



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**“ANÁLISIS DE FIJACIÓN Y CRECIMIENTO LARVAL DE LA OSTRA DEL
PACÍFICO (*Magallana gigas*) A BASE DE SUSTRATOS NATURALES EN
CONDICIONES DE LABORATORIO EN LA PARROQUIA CHANDUY -
SANTA ELENA”.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

JAMES MICHAEL CARVAJAL MORENO

TUTOR:

BLGA. JODIE DARQUEA ARTEAGA MSc.

LA LIBERTAD - ECUADOR

2026

UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

**“ANÁLISIS DE FIJACIÓN Y CRECIMIENTO LARVAL DE LA OSTRA DEL
PACÍFICO (*Magallana gigas*) A BASE DE SUSTRATOS NATURALES EN
CONDICIONES DE LABORATORIO EN LA PARROQUIA CHANDUY -
SANTA ELENA”.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

JAMES MICHAEL CARVAJAL MORENO

TUTOR:

BLGA. JODIE DARQUEA ARTEAGA, MSc.

LA LIBERTAD - ECUADOR

2026

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “ANÁLISIS DE FIJACIÓN Y CRECIMIENTO LARVAL DE LA OSTRA DEL PACÍFICO (*MAGALLANA GIGAS*) A BASE DE SUSTRATOS NATURALES EN CONDICIONES DE LABORATORIO EN LA PARROQUIA CHANDUY - SANTA ELENA”, elaborado por Carvajal Moreno James Michael, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Blga. Jodie Darquea Aretéaga, Msc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0918674359

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “: ANÁLISIS DE FIJACIÓN Y CRECIMIENTO LARVAL DE LA OSTRA DEL PACÍFICO (*Magallana gigas*) A BASE DE SUSTRATOS NATURALES EN CONDICIONES DE LABORATORIO EN LA PARROQUIA CHANDUY - SANTA ELENA”, elaborado por CARVAJAL MORENO JAMES MICHAEL, estudiante de la CARRERA DE BIOLOGÍA, FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR DE LA UNIVERSIDAD PENÍNSULA DE SANTA ELENA, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.

DOCENTE DE ÁREA

DEDICATORIA

A Dios, que me ha dado sabiduría, fortaleza y propósito, por guiar cada uno de mis pasos, iluminar mi mente en los momentos difíciles y recordarme que todo esfuerzo tiene su recompensa. A mis padres, por su apoyo incondicional y por ser mi mayor ejemplo de perseverancia, sacrificio y amor verdadero, a mis docentes que compartieron sus conocimientos.

James Carvajal Moreno

AGRADECIMIENTO

A la prefectura de Santa Elena por abrirme las puertas del laboratorio, por su apoyo durante mi periodo de trabajo, al personal operativo y administrativo por brindarme sus conocimientos permitiendo ampliar mi campo profesional.

A las autoridades y personal académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por liderar el proceso de formación profesional

A la bióloga Jodie Darquea Arteaga tutor de tesis porque con sus conocimientos e ideas me oriento en mi trabajo

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **CARVAJAL MORENO JAMES MICHAEL** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 09/12/2025



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.
PROFESOR DE ÁREA MIEMBRO DEL
TRIBUNAL



Blga. Jodie Darquea Arteaga, Msc.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgt.
SECRETARIO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, James Michael Carvajal Moreno, me responsabilizo por los datos y resultados en mi Trabajo de Integración Curricular.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual de este trabajo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, reglamento y normativa intelectual vigente.

Atentamente



James Michael Carvajal Moreno

C.I. 2450095373

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	19
2. PROBLEMÁTICA	24
3. JUSTIFICACIÓN	26
4. OBJETIVOS.....	28
4.1. OBJETIVO GENERAL:	28
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	28
5. HIPÓTESIS.....	29
HIPÓTESIS ALTERNA (H ₁):.....	29
6. MARCO TEÓRICO	30
6.1. Origen de la Ostra del Pacífico (<i>Magallana gigas</i>).....	30
6.2. Cultivo de la Ostra del Pacífico	31
6.3. Biología de la especie.....	32
6.3.1. Taxonomía	32
6.3.2. Morfología	33
6.3.3. Ciclo de vida	34
6.3.4. Ciclo de vida de <i>Magallana gigas</i>	36
6.3.5. Hábitos alimenticios.....	36
6.4. Parámetros ambientales.	37

6.4.1.	Temperatura.....	37
6.4.2.	Oxígeno	37
6.4.3.	pH.....	38
6.4.4.	Salinidad	38
6.4.5.	Turbidez.....	38
6.5.	Fijación en sustratos	39
6.6.	Sustratos Naturales	40
6.6.1.	Sustratos a base de conchas molidas	40
6.6.2.	Fibras naturales	41
6.6.3.	Rocas y piedras	42
6.6.4.	Sustrato a partir de <i>Balanus</i>	43
6.6.5.	Morfología	44
7.	METODOLOGÍA.....	46
7.1.	ÁREA DE ESTUDIO	46
7.2.	RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE SUSTRATO	46
7.3.	DISEÑO EXPERIMENTAL	48
7.4.	RECOLECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LARVAS.....	50
7.4.1.	Eclosión.....	50
7.4.2.	Desarrollo larvario (Larva D – Pedivelier).....	51
7.5.	FASE DE INOCULACIÓN LARVARIA.....	53

7.6.	PROTOCOLO DE ALIMENTACIÓN Y MANEJO EN LA FASE DE FIJACIÓN	54
7.7.	ESTIMACIÓN DE LA TASA DE FIJACIÓN.....	55
7.8.	TASA DE SUPERVIVENCIA DURANTE LA FASE DE FIJACIÓN ...	56
7.9.	ANÁLISIS MORFOLÓGICO EXTERNO	56
7.10.	Bacteriología	57
7.11.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	58
8.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	59
8.1.	Desarrollo larvario	59
8.2.	Tasa de fijación en los diferentes sustratos naturales	64
8.3.	Tasa de supervivencia desde pediveliger hasta semilla.....	71
8.4.	Análisis microbiológicos	75
8.5.	Análisis de crecimiento de semilla de <i>M.gigas</i>	76
9.	DISCUSIÓN	82
10.	CONCLUSIÓN	94
11.	RECOMENDACIONES	96
12.	BIBLIOGRAFÍA	97
13.	ANEXOS.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Escala taxonómica de <i>M. gigas</i>	32
Tabla 2 Escala taxonómica de <i>Balanus sp.</i>	44
Tabla 3 Tabla de análisis morfológico de semillas de <i>Magallana gigas</i> entre el día 10 y el 20 post fijación.....	57
Tabla 4 Promedio de tasa de fijación de <i>M. gigas</i> de las tres réplicas del tratamiento de sustrato de <i>Balanus</i>	66
Tabla 5 Promedio de tasa de fijación de <i>M. gigas</i> de las tres réplicas del tratamiento del sustrato de valvas de ostras.....	66
Tabla 6 Promedio de tasa de fijación de <i>M. gigas</i> de las tres replicas con el tratamiento con sustrato de piedras trituradas.....	67
Tabla 7 Porcentajes de supervivencia de semilla de <i>M.gigas</i> en sustratos de fijación de <i>Balanus</i> , valvas de ostras y piedras.....	72
Tