,287. 3,157)	0,47	0,990
Peso R4 - Peso R1	-0,472	0,928	(-3,194. 2,250)	-0,51	0,986
Peso R3 - Peso R2	-1,320	0,928	(-4,042. 1,402)	-1,42	0,619
Peso R4 - Peso R2	-2,227	0,928	(-4,949. 0,495)	-2,40	0,148
Peso R4 - Peso R3	-0,907	0,928	(-3,629. 1,815)	-0,98	0,863

Individual confidence level = 99%

Tests

Method	Statistic	P-Value
Bartlett	6,30	0,178

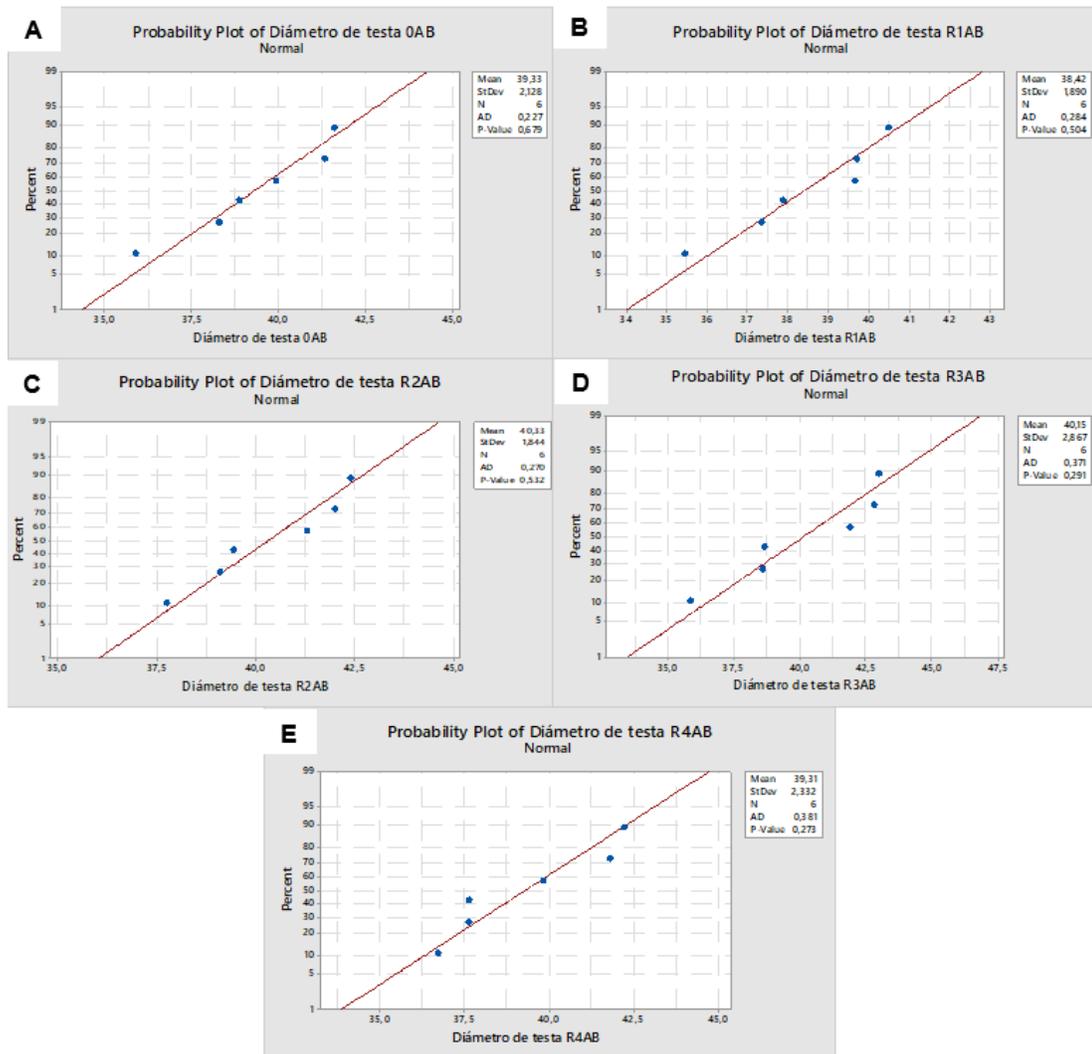


Figura 23. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de A) Diámetro de testa de O; B) Diámetro de testa de réplica 1 (R1); C) Diámetro de testa de réplica 2 (R2); D) Diámetro de testa de réplica 3 (R3) y E) Diámetro de testa de réplica 4 (R4) de los erizos sometidos con Alimento Balanceado (AB).

