



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TEMA**

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE POCILLOPORA DAMICORNIS  
BAJO DIETA IMPORTADA Y FORMULADA EXPERIMENTALMENTE  
EN CONDICIONES DE LABORATORIO EN QUITO, ECUADOR.**

**AUTOR**

**MVT. MATTEO ANDRÉS ESPINOSA CARDELLINO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
Previo a la obtención del grado académico en  
MAGÍSTER EN ACUICULTURA**

**TUTOR**

**MSC. JORGE ENRIQUE BLACIO GAME**

**Santa Elena, Ecuador**

**Año 2025**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos calificadores, aprueban el presente trabajo de titulación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por el Instituto de Postgrado de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

---

**PhD. Roxana Álvarez Acosta  
COORDINADORA DEL  
PROGRAMA**

---

**Mgs. Jorge Blacio Game  
TUTOR**

---

**PhD. César Molina Poveda  
ESPECIALISTA 1**

---

**PhD. Sonnya Mendoza Lombana  
ESPECIALISTA 2**

---

**Ab. María Rivera González, Mgs.  
SECRETARIA GENERAL UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN:**

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por MATTEO ANDRÉS ESPINOSA CARDELLINO, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Acuicultura.

Atentamente,

---

Mgs. Jorge Blacio Game  
**TUTOR**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Matteo Andrés Espinosa Cardellino

**DECLARO QUE:**

El trabajo de Titulación, “**Evaluación del crecimiento de *Pocillopora damicornis* bajo dieta importada y formulada experimentalmente en condiciones de laboratorio en Quito, Ecuador.**” previo a la obtención del título en Magíster en Acuicultura, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, a los 02 días del mes de diciembre de 2025

---

Matteo Andrés Espinosa Cardellino  
**AUTOR**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, Matteo Andrés Espinosa Cardellino

**DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de la investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este informe de investigación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 02 días del mes de diciembre de 2025

---

Matteo Andrés Espinosa Cardellino  
**AUTOR**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO**

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado “Evaluación del crecimiento de *Pocillopora damicornis* bajo dieta importada y formulada experimentalmente en condiciones de laboratorio en Quito, Ecuador.” presentado por el estudiante, Matteo Andrés Espinosa Cardellino fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 6 %, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

 INFORME DE ANÁLISIS  
magister

## Tesis final Matteo Espinosa

**6%**  
Textos sospechosos

- 0% Similitudes (ignorado)  
0 % similitudes entre comillas  
0 % entre las fuentes mencionadas
- 6% Idiomas no reconocidos
- 10% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Tesis final Matteo Espinosa.docx ID del documento: 084ffb44f5b40675fc40cff07f681cff0e314233 Tamaño del documento original: 13,23 MB	Depositante: JORGE ENRIQUE BLACIO GAME Fecha de depósito: 19/11/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 19/11/2025	Número de palabras: 11.929 Número de caracteres: 81.568
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

---

Mgs. Jorge Blacio Game  
**TUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Internacional del Ecuador por facilitar sus instalaciones, equipos e infraestructura con el fin de poder realizar esta investigación de la manera más profesional y exacta posible.

A Sebastián Donoso propietario de la empresa Umammi Freeze quien gentilmente brindó sus instalaciones para poder liofilizar los ingredientes.

A mi madre Chiara Cardellino, quien me ayudó a culminar el proceso de mi educación superior.

A la Blga. Ana Gabriela Balseca V., M.Sc., por su valiosa ayuda en la redacción, asesoría, recolección de especímenes y obtención de datos en general.

## **DEDICATORIA**

A **Danilo Lionetti**, quien me inculcó la pasión por la acuariofilia y la ciencia, y que desde muy pequeño me permitió desarrollarme y forjar esta inmensa pasión por la vida marina y la investigación.

## ÍNDICE GENERAL

TEMA.....	I
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	IV
AUTORIZACIÓN.....	V
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
DEDICATORIA .....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE ANEXOS .....	XI
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	6
OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS .....	7
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos.....	7
<b>Planteamiento hipotético.....</b>	<b>8</b>
Variable independiente .....	8
Variable dependiente .....	8
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
Aspectos generales de la <i>Pocillopora Damicornis</i> .....	10
Taxonomía .....	11
Morfología .....	12
Ciclo Biológico .....	12
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
Metodología de campo y recolección .....	14

Preparación de los ingredientes para la dieta .....	14
Fórmula final propuesta .....	18
Laboratorio.....	20
Acuarios .....	20
Iluminación .....	21
Bases .....	21
Química del agua .....	22
Equipos y metodología de medición de parámetros .....	23
Refractómetro .....	24
Disposición de los fragmentos de coral .....	24
Mantenimiento de acuarios .....	25
Toma de datos de crecimiento .....	26
Crecimiento.....	26
Salud y supervivencia de los fragmentos .....	26
Coloración.....	28
Grado de incrustación .....	28
Calcificación .....	29
Puntas de crecimiento .....	29
<b>RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>30</b>
Promedios de parámetros de los diversos grupos de estudio .....	33
Procedimiento estadístico .....	35
Parámetros fisicoquímicos del agua.....	37
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>43</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>44</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	<i>Variables cualitativas de la investigación</i>	9
Ilustración 2	<i>Ciclo biológico de Pocillopora damicornis</i>	13
Ilustración 3	<i>Cernidores 3D</i>	16
Ilustración 4	<i>Proceso de separación del material</i>	17
Ilustración 5	<i>Ingredientes separados envasados</i>	17
Ilustración 6	<i>Fórmula realizada en el programa Python</i>	18
Ilustración 7	<i>Metodología de medición del pesaje exacto de cada uno de los ingredientes</i>	20
Ilustración 8	<i>Fragmentos de Pocillopora damicornis</i>	22
Ilustración 9	<i>Medidores Hanna Checker</i>	23
Ilustración 10	<i>Representación de la escala de corales</i>	27
Ilustración 11	<i>Escala de coloración de los animales</i>	28
Ilustración 12	<i>Ejemplo de toma de medidas para determinar el índice de incrustación</i>	29
Ilustración 13	<i>Cálculos y códigos análisis ANOVA en Python</i>	36
Ilustración 14	<i>Muestra de consumo de calcio y magnesio</i>	40
Ilustración 16	<i>Complot del grado de incrustación a la base (I.B) por grupo dietario</i>	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Ingredientes y cantidades para la formulación de la dieta experimental</i>	19
Tabla 2	<i>Los resultados de la prueba de normalidad Shapiro–Wilk</i>	35
Tabla 3	<i>Resumen con los valores y significancias obtenidos del análisis de varianza (ANOVA)</i>	37
Tabla 4	<i>Medición de parámetros del sistema de los dos acuarios que pertenecen al grupo control</i>	37
Tabla 5	<i>Medición de parámetros del sistema de los dos acuarios que pertenecen al grupo al que se le administro la dieta comercial</i>	38
Tabla 6	<i>Medición de parámetros del sistema de los dos acuarios que pertenecen al grupo al que se le administro la dieta experimental</i>	39

## ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1	<i>Proceso de realización de pesaje de lo diversos ingredientes para hacer la dieta</i>	.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 2	<i>Asistente de laboratorio Lilibeth Ayo, pegando los fragmentos de coral a las bases</i>	52	
Anexo 3	<i>Proceso de liofilización de los diversos ingredientes en las instalaciones de Umammi Freeze</i>	53	
Anexo 4	<i>Instalaciones del “Acquolab”</i>	53	
Anexo 5	<i>Boxplot del peso inicial (P.I) por grupo dietario</i>	54	
Anexo 6	<i>Boxplot del peso final (P.F) por grupo dietario</i>	55	
Anexo 7	<i>Complot del grado de incrustación a la base (I.B) por grupo dietario</i>	55	
Anexo 8	<i>Boxplot de la coloración (C) por grupo dietario</i>	56	



## RESUMEN

En la presente investigación se busca ofrecer soluciones a una problemática vigente a nivel nacional y latinoamericano, la ausencia de dietas comerciales de producción local para la industria acuícola, en específico para el cultivo de corales ornamentales. Este sector, se encuentra en constante crecimiento a nivel mundial, por lo que se requieren técnicas más eficientes y sostenibles. Para ello, se evaluaron materias primas de fácil acceso en el país, las cuales fueron liofilizadas, trituradas y tamizadas para obtener productos de alta calidad. Posteriormente, se formularon mezclas con el objetivo de replicar las dietas comerciales disponibles en el mercado. El ensayo se realizó en seis acuarios idénticos en cuanto a equipos y condiciones, con cuatro ejemplares por acuario, cada uno proveniente de una colonia distinta para minimizar variables genéticas. Se administraron tres tratamientos: una dieta comercial, una dieta experimental y un grupo control sin alimentación, monitoreando constantemente los parámetros fisicoquímicos para asegurar la validez de los resultados.

**Palabras claves:** Corales ornamentales, dietas experimentales, acuicultura, acuicultura sostenible, *Pocillopora damicornis*.

## ABSTRACT

This research aims to address a current problem at both national and Latin American levels: the lack of locally produced commercial diets for the aquaculture industry, specifically for ornamental coral cultivation. This sector, which is rapidly growing worldwide, requires increasingly efficient and sustainable techniques. For this purpose, different locally available raw materials were evaluated, which were lyophilized, ground, and sieved to obtain high-quality components. These were then mixed to replicate existing commercial diets available in the market. The experiment was conducted in six identical aquariums in terms of equipment and conditions, each containing four specimens from different colonies to minimize genetic variation. Three treatments were applied: a commercial diet, an experimental diet, and a control group without feeding, all under artificial lighting. Physicochemical parameters were constantly monitored to ensure consistency and reliability of the results.

**Keywords:** Ornamental corals, experimental diets, aquaculture, sustainable aquaculture, *Pocillopora damicornis*.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas, posicionándose como una de las industrias alimentarias más importantes a nivel mundial. En 2022, la producción acuícola alcanzó 87,9 millones de toneladas, lo que representa un aumento del 204 % desde el año 2000 (FAO, 2024). Este crecimiento responde a la creciente demanda global de alimentos acuáticos, impulsada también, por el incremento de la población mundial y la necesidad de fuentes sostenibles de proteína (SOFIA, 2022). La diversificación de esta industria es notable, ampliándose más allá de especies tradicionales como el camarón, el salmón y la tilapia, hacia el cultivo de macroalgas, peces ornamentales y otros organismos con aplicaciones en biotecnología, alimentación y fertilizantes (Pomeroy et al., 2006; Conlan et al., 2018).

Además de satisfacer la demanda alimentaria, la acuicultura avanza significativamente, en términos tecnológicos y de sostenibilidad. Esto incluye el desarrollo de prácticas más eficientes en la gestión de recursos y la reducción del impacto ambiental, lo que permite una mayor integración con los objetivos de desarrollo sostenible (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2024) Estas innovaciones han permitido a países como China, Noruega y Chile liderar la producción acuícola mundial, diversificando las economías regionales y creando empleos (Todinanahary et al., 2017). A nivel global, la acuicultura no solo se limita a la producción de alimentos, sino que también desempeña un papel clave en la economía y en la conservación ambiental, posicionándose como una solución integral para el futuro de la seguridad alimentaria mundial

Ante este inmenso crecimiento, desarrollo e innovación la acuicultura de corales surge como una respuesta necesaria ante la degradación de los arrecifes y las restricciones en la extracción de corales para el comercio ornamental en países como Indonesia, Filipinas y Fiyi (Leal et al., 2014; Harmelin-Vivien & Bouchon-Navaro, 1983). Este mercado, que percibe un movimiento económico de alrededor de 330 millones de dólares anuales, enfrenta el desafío de optimizar la cría de corales *ex situ*, una limitación atribuida a factores como la iluminación, la química del agua y, especialmente, la alimentación (Goldberg, 2018). En condiciones naturales, los corales obtienen energía de dos fuentes principales: la fotosíntesis de sus *zooxantelas* y la alimentación heterotrófica. Las *zooxantelas* producen compuestos como

glicerol y lípidos, que representan hasta el 90% de las necesidades energéticas del coral. Sin embargo, no suministran suficientes nutrientes esenciales como nitrógeno y fósforo, que son obtenidos mediante la alimentación heterotrófica (Houlbrèque et al., 2004; Einbinder et al., 2009). Por ejemplo, *Stylophora pistillata* obtiene hasta el 60% de su energía de fuentes heterotróficas en ambientes con poca luz (Einbinder et al., 2009). Además, de que los corales al consumir plancton, materia orgánica disuelta y bacterias, permite ampliar su dieta cuando el plancton es limitado (Harmelin-Vivien & Bouchon-Navaro, 1983; Goldberg, 2018).

Estudios recientes han demostrado que la alimentación basada en nauplios de *Artemia* mejora significativamente el crecimiento de juveniles de corales como *Acropora tenuis* y *Favia fragum*, con tasas de supervivencia de hasta 86.2% en condiciones controladas (Petersen et al., 2008). Esta dieta reduce la duración de las etapas más frágiles post-aseñamiento y optimiza la producción en acuicultura. Adicionalmente, la acuicultura comunitaria de corales ha mostrado ser una alternativa sustentable en regiones costeras como Madagascar. En este modelo, las comunidades locales implementan sistemas de cultivo basados en núbbins coralinos, con altos índices de supervivencia y crecimiento en condiciones *in situ* durante las estaciones frías y secas (Todinanahary et al., 2017). Este enfoque no solo es una técnica biológicamente viable, sino también económicamente rentable, con potencial para generar ingresos sostenibles en comunidades vulnerables.

En el caso del Ecuador, la maricultura de corales presenta oportunidades significativas para apoyar tanto la investigación como el desarrollo económico. Durante el evento de El Niño de 1997-1998, se observaron tasas de mortalidad de hasta el 26% en las Islas Galápagos, lo que puso en evidencia la necesidad de implementar sistemas de cultivo controlados para mitigar el impacto de eventos climáticos extremos (Glynn et al., 2001). Estudios recientes en la provincia de Santa Elena han utilizado modelos predictivos para identificar áreas adecuadas para la maricultura, destacando la importancia de adaptar estas prácticas a las condiciones locales (Tapia Rodríguez, 2024). Además, se ha identificado que la reproducción de *Pocillopora damicornis* que en esta región está influenciada por la temperatura y la disponibilidad de nutrientes, lo que refuerza la necesidad de desarrollar dietas especializadas para garantizar su éxito en cultivo (Glynn et al., 1991).

Aunque la investigación en maricultura y acuicultura de corales ha avanzado significativamente, la producción eficiente de corales en condiciones controladas sigue siendo un reto debido a las carencias nutricionales. La alta demanda y la disminución de los

proveedores agravan esta situación (Wabnitz et al., 2003; Montero-Fortunato, 2022). Estudios han demostrado que las prácticas insostenibles de pesca ornamental contribuyen a la disminución de poblaciones locales y a la alteración de los ecosistemas arrecifales (Bruckner, 2001; Friedlander, 2001). Como propuesta a ello la presente investigación propone una dieta experimental que combina altos porcentajes de proteínas y aminoácidos esenciales para suplir las deficiencias nutricionales, asegurando un crecimiento óptimo y estabilidad química en los sistemas de cultivo. El desarrollo de una dieta enriquecida con proteínas y aminoácidos esenciales mejora significativamente el crecimiento y la salud de la *Pocillopora damicornis* en cautiverio, el cual será utilizado como modelo para esta investigación, ya que es un coral nativo, el cual se adapta bastante bien al cautiverio y tiene un gran potencial económico. La restauración de arrecifes y el comercio ornamental sostenible dependen de tecnologías acuícolas avanzadas. En este punto esta investigación aborda un vacío crítico en la nutrición coralina, promoviendo prácticas sustentables y reduciendo la presión sobre los ecosistemas naturales. Además, una dieta experimental puede aumentar la viabilidad económica de la acuicultura coralina, al mejorar la eficiencia del crecimiento y la supervivencia (Cole et al., 2008; Conlan et al., 2018; Ellis, 1999).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la acuicultura es la industria pecuaria con mayor crecimiento tanto a nivel nacional como mundial, con una tasa anual estimada del 6,7 % (FAO, 2024). Este sector se ha consolidado como uno de los campos que más inversión recibe en recursos, investigación e infraestructura. Sin embargo, existen áreas emergentes dentro de la producción acuícola que aún se consideran nuevas como: la producción de corales ornamentales, con fines científicos y para restauración de ecosistemas arrecifales. Estas actividades también muestran un crecimiento acelerado, además de representar un mercado en expansión, con alto potencial económico y productivo, el cual actualmente alcanza aproximadamente 1,5 millones de dólares anuales solo en el mercado estadounidense (Khodzori et al., 2024).

Esta rama de la acuicultura se ha convertido en una carrera contra el tiempo, impulsando a gobiernos, instituciones y centros de investigación a destinar gran cantidad de recursos, presupuesto y esfuerzo para desarrollar métodos eficientes de cultivo en cautiverio (Suggett et al., 2023). Esto con el objetivo de garantizar el crecimiento, reproducción y sostenibilidad de estos organismos en entornos controlados, favoreciendo tanto su aprovechamiento ornamental como su conservación ecológica.

El principal problema del desarrollo de la acuicultura es su alto costo de producción y venta, además de que el mayor desarrollo está diseñado para el mercado ornamental doméstico (acuaristas particulares) y no para la cría o producción a escala industrial. Esta limitación ha obligado a muchos criadores a elaborar sus propios alimentos, un proceso complejo que demanda espacio, equipamiento especializado y personal altamente calificado para cultivar microalgas, rotíferos, artemia y copépodos (Saper et al., 2023).

Teniendo en cuenta que los corales mantienen una relación simbiótica con microalgas llamadas *Zooxantelas*, las cuales les proporcionan gran parte de la nutrición necesaria para cumplir sus funciones vitales, estos organismos también requieren complementar su dieta mediante la captura de pequeños organismos como zooplancton y fitoplancton. Los corales atrapan estas partículas con sus tentáculos y las introducen en su boca para su digestión y aprovechamiento energético (Wiedenmann et al., 2023).

Por ello, los sistemas de cría *ex situ*, se vuelve complejo recrear las corrientes naturales de nutrientes y alimento es extremadamente, ya que se alteran los parámetros fisicoquímicos

del agua o las partículas son absorbidas por los sistemas de filtración (Lam et al., 2023). Como solución a esto diversas casas comerciales han desarrollado alimentos específicos para corales, tanto en formato líquido como en polvo, con el objetivo de replicar estas dietas naturales en ambientes controlados.

Esta opción no se encuentra disponible en Ecuador, ni en países vecinos. Ninguna empresa que produce alimentos comerciales específicos para corales, de fácil almacenamiento y dosificación se encuentra ubicada cerca de nuestro espacio geográfico. La falta de este desarrollo alimentario y su importación es lo que dificulta significativamente la implementación de programas de cría eficientes y sostenibles de estos organismos.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La falta de dietas comerciales, que se puedan importar con facilidad o a bajo costo, y que se encuentren disponibles para criadores y productores de corales en la mayor parte de países, especialmente en Ecuador, limita significativamente el desarrollo de esta industria. Brindando una oportunidad de desarrollo de productos alimentarios que fomenten el desarrollo de la rama de la acuicultura, y en específico en la producción de corales ornamentales.

La limitada disponibilidad de dietas comerciales, el proceso complejo de importación, además de los altos costos, limitan el alcance de criadores y productores de corales en la mayoría de los países, especialmente en Ecuador. Esto restringe de manera significativa el desarrollo de esta industria. Por otro lado, esta situación, representa una oportunidad para el diseño y formulación de nuevos productos alimenticios que impulsen el crecimiento del sector acuícola y, en particular, la producción de corales ornamentales.

## **JUSTIFICACIÓN**

La ausencia de un producto tan básico como la alimentación específica para estos organismos en el país impide que esta industria, con un enorme potencial económico, ecológico y científico, pueda progresar y desarrollarse adecuadamente. Dejando así un espacio en crecimiento que se puede fomentar, en el que resulta fundamental implementar un producto de bajo costo elaborado con ingredientes locales, de fácil acceso y suministro constante.

Esta nueva industria podría generar importantes beneficios sociales, económicos y ecológicos. Actualmente se reconoce que el desarrollo de este tipo de iniciativas es esencial, ya que su implementación no solo impulsa el crecimiento económico sostenible, sino que también contribuye de manera directa a la conservación del planeta. Mientras otros países avanzan firmemente en este campo, resulta indispensable que el Ecuador adopte medidas similares para no quedar rezagado y pueda aprovechar el potencial de una economía azul responsable y sustentable.

## OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

### Objetivo General

Comparar el crecimiento de *Pocillopora damicornis*, bajo la dieta comercial importada con una formulada experimentalmente, analizando su efecto en la salud y supervivencia en sistemas de acuicultura controlados, como una alternativa de diversificación acuícola sostenible.

### Objetivos Específicos

1. Analizar las tasas de crecimiento de *Pocillopora damicornis* alimentadas con la dieta experimental, comparándolas con las obtenidas mediante la dieta comercial importada.
2. Comparar la salud general de *Pocillopora damicornis* en términos de densidad de zooxantelas, calcificación, color, peso y despliegue de pólipos.
3. Evaluar la efectividad de la dieta experimental en la supervivencia de los corales en sistemas acuícolas cerrados.

## **Planteamiento hipotético**

Se plantea que es posible desarrollar una dieta experimental elaborada a partir de ingredientes locales que logre equiparar los valores nutricionales de las dietas comerciales de alta gama utilizadas en la alimentación de corales. En la actualidad, la mayoría de las dietas comerciales disponibles en el mercado internacional se basan en mezclas de zooplancton y fitoplancton recolectados, secados y pulverizados, lo que genera un producto con altos costos de producción y limitada accesibilidad para países como Ecuador.

El fabricante de la dieta comercial seleccionada como referencia declara en su análisis que garantiza los siguientes valores nutricionales: proteína cruda 60 %, grasa cruda 20 %, fibra cruda 8 %, humedad 6 % y cenizas 6 % (Reef Roids, s.f.). A partir de esta información, se propone que, mediante el uso de materias primas locales de origen marino y vegetal, combinadas estratégicamente y procesadas mediante técnicas avanzadas como la liofilización y el deshebrado en frío, es posible obtener un alimento con una composición nutricional similar, capaz de satisfacer las necesidades energéticas y fisiológicas de los corales en cultivo.

La propuesta de esta investigación es demostrar que Ecuador tiene el potencial para producir alimentos especializados de manera autónoma, reduciendo significativamente los costos de importación y fomentando el desarrollo de una industria coralina sostenible. Este avance representaría no solo una alternativa económica y ambientalmente responsable, sino también un aporte relevante al fortalecimiento de la acuicultura ornamental y a la conservación activa de los ecosistemas marinos a través del cultivo de corales en condiciones controladas.

### **Variable independiente**

- Tipo de dieta administrada (*dieta comercial Reef Roids, dieta experimental formulada con ingredientes locales y grupo control sin alimentación suplementaria*).

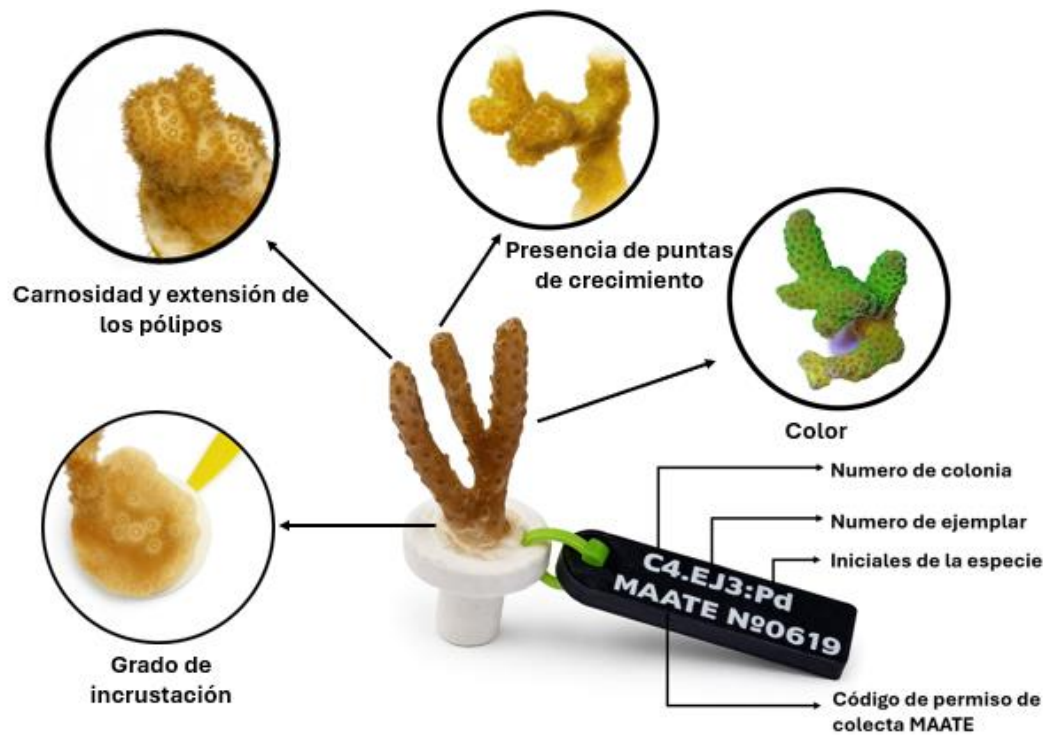
### **Variable dependiente**

- Crecimiento, salud y supervivencia de fragmentos de *Pocillopora damicornis* (evaluados mediante tasa de crecimiento, coloración, calcificación, extensión de pólipos y grado de incrustación, tiempo de aparición de puntas de crecimiento y peso).

## Ilustración

1

### *Variables cualitativas de la investigación*



Nota: Variables cualitativas consideradas en el estudio, la leyenda de las etiquetas y su respectiva especificación. Fuente: Imagen propia.

## MARCO TEÓRICO

### **Antecedentes del cultivo de *Pocillopora damicornis***

*Pocillopora damicornis* es una de las especies de corales pétreos más ampliamente cultivadas en programas de restauración de arrecifes, tanto *ex situ* como *in situ*, debido a su rápido crecimiento, elevada adaptabilidad y notable resistencia a variaciones en la temperatura, salinidad y parámetros fisicoquímicos en general (Marín-Moraga, Cortés, & Rodríguez, 2023). Además, se trata de una especie con una amplia distribución geográfica, presente en al menos 128 ecorregiones dentro del Indo-Pacífico, incluyendo las costas del Ecuador y las Islas Galápagos (Corals of the World, 2024).

Esta alta capacidad de resiliencia convierte a *Pocillopora damicornis* en un excelente candidato para su cultivo en cautiverio con múltiples fines, tanto comerciales como ecológicos, además de su contribución al mantenimiento de los servicios ecosistémicos. Su cría se encuentra ampliamente difundida a lo largo de la costa del Pacífico americano, por las ventajas mencionadas.

En el contexto ecuatoriano, existen actualmente diversas guarderías coralinas que mantienen y reproducen esta especie *ex situ*, tanto en las Islas Galápagos como en el territorio continental, con el propósito de desarrollar proyectos de restauración coralina y estudios científicos (Galápagos Conservancy, 2022; Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, 2023). Asimismo, se encuentra registrada la empresa Ecuacorals, que cuenta con los permisos oficiales para la zootría de esta especie en el país.

### **Aspectos generales de la *Pocillopora Damicornis***

*Pocillopora damicornis* es un coral hermatípico ampliamente distribuido en regiones tropicales y subtropicales del océano Índico y el Pacífico. Es una de las especies más estudiadas del género *Pocillopora* debido a su plasticidad fisiológica, su importancia ecológica en la construcción de arrecifes y su capacidad de reproducirse tanto sexual como asexualmente. Esta especie muestra una notable sensibilidad a las condiciones ambientales, en especial a la

temperatura y a la acidificación, factores que afectan su fisiología y su éxito reproductivo (Liu et al., 2024).

Las poblaciones de *P. damicornis* presentan una estructura genética compleja que refleja su amplia distribución y dispersión larvaria, con distintos linajes adaptados localmente en función de la temperatura y las condiciones oceanográficas (Rachmilovitz et al., 2024).

Las larvas de *P. damicornis* establecen una relación simbiótica temprana con algas del género *Symbiodiniaceae*, las cuales proveen carbono fotosintético incluso bajo condiciones de acidificación y altas temperaturas. Esta relación simbiótica es esencial para su supervivencia y crecimiento, ya que complementa su nutrición heterotrófica con una fuente autotrófica estable (Sun et al., 2024).

Las colonias de *Pocillopora* presentan respuestas fisiológicas variables a los procesos de surgencia, modificando su metabolismo y densidad simbiótica ante cambios en la temperatura y el oxígeno disuelto (Castrillón-Cifuentes et al., 2023). Además, se ha evidenciado que la interacción con bacterias específicas regula procesos críticos del ciclo de vida, como la metamorfosis y el asentamiento larvario, lo que resalta la importancia de los factores microbianos en etapas tempranas del desarrollo (Guo et al., 2025).

