

“Efecto de la aplicación de dos dietas experimentales sobre el crecimiento del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* en La Libertad, Provincia de Santa Elena”

*Effect of the Application of Two Experimental Diets on the Growth of the Sea Urchin
Echinometra vanbrunti in La Libertad, Santa Elena Province.*

Melany Dayana Anaguano Quijia

Universidad Estatal Península de Santa Elena
mela_daya99@hotmail.com
ORCID ID 0009-0007-5452-8360

Sonnya Patricia Mendoza Lombana

Universidad Estatal Península de Santa Elena
smendoza@upse.edu.ec
ORCID ID 0000-0002-3283-9199

Ana Gabriela Balseca Vaca

Universidad Estatal Península de Santa Elena
abalseca@upse.edu.ec
ORCID ID 0000-0002-2847-0915

DOI: <https://doi.org/10.56124/aula24.v6i9.009>

RESUMEN

El efecto comparativo de dos dietas experimentales suministradas al erizo de mar *Echinometra vanbrunti* en cautiverio, fueron empleadas analizando su crecimiento y supervivencia. El experimento contó con 12 acuarios cada uno con 10 erizos, cinco alimentados con el alga verde *Ulva lactuca*, cinco acuarios con dieta balanceada artificial y dos acuarios de reserva. Durante 6 meses se registró semanalmente la longitud (diámetro de testa), peso, supervivencia, así como, parámetros de temperatura y salinidad. Los resultados no mostraron diferencias significativas en el crecimiento por diámetro de testa y peso ($p < 0.05$) evidenciando una tasa promedio con alimento balanceado de 0.15 mm/mes y peso de 0.64 g/mes, con el alimento vivo de 0.13 mm/mes y peso de 0.16 g/mes. La supervivencia fue 50% con *Ulva lactuca* y 40% con balanceado. La temperatura y salinidad varió de 21 °C a 24.5 °C y 34 UPS a 35 UPS, presentándose reproducción en ambas dietas ensayadas.

Palabras clave: *E. vanbrunti*, *Ulva lactuca*, Crecimiento, Supervivencia

ABSTRACT

The comparative effect of two experimental diets administered to the sea urchin *Echinometra vanbrunti* in captivity was evaluated by analyzing its growth and survival. The experiment involved 12 aquariums, each containing 10 sea urchins: five aquariums were fed the green alga *Ulva lactuca*, five were fed an artificial balanced diet, and two were reserved as backups. Over a six-month period, weekly measurements were recorded for test diameter, weight, survival, as well as temperature and salinity parameters. The results showed no significant differences in growth based on test diameter and weight ($p < 0.05$). The average growth rate for the balanced diet was 0.15 mm/month in test diameter and 0.64 g/month in weight, while the live feed yielded 0.13 mm/month in test diameter and 0.16 g/month in weight. Survival rates were 50% for *Ulva lactuca* and 40% for the balanced diet. Temperature ranged from 21°C to 24.5°C, and salinity ranged from 34 UPS to 35 UPS. Reproduction was observed in both dietary treatments.

Keywords: *E. vanbrunti*, *Ulva lactuca*, Growth, Survival

1.- Introducción

La acuicultura es una actividad practicada desde la antigüedad para el consumo humano, pero se ha enfocado en peces, moluscos y crustáceos, sin embargo, los equinodermos son un grupo poco explotado y estudiado. Los países denominados de “primer mundo” han diversificado el mercado acuícola (Sonnenholzner-Varas, 2021) con nuevos recursos marinos, como los erizos de mar, que son invertebrados con simetría radial y bilateral, sistema vascular acuífero y hábitos alimenticios variados (Soriano, 2014).

Para cultivarlos es importante conocer las condiciones del agua, así como sus parámetros, ya que varían de acuerdo con la localidad (Sonnenholzner-Varas, 2021) influyendo en su alimentación y crecimiento. Los erizos de mar son atractivos en la acuicultura por su rápido desarrollo y su alto valor nutricional, aunque pueden llegar a ser una fuente de ingresos adicional del Ecuador porque países asiáticos y europeos son altos consumidores de sus gónadas generando la necesidad de producir estos organismos a gran escala logrando así diversificar los cultivos de especies comerciales. A pesar de tener potencial acuícola se carece de información sobre sus requerimientos nutricionales y su adaptación al cautiverio en el Ecuador y 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.

Además, es necesario el estudio de nuevas fuentes de ingreso económico tanto en el sector privado como público para obtener 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.

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

Esostenible 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, el objetivo es la comparación del efecto de la dieta a base de *Ulva lactuca* y alimento balanceado para registrar el crecimiento y adaptación al cautiverio ya que 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.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio de prácticas de la Facultad Ciencias del Mar en la Universidad Península de Santa Elena ubicada en el Cantón Libertad en las coordenadas de latitud 2°14'1.33"S y longitud 80°52'34.94"O en la provincia de Santa Elena - Ecuador (Fig. 1 A y B).

En el intermareal rocoso de la playa de San Lorenzo – Salinas (Fig. 1B) de manera manual se colectó a 120 individuos de *Echinometra vanbrunti* con un rango entre 35 a 45mm de diámetro de testa y en la playa localizada en La Libertad (Fig. 1B) se extrajo 145g de algas verdes (*Ulva lactuca*). Los organismos de estudio fueron capturados en marea baja utilizando la tabla de mareas del INOCAR bajo la debida autorización otorgada por el MAATE, los cuales se transportaron al área de estudio en un recipiente circular plástico para minimizar el estrés y evitar su deterioro, sin embargo, la extracción de algas se realizó cada 8 días durante 6 meses como alimento vivo.



Figura 1. 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).

En el área de estudio el sistema de cultivo tenía 12 acuarios de vidrio rectangulares (Fig. 2) con 27 L de agua de mar. En dos estanterías metálicas de manera simétrica se ubicaron a los acuarios con 2 oxigenadores y un filtro biomecánico realizando mantenimiento cada 15 días para asegurar una buena calidad del medio, el cual contaba con un sistema de aireación continua. En cada acuario se incluyeron 10 especímenes de erizo de mar *E. vanbrunti* sometidos a dos tratamientos alimenticios: cinco con alimento vivo (*Ulva lactuca*) y cinco con alimento balanceado (Fig. 3 y Tabla 1).

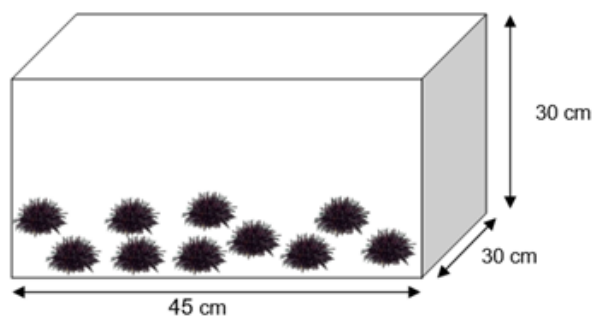


Figura 2. Diseño de acuario

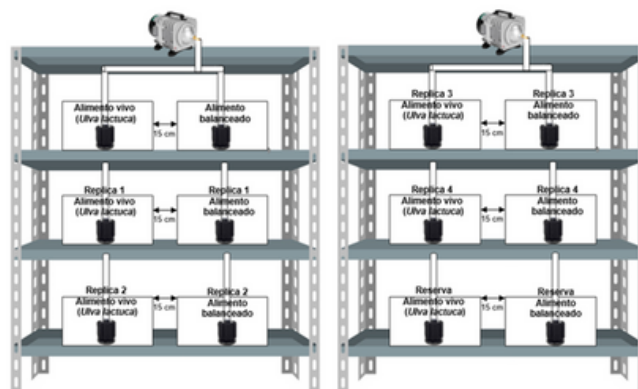


Figura 3. Sistema de cultivo

Cada estantería 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 de la playa de San Lorenzo en un contenedor de 200 Litros 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

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

Nota: Se le denominó 0 al primer acuario de cada tratamiento seguido de sus réplicas.

Tabla 1. Etiquetado de acuarios.

La preparación del alimento balanceado fue tomada de Vizcarra Piérola (2017) en donde se adaptó la composición de la dieta experimental (Tabla 2) de acuerdo con el manual de cultivo de Erizo *Loxechinus albus* (Bustos y Olave, 2001).