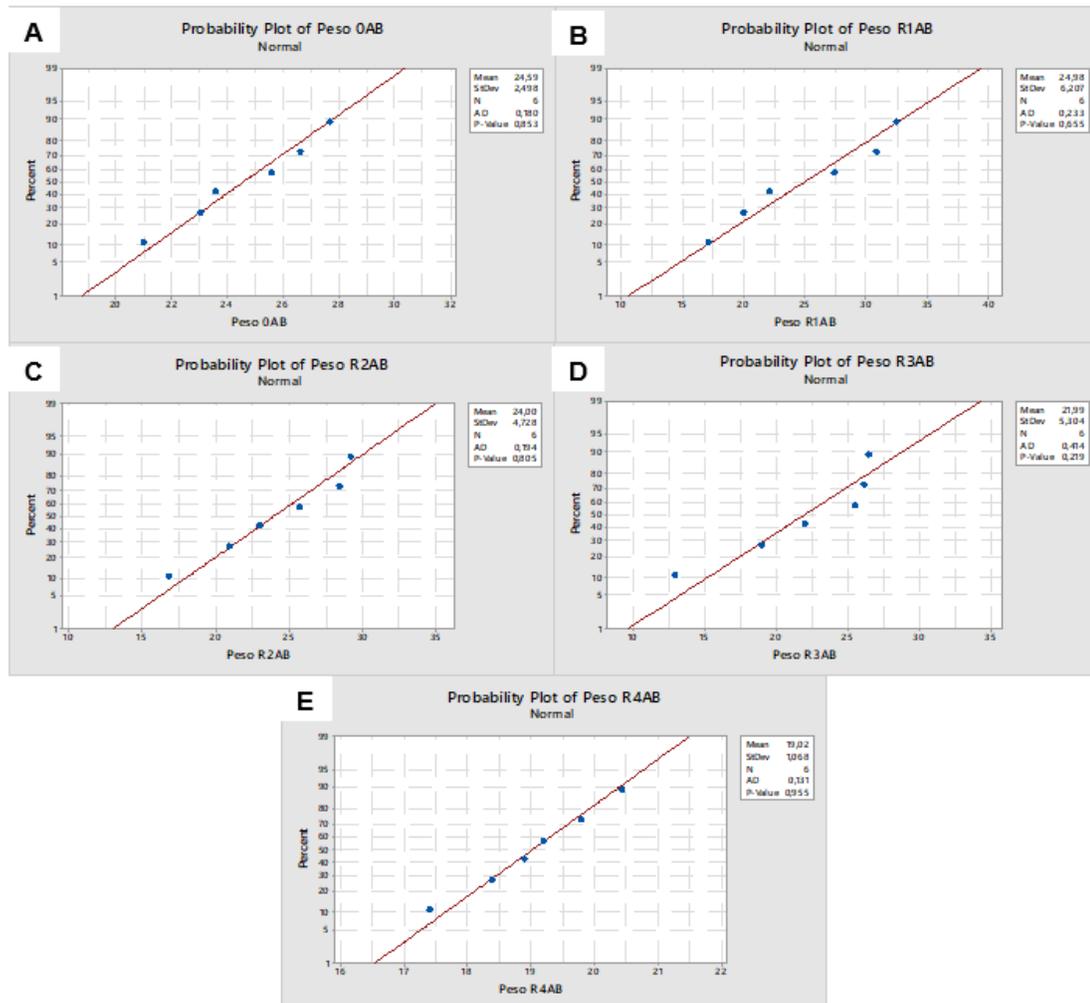


Figura 24. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de A) Peso de O; B) Peso de réplica 1 (R1); C) Peso de réplica 2 (R2); D) Peso de réplica 3 (R3) y E) Peso de réplica 4 (R4) de los erizos sometidos con Alimento Balanceado (AB).

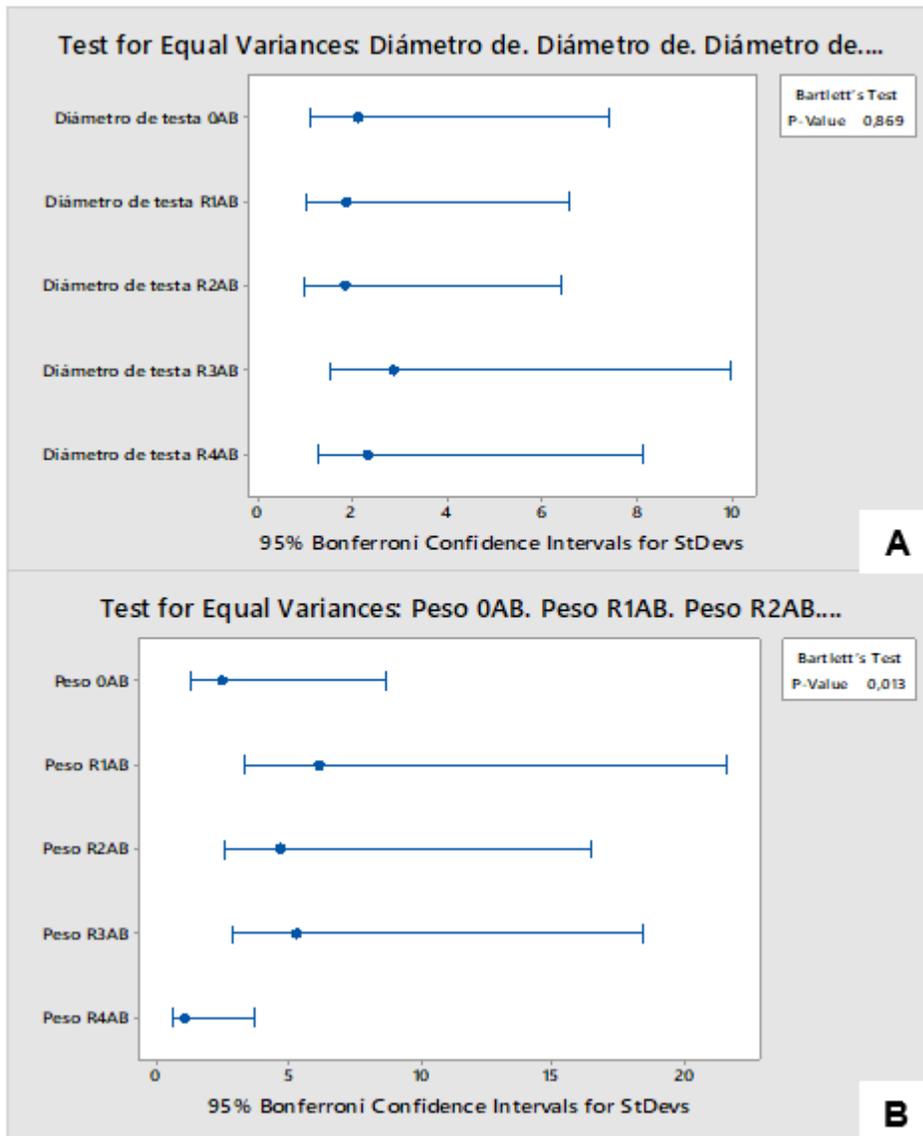


Figura 25. Prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene) a los valores de diámetro de testa (A) y peso (B) con alimento balanceado.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Diámetro de testa R2AB	6	40,332	A
Diámetro de testa R3AB	6	40,15	A
Diámetro de testa OAB	6	39,328	A
Diámetro de testa R4AB	6	39,314	A
Diámetro de testa R1AB	6	38,425	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Diámetro de - Diámetro de	-0,90	1,30	(-4,70. 2,90)	-0,70	0,955
Diámetro de - Diámetro de	1,00	1,30	(-2,80. 4,80)	0,78	0,935
Diámetro de - Diámetro de	0,82	1,30	(-2,98. 4,62)	0,63	0,968
Diámetro de - Diámetro de	-0,01	1,30	(-3,81. 3,79)	-0,01	1,000
Diámetro de - Diámetro de	1,91	1,30	(-1,89. 5,71)	1,47	0,589
Diámetro de - Diámetro de	1,72	1,30	(-2,08. 5,52)	1,33	0,676
Diámetro de - Diámetro de	0,89	1,30	(-2,91. 4,69)	0,69	0,958
Diámetro de - Diámetro de	-0,19	1,30	(-3,99. 3,61)	-0,14	1,000
Diámetro de - Diámetro de	-1,02	1,30	(-4,82. 2,78)	-0,79	0,932
Diámetro de - Diámetro de	-0,83	1,30	(-4,63. 2,97)	-0,64	0,967