## Taxonomía

<b>Reino:</b>	<i>Animalia</i>
<b>Filo:</b>	<i>Cnidaria</i>
<b>Clase:</b>	<i>Anthozoa</i>
<b>Orden:</b>	<i>Scleractinia</i>
<b>Familia:</b>	<i>Pocilloporidae</i>
<b>Género:</b>	<i>Pocillopora</i>
<b>Especie:</b>	<i>Pocillopora damicornis</i> (Linnaeus, 1758)

Los análisis genéticos recientes confirman que *P. damicornis* pertenece a un complejo de especies del género *Pocillopora*, caracterizado por una elevada variabilidad morfológica y genética. Esta variación se asocia tanto a la plasticidad fenotípica, como a la existencia de especies crípticas dentro del grupo, lo que ha llevado a una revisión taxonómica sustentada en marcadores moleculares (Rachmilovitz et al., 2024).

## **Morfología**

*Pocillopora damicornis* presenta una morfología ramificada con ramas delgadas y uniformes, lo que facilita una alta superficie para la fotosíntesis y la captura de partículas suspendidas. Las colonias adultas muestran variaciones morfológicas dependiendo de la energía del oleaje y la profundidad, desarrollando formas más compactas en ambientes de alta turbulencia o más abiertas en zonas protegidas (Liu et al., 2024).

Los pólipos, donde habitan las algas simbiotes, son pequeños y con tentáculos que facilitan tanto la captura de presas planctónicas, como el intercambio de gases. La estructura calcárea o esqueleto aragonítico es altamente porosa, lo cual favorece el flujo de nutrientes y la colonización bacteriana, aspectos directamente asociados con los procesos de asentamiento larvario y crecimiento inicial (Guo et al., 2025; Sun et al., 2024).

## **Ciclo Biológico**

El ciclo biológico de *Pocillopora damicornis* combina modos de reproducción sexual y asexual, lo que le confiere gran capacidad de dispersión y resiliencia ecológica (Liu et al., 2024). Durante la fase reproductiva, las colonias adultas liberan larvas planctónicas (plánulas) cuya viabilidad y desarrollo dependen significativamente de la temperatura del agua. Temperaturas elevadas reducen la fecundidad y la supervivencia larvaria al afectar la eficiencia bioenergética de las colonias parentales (Liu et al., 2024).

Las larvas mantienen una simbiosis funcional con microalgas del género *Symbiodiniaceae*, que incrementan el aporte de carbono hacia el huésped bajo condiciones de estrés ambiental. Esta interacción mejora el metabolismo larvario y favorece su desarrollo antes del asentamiento (Sun et al., 2024).

Determinadas bacterias del entorno marino inducen la metamorfosis y el asentamiento de las larvas sobre sustratos adecuados mediante la producción de metabolitos específicos y proteínas señalizadoras (Guo et al., 2025). Una vez asentadas, las larvas desarrollan esqueletos aragoníticos e inician la formación de nuevas colonias (Guo et al., 2025).

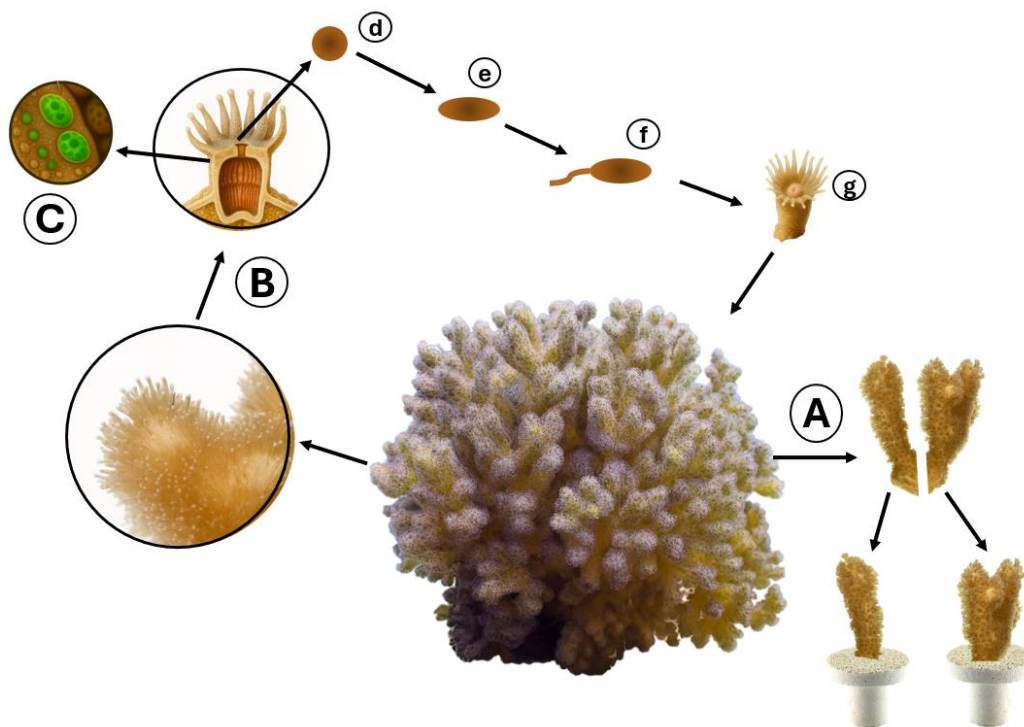
La conectividad genética entre poblaciones distantes sugiere una dispersión larvaria efectiva impulsada por corrientes oceánicas y la capacidad de las larvas para sobrevivir periodos prolongados en la columna de agua (Rachmilovitz et al., 2024).

La especie combina estrategias autotróficas y heterotróficas para suplir sus requerimientos energéticos, obteniendo carbono orgánico de sus simbiontes fotosintéticos y capturando plancton y materia orgánica disuelta, especialmente en condiciones de baja luminosidad o estrés térmico (Castrillón-Cifuentes et al., 2023; Wiedenmann et al., 2023). Esta flexibilidad trófica es esencial para su supervivencia frente a cambios ambientales y procesos de blanqueamiento coralino (Wiedenmann et al., 2023).

## Ilustración

2

### *Ciclo biológico de Pocillopora damicornis*



**Nota.** Se describe el ciclo biológico de *Pocillopora damicornis*: A) Reproducción asexual, B) Ciclo de reproducción sexual, C) Microalgas simbióticas del coral, D) Gametos, E) embriones, F) Larvas, G) Pólipo primario. Fuente: elaboración propia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Metodología de campo y recolección

Para esta investigación los corales fueron colectados en Anconcito, en las coordenadas 2°20'26" S, 80°53'27" W. Se extrajo una porción de aproximadamente 20 cm de cuatro colonias diferentes, las cuales fueron colocadas en bolsas plásticas con agua del sitio de colecta. Posteriormente, se transportaron a la superficie y fueron empaquetadas en doble funda dentro de una hielera, con el fin de mantener una temperatura estable y evitar picos térmicos durante el traslado. Manteniendo procedimientos utilizados para el manejo y conservación de muestras coralinas en campo (Bruckner et al., 2022).

A finalizar el traslado, se depositaron las muestras directamente en Quito, en las instalaciones de Acquolab. Los corales fueron desinfectados con el producto “Dip” de la marca Seachem (Solución a base de yodo que permite neutralizar posibles bacterias y protozoarios presentes en los especímenes). Después de un baño de 20 minutos, los corales fueron colocados en los acuarios y pasaron por un proceso de estabilización que duró 48 horas. Posterior a esto se procedió al corte, obteniendo fragmentos de aproximadamente 5 cm, los cuales fueron pegados en plugs, previamente etiquetados para su identificación y seguimiento.

### Preparación de los ingredientes para la dieta

Para la elaboración de la dieta se emplearon diversos ingredientes de origen marino, seleccionados con el propósito de diversificar la composición nutricional e imitar la estructura trófica del zooplancton natural. Se procuró incluir, al menos, un representante de los principales grupos de vertebrados e invertebrados marinos que componen el zooplancton.

Los ingredientes utilizados fueron los siguientes:

- Lenguado del Pacífico (*Paralichthys adspersus*), empleado como análogo de las larvas de peces pelágicos comúnmente presentes en el plancton.

El cual tiene los siguientes valores nutricionales: Proteína cruda 16.8 %, Grasa cruda 5.5–6.7 %, Cenizas 2.5–3.9 %, Fibra cruda 0 % (Gökçe et al., 2004)

- Camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), representando a los múltiples invertebrados planctónicos, especialmente al kril.

El cual tiene los siguientes valores nutricionales: Proteína (~21 %), grasa (~1 %) y cenizas (~1.6 %) (Zhang, Wang, Li, & Chen, 2021)

- Calamar (*Dosidicus gigas*), seleccionado como modelo de los cefalópodos presentes con frecuencia en las comunidades planctónicas.

El cual tiene los siguientes valores nutricionales: Proteína cruda  $\approx$  16.1 % tentáculos / 18.5 % manto, Grasa cruda  $\approx$  1.4 %, Cenizas  $\approx$  1.6 % tentáculos / 1.45 % manto (Sánchez-Alonso et al., 2007).

- Artemia adulta (*Artemia salina*) congelada y enriquecida, representando a los macroinvertebrados planctónicos de mayor tamaño.

El cual tiene los siguientes valores nutricionales: Proteína cruda 53.8–57.8 %, Grasa cruda 11.4 %, Cenizas 5.2–7.8 %, Fibra cruda 0 % (Rizk, 2018)

- Concha negra (*Anadara tuberculosa*), utilizada como equivalente de las larvas pelágicas de moluscos, además de aportar un elevado contenido de aminoácidos esenciales y ácidos grasos.

El cual tiene los siguientes valores nutricionales: Proteína cruda 61.6 %, Grasa cruda 7.9–8.0 %, Cenizas 8.8 %, Fibra cruda 0 % (Cruz et al., 2012)

- Microalga (*Nannochloropsis gaditana*), incluida como fuente representativa de las microalgas que conforman la base del fitoplancton marino.

De la marca BarAlgae el cual especifica los siguientes valores: Proteína cruda > 40 %, Grasa cruda > 20 %, Carbohidratos > 20 %, Cenizas < 15 %, EPA > 25 % de los lípidos totales, ARA > 5 % de los lípidos totales (BarAlgae, s.f.)

Esta combinación pretende crear una dieta balanceada y biológicamente representativa de las fuentes alimenticias naturales presentes en el zooplancton marino, garantizando así una adecuada diversidad de nutrientes para los corales.

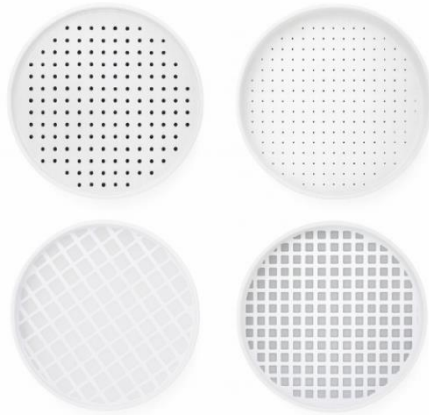
Posteriormente, todos los ingredientes fueron liofilizados de manera individual para

preservar sus propiedades nutricionales. Una vez deshidratados, se trituraron en un molino alimentario y se tamizaron con cernidores de diversos tamaños impresos a medida con una impresora 3D con filamento de uso alimentario de diferente granulometría (3mm, 1mm , 500 micras  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$  ) hasta alcanzar un tamaño de partícula de 150 a 200 micras ( $\mu\text{m}$ ), equivalente al de la dieta comercial Reef Roids.

Los polvos resultantes se almacenaron en frascos de vidrio con tapa hermética, protegidos de la humedad y de la exposición a factores ambientales, asegurando así la estabilidad y calidad del alimento experimental durante todo el periodo de estudio.

### **Ilustración 3**

*Cernidores 3D*



**Nota.** Cernidores impresos en 3D con diferentes granulometrías, alcanzando hasta las 200 micras. Fuente: elaboración propia.

#### Ilustración 4

*Proceso de separación del material*



**Nota.** Se realiza la separación del material en función de su grosor, alcanzando hasta las 200 micras.  
Fuente: elaboración propia.

#### Ilustración

5

*Ingredientes separados envasados*



**Nota.** Ingredientes liofilizados, pulverizados y tamizados, envasados y etiquetados.

Al tener la materia prima, se procedió a generar la mezcla buscando que sea lo más cercana posible a los valores del producto comercial (Reef Roids). el cual tiene los siguientes valores nutricionales Proteína cruda 60 %, Grasa cruda 20 %, Fibra cruda 8 %, Cenizas 6 %.

Se utilizó el programa Python para realizar la mezcla, probando diferentes combinaciones de los ingredientes. Finalmente, se optó por esta fórmula, ya que, aunque no es la que más se aproxima a los valores de la dieta comercial, sí es la que logra una mejor combinación y balance entre los componentes utilizados.

## Ilustración

6

### Fórmula realizada en el programa Python

```
ingredientes = {
    "Lenguado": {"pct": 3, "prot": 16.8, "gras": 6.1, "cen": 3.2, "fib": 0},
    "Camaron": {"pct": 3, "prot": 21, "gras": 1, "cen": 1.6, "fib": 0},
    "Calamar": {"pct": 4, "prot": 17.3, "gras": 1.4, "cen": 1.5, "fib": 0},
    "Artemia": {"pct": 45, "prot": 55.8, "gras": 11.4, "cen": 6.5, "fib": 0},
    "Concha": {"pct": 30, "prot": 61.6, "gras": 7.9, "cen": 8.8, "fib": 0},
    "Nanno": {"pct": 15, "prot": 40, "gras": 20, "cen": 10, "fib": 0},
}

def mezcla(nutriente):
    return sum(v["pct"] * v[nutriente] / 100 for v in ingredientes.values())

print("Proteína:", mezcla("prot"))
print("Grasa:", mezcla("gras"))
print("Cenizas:", mezcla("cen"))
print("Fibra:", mezcla("fib"))
```

**Nota.** Fórmula utilizada y ejecutada mediante el programa Python, para determinar la fórmula más adecuada.

### Fórmula final propuesta

- Lenguado (*Paralichthys adspersus*): 3 %
- Camarón (*Litopenaeus vannamei*): 3 %
- Calamar (*Dosidicus gigas*): 4 %
- Artemia enriquecida (*Artemia salina*): 45 %
- Concha negra (*Anadara tuberculosa*): 30 %
- *Nannochloropsis gaditana*: 15 %

### Aproximado resultante (base húmeda)

- Proteína cruda  $\approx 51.4 \%$
- Grasa cruda  $\approx 10.8 \%$
- Cenizas  $\approx 7.3 \%$

Para este experimento se preparó una ración total de 130g de dieta experimental, aunque únicamente se administraron 64.8 g, divididos en una ración diaria por acuario de 0.38 g, equivalente a la dosis recomendada por el fabricante del producto comercial Reef Roids.