Tabla 2. 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)

La alimentación de los erizos de mar en los acuarios sometidos al tratamiento con *Ulva lactuca* fueron considerados 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 y para eliminar la acumulación de materia orgánica evitando la degradación del medio de cultivo, siendo la alimentación ad libitum (Lope Sosa, 2016), donde una ración alimentaria para un erizo de 40 a 50mm de diámetro es 0.3-0.5g/día (Vizcarra Piérola, 2017), por lo que se suministró 3g/día de cada dieta a 10 erizos por cada acuario.

Se tomó el peso inicial con balanza digital de los erizos en el área de estudio posteriormente se incorporaron todos los organismos en el sistema de cultivo, en el cual se registró semanalmente medidas de diámetro de testa y el peso total de los erizos usando un calibrador vernier y una balanza digital respectivamente (Lope Sosa, 2016), así como, los datos de parámetros de salinidad y temperatura en cada acuario mediante un refractómetro y un termómetro (Bustos y Olave, 2001).

Se determinó la calidad del agua mediante el análisis de sólidos suspendidos totales tanto del agua de mar para recambio y de cada tratamiento al finalizar la experimentación. También se analizó la composición nutricional del alimento balanceado elaborado y analizó mediante microbiología las gónadas de los erizos de mar.

Para hallar la tasa de crecimiento del diámetro de testa y peso de cada acuario se utilizó la ecuación 1 (Parker, 2002):

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

También, para calcular el porcentaje de supervivencia de cada tratamiento se utilizó la ecuación 2:

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

Para 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. Se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para verificar la correlación entre las variables y los tratamientos.

Resultados

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

Incremento del diámetro de testa

La talla de los erizos de mar alimentados con *Ulva lactuca* con un valor máximo en el primer mes fue de 37.41mm y el mínimo un valor de 35.3mm, mientras que en el mes de diciembre el valor máximo fueron 43.38mm y el mínimo 37.69mm (Fig. 4). De igual manera los erizos de mar alimentados con balanceado tuvieron en el primer mes el valor máximo de 37.74mm y el mínimo de 35.44mm mientras que en el mes de diciembre el valor máximo fue 43 mm y el mínimo 40.5mm (Fig. 5). Teniendo como promedio la talla de 38.45mm en los organismos alimentados con alga y 39.51mm en los organismos alimentados con balanceado durante los seis meses de estudio. Las letras dentro de las Figs 4 y 5 señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

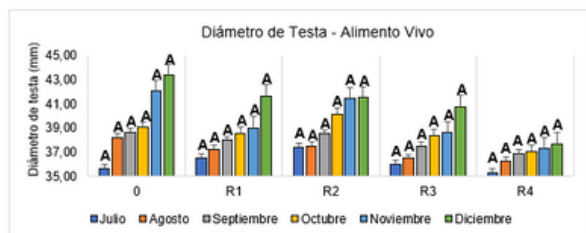


Figura 4. Incremento del diámetro de testa mensual del tratamiento con alimento vivo y sus réplicas.

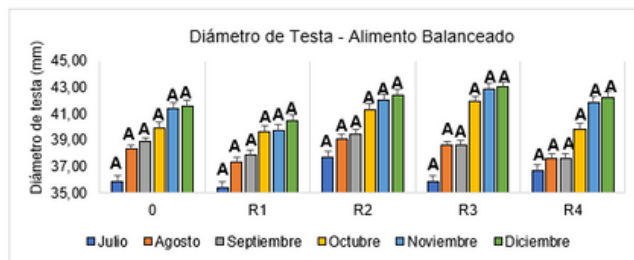


Figura 5. Incremento del diámetro de testa mensual del tratamiento con alimento balanceado y sus réplicas.