Individual confidence level = 99,29%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Bartlett	1,26	0,869

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Peso R1AB	6	24,98	A
Peso 0AB	6	24,59	A
Peso R2AB	6	24,00	A
Peso R3AB	6	21,99	A
Peso R4AB	6	19,019	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Peso R1AB - Peso 0AB	0,40	2,54	(-7,04. 7,84)	0,16	1,000
Peso R2AB - Peso 0AB	-0,59	2,54	(-8,03. 6,85)	-0,23	0,999
Peso R3AB - Peso 0AB	-2,60	2,54	(-10,03. 4,84)	-1,02	0,842
Peso R4AB - Peso 0AB	-5,57	2,54	(-13,01. 1,87)	-2,20	0,214
Peso R2AB - Peso R1AB	-0,99	2,54	(-8,43. 6,45)	-0,39	0,995
Peso R3AB - Peso R1AB	-2,99	2,54	(-10,43. 4,45)	-1,18	0,762
Peso R4AB - Peso R1AB	-5,96	2,54	(-13,40. 1,48)	-2,35	0,162
Peso R3AB - Peso R2AB	-2,01	2,54	(-9,44. 5,43)	-0,79	0,931
Peso R4AB - Peso R2AB	-4,98	2,54	(-12,42. 2,46)	-1,96	0,312
Peso R4AB - Peso R3AB	-2,97	2,54	(-10,41. 4,47)	-1,17	0,767

Individual confidence level = 99,29%

Tests

Method	Statistic	P-Value
Bartlett	12,67	0,013

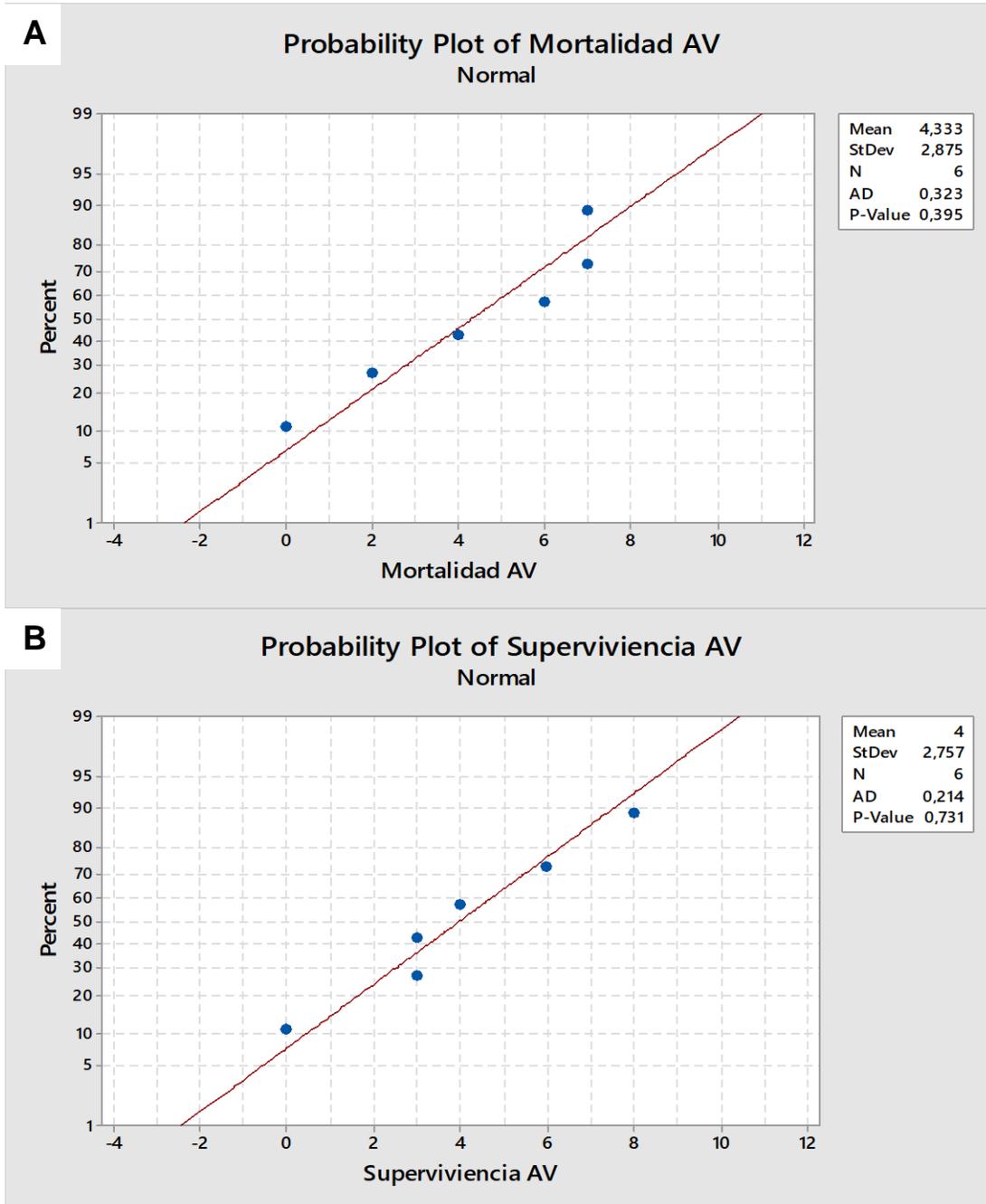


Figura 26. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de mortalidad (A) y supervivencia (B) de Alimento Vivo.