Para la preparación de la dieta, cada compuesto fue pesado por separado en una balanza RADWAG PS 4500.X2 y posteriormente mezclado sin aplicar calor, hasta obtener un compuesto uniforme y homogéneo.

### Tabla

1

#### *Ingredientes y cantidades para la formulación de la dieta experimental*

Ingrediente	Porcentaje	Cálculo	Cantidad (g)
Lenguado ( <i>Paralichthys adspersus</i> )	3 %	$130 \times 0.03$	3.9 g
Camarón ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	3 %	$130 \times 0.03$	3.9 g
Calamar ( <i>Dosidicus gigas</i> )	4 %	$130 \times 0.04$	5.2 g
Artemia enriquecida ( <i>Artemia salina</i> )	45 %	$130 \times 0.45$	58.5 g
Concha negra ( <i>Anadara tuberculosa</i> )	30 %	$130 \times 0.30$	39 g
<i>Nannochloropsis gaditana</i>	15 %	$130 \times 0.15$	19.5 g
<b>Total</b>			130 g

*Metodología de medición del pesaje exacto de cada uno de los ingredientes*



**Nota.** Fotografía propia

## **Laboratorio**

El ensayo se llevó a cabo en las instalaciones de Acqulab, ubicadas en Quito, Ecuador, dentro de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE). Este es el único laboratorio del país diseñado y equipado específicamente para el mantenimiento, cría y estudio de organismos marinos vivos, en especial corales y macroinvertebrados.

## **Acuarios**

Para este propósito se utilizaron seis acuarios numerados con el número del 1 al 6 los cuales son idénticos con dimensiones de 40 × 40 × 30 cm (ancho, profundidad y altura, respectivamente), todos conectados a un sistema de recirculación común vinculado a un sump de 200 litros. Este sistema contó con filtración física y biológica, compuesta por esponjas de diferentes granulometrías, canutillos de alta porosidad como soporte bacteriano y un termostato

de 500 W configurado a 26 °C, además de una bomba de retorno de 5000 L/h que garantizó una adecuada renovación del agua (Craggs et al., 2017).

En el interior de cada acuario, además del flujo proveniente del sistema principal de recirculación, se instaló una bomba generadora de olas Sicce de 1000 L/h, encargada de romper la tensión superficial del agua y favorecer la oxigenación de los corales. Cada acuario contó también con una base plástica elevada a 10 cm del fondo, la cual mantuvo los fragmentos de coral fijados, facilitó las labores de mantenimiento, mejoró la circulación del agua y evitó la acumulación de sedimentos (Craggs et al., 2017).

## **Iluminación**

La iluminación utilizada se trata de cuatro lámparas AI Blade Coral Grow, configuradas según los requerimientos lumínicos específicos de los especímenes utilizados. La intensidad de luz fue medida mediante un medidor de PAR, con el fin de replicar de manera precisa las condiciones naturales de luminosidad del entorno de origen de los corales, garantizando así un ambiente controlado, estable y adecuado para su desarrollo.

## **Bases**

Los corales fueron colocados en bases estándar para fragmentos de coral (plugs) de 2 cm de diámetro, las cuales fueron perforadas para permitir la adhesión de una etiqueta impresa en 3D que contenía la información individual de cada espécimen: número de colonia, número de coral, iniciales de la especie y número de permiso de colecta.

Los fragmentos fueron fijados a sus respectivas bases utilizando adhesivo específico para corales de la marca Bulk Reef Supply, formulado a base de cianoacrilato de grado médico, el cual garantiza una fijación segura sin generar reacciones adversas en el tejido coralino.

*Fragmentos de Pocillopora damicornis*

**Nota.** Fragmentos de *Pocillopora damicornis*, de las diferentes colonias pegados y etiquetados.

### Química del agua

Una vez instalados los acuarios, estos fueron llenados con agua dulce filtrada mediante un sistema de ósmosis inversa y resinas de intercambio iónico, obteniéndose un agua prácticamente destilada con una lectura de 0 TDS. Posteriormente, se añadió sal sintética Vibrant Sea de la marca Seachem, en una proporción de 35 gramos por litro, alcanzando una salinidad de 1.026 sg (35 ppt) , correspondiente a la concentración natural del agua marina (Kleypas, McManus & Meñez, 1999).

Tras la completa disolución de la sal, se dejó reposar el sistema durante 24 horas para estabilizar los parámetros y luego se incorporaron bacterias inactivadas Bioptim con el fin de iniciar el proceso de ciclado biológico. Transcurrida una semana, se realizaron mediciones de los parámetros fisicoquímicos utilizando refractómetro, termómetro digital y equipos electrónicos Hanna Checker, obteniéndose los siguientes resultados: magnesio 1400 mg/L, nitratos 5 mg/L, fosfatos 0.05 mg/L, alcalinidad (KH) 9 dKH, calcio 435 mg/L, salinidad 1.026

sg y temperatura 26 °C dejando la química del agua como se encuentra en estado natural (Marubini & Davies, 1996).

## Equipos y metodología de medición de parámetros

Para la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua (alcalinidad, nitrato, fosfato, calcio y magnesio) se utilizaron colorímetros portátiles Hanna Instruments Checker® HC, los cuales operan mediante colorimetría fotométrica basada en el principio de Beer–Lambert, utilizando una fuente LED de longitud de onda fija y un fotodetector de silicio para cuantificar la luz transmitida a través de la muestra reaccionada. Este tipo de medición elimina la subjetividad de la lectura visual presente en los kits colorimétricos convencionales, permitiendo una lectura digital más estable y precisa (Hanna Instruments, s. f.-a; Hanna Instruments, s. f.-b; Hanna Instruments, 2025a).

## Ilustración

9

*Medidores Hanna Checker*



**Nota.** Medidores Hanna Checker utilizados para la medición de los parámetros químicos del agua.

El modelo HI772 que se empleó para determinar la alcalinidad en grados dKH mediante un método fotométrico calibrado para agua marina. Para nitratos, se utilizó el HI781 – Nitrate Low Range, diseñado específicamente para sistemas marinos, con un rango de 0,00

a 5,00 mg/L  $\text{NO}_3^-$  y lectura fotométrica digital. La medición de fosfatos ultra bajos se realizó con el HI774 – Phosphate ULR, el cual determina concentraciones entre 0,00 y 0,90 mg/L por fotometría a 525 nm, aplicando el método colorimétrico del ácido ascórbico. Los niveles de calcio se cuantificaron mediante el HI758, un fotómetro portátil que operó a 610 nm mediante la formación de un complejo coloreado específico. Finalmente, el HI783 – Marine Magnesium determinó la concentración de magnesio por colorimetría fotométrica a 610 nm usando un método basado en EDTA (Hanna Instruments, s. f.-a; Hanna Instruments, 2025a; Hanna Instruments, 2025b).

En conjunto, estos colorímetros portátiles proporcionan mediciones directas mediante fotometría LED–fotodetector, con rangos, precisiones y metodologías específicamente desarrolladas para agua de mar y acuarios de arrecife, lo que permite un control fiable de parámetros críticos en sistemas marinos.

### **Refractómetro**

El Aqua Medic Refractometer LED es un refractómetro óptico para agua marina que mide salinidad y gravedad específica mediante el índice de refracción, utilizando un prisma de vidrio óptico y una iluminación LED integrada para mejorar la visibilidad de la escala. Según la ficha técnica del fabricante, el equipo ofreció una resolución de 0.001 sg y una exactitud aproximada de  $\pm 0.001$  sg, siempre que se calibre con solución estándar para agua de mar (Aqua Medic, s. f.-a; Aqua Medic, s. f.-b).

Los refractómetros ópticos calibrados para agua marina, como el modelo de Aqua Medic, se emplean rutinariamente en experimentos de fisiología coralina y acuicultura, donde el control preciso de la salinidad es esencial para la estabilidad experimental (Rinkevich, 2015).

### **Disposición de los fragmentos de coral**

Una vez corroborado que los parámetros del agua eran los idóneos, se procedió a colocar en los acuarios los corales previamente colectados en campo. En cada acuario se colocaron cuatro ejemplares, uno correspondiente a cada colonia, los cuales fueron fragmentados en piezas de aproximadamente 5 cm de longitud. Antes de su colocación, cada

fragmento fue pesado, medido y fotografiado con el fin de contar con un registro inicial de referencia.

En los acuarios 1 y 2, los corales no recibieron alimentación suplementaria; únicamente se mantuvieron los parámetros fisicoquímicos estables y un fotoperiodo de 12 horas de luz, constituyendo de esta manera el grupo control.

Los acuarios 3 y 4 fueron alimentados una vez al día con el alimento comercial Reef Roids, siguiendo las recomendaciones del fabricante. Se utilizó una proporción de una cucharada por cada 100 litros de agua, apagando las bombas de circulación durante 45 minutos previos para facilitar la captura del alimento por los pólipos. Considerando que cada acuario tenía un volumen de 48 litros, se administró media cucharada por acuario.

Finalmente, los acuarios 5 y 6 se alimentaron siguiendo exactamente el mismo protocolo descrito para la dieta comercial, pero utilizando la dieta experimental formulada con ingredientes locales, con el objetivo de comparar su desempeño en relación con el alimento de referencia.

### **Mantenimiento de acuarios**

El mantenimiento de los acuarios se realizó de manera sistemática a fin de garantizar la estabilidad de las condiciones experimentales. Los parámetros fisicoquímicos del agua fueron medidos semanalmente (todos los lunes a las 8:30 am), y las deficiencias detectadas se corrigieron mediante la añadidura de aditivos de calcio, magnesio, carbonatos y oligoelementos de la marca Seachem, siguiendo estrictamente las recomendaciones del fabricante para reponer los elementos consumidos.

Adicionalmente, se efectuó la limpieza de los cristales y la remoción manual de algas, procurando intervenir de forma mínima para evitar el estrés en los organismos y no alterar las variables del experimento. Cada quince días se realizó un recambio del 25 % del volumen total de agua, acompañado de sifoneo del sustrato y limpieza de las esponjas filtrantes, manteniendo así la calidad del agua y las condiciones óptimas para el desarrollo de los corales experimentales.

### **Toma de datos de crecimiento**

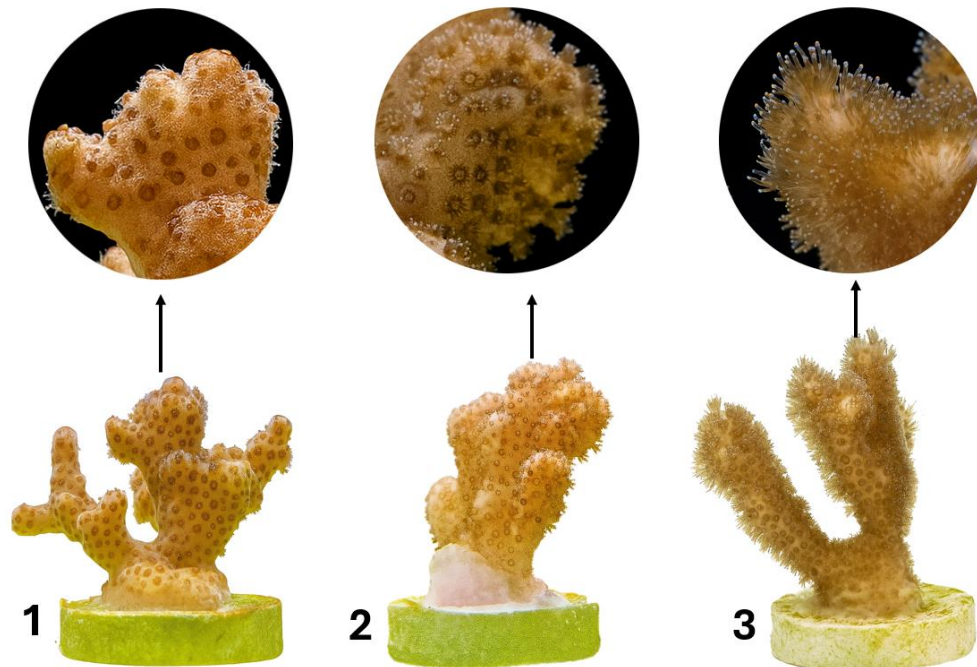
Para la conversión alimenticia se tomó el peso inicial y el peso final del organismo, y mediante: la fórmula básica de conversión alimenticia, cantidad de alimento suministrado dividida por la ganancia de peso (peso final menos peso inicial). De esta forma se calculó la eficiencia alimenticia, todo expresado en gramos (U.S. Soybean Export Council, 2025).

### **Crecimiento**

El crecimiento de los corales se midió semanalmente utilizando una regla milimétrica, registrando la distancia desde la base de fijación hasta la punta más distal del fragmento. Esta frecuencia permitió minimizar el estrés sobre los corales y, al mismo tiempo, obtener un análisis preciso de los datos y una curva de crecimiento confiable (Anderson et al., 2017).

### **Salud y supervivencia de los fragmentos**

Se evaluaron parámetros como la extensión de los pólipos, la carnosidad del manto y del tejido, la presencia o ausencia de blanqueamiento, y posibles signos iniciales de necrosis. También se observó la reactividad de los animales ante estímulos externos, incluyendo la respuesta durante la alimentación (Lirman et al., 2010).

*Representación de la escala de corales*

**Nota.** Escala creada para cuantificar y asignar un valor a la reacción y estímulo de los corales, donde: 1 representa un animal en reposo que no muestra respuesta a estímulos y probablemente no se encuentra en actividad de caza. 2 representa un animal que se encuentra cazando o que ha respondido ante un tipo de estímulo o excitación provocada por el alimento o compuesto colocado en el agua. Y 3 representa un animal con un alto nivel de estimulación y excitación frente a los compuestos presentes en el medio.

En caso de que algún fragmento muriera, se reportaba inmediatamente y se realizaba un análisis para determinar la causa probable, mediante la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua y la observación del fragmento bajo estereoscopio.