Incremento del Peso

El resultado del incremento del peso en los erizos alimentados con *Ulva lactuca* se observa en Fig. 6 siendo el valor máximo en el primer mes de 18.72g y el mínimo 18g mientras que en el mes de diciembre el valor máximo fue 24.2g y el mínimo 20.65g. Así mismo, en la Fig. 7 los erizos de mar alimentados con balanceado tuvieron el primer mes el valor máximo de 21g y el mínimo de 12.9g mientras que en el mes de diciembre el valor máximo fue 32.51g y el mínimo 20.44g. Teniendo como promedio el peso de 20.39g en los organismos alimentados con alga y 22.92g en los organismos alimentados con balanceado durante los seis meses de estudio. Las letras dentro de las Figs 6 y 7 señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

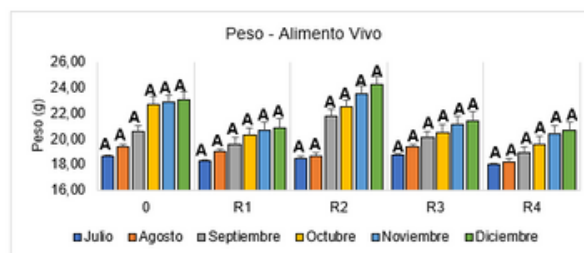


Figura 6. Incremento del peso mensual del tratamiento con alimento vivo y sus réplicas.

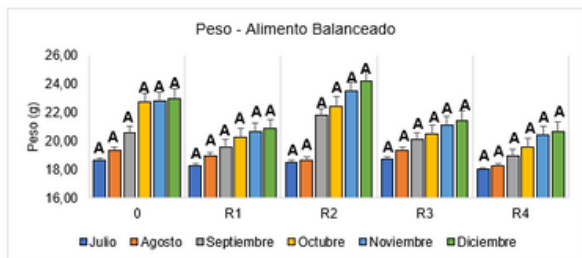


Figura 7. Incremento del peso mensual del tratamiento con alimento balanceado y sus réplicas.

Análisis de composición nutricional

La composición de la dieta experimental utilizada en la investigación presentó una baja calidad nutricional (Tabla 3) para los organismos por contener una proteína con un porcentaje inferior a los alimentos balanceados acuícolas, al igual que la grasa, sin embargo, al comparar con los valores promedio de *Ulva lactuca* (Tabla 4) el alimento balanceado tiene valores casi similares siendo aceptado por los erizos hasta la culminación de la investigación.

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

Tabla 3. Porcentaje nutricional del alimento balanceado

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

Tabla 4. Porcentaje promedio nutricional del alimento vivo (*Ulva lactuca*)

Tasa de crecimiento

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 con el tratamiento de alimento vivo (AV) y alimento balanceado (AB) con sus respectivas réplicas

(Fig. 8) muestra que en el tratamiento AV el valor máximo fue 0.22mm y el valor mínimo 0.07mm, mientras que en el tratamiento AB el valor máximo fue de 0.2mm y el mínimo 0.12mm. Se obtuvo una tasa de crecimiento mayor en los erizos de mar con alimento balanceado resultado del promedio general que fue de 0.15mm a comparación con el alimento vivo que fue de 0.13 mm.

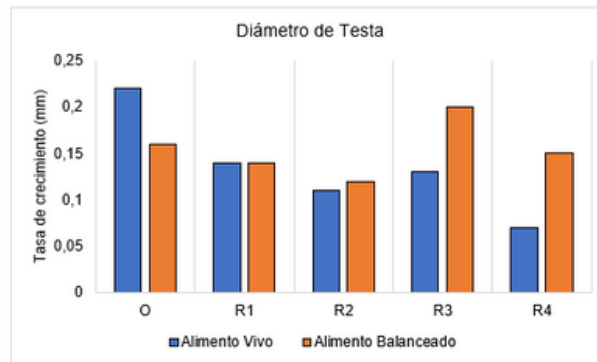


Figura 8. Tasa de crecimiento del diámetro de la testa de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.

El porcentaje de crecimiento del diámetro de testa de los erizos de mar durante los meses de estudio obtenidos de acuerdo con el tratamiento AV y AB con sus respectivas réplicas (Fig. 9) muestra que en el tratamiento con AV el máximo porcentaje fue de 61% y el mínimo de 53%, mientras que en el tratamiento de AB el porcentaje máximo fue 60% y el mínimo 56%. Además, el porcentaje promedio de crecimiento del tratamiento con AV aplicado fue del 57% a comparación con el AB que fue 58%, demostrando que el aumento de los porcentajes del diámetro de testa fue mayor al 53%.