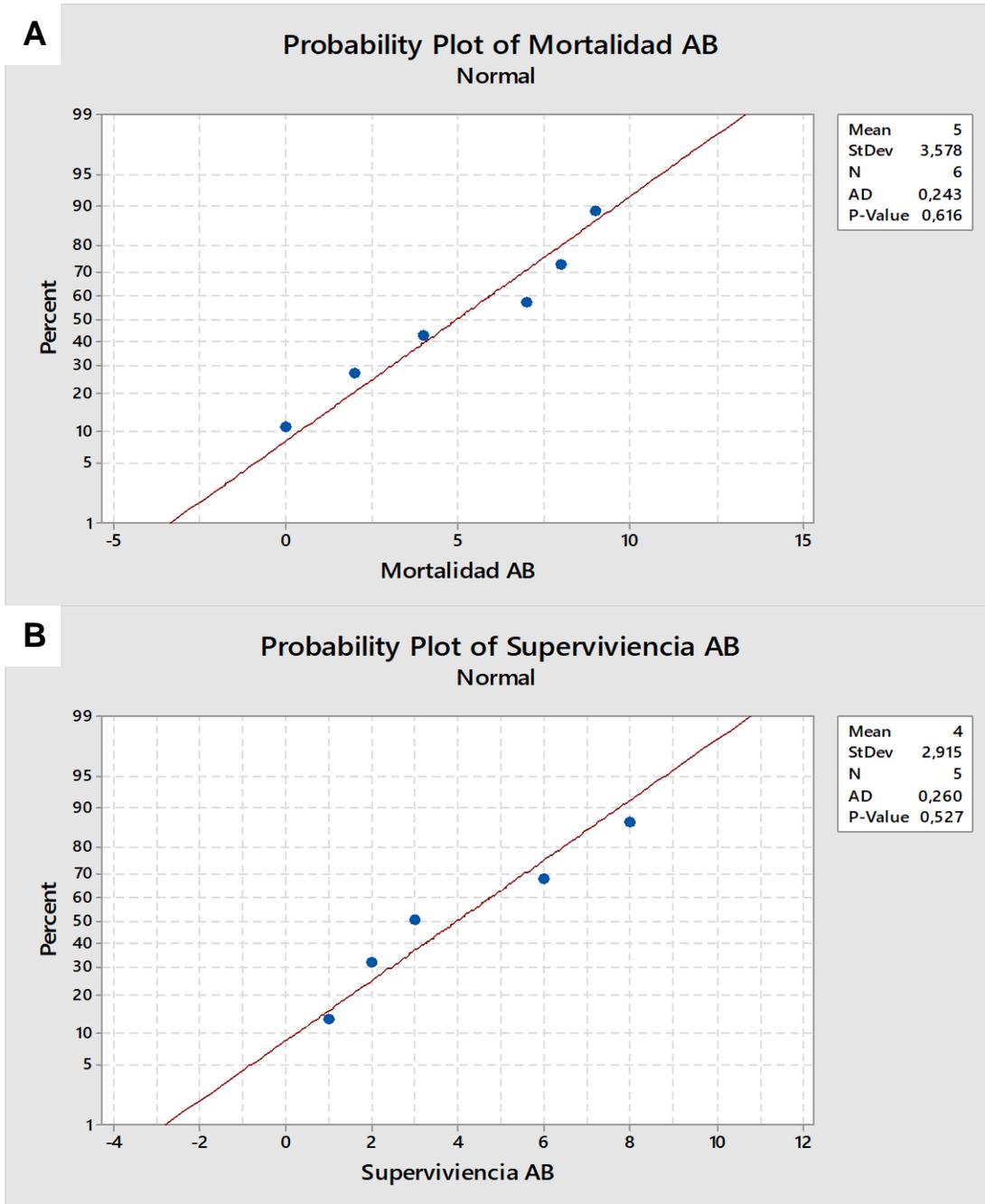


Figura 27. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de mortalidad (A) y supervivencia (B) de Alimento Balanceado.