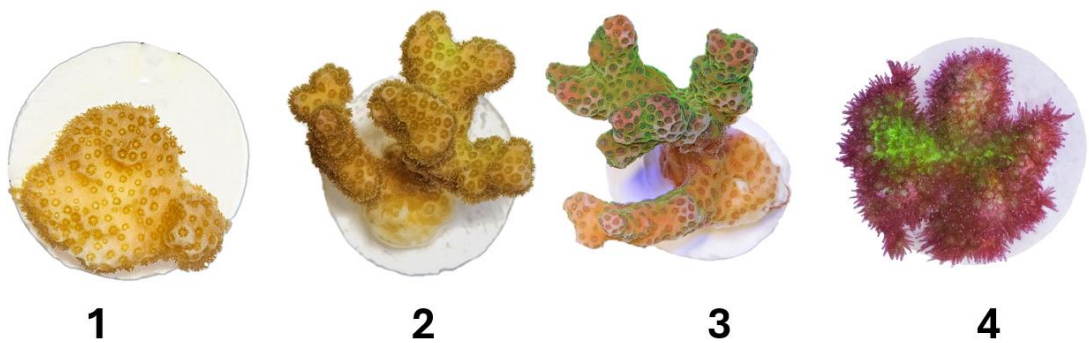
## Coloración

Se analizó la evolución del color de los corales durante su mantenimiento en cautiverio, considerando que estos organismos tienden a modificar su coloración en función de la dieta suministrada y del espectro lumínico empleado (Ferreira et al., 2023). Este aspecto resulta fundamental cuando se busca criar corales con fines ornamentales, ya que la intensidad y estabilidad del color son indicadores de salud y valor comercial.

## Ilustración

11

*Escala de coloración de los animales*

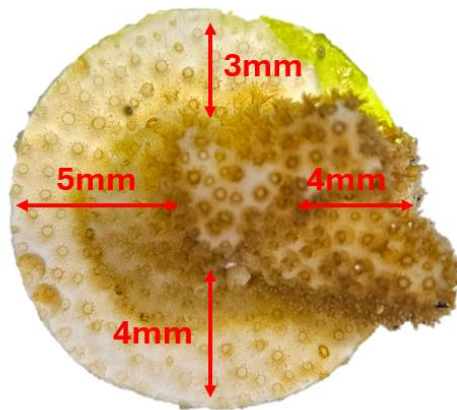


**Nota.** Escala de coloración de los animales basada en su estadio y en la respuesta a la dieta y las condiciones ambientales.

## Grado de incrustación

Cada fragmento se dividió en cuatro secciones imaginarias, tomando como referencia la etiqueta adherida en uno de los costados. Se trazó un eje longitudinal y otro transversal, y se midió con una regla milimétrica desde la base de fijación hasta el límite final de la incrustación en cada uno de los cuatro lados. Posteriormente, se calculó un promedio general. Las mediciones se realizaron de forma continua, con una esquematización de una vez por semana (Gladfelter, 1984).

*Ejemplo de toma de medidas para determinar el índice de incrustación*



*Nota.* Elaboración propia

### **Calcificación**

El índice de calcificación se estimó en función del consumo semanal de calcio (Ca), magnesio (Mg) y alcalinidad (KH).

La relación entre estos parámetros permitió determinar un estimado del nivel de calcificación, directamente asociado a la salud del coral y a su velocidad de crecimiento (Gagnon et al., 2012).

### **Puntas de crecimiento**

Dado el tamaño reducido de los fragmentos, resultó complicado cuantificar con exactitud el número de puntas de crecimiento. Sin embargo, se registró el tiempo transcurrido hasta la aparición de nuevas puntas o indicios de crecimiento apical, como referencia del progreso morfológico del coral (Gladfelter, 1984).

## RESULTADOS OBTENIDOS

Tres meses después de haber iniciado el experimento, se procedió a realizar la comparación entre los diferentes ejemplares y tratamientos. Para ello se evaluaron las siguientes variables morfológicas y de comportamiento: grado de incrustación a la base, presencia y presencia de puntas de crecimiento, coloración de los pólipos y del manto, carnosidad del tejido y extensión de los pólipos y reactividad frente al estímulo de alimentación. Finalmente, se registró el peso final de cada fragmento, el cual fue comparado con el peso inicial para estimar la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia obtenida en cada grupo experimental.

Los resultados obtenidos fueron sumamente prometedores, llegando la dieta experimental casi a igualar a la dieta comercial, teniendo pequeñas variables. Pero que no fueron significativas cuando se aplicó la prueba de ANOVA. Si bien no fueron significativos teniendo únicamente variables en ciertos componentes como los fosfatos principalmente, el cual, se elevó al final del proceso. Y que así nos permitió tener un objetivo de análisis más profundo y que se presume, se debe a la sedimentación del alimento no consumido, por lo que se debería de evaluar la posibilidad de ajustar la dosis de administración del alimento para evitar este tipo de problemas a futuro.

Los resultados fueron los siguientes:

### Grupo control 1

Numero de ejemplar	P.I	P.F	C.A	I.B	P. C	C	C.T
C1, EJ: 3; Pd	9.82 g	10.45 g	N A	4mm	Si	1	0
C2, EJ: 3; Pd	11.74 g	12.32 g	N A	3mm	No	1	0
C3, EJ: 3; Pd	9.23g	9.92 g	N A	4mm	No	2	0
C4, EJ: 3; Pd	9.74g	10.29 g	N A	5mm	Si	1	0

**Grupo control 2:**

<b>Numero de ejemplar</b>	<b>P.I</b>	<b>P.F</b>	<b>C.A</b>	<b>I.B</b>	<b>P.C</b>	<b>C</b>	<b>C.T</b>
<b>C1, EJ: 4; Pd</b>	9.71 g	10.16 g	N A	3mm	No	1	0
<b>C2, EJ: 4; Pd</b>	14.03 g	14.55 g	N A	2mm	No	2	0
<b>C3, EJ: 4; Pd</b>	10.32 g	10.69 g	N A	4mm	Si	1	0
<b>C4, EJ: 4; Pd</b>	8.72g	9.30 g	N A	4mm	Si	1	0

**Leyenda de los valores:** **P.I:** peso inicial en gramos, **P.F:** peso final en gramos, **C.A:** conversión alimenticia/ ganancia de peso en gramos, **I.B:** Grado de incrustación a la base promedio en milímetros, **P.C:** presencia de puntas de crecimiento **C:** Coloración en la escala 1 a 4, **C.T:** Carnosidad del tejido y extensión de los pólipos y reactividad frente al estímulo de alimentación

**Grupo con dieta comercial 1:**

<b>Numero de ejemplar</b>	<b>P.I</b>	<b>P.F</b>	<b>C.A</b>	<b>I.B</b>	<b>P.C</b>	<b>C</b>	<b>C.T</b>
<b>C1, EJ: 2; Pd</b>	9.57 g	10.32 g	11.25	4 mm	Si	2	2
<b>C2, EJ: 2; Pd</b>	8.93g	9.75 g	10.29	5 mm	Si	3	2
<b>C3, EJ: 2; Pd</b>	10.79 g	11.62 g	10.17	6 mm	Si	3	2
<b>C4, EJ: 2; Pd</b>	9.57 g	10.40 g	10.17	4 mm	Si	2	2

**Grupo con dieta comercial 2:**

<b>Numero de ejemplar</b>	<b>P.I</b>	<b>P.F</b>	<b>C.A</b>	<b>I.B</b>	<b>P.C</b>	<b>C</b>	<b>C.T</b>
<b>C1, EJ: 5; Pd</b>	10.68 g	11.38 g	12.05	4 mm	Si	2	2
<b>C2, EJ: 5; Pd</b>	8.84g	9.64 g	10.55	5 mm	Si	2	2
<b>C3, EJ: 5; Pd</b>	10.77 g	11.37 g	14.06	6 mm	Si	3	2
<b>C4, EJ: 5; Pd</b>	9.66 g	10.56 g	9.37	4 mm	Si	2	2

**Leyenda de los valores:** **P.I:** peso inicial en gramos, **P.F:** peso final en gramos, **C.A:** conversión alimenticia/ ganancia de peso en gramos, **I.B:** Grado de incrustación a la base promedio en milímetros, **P.C:** presencia de puntas de crecimiento **C:** Coloración en la escala 1 a 4, **C.T:** Carnosidad del tejido y extensión de los pólipos y reactividad frente al estímulo de alimentación

**Grupo con dieta experimental 1:**

<b>Numero de ejemplar</b>	<b>P.I</b>	<b>P.F</b>	<b>C.A</b>	<b>I.B</b>	<b>P.C</b>	<b>C</b>	<b>C. T</b>
<b>C1, EJ: 1; Pd</b>	9.92 g	10.52 g	14.06	4 mm	Si	2	2
<b>C2, EJ: 1; Pd</b>	9.83 g	10.63 g	10.55	5 mm	Si	3	2
<b>C3, EJ: 1; Pd</b>	9.01 g	9.51 g	16.88	4 mm	Si	2	2
<b>C4, EJ: 1; Pd</b>	9.39 g	10.29 g	9.37	5 mm	Si	2	2

### Grupo con dieta experimental 2:

Numero de ejemplar	P.I	P.F	C.A	I.B	P.C	C	C.T
C1, EJ: 6; Pd	9.97 g	10.77 g	10.55	4 mm	Si	2	2
C2, EJ: 6; Pd	9.96 g	10.46 g	16.88	5 mm	Si	2	2
C3, EJ: 6; Pd	9.49 g	10.39 g	9.37	5 mm	Si	2	2
C4, EJ: 6; Pd	10.17 g	10.77 g	14.06	5 mm	Si	2	2

**Leyenda de los valores:** **P.I:** peso inicial en gramos, **P.F:** peso final en gramos, **C.A:** conversión alimenticia/ ganancia de peso en gramos, **I.B:** Grado de incrustación a la base promedio en milímetros, **P.C:** presencia de puntas de crecimiento **C:** Coloración en la escala 1 a 4, **C.T:** Carnosidad del tejido y extensión de los pólipos y reactividad frente al estímulo de alimentación

### Promedios de parámetros de los diversos grupos de estudio

Con el fin de obtener un valor más representativo a nivel poblacional, se unificaron los datos de los seis acuarios en tres grupos control, con el propósito de lograr un mejor contraste de los valores obtenidos a nivel poblacional y no individual.

### Promedios generales (Grupos control 1 + 2)

Parámetro	Descripción	Promedio / Porcentaje
P.I (g)	Peso inicial en gramos	10.16 g
P.F (g)	Peso final en gramos	10.96 g
C.A	Conversión alimenticia / ganancia de peso promedio (g)	N.A
I.B (mm)	Grado de incrustación en la base (mm)	3.38 mm

P.C	Presencia de puntas de crecimiento	62.5 % Sí
C	Coloración (escala 1–4)	1.38
C.T	Carnosidad del tejido y extensión de pólipos	0.13

**Promedios generales (Grupos con dieta comercial 1 + 2)**

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio / Porcentaje</b>
P.I (g)	Peso inicial en gramos	9.95 g
P.F (g)	Peso final en gramos	10.91 g
C.A	Conversión alimenticia / ganancia de peso promedio (g)	11.16 g
I.B (mm)	Grado de incrustación en la base (mm)	5.0 mm
P.C	Presencia de puntas de crecimiento	100 % Sí
C	Coloración (escala 1–4)	2.5
C.T	Carnosidad del tejido y extensión de pólipos	2.0

**Promedios generales (Grupos con dieta experimental 1 + 2)**

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio / Porcentaje</b>
P.I (g)	Peso inicial en gramos	9.72 g
P.F (g)	Peso final en gramos	10.54 g
C.A	Conversión alimenticia / ganancia de peso promedio (g)	12.71 g
I.B (mm)	Grado de incrustación en la base (mm)	4.63 mm
P.C	Presencia de puntas de crecimiento	100 % Sí
C	Coloración (escala 1–4)	2.13
C.T	Carnosidad del tejido y extensión de pólipos	2.0

## Procedimiento estadístico

### Tabla de normalidad de los datos (Prueba Shapiro–Wilk)

La presente tabla muestra los resultados de la prueba de normalidad Shapiro–Wilk aplicada a las variables de peso inicial (P.I), peso final (P.F) y conversión alimenticia (C.A) de todos los grupos experimentales, controles y comerciales. La columna 'Normal' indica si los datos cumplen con el supuesto de normalidad ( $p > 0.05$ ), condición necesaria para aplicar pruebas paramétricas como ANOVA o pruebas t.

### Tabla

2

*Los resultados de la prueba de normalidad Shapiro–Wilk*

<b>Grupo / Variable</b>	<b>W-stat</b>	<b>p-value</b>	<b>alpha</b>	<b>Normal</b>
<b>Comercial 1 – P.I</b>	0.9008	0.4353	0.05	Si
<b>Comercial 1 – P.F</b>	0.9078	0.4709	0.05	Si
<b>Comercial 1 – C.A</b>	0.7077	0.0142	0.05	Si
<b>Comercial 2 – P.I</b>	0.8896	0.3815	0.05	Si
<b>Comercial 2 – P.F</b>	0.8637	0.2738	0.05	Si
<b>Comercial 2 – C.A</b>	0.9808	0.9071	0.05	Si
<b>Control 1 – P.I</b>	0.8278	0.1622	0.05	Si
<b>Control 1 – P.F</b>	0.813	0.1276	0.05	Si
<b>Control 2 – P.I</b>	0.872	0.3056	0.05	Si
<b>Control 2 – P.F</b>	0.8448	0.2099	0.05	Si
<b>Experimental 1 – P.I</b>	0.9176	0.5234	0.05	Si
<b>Experimental 1 – P.F</b>	0.8524	0.2341	0.05	Si
<b>Experimental 1 – C.A</b>	0.9421	0.6677	0.05	Si
<b>Experimental 2 – P.I</b>	0.8817	0.346	0.05	si
<b>Experimental 2 – P.F</b>	0.805	0.1116	0.05	si
<b>Experimental 2 – C.A</b>	0.9421	0.6674	0.05	si

Para determinar si existían diferencias significativas entre los grupos experimentales en las variables evaluadas (peso inicial, peso final, conversión alimenticia, grado de incrustación, coloración y carnosidad del tejido), se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA de un factor). Este procedimiento se utilizó debido a que permite

comparar las medias de más de dos grupos independientes bajo la suposición de normalidad y homogeneidad de varianzas.

El análisis estadístico se realizó en Python 3.11, utilizando las librerías pandas para la organización de los datos, scipy.stats para la ejecución del ANOVA, y statsmodels para las pruebas post-hoc cuando correspondía. Las comparaciones posteriores se realizaron mediante la prueba de Tukey HSD, siempre que el ANOVA mostrara diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

## Ilustración

13

### *Cálculos y códigos análisis ANOVA en Python*

```
import pandas as pd
from scipy import stats
from statsmodels.stats.multicomp import pairwise_tukeyhsd

# Datos estructurados en un DataFrame
df = pd.DataFrame(data_dietas)

# ANOVA para cada variable numérica
variables = ["PI", "PF", "CA", "IB", "C"]
anova_results = {}

for var in variables:
    grupos = [df[df["Grupo"] == g][var] for g in df["Grupo"].unique()]
    F, p = stats.f_oneway(*grupos)
    anova_results[var] = {"F": F, "p-valor": p}

# Test post-hoc Tukey si el ANOVA resulta significativo
for var, res in anova_results.items():
    if res["p-valor"] < 0.05:
        tukey = pairwise_tukeyhsd(df[var], df["Grupo"], alpha=0.05)
        print(tukey.summary())
```

**Nota.** Cálculos y códigos utilizados para realizar el análisis ANOVA en el programa Python.

*Resumen con los valores y significancias obtenidos del análisis de varianza (ANOVA)*

Variable	Estadístico F	p-valor	Interpretación
P.I (peso inicial)	0.38	0.773	No hay diferencias significativas entre grupos.
P.F (peso final)	0.44	0.726	No hay diferencias significativas entre grupos.
C.A (conversión alimenticia)	0.68	0.583	No hay diferencias significativas entre grupos.
I.B (incrustación a la base)	0.10	0.956	No hay diferencias significativas entre grupos.
C (coloración)	0.80	0.517	No hay diferencias significativas entre grupos.

### Parámetros fisicoquímicos del agua

La toma y el análisis de estos resultados son fundamentales para la investigación. Depende de la calidad del alimento, la cantidad suministrada y, sobre todo, la cantidad realmente aprovechada, se determinará si se alteran o no los parámetros físico-químicos del agua, especialmente en sistemas cerrados de recirculación, y por ende si esto afecta posteriormente la salud y el crecimiento de los animales (Houlbrèque & Ferrier-Pagès, 2009).

*Medición de parámetros del sistema de los dos acuarios que pertenecen al grupo control*

Grupo control										
FECHA	18-ago	25-ago	1-sep	8-sep	15-sep	22-sep	29-sep	6-oct	13-oct	20-oct
<b>Oxígeno disuelto</b>	4,52	4,50	4,50	4,53	4,50	4,49	3,12	3,17	3,60	4,50
<b>Temperatura</b>	24,50	23,60	25,50	25,20	25,00	25,50	26,00	26,00	25,70	24,80
<b>pH</b>	8,17	7,94	7,95	7,94	8,17	8,07	8,03	8,02	8,04	8,23
<b>Salinidad</b>	34,00	34,00	32,00	32,00	35,00	35,00	35,00	35,00	34,00	35,00
<b>Conductividad</b>	46,90	47,50	45,50	46,70	49,00	49,60	49,20	42,50	48,80	48,30
<b>TSD</b>	23,50	24,20	22,700	23,40	24,50	24,70	24,70	24,30	24,30	24,10
<b>Silicato</b>	0,00	0,00	0,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00
<b>Fosfato</b>	0,00	0,00	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,06	0,07
<b>Nitrato</b>	0,49	0,42	0,50	0,54	0,80	0,10	0,09	0,13	0,43	0,15

<b>Calcio</b>	450,00	354,00	415,00	435,00	504,00	317,00	442,00	425,00	451,00	476,00
<b>Kh</b>	7,80	7,80	8,70	7,70	7,50	7,10	7,00	6,40	7,90	7,00
<b>Mg</b>	1550,00	1500,00	1640,00	1470,00	1485,00	1440,00	1220,00	1420,00	1365,00	1450,00

**Tabla**

**5**

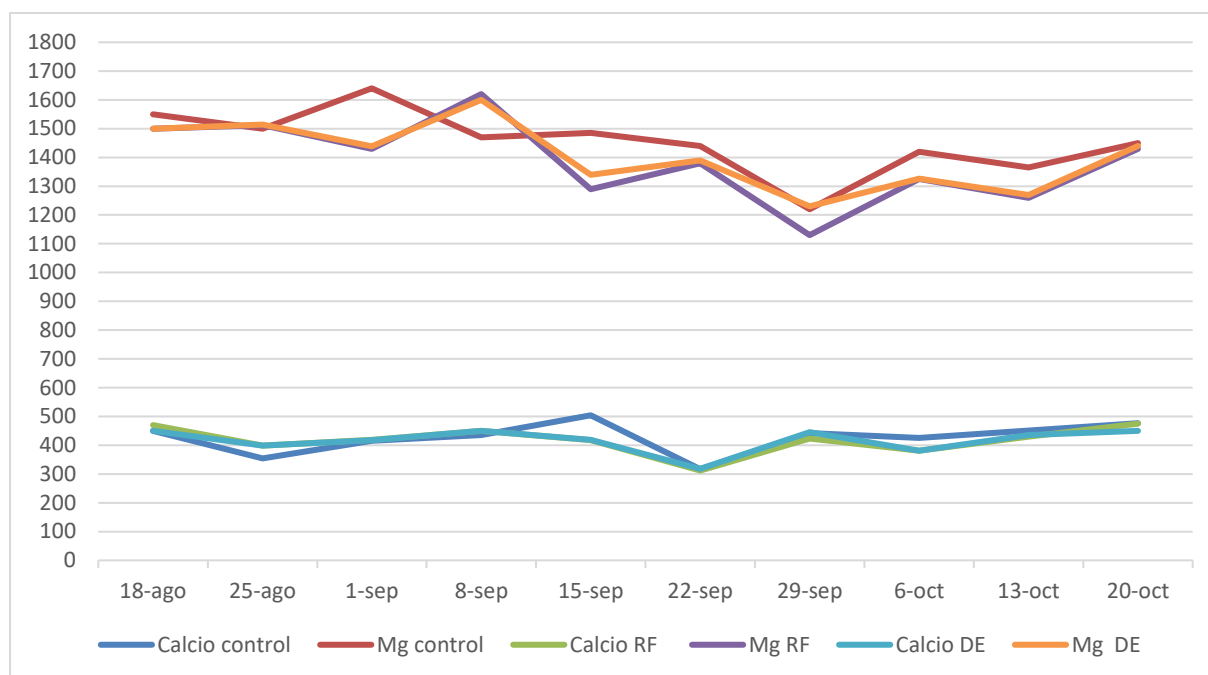
*Medición de parámetros del sistema de los dos acuarios que pertenecen al grupo al que se le administro la dieta comercial*

<b>Grupo de dieta comercial reef roids</b>										
<b>FECHA</b>	<b>18-ago</b>	<b>25-ago</b>	<b>1-sep</b>	<b>8-sep</b>	<b>15-sep</b>	<b>22-sep</b>	<b>29-sep</b>	<b>6-oct</b>	<b>13-oct</b>	<b>20-oct</b>
<b>Oxígeno disuelto</b>	4,60	4,59	4,57	4,56	4,53	4,57	3,17	3,28	4,02	4,55
<b>Temperatura</b>	25,00	24,00	25,30	25,00	26,00	25,00	25,50	25,00	25,50	25,20
<b>pH</b>	8,05	8,10	7,88	7,88	8,03	7,82	7,88	7,90	7,95	8,18
<b>Salinidad</b>	35,00	34,00	34,00	34,00	34,00	35,00	34,00	33,00	33,00	35,00
<b>Conductividad</b>	47,50	48,00	47,40	46,60	47,90	46,70	46,50	46,20	46,20	49,20
<b>TSD</b>	29,5	28,30	29,60	28,30	27,70	28,30	25,50	27,60	29,90	29,50
<b>Silicato</b>	2,00	1,00	2,00	5,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
<b>Fosfato</b>	0,02	0,01	0,05	0,07	0,03	0,13	0,15	0,14	0,15	0,02
<b>Nitrato</b>	0,24	0,17	0,18	0,67	1,70	0,30	0,16	0,46	0,24	0,26
<b>Calcio</b>	470,00	399,00	419,00	450,00	418,00	312,00	423,00	381,00	430,00	475,00
<b>Kh</b>	7,60	7,50	7,30	7,90	7,60	7,40	7,30	7,10	8,11	6,90
<b>Mg</b>	1500,00	1512,00	1430,00	1620,00	1290,00	1380,00	1130,00	1325,00	1260,00	1430,00

*Medición de parámetros del sistema de los dos acuarios que pertenecen al grupo al que se le administro la dieta experimental*

<b>Grupo de dieta Experimental</b>										
<b>FECHA</b>	<b>18-ago</b>	<b>25-ago</b>	<b>1-sep</b>	<b>8-sep</b>	<b>15-sep</b>	<b>22-sep</b>	<b>29-sep</b>	<b>6-oct</b>	<b>13-oct</b>	<b>20-oct</b>
<b>Oxígeno disuelto</b>	4,60	4,59	4,57	4,56	4,53	4,57	4,57	4,57	4,53	4,55
<b>Temperatura</b>	25,00	24,00	25,30	25,00	26,00	25,00	25,50	25,00	25,30	25,20
<b>pH</b>	8,05	8,10	7,88	7,88	8,03	7,82	7,88	7,90	7,95	8,18
<b>Salinidad</b>	35,00	34,00	34,00	34,00	34,00	35,00	34,00	33,00	33,00	35,00
<b>Conductividad</b>	47,50	48,00	47,40	46,60	47,90	46,70	46,50	46,20	46,20	49,20
<b>TSD</b>	29.68	28.15	29.88	28.47	27.59	28.15	25.45	25.45	29.68	29.33
<b>Silicato</b>	2,00	2,00	2,00	4,00	2,00	3,00	0,00	2,00	1,00	1,00
<b>Fosfato</b>	0,02	0,08	0,1	0,2	0,5	0,4	0,7	0,8	0,12	0,14
<b>Nitrato</b>	0,24	0,17	0,18	0,67	1,70	0,30	0,16	0,46	0,24	0,26
<b>Calcio</b>	450,00	399,00	418,00	450,00	419,00	318,00	445,00	381,00	435,00	450,00
<b>Kh</b>	7,60	7,50	7,30	7,90	7,60	7,40	7,30	7,10	8,11	6,90
<b>Mg</b>	1500,00	1514,00	1438,00	1600,00	1340,00	1390,00	1230,00	1326,00	1270,00	1440,00

*Muestra de consumo de calcio y magnesio*



**Nota.** Muestra los consumos de calcio y magnesio, dos componentes estrechamente relacionados con los procesos de crecimiento e incrustación de los corales. Pueden correlacionarse directamente con la tasa de crecimiento de estos.

### DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que la dieta experimental formulada a partir de materias primas locales permitió alcanzar respuestas fisiológicas y morfológicas en *Pocillopora damicornis* comparables a las observadas en los fragmentos alimentados con una dieta comercial importada. A pesar de que el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, los valores promedio de crecimiento, incrustación basal, coloración y condición tisular reflejan una clara ventaja de los grupos alimentados frente al grupo control, lo que confirma la relevancia de la nutrición heterotrófica en sistemas de cultivo ex situ.

El crecimiento coralino, evaluado mediante la ganancia de peso, la presencia de puntas de crecimiento y el grado de incrustación a la base, mostró una tendencia consistente en los grupos alimentados, independientemente del tipo de dieta suministrada. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Houlbrèque et al. (2004) y Einbinder et al. (2009), quienes demostraron que la incorporación de alimento particulado en la dieta de corales escleractinios incrementa tanto el crecimiento tisular como la formación de esqueleto, incluso bajo condiciones de iluminación óptima y simbiosis funcional con zooxantelas. La ausencia de diferencias significativas entre la dieta comercial y la dieta experimental sugiere que la formulación desarrollada fue capaz de suplir adecuadamente los requerimientos energéticos asociados a los procesos de crecimiento y calcificación.

El índice de incrustación basal registrado en los fragmentos alimentados constituye un indicador directo de actividad calcificante, proceso que depende estrechamente del balance energético del coral y de la disponibilidad de calcio, magnesio y alcalinidad en el medio. En este estudio, los parámetros fisicoquímicos del agua se mantuvieron dentro de rangos óptimos y estables durante todo el periodo experimental, lo que favoreció la deposición de carbonato cálcico y permitió obtener valores de incrustación comparables entre dietas. Estos resultados son coherentes con lo reportado por Gagnon et al. (2012) y Cantin y Lough (2014), quienes señalan que la estabilidad de estos iones es fundamental para sostener tasas de calcificación adecuadas en corales hermatípicos.

La conversión alimenticia promedio obtenida con la dieta experimental fue ligeramente superior a la registrada para la dieta comercial, aunque sin diferencias estadísticamente significativas. Esta variación podría atribuirse a diferencias en la composición nutricional, en particular en el contenido lipídico, así como al comportamiento de sedimentación del alimento experimental. Estudios previos han indicado que dietas ricas en proteína marina y zooplancton, especialmente aquellas basadas en *Artemia salina* y organismos análogos, favorecen la asimilación energética y el crecimiento en corales ramificados como *Pocillopora* (Petersen et al., 2008; Lam et al., 2023). En este contexto, la formulación experimental demostró una biodisponibilidad adecuada de nutrientes, confirmando su potencial como alternativa funcional a las dietas comerciales.

La coloración y la carnosidad del tejido mostraron valores superiores en los grupos alimentados en comparación con el grupo control, evidenciando una mejor condición fisiológica general. La dieta experimental alcanzó valores intermedios respecto a la dieta

comercial, lo que concuerda con investigaciones que señalan que la coloración coralina está influenciada tanto por el aporte nutricional como por el equilibrio entre la iluminación, los pigmentos del hospedador y la densidad de simbioses (Ferreira et al., 2023; Wiedenmann et al., 2023). La baja puntuación observada en el grupo control confirma que la fotosíntesis simbiótica por sí sola no es suficiente para mantener un estado óptimo de salud en condiciones de cultivo, especialmente en sistemas cerrados, tal como ha sido documentado por Houlbrèque y Ferrier-Pagès (2009).

Uno de los efectos más notorios asociados a la dieta experimental fue el incremento progresivo de fosfatos en el sistema. Aunque los valores registrados no alcanzaron niveles considerados críticos, su aumento fue mayor en comparación con la dieta comercial, lo que sugiere una posible sedimentación de alimento no consumido o una menor eficiencia de captura por parte de los pólipos. Dunn et al. (2012) demostraron que concentraciones elevadas de fosfato pueden afectar la densidad esquelética y la coloración coralina, lo que resalta la importancia de optimizar la dosis y frecuencia de alimentación en futuros ensayos para evitar efectos adversos a largo plazo.

A pesar de este incremento, la estabilidad general del pH, la temperatura, la salinidad y los principales iones del sistema indica que la dieta experimental no generó una carga orgánica excesiva ni comprometió la funcionalidad del sistema de recirculación. Este aspecto es fundamental para la viabilidad de dietas locales en cultivos ex situ, ya que la estabilidad ambiental es un requisito clave para el mantenimiento de corales en condiciones controladas, como señalan Craggs et al. (2017) y Leal et al. (2014).