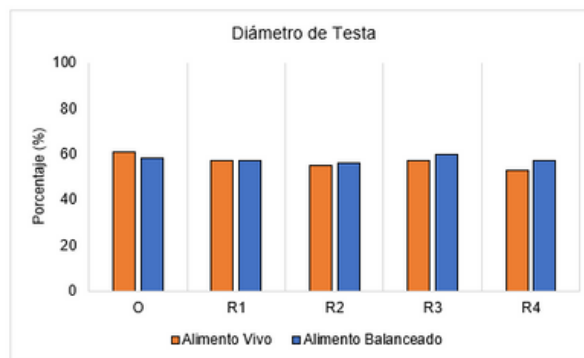


Figura 9. Porcentaje de crecimiento del diámetro de la testa de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.

Peso

La tasa de crecimiento del peso de los erizos de mar durante la investigación obtenidos de acuerdo con el tratamiento AV y AB con sus respectivas réplicas (Fig. 10) muestra que en el tratamiento con AV el valor máximo fue 0.3g y el valor mínimo de 0.1g, mientras que en el tratamiento de AB el valor máximo fue de 1.5g y el mínimo 0.17g. Se obtuvo una tasa de crecimiento mayor en los erizos de mar con alimento balanceado resultado del promedio general que fue 0.64g a comparación con el alimento vivo que fue 0.16g.

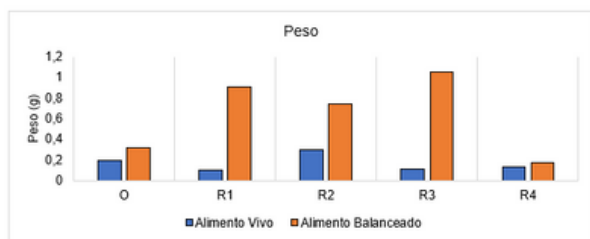


Figura 10. Tasa de crecimiento del peso de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.

El porcentaje de crecimiento del peso durante los meses de estudio obtenidos de acuerdo con el tratamiento AV y AB con sus respectivas réplicas (Fig. 11) muestra que en el tratamiento con AV el máximo porcentaje tuvo 65% y el mínimo 57%, mientras que en el tratamiento de alimento balanceado el porcentaje máximo el 100% y el mínimo 59%. Además, el porcentaje promedio de crecimiento del tratamiento con alimento vivo aplicado a los erizos fue del 60% a comparación con el alimento balanceado que fue del 82%, demostrando que el aumento de los porcentajes del peso fue mayor al 57%.

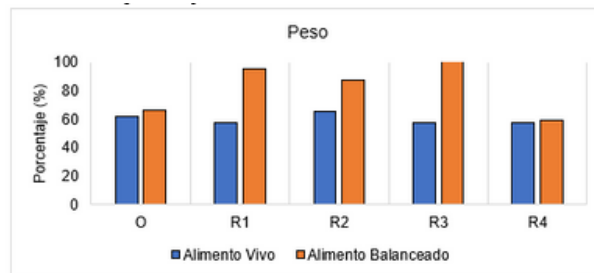


Figura 11. Porcentaje de crecimiento del peso de los erizos de mar durante el periodo de estudio de los tratamientos con alimento vivo y alimento balanceado con sus réplicas.

Adaptación al sistema de cultivo con las dietas experimentales

La mortalidad mensual por cada tratamiento (Fig. 12), 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 debilitó a los individuos del balanceado obteniendo mortalidad continua hasta 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.

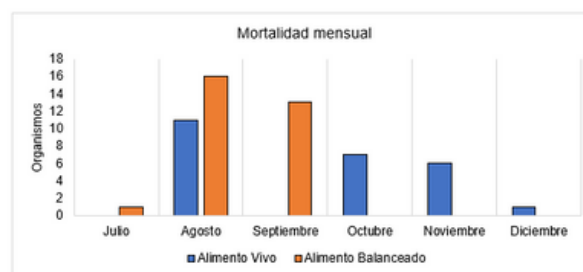


Figura 12. Mortalidad mensual de los erizos de mar del tratamiento con alimento vivo y balanceado.

Temperatura

Los valores mensuales por tratamiento de alimento vivo y balanceado se observan en la Fig. 13, donde en los meses de agosto a octubre se evidenció una disminución de temperatura en los acuarios, presentando en el mes de octubre la temperatura más baja de 21 °C, mientras que en los meses de noviembre y diciembre se observó un incremento de temperatura, presentando en el último mes 24°C. Las letras dentro de Fig. 13 señalan que

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

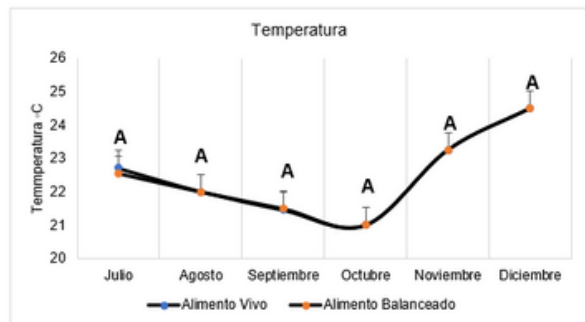


Figura 13. Temperatura media mensual en tratamientos de alimento vivo y balanceado.

Salinidad

Los valores mensuales por tratamiento de alimento vivo y balanceado se observan en la Fig. 14, donde en el mes de julio se obtuvo el valor de salinidad máxima en los acuarios con 35UPS, mientras que en el mes de diciembre se evidenció el valor de salinidad mínima con 34UPS. Las letras dentro de la Fig. 14 señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

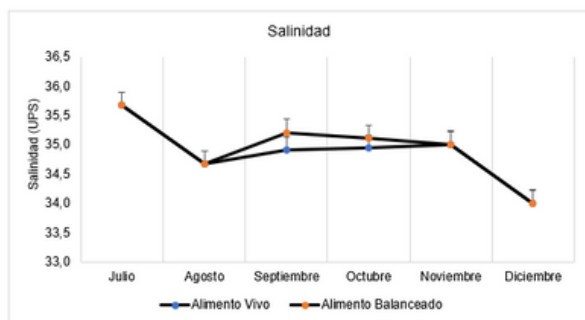


Figura 14. Salinidad media mensual en tratamientos de alimento vivo y balanceado.

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

La Fig. 15 muestra que el agua de mar utilizada para el recambio del agua de cultivo posee mayor concentración con 0.669mg/l por las partículas de arena procedentes del mar. De acuerdo con la figura 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.).

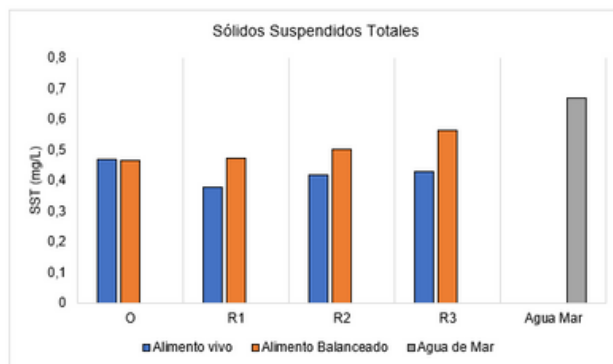


Figura 15. Concentración de sólidos suspendidos totales de acuarios de Alimento vivo, balanceado y agua de mar.

Análisis microbiológico

Al realizar el análisis se tomó en cuenta el rango normal (103 - 104) y peligroso ($> 10^5$), obteniendo en los erizos de mar sometidos a tratamientos con alimento vivo colonias amarillas en agar TCBS con un mínimo de $8.6E+03$ y máximo de $9.3E+04$ mientras que en los tratamientos con alimento balanceado el mínimo fue de $5.1E+03$ y máximo de $1.7E+04$. Para bacterias totales (Agar TSA) se obtuvieron valores de $2.3E+04$ a $2.0E+05$ en las gónadas de los erizos con alimento vivo y $9.3E+04$ a $1.9E+05$ con alimento balanceado. Al utilizar Agar CHROMagar Vibrio se identificaron *V. anginolyticus* y *V. vulnificus* dentro del rango normal en los tratamientos con alimento vivo y balanceado (Fig. 16 y 17).