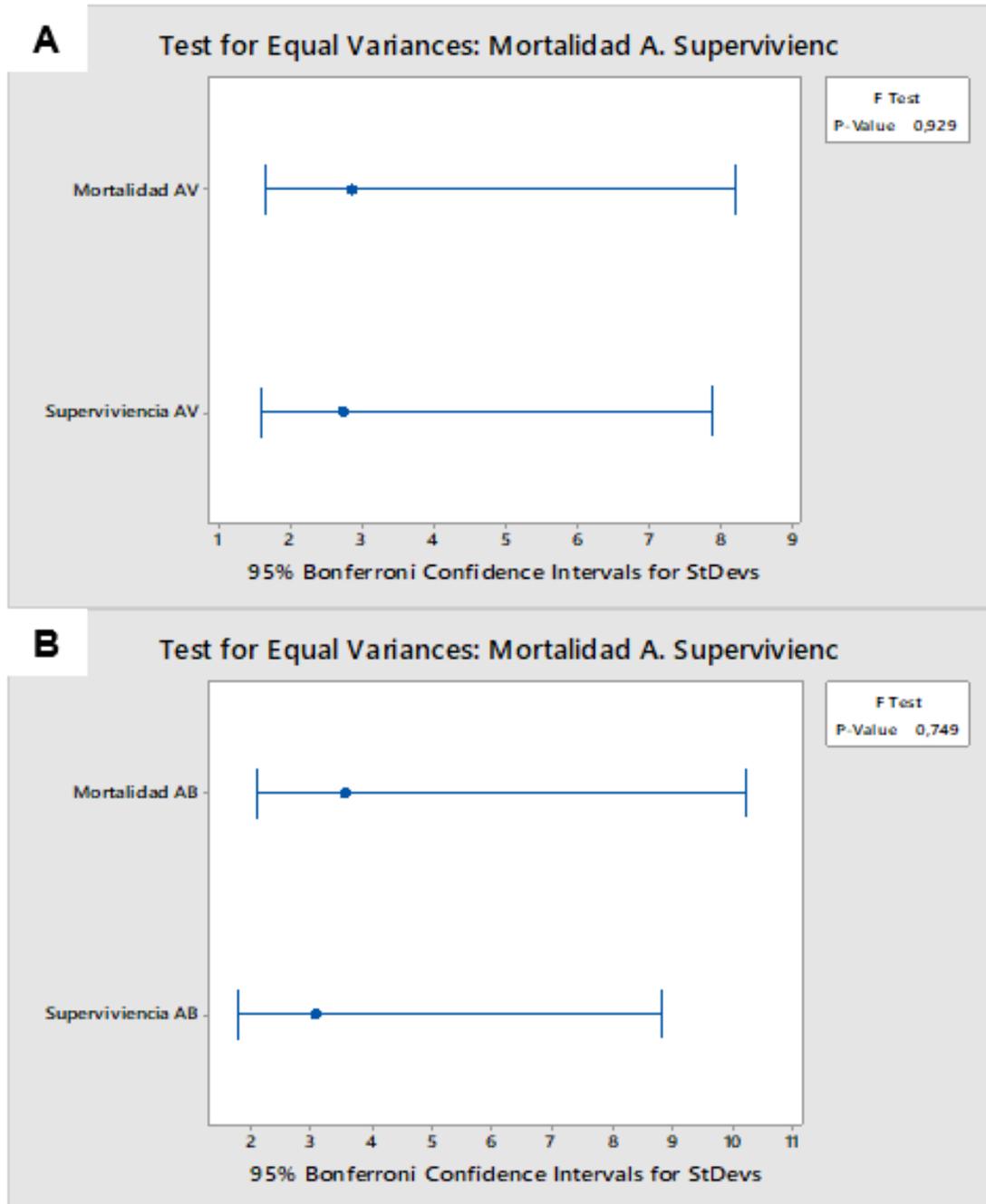


Figura 28. Prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene) a los valores de mortalidad y supervivencia con alimento vivo (A) y balanceado (B).

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Mortalidad AV	6	4,33	A
Supervivencia AV	6	4,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	2	Mortalidad AV. Supervivencia AV

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	1	0,3333	0,3333	0,04	0,842
Error	10	79,3333	7,9333		
Total	11	79,6667			

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Mortalidad AB	6	5,00	A
Supervivencia AB	6	3,33	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	1	8,333	8,333	0,75	0,407
Error	10	111,333	11,133		
Total	11	119,667			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3,33667	6,96%	0,00%	0,00%

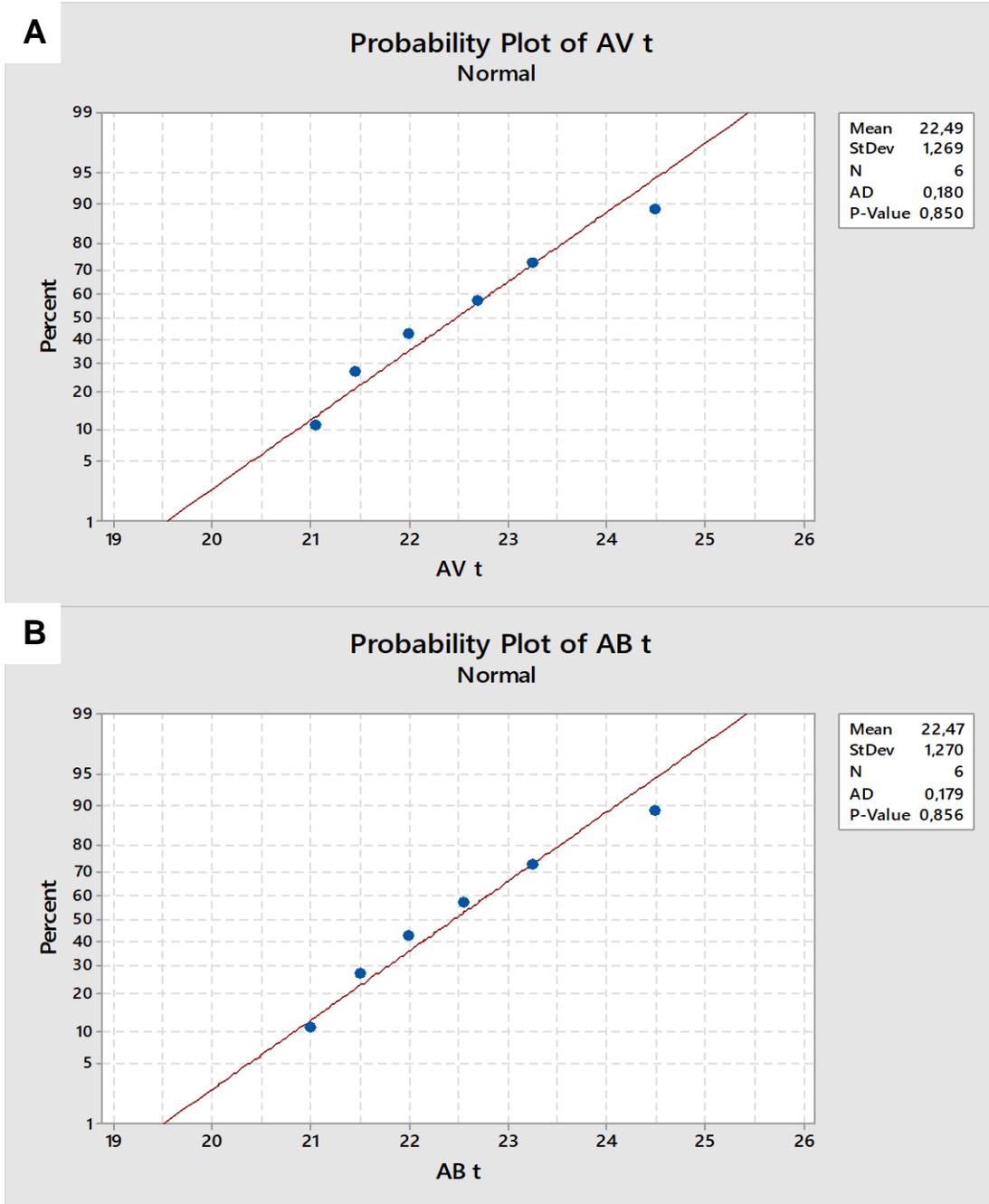


Figura 29. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de temperatura de Alimento Vivo (A) y Alimento Balanceado (B).

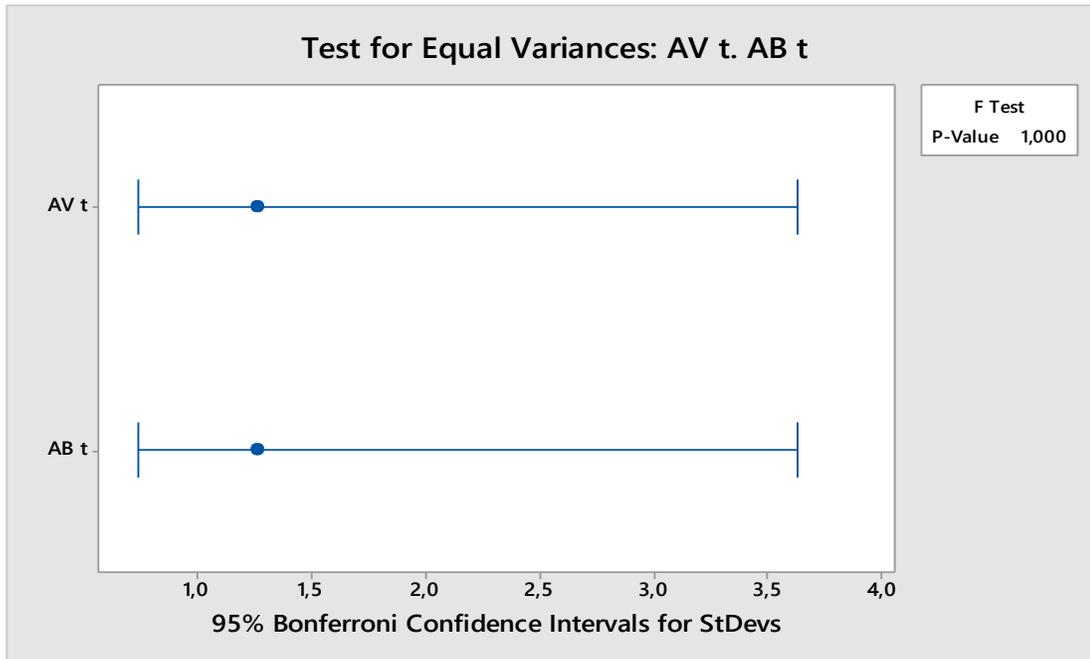


Figura 30. Prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene) a los valores de temperatura de alimento vivo y balanceado.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
AV t	6	22,492	A
AB t	6	22,467	A

Means that do not share a letter are significantly different.

tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Means	Difference	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
B t - AV t	-0,025	0,733	(-1,658. 1,608)	-0,03	0,973

individual confidence level = 95,00%

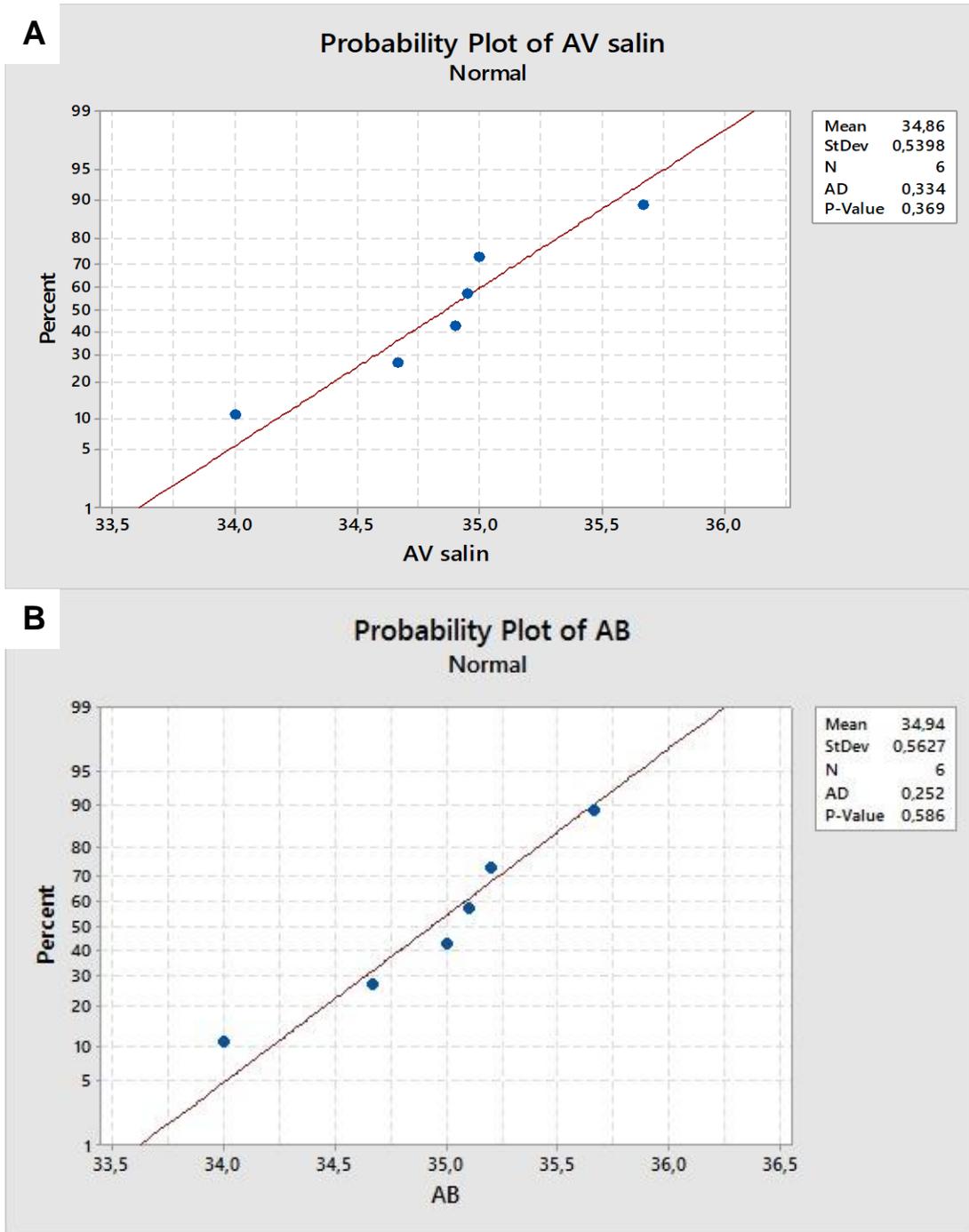


Figura 31. Prueba de normalidad de Anderson – Darling aplicada a los datos de salinidad de Alimento Vivo (A) y Alimento Balanceado (B).