En conjunto, los resultados obtenidos respaldan la hipótesis de que es posible formular dietas coralinas funcionales a partir de insumos locales, con un desempeño comparable al de dietas comerciales importadas. Esta alternativa representa una oportunidad estratégica para el desarrollo de la acuicultura coralina en Ecuador, donde la disponibilidad de alimentos especializados es limitada y la importación constituye una barrera económica significativa (Montero-Fortunato, 2022; Khodzori et al., 2024). Asimismo, el uso de *Pocillopora damicornis*, una especie nativa caracterizada por su alta plasticidad fisiológica y adaptabilidad al cautiverio refuerza el potencial de esta estrategia para aplicaciones tanto comerciales como de restauración arrecifal, contribuyendo al fortalecimiento de una acuicultura ornamental sostenible y alineada con los principios de la economía azul (Todinahary et al., 2017; Marín-Moraga et al., 2023).

## Conclusiones

En conclusión, los resultados obtenidos demuestran que la formulación experimental desarrollada a partir de materias primas locales, basada en la combinación de *Artemia salina*, *Anadara tuberculosa*, *Dosidicus gigas*, *Litopenaeus vannamei*, *Paralichthys adspersus* y *Nannochloropsis gaditana*, poseen un perfil nutricional y funcional comparable al de las dietas comerciales de referencia, como es *Reef Roids*. Las respuestas fisiológicas y morfológicas que se generaron a partir de esta investigación son equivalentes al *Pocillopora damicornis*. La evaluación de parámetros cuantitativos (ganancia de peso, grado de incrustación y tasa de conversión alimenticia) y cualitativos (coloración, extensión de pólipos, carnosidad tisular y reactividad al estímulo alimenticio) evidenció que los ejemplares alimentados con la dieta experimental alcanzaron niveles de crecimiento y vitalidad semejantes a los observados en los grupos que fueron alimentados con la dieta comercial, y antes lo cual se obtuvo una conversión alimenticia promedio de 12.71 g frente a 11.16 g, respectivamente.

La estabilidad de los parámetros fisicoquímicos del agua (pH 7.8–8.2, temperatura 24–26 °C, salinidad 33–35 ppt, Ca  $\approx$  430 mg/L, KH  $\approx$  7–8 dKH), con excepción de los fosfatos, mostraron un incremento en comparación con la dieta comercial. Esto evidencia que, aunque dicho aumento no alcanzó niveles de toxicidad, podría a largo plazo favorecer el desarrollo de algas filamentosas indeseadas en los sistemas, además de afectar la intensidad de la coloración de los corales (Dunn et al., 2012). No obstante, en general, la dieta experimental no generó cargas orgánicas excesivas ni alteró la calidad del sistema de recirculación.

Estos resultados confirman la factibilidad de producir alimentos coralinos de alta calidad en el Ecuador, mediante procesos controlados de liofilización y molienda, empleando insumos nacionales de bajo costo y alta disponibilidad. El desarrollo de estos productos permitirán interrumpir la dependencia por los insumos importados y poder expandir nuevos espacios de economía nacional, que permitan abrir espacio de investigación desde este campo. Desde un punto de vista técnico y biotecnológico, la presente investigación sienta las bases para el desarrollo de formulaciones locales funcionales capaces de optimizar la nutrición heterotrófica de corales escleractinios en sistemas de cultivo *ex situ*.

La implementación de esta dieta experimental representa un avance significativo hacia la consolidación de una acuicultura coralina sostenible, económicamente viable y ambientalmente responsable, que fortalece la capacidad del país para impulsar programas de restauración arrecifal, investigación aplicada y comercio ornamental sustentable dentro del marco de la economía azul ecuatoriana.

### **Recomendaciones**

Si bien los resultados obtenidos a partir de los ensayos son muy favorables y demuestran un inmenso potencial, es necesario prolongar el experimento por un tiempo más extenso, mínimo de un año, para obtener resultados más exactos y poder trazar una curva de crecimiento adecuada. Esto teniendo en cuenta que durante el primer mes del ensayo los datos son escasos por el proceso de adaptación y recuperación de los animales tras el corte realizado.

Además, sería ideal efectuar un análisis bromatológico tanto de la dieta comercial como de la dieta experimental, para que su desarrollo y resultado sea lo más similar posible, y de esta forma asegurar que se cubran en su totalidad todos los requerimientos nutricionales de los organismos. Se sugiere también ampliar el experimento con diversas especies de corales (blandos, LPS, SPS y NPS) con el fin de evaluar su efectividad en cultivos masivos, de modo que por lo general se mezclan distintas especies en los mismos sistemas de producción. Por otra parte, se sugiere revalorizar la dosis administrada para verificar el consumo real del alimento y evitar el alza de fosfatos, que podría perjudicar los resultados a largo plazo.

## Referencias

- Baker, P. A., & Weber, J. N. (1975). Coral growth rate: Variation with depth. *Journal of Marine Research*, 33(3), 187–203.
- Anderson, K. D., Pratchett, M. S., & Baird, A. H. (2017). Variation in growth rates of branching corals along a latitudinal gradient. *Scientific Reports*, 7, 2920. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03085-1>
- Aqua Medic. (s. f.-a). Refractometer LED – seawater refractometer. <https://www.aqua-medic.de/Products/refractometer-LED~p3944>
- Aqua Medic. (s. f.-b). Aqua Medic Refractometer LED. <https://acuariosyestanquesacuatica.com/equipamiento-acuario-marino/508-refractometro-aquamedic.html>
- Baker, P. A., & Weber, J. N. (1975). Coral growth rate: Variation with depth. *Journal of Marine Research*, 33(3), 187–203.
- BarAlgae. (s. f.). Ficha técnica del producto Nannochloropsis – Pasta de microalgas premium para larvas de camarón y alimentos vivos. <https://www.baralgae.com>
- Bruckner, A. W. (2001). Tracking coral reef fish trade, from reef to aquarium. In *Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium* (Vol. 2, pp. 1121–1128).
- Bruckner, A. W., Higgins, J., Hoot, W., Neal, B., & Gayle, P. M. H. (2022). Unified methods in collecting, preserving, and archiving coral specimens. *PeerJ*, 10, e14176. <https://doi.org/10.7717/peerj.14176>
- Cantin, N. E., & Lough, J. M. (2014). Surviving coral bleaching events: Porosity and density recovery associated with rapid calcification rates. *Coral Reefs*, 33(2), 531–540. <https://doi.org/10.1007/s00338-014-1153-8>
- Castrillón-Cifuentes, A. L., Zapata, F. A., & Wild, C. (2023). Physiological responses of Pocillopora corals to upwelling: Effects of temperature and hypoxia on metabolism. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1212717. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1212717>
- Cole, A. J., Pratchett, M. S., & Jones, G. P. (2008). Diversity and functional importance of coral-feeding fishes on tropical coral reefs. *Fish and Fisheries*, 9, 286–307. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00290.x>
- Conlan, J. A., Humphrey, C., Severati, A., & Francis, D. S. (2018). Comparing the capacity of five different dietary treatments to optimise growth and nutritional composition in two scleractinian corals. *PLOS ONE*, 13(11), e0207956.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207956>

CoralZoo Project. (2005). Towards coral reefs in tanks: A European research project on coral husbandry. Wageningen University and Research.

Corals of the World. (2024). *Pocillopora damicornis* — Species factsheet and distribution. Corals of the World Database. Recuperado de [https://www.coralsoftheworld.org/species\\_factsheets/species\\_factsheet\\_distribution/pocillopora-damicornis/](https://www.coralsoftheworld.org/species_factsheets/species_factsheet_distribution/pocillopora-damicornis/)

Craggs, J., Guest, J. R., Davis, M., Simmons, J., Dashti, E., & Sweet, M. (2017). Inducing broadcast coral spawning ex situ: Closed system mesocosm design and husbandry protocol. *Ecology and Evolution*, 7(24), 11066–11078. <https://doi.org/10.1002/ece3.3538>

Cruz, R. A., Fonseca Rodríguez, C., & Chavarría-Solera, F. (2012). Comparación de la composición química proximal de la carne de *Anadara tuberculosa* y *A. similis* (Bivalvia: Arcidae) de Chomes, Puntarenas, Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 4, 95–103.

Dullo, W.-C. (2005). Coral growth and reef growth: A brief review. *Facies*, 51(1), 33–48. <https://doi.org/10.1007/s10347-004-0022-8>

Dunn, S. R., Thomas, M. C., Nothdurft, L. D., & Yellowlees, D. (2012). Effects of phosphate on growth and skeletal density in the coral Scleractinian. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 411, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.10.026>

Einbinder, S., Mass, T., Brokovich, E., Dubinsky, Z., Erez, J., & Tchernov, D. (2009). Changes in morphology and diet of the coral *Stylophora pistillata* along a depth gradient. *Marine Ecology Progress Series*, 381, 167–174. <https://doi.org/10.3354/meps07908>

Ellis, S. (1999). Farming soft corals for the marine aquarium trade (Publication No. 140). Center for Tropical and Subtropical Aquaculture.

Farnsworth, R. (2022, 21 de febrero). Ocean vs. Reef Aquarium Parameters: A Nitrate and Phosphate Conundrum. Bulk Reef Supply. <https://www.bulkreefsupply.com/content/post/ocean-vs-reef-aquarium-parameters-a-nitrate-and-phosphate-conundrum>

Ferreira, G., Bollati, E., & Kühl, M. (2023). The role of host pigments in coral photobiology. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1204843. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1204843>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). The state of world fisheries and aquaculture 2024: Blue transformation in action.

<https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-global-fisheries-and-aquaculture-production-reaches-a-new-record-high/en>

Friedlander, A. M. (2001). Essential fish habitat and the effective design of marine reserves: Application for marine ornamental fishes. *Aquarium Sciences and Conservation*, 3(2), 135–150.

Gagnon, A. C., Hauzer, C., & Pichat, S. (2012). Magnesium isotopes in corals: A new proxy for skeletal Mg. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 13(3), Q03016. <https://doi.org/10.1029/2011GC003927>

Galápagos Conservancy. (2022, 19 de diciembre). Galápagos Conservancy funds coral recovery project. Galápagos Conservancy. <https://www.galapagos.org/newsroom/coral-recovery-project/>

Gladfelter, E. H. (1984). Skeletal development in *Acropora palmata*: The morphology of the growth tips. *Coral Reefs*, 3(3), 117–124. <https://doi.org/10.1007/BF00302209>

Glynn, P. W., Colley, S. B., Gassman, N. J., Black, K., Cortés, J., Maté, J. L., & Guzmán, H. M. (1991). Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panama, and Galapagos Islands (Ecuador). *Marine Biology*, 109(3), 355–368. <https://doi.org/10.1007/BF01313590>

Glynn, P. W., Maté, J. L., Baker, A. C., & Calderón, M. O. (2001). Coral bleaching and mortality in Panama and Ecuador during the 1997–1998 El Niño-Southern Oscillation event. *Bulletin of Marine Science*, 69(1), 79–109.

Gökçe, M. A., Taşbozan, O., Çelik, M., & Tabakoğlu, S. S. H. (2004). Seasonal variations in proximate and fatty acid compositions of female common sole (*Solea solea*). *Food Chemistry*, 88(3), 419–423. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.051>

Guo, X., Zhang, Y., Tang, X., Yang, Q., Sun, H., Ling, J., Dong, J., & Zhang, Y. (2025). Bacterial regulation of coral larval metamorphosis and settlement in *Pocillopora damicornis*. *Communications Biology*, 8, 1271. <https://www.nature.com/articles/s42003-025-08720-6>

Hagedorn, M., Carter, V. L., Leong, J.-A. C., Kleinhans, F. W., & Morrissey, J. (2009). Ex situ culture of Caribbean coral larvae comparing various flow-through chambers. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*.

Hanna Instruments. (s. f.-a). Marine Phosphate Ultra Low Range Colorimeter Checker® HC – HI774. <https://hannainst.com/phosphate-ultra-low-range-colorimeter-checkerr-hc-hi774.html>

- Hanna Instruments. (s. f.-b). Marine Nitrate Low Range Checker® HC – HI781. <https://hannainst.com/hi781-marine-nitrate-low-range-checker>
- Hanna Instruments. (2025a). Saltwater Aquarium Calcium Colorimeter – Checker® HC HI758. <https://hannainst.com/hi758-marine-calcium-checker>
- Hanna Instruments. (2025b). Marine Magnesium Checker® HC – HI783. <https://hannainst.com/hi783-marine-magnesium-checker>
- Harmelin-Vivien, M. L., & Bouchon-Navaro, Y. (1983). Feeding diets and significance of coral feeding among Chaetodontid fishes in Moorea. *Coral Reefs*, 2, 119–127. <https://doi.org/10.1007/BF00336787>
- Houlbrèque, F., Tambutté, É., Allemand, D., & Ferrier-Pagès, C. (2003). Effect of zooplankton availability on the rates of photosynthesis, tissue and skeletal growth of the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 296, 145–166.
- Houlbrèque, F., Tambutté, É., & Ferrier-Pagès, C. (2004). Importance of a micro-diet for scleractinian corals. *Marine Ecology Progress Series*, 282, 151–160. <https://doi.org/10.3354/meps282151>
- Houlbrèque, F., & Ferrier-Pagès, C. (2009). Heterotrophy in tropical scleractinian corals. *Biological Reviews*, 84(1), 1–17. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2008.00058.x>
- Huston, M. A. (1985). Variation in coral growth rates with depth at Discovery Bay, Jamaica. *Coral Reefs*, 4(1), 19–25. <https://doi.org/10.1007/BF00302200>
- Khodzori, F. A., Agnezara, R., Nor'ashikin, A. Z., Azseri, A., Liana Misi, L., Mazni, M. A., & Chong, W. S. (2024). Coral aquaculture: A review of in situ and ex situ culture systems, conditions, applications, and challenges. *En Essentials of aquaculture practices* (pp. 239–265). Springer. <https://www.researchgate.net/publication/385258539>
- Kleypas, J. A., McManus, J. W., & Meñez, L. A. B. (1999). Environmental limits to coral reef development: Where do we draw the line? *American Zoologist*, 39(1), 146–159. <https://doi.org/10.1093/icb/39.1.146>
- Lam, K.-W., McRae, C. J., Liu, Z.-T., Zhang, X.-C., & Fan, T.-Y. (2023). Effective techniques for the feeding and ex situ culture of a brooding scleractinian coral, *Pocillopora acuta*. *Journal of Visualized Experiments*, (196). <https://doi.org/10.3791/65395>
- Leal, M. C., Calado, R., Sheridan, C., Alimonti, A., & Osinga, R. (2014). Coral aquaculture: Applying scientific knowledge to ex situ production. *Reviews in Aquaculture*, 6(4), 1–22. <https://doi.org/10.1111/raq.12030>

Lirman, D., Thyberg, T., Herlan, J., Hill, C., Young-Lahiff, C., Schopmeyer, S., Huntington, B., Santos, R., & Drury, C. (2010). Propagation of the threatened staghorn coral *Acropora cervicornis*: Methods to minimize fragment mortality and optimize production. *Coral Reefs*, 29, 689–695. <https://doi.org/10.1007/s00338-010-0621-6>

Liu, C., Zhang, Y., Botana, M. T., Fu, Y., Huang, L., Jiang, L., Yu, X., Luo, Y., & Huang, H. (2024). The bioenergetics response of the coral *Pocillopora damicornis* to temperature changes during its reproduction stage. *Marine Environmental Research*, 198, 106557. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38823094>

Marín-Moraga, M., Cortés, J., & Rodríguez, C. (2023). Ex situ culture of coral species *Porites lobata* (Scleractinia: Poritidae) and *Pocillopora damicornis* (Scleractinia: Pocilloporidae), Costa Rica: First assessment and implications. *Revista de Biología Tropical*, 71(S1), S243–S255. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71iS1.54926>

Montero-Fortunato, E. (2022). La pesca de organismos marinos ornamentales y su impacto en los arrecifes de coral. *AULA Revista de Humanidades y Ciencias Sociales*, 68(1), 23–30. <https://doi.org/10.1033413/aulahcs.2022.68i1.190>

Omori, M. (2019). Coral restoration research and technical developments. *Marine Biology Research*.