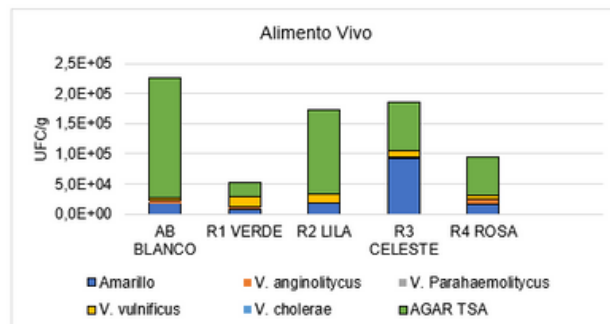


Figura 16. Microbiología en gónadas de erizo de mar con tratamiento alimento vivo.

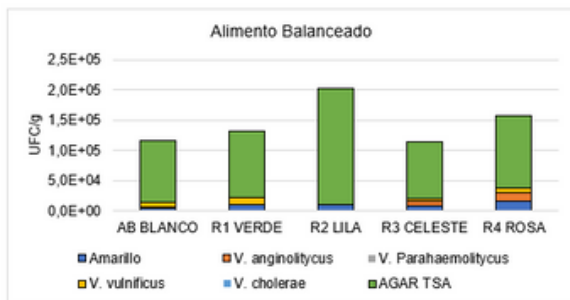


Figura 17. Microbiología en gónadas de erizo de mar con tratamiento alimento balanceado.

Análisis de Correlación

Para verificar la relación entre las variables obtenidas dentro del estudio se realizó el análisis de componentes principales (ACP) demostrada en la Fig. 18 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, al igual que en la Fig. 19 con el alimento balanceado.

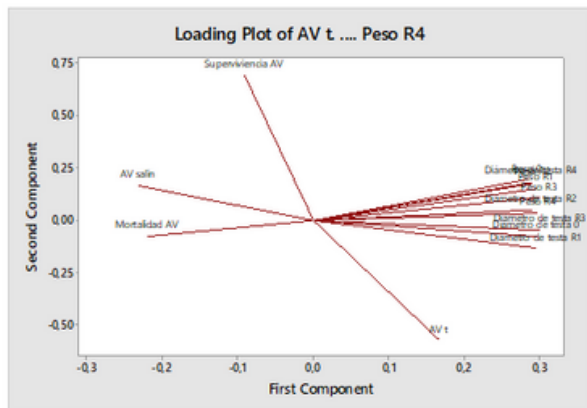


Figura 18. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables estudiadas en el alimento vivo (Diámetro de testa, peso, salinidad, temperatura, mortalidad y supervivencia).

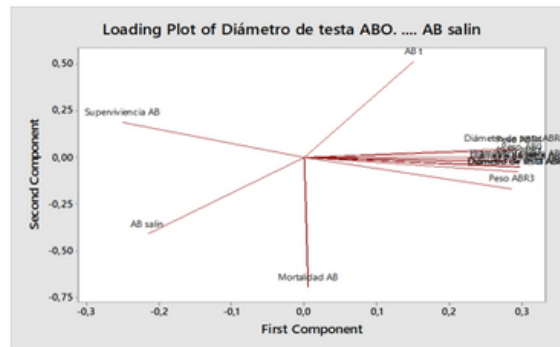


Figura 19. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables estudiadas en el alimento balanceado (Diámetro de testa, peso, salinidad, temperatura, mortalidad y supervivencia).

Discusión

Durante el estudio, se registró el incremento del diámetro de testa mensual con una tasa máxima en alimento vivo de 0.22mm y de peso 0.3g donde de acuerdo con Cortés-Useche, et.al. (2011) el crecimiento del erizo *Echinometra lucunter* fue de 0.7mm y el aumento del peso fue de 0.88g 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 1.10mm/mes con 0.74gr/mes y de 0.24mm/mes con 0.67gr/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 por el periodo de 6 meses, sin embargo, los autores antes mencionados determinaron tener una relación peso – diámetro corroborando el crecimiento con alga con Cortés-Useche, et.al. (2011).