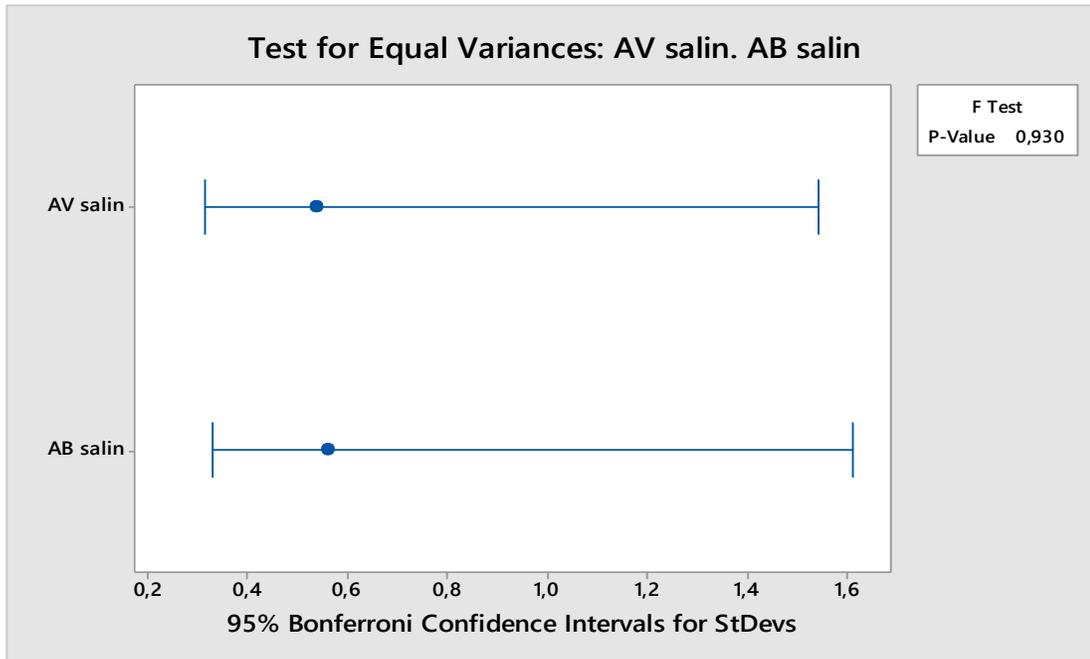


Figura 32. Prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene) a los valores de salinidad de alimento vivo y balanceado.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
AB salin	6	34,939	A
AV salin	6	34,864	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Factor	Levels	Values
Factor	2	AV salin. AB salin

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	1	0,01688	0,01688	0,06	0,818
Error	10	3,04005	0,30400		
Total	11	3,05692			

Anexo 1. Autorización de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica.



Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 2113

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

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

2.- CÓDIGO

MAAE-ARSFC-2022-2113

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2022-04-20	2023-04-20

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
1719130872	ANAGUANO QUIJIA MELANY DAYANA	Ecuatoriana	000000	Estudiante	Echinoidea

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

Nombre del Proyecto: Estudio comparativo de dos dietas nutricionales para el crecimiento de Echinometra vanbrunti en Salinas - Provincia de Santa Elena

7.- SE AUTORIZA LA RECOLECCION CON EL PROPOSITO DE:

Dirección: Calle Madrid 1159 y Andalucía Código postal: 170525 / Quito-Ecuador
Teléfono: 593-2 398-7600 - www.ambiente.gob.ec

Comparar el efecto de dietas alimenticias a base de <i>Ulva lactuca</i> y balanceado para el crecimiento mediante el cultivo en condiciones experimentales del erizo de mar <i>Echinometra vanbrunti</i> .
Determinar el porcentaje de adaptación de los erizos de mar al sistema de cultivo según la dieta aplicada.
Elaborar alimento balanceado para comparación con <i>Ulva lactuca</i> relacionando el crecimiento en talla y peso.
Registrar las variaciones de temperatura y salinidad del sistema de cultivo de <i>Echinometra vanbrunti</i> de acuerdo al alimento suministrado.

8.- ÁREA GEOGRÁFICA QUE CUBRE LA RECOLECCIÓN DE LAS ESPECIES O ESPECÍMENES:

PROVINCIAS	SNAP	BOSQUE PROTECTOR
SANTA ELENA	RESERVA DE PRODUCCION DE FAUNA PUNTILLA DE SANTA ELENA	NA

9.- INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES A RECOLECTAR

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	TIPO MUESTRA	N° MUESTRA	N° LOTE
Echinoidea	Camarodonta	Echinometridae	Echinometra	NA	Biológica viva	60	

10.- METODOLOGÍA APLICADA EN CAMPO

FASE DE RECOLECCIÓN:	Se coleccionará de manera manual con ayuda de una espátula a 60 individuos de <i>Echinometra vanbrunti</i> con un rango entre 40 a 45 mm de diámetro de testa en el intermareal rocoso y extracción de 120 g aproximadamente de algas verdes (<i>Ulva lactuca</i>).
FASE DE PRESERVACIÓN:	Los organismos capturados se transportarán en un recipiente circular plástico para minimizar el estrés y evitar su deterioro hasta llegar al lugar de estudio, en donde el sistema de cultivo estará previamente acondicionado.

11. METODOLOGIA APLICADA EN LABORATORIO

MÉTODOS EMPLEADOS EN EL LABORATORIO:	El sistema de cultivo consta de 6 peceras de vidrio rectangulares con medidas de 25 cm (altura) x 45 cm (largo) x 30 cm (ancho) y una capacidad de 34 L, colocando 25 L de agua de mar aproximadamente. Se ubicará a las peceras en una repisa metálica de manera simétrica a 15 cm de distancia cada una, con 3 oxigenadores de dos salidas marca SOBO conectados con mangueras de acuario flexibles fijadas en la parte superior de cada repisa y una piedra difusora de 15 cm para ayudar a la difusión de la aireación de manera continua. Cada pecera contará con 10 individuos de erizo de mar <i>Echinometra vanbrunti</i> sometidos a dos tratamientos alimenticios: tres con alimento vivo (<i>Ulva lactuca</i>) y tres con alimento balanceado.
---	---

12.- SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA RECOLECCION.

Grupo	Descripción	Tipo de
-------	-------------	---------

Biológico a Recolectar		Equipamiento
Echinoidea	REFRACTÓMETRO, TERMOMETRO, CÁMARA FOTOGRÁFICA	Material en Laboratorio
Echinoidea	CALIBRADOR VERNIER	Material en Laboratorio
Echinoidea	MOSQUITERO, PIEDRA DIFUSORA	Material en Laboratorio
Echinoidea	HORNO, BALANZA	Equipo en Laboratorio
Echinoidea	OXIGENADORES, PECERAS	Material en Laboratorio
Echinoidea	HARINA DE PESCADO, MAIZ, TRIGO , SOYA Y ALGAS, ACEITE DE PESCADO, SALES MINERALES, VITAMINA C, MAICENA, GELINA SIN SABOR, EXTRACTO DE ZANAHORIA	Material en Laboratorio
Echinoidea	RECOLECCIÓN MANUAL MEDIANTE ESPATÚLAS	Material en Campo
Echinoidea	TAMIZADOR, GUANTES	Material en Laboratorio
Echinoidea	MANGUERA DE ACUARIO	Material en Laboratorio
Echinoidea	REPISA METÁLICA, RECIPIENTES PLÁSTICOS	Material en Laboratorio

13.- COLECCIONES NACIONALES DEPOSITARIAS DEL MATERIAL BIOLÓGICO

Echinoidea	Museo Universidad de Guayaquil
------------	--------------------------------

14.- RESULTADOS ESPERADOS

Este estudio comparativo será el primero en aportar con información sobre el crecimiento en cultivo del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* alimentados con *Ulva lactuca* y alimento balanceado, analizando cómo estas dietas alimenticias inciden en su adaptación contando con diferentes componentes nutricionales los cuales aportarán a la investigación de acuerdo al consumo de los alimentos y su relación con el porcentaje de mortalidad. De igual manera, la toma de parámetros como salinidad y temperatura ayudará a establecer si las condiciones del medio de cultivo ayudan o interfieren en el crecimiento registrando la tasa mensual para comprender de mejor manera su desarrollo junto con el alimento suministrado, en donde los resultados demostrarían la factibilidad del sistema de cultivo obteniendo una mortalidad baja y registrando los cambios en los erizos como el aumento de la talla y peso evidenciando de esta forma la aceptación del alimento balanceado. Por eso el principal indicador de cumplimiento de acuerdo a los objetivos planteados será los datos obtenidos de crecimiento de los erizos ya que estos nos

indicarán la tasa promedio según el alimento suministrado aportando con una base de datos que pueda servir para futuras investigaciones.

15.- CONTRIBUCIÓN DEL ESTUDIO PARA LA TOMA DE DECISIONES A LA ESTRATEGIA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD 2011-2020.

METAS	DESCRIPCIÓN
Resultado04.19El Ecuador, bajo la coordinación del Instituto de Investigaciones de la Biodiversidad, impulsa la investigación científica aplicada y la gestión del conocimiento sobre el patrimonio natural y desarrolla procesos tecnológicos innovadores que sustentan el cambio de la matriz productiva	Aportar con información sobre el crecimiento en cultivo del erizo de mar Echinometra vanbrunti alimentados con Ulva lactuca y alimento balanceado aportando con una base de datos que pueda servir para futuras investigaciones.

DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

1. Solicitud de: **ANAGUANO QUIJIA MELANY DAYANA**
2. Institución Nacional Científica : **UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**
3. Fecha de entrega del informe final o preliminar: **2023/04/05**
4. Valoración técnica del proyecto: **CHOCHO SANCHEZ VICTOR EDUARDO**
5. Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS.**
6. Esta Autorización **NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS**, sin la correspondiente autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.
7. Los especímenes o muestras recolectadas no podrán ser utilizadas en actividades de **BIOPROSPECCIÓN, NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO.**
8. Los resultados que se desprendan de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.

OBLIGACIONES DEL/ LOS INVESTIGADOR/ES.

9. Ingresar al sistema electrónico de recolecta de especímenes de especies la diversidad biológica del ministerio del ambiente y agua, el o los informes parciales o finales en formato PDF, en el formato establecido.



Con los siguientes anexos:

- Escaneado de el o los certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las Colecciones Científicas Ecuatorianas como Internacionales depositarias de material biológico.
- Escaneado de las publicaciones realizadas o elaboradas en base al material biológico recolectado.
- Escaneado de material fotográfico que considere el investigador pueda ser utilizados para difusión. (se mantendrá los derechos de autor).

10. Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos el número de Autorización de Recolección otorgada por el Ministerio del Ambiente y Agua, con el que se recolecto el material biológico.

11. Depositar los holotipos en una institución científica depositaria de material biológico.

12. Los holotipos solo podrán salir del país en calidad de préstamo por un periodo no más de un año.

13. Las muestras biológicas a ser depositadas deberán ingresar a las colecciones respectivas siguiendo los protocolos emitidos por el Curador/a custodio de los especímenes.

14. Las muestras deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se responsabiliza a **ANAGUANO QUIJIA MELANY DAYANA**.

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
LAGLA CHIMBA BYRON ADRIAN
2022-04-08



Estado electrónicamente por:
BYRON ADRIAN
LAGLA CHIMBA

Dirección: Calle Bolívar y Andalucía Código postal: 170525 / Quito-Ecuador
Teléfono: 593-2 398-7600 - www.ambiente.gob.ec