Osinga, R., Schutter, M., Wijgerde, T., & Verreth, J. (2005). Towards coral reefs in tanks: The CORALZOO project. Wageningen University.

Petersen, D., Schmidt, C., & Laterveer, M. (2004). Transportation techniques for massive scleractinian corals. *Zoo Biology*, 23, 165–176.

Petersen, D., Laterveer, M., & Schuhmacher, H. (2008). Influence of different food sources on the initial development of sexual recruits of reef-building corals in aquaculture. *Aquaculture*, 277(1–2), 174–178. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.034>

Polyp Lab. (s. f.). Reef Roids – Nano 37 g Pouch. Saltwater Aquarium. Recuperado de <https://www.saltwateraquarium.com/reef-roids-nano-37-g-pouch-polyplab/>

Polyp Lab. (2025). Polyp-Booster – Trigger coral feeding. Recuperado de <https://www.polyplab.com/products/polyp-booster>

Pomeroy, R. S., Parks, J. E., & Balboa, C. M. (2006). Coral reef fisheries: Status, impacts, and management options. *Coastal Management*, 34(1), 37–64. <https://doi.org/10.1080/08920750500331539>

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí. (2023, 13 de julio). El proyecto Corales realizó actividades en las playas de Manta [News article]. PUCE Manabí.

Retrieved from <https://pucem.edu.ec/noticia/el-proyecto-corales-realizo-actividades-en-las-playas-de-manta>

Rachmilovitz, E. N., et al. (2024). Population genetics assessment of two pocilloporid coral species including *Pocillopora damicornis*. *Marine Environmental Research*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141113624002411>

Rinkevich, B. (2015). Climate change and active reef restoration—Ways of constructing the “reefs of tomorrow”. *Journal of Marine Science and Engineering*, 3(1), 111–127. <https://doi.org/10.3390/jmse3010111>

Rizk, E. S. (2018). An attempt to improve the proximate composition of local *Artemia* strains in Egypt. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 79(4), 1–7.

<https://doi.org/10.1186/s41936-018-0037-3>

Sánchez-Alonso, I., Careche, M., & Borderías, A. J. (2007). Method for producing a functional protein concentrate from giant squid (*Dosidicus gigas*) muscle. *Food Chemistry*, 100(1), 48–54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.006>

Saper, J., Høj, L., Humphrey, C., & Bourne, D. G. (2023). Quantifying capture and ingestion of live feeds across three coral species. *Coral Reefs*, 42(4), 931–943.

<https://doi.org/10.1007/s00338-023-02397-1>

Shivgankar, S. S., Patil, R. Y., & Kulkarni, A. A. (2024). Industrial manufacturing method and characterization of Ayurvedic marine drugs: Mother pearl, cowry, coral and pearl. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 50(8), 1112–1121.

<https://doi.org/10.1080/03639045.2024.2396902>

SOFIA. (2022). Estado actual de la acuicultura a escala global. *Mundo Agropecuario*. <https://mundoagropecuario.com>

Suggett, D. J., Camp, E. F., Gómez-Cabrera, M. del C., Smith, D. J., & Bay, L. K. (2023). An integrative framework for sustainable coral reef restoration. *One Earth*, 6(9), 1081–1096. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.08.008>

Sun, Y., Sheng, H., Rådecker, N., Lan, Y., Tong, H., Huang, L., Jiang, L., ... Huang, H. (2024). Symbiodiniaceae algal symbionts of *Pocillopora damicornis* larvae provide more carbon to their coral host under elevated levels of acidification and temperature.

*Communications Biology*, 7, 1528. <https://www.nature.com/articles/s42003-024-07203->

Tapia Rodríguez, K. A. (2024). Distribución potencial de corales del orden Scleractinia en el perfil costero de la provincia de Santa Elena, Ecuador [Tesis de grado].

Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Thornhill, D. J. (2015). Ecological impacts and practices of the coral reef wildlife trade. Defenders of Wildlife.

<https://www.defenders.org/sites/default/files/publications/ecological-impacts-and-practices-of-the-coral-reef-wildlife-trade.pdf>

Todinanahary, G. G. B., Andriamalala, H. R. A., Vily, R., & Cinner, J. E. (2017). Community-based coral aquaculture in Madagascar: A profitable economic system for a simple rearing technique? *Aquaculture*, 467, 225–234.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.012>

U.S. Soybean Export Council. (2025, 4 de febrero). The power of feed conversion ratios in aquaculture: Driving profitability, performance, and sustainability. USSEC.

<https://ussec.org/the-power-of-feed-conversion-ratios-in-aquaculture-driving-profitability-performance-and-sustainability/>

Wabnitz, C., Taylor, M., Green, E., & Razak, T. (2003). From Ocean to Aquarium: The Global Trade in Marine Ornamental Species. UNEP-WCMC. <https://www.unep-wcmc.org>

Wiedenmann, J., D'Angelo, C., & Suggett, D. J. (2023). Reef-building corals farm and feed on their photosynthetic symbionts. *Nature*, 623(7987), 123–128.

<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06442-5>

Zhang, X., Wang, L., Li, Y., & Chen, Y. (2021). Chemical and quality evaluation of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Food Science & Nutrition*, 9(10), 5614–5623.

<https://doi.org/10.1002/fsn3.2491>

## ANEXOS

### Anexo 1

*Proceso de realización de pesaje de lo diversos ingredientes para hacer la dieta*



### Anexo 2

*Asistente de laboratorio Lilibeth Ayo, pegando los fragmentos de coral a las bases*



### Anexo 3

*Proceso de liofilización de los diversos ingredientes en las instalaciones de Umammi Freeze*



### Anexo 4

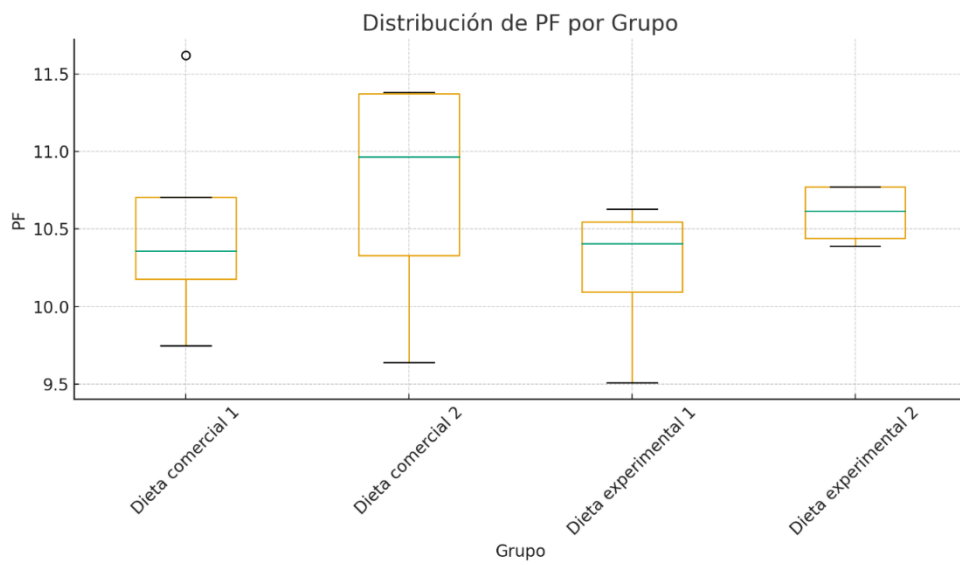
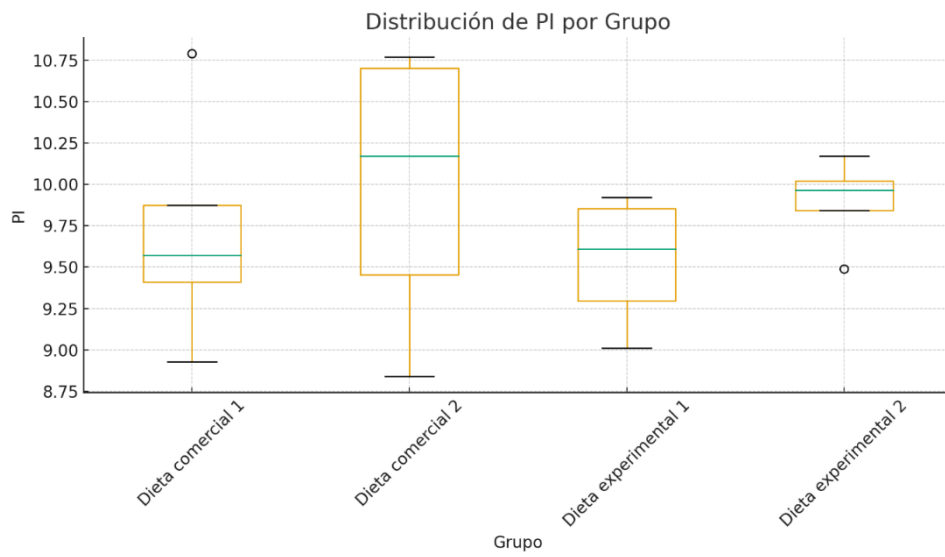
*Instalaciones del “Acquolab”*



**Nota.** Instalaciones del “Acquolab” laboratorio de ecología marina y ciencias acuícolas en la UIDE donde se realizaron los ensayos.

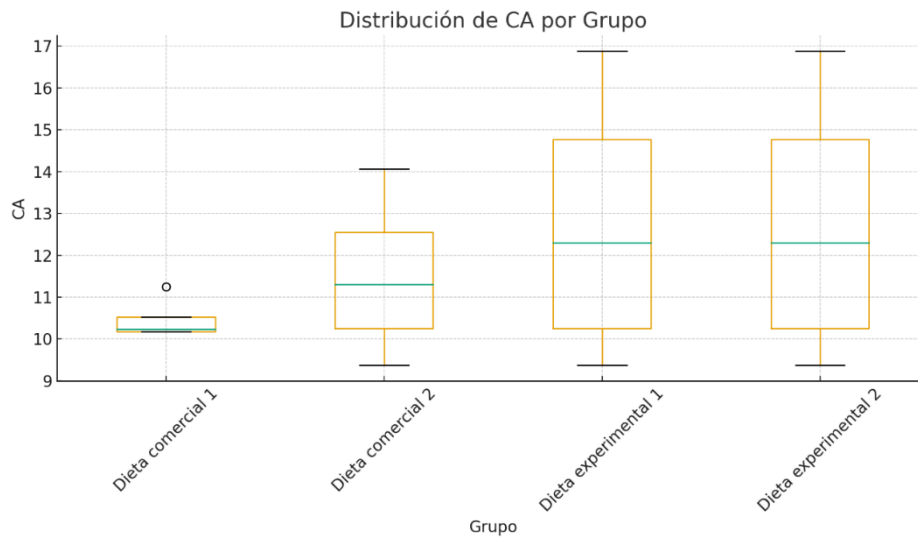
## Anexo 4

Boxplot del peso inicial (P.I) por grupo dietario



### Anexo 5

Boxplot del peso final (P.F) por grupo dietario



### Anexo 6

Complot del grado de incrustación a la base (I.B) por grupo dietario

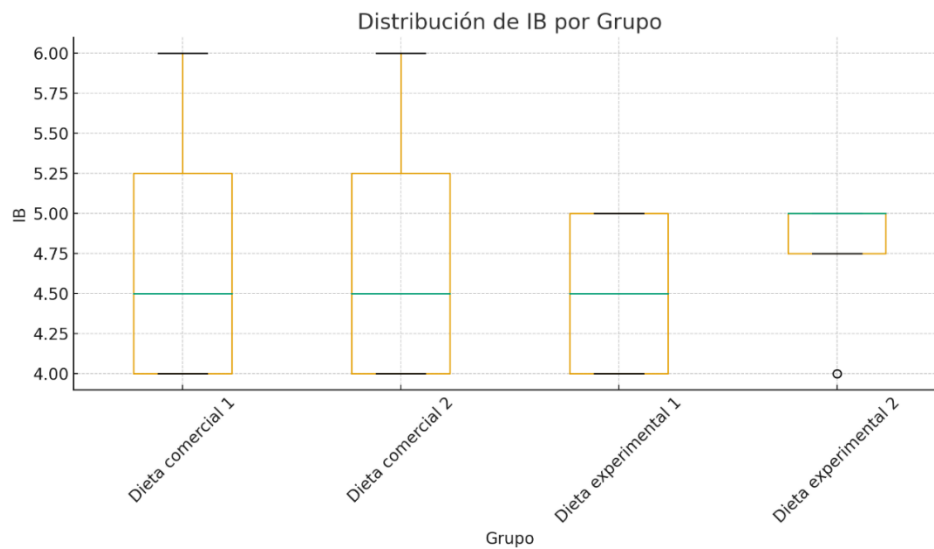


Ilustración 15 Complot del grado de incrustación a la base (I.B) por grupo dietario.

## Anexo 7

Boxplot de la coloración (C) por grupo dietario