El crecimiento del diámetro de testa con balanceado no tuvo diferencia significativa con el alimento vivo en el presente estudio pero se observó un mayor incremento con los alimentados con *Ulva lactuca* siendo similar a los datos descritos por Vizcarra Piérola (2017) mostrando que el mayor crecimiento se

evidenció en los individuos que consumían alimento natural, sin embargo, los resultados del estudio realizados por 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 reportó buenos resultados con alimento vivo y 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) tienen 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 ya 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%).

Con respecto a la reproducción, el erizo de mar *Echinometra mathaei* de acuerdo con la investigación realizada por Hamza Hasan (2019) el erizo de mar tiene periodos de reposo durante los meses de diciembre, enero, febrero, mayo y septiembre desovando en los meses restantes en la cual estudió que efectos puede producirse con el aumento de la temperatura en su medio registrando valores de temperatura media en verano de 29,56°C e invierno 18,74°C la cual puede afectar el proceso de interno de los erizos incluyendo la maduración de los gametos, madurez sexual, esfuerzos reproductivos entre otros, por lo que en el aumento en la temperatura del agua puede afectar el ritmo reproductivo, por tal motivo en el presente estudio se observó reproducción al mantenerse la temperatura entre los 21°C y 24°C en los acuarios porque la temperatura a la que están expuestos los erizos de mar influye principalmente en la regulación de las periodicidades de reproducción, teniendo un gran efecto en la fertilización y las primeras etapas de desarrollo del erizo de mar (Cohen-Rengifo et al, 2013). Sin embargo, la salinidad ((Harrington et al. 2007), disponibilidad de alimento ((Lawrence y Lane,1982; Poorbagher et al., 2010)y densidad (Bay-Schmith y Pearse, 1987) desempeñan un papel importante en la regulación de la reproducción. Lo registrado en este estudio, se respalda de otros estudios como Tourón et.al (2023), Ancin et.al (2021) y Leuchtenberger et.al (2022).

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.

Conclusiones

Al comparar las dietas experimentales a base de *Ulva lactuca* y balanceado no se tiene 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% resultado del corte de energía en el área de estudio, donde se observó reproducción en las dos dietas aplicadas.

Las variaciones de temperatura y salinidad que tiene el sistema de cultivo son por influencia de las condiciones ambientales y el área de investigación, induciendo a desoves que de alguna manera se reportaron como hallazgos de interés para futuras investigaciones.

Referencias

Ancin, B., Epherra, L & Rubilar T. (2021). Efecto de la temperatura sobre la morfología y reproducción en el erizo de mar *Arbacia dufresnii* (Echinodermata: Echinoidea). Revista de Biología Tropical, 69(Suppl. 1), 154-170. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69isuppl.1.46346>

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 Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Autónoma de México, 4, 141-152.

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

Cohen-Rengifo, M., Garcia, E., Hernandez, C.A. and Hernandez C.J. (2013). Global warming and ocean acidification affect fertilization and early development of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. Cahiers de Biologie Marine, 54(4): 132- 143.

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.

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.

Hamza Hasan, M. (2019). Effect of climate change on the reproduction pattern of sea urchin *Echinometra mathaei* at the Gulf of Suez, Red Sea, Egypt. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 23(2), 527-544.

Leuchtenberger, S. G., Daleo, M., Gullickson, P., Delgado, A., Lo, C., & Nishizaki, M. T. (2022). The effects of temperature and pH on the reproductive ecology of sand dollars and sea urchins: Impacts on sperm swimming and fertilization. Plos one, 17(12), e0276134.

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, Perú.
<http://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/23>

Parker, B. (2002). Planning Analysis: Calculating Growth Rates.
<https://pages.uoregon.edu/rgp/PPPM613/class8a.htm> Revisado: Diciembre del 2022.

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> Revisado: Diciembre del 2022.

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, La Libertad.
<http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1469>

Tourón, N., Paredes, E., & Costas, D. (2023). Comparison of the somatic growth of juvenile sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) fed with experimental and commercial pre-growth diets. *Aquatechnica*, 5(3), 156-171.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10023208>

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. Tesis de Grado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Perú.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3157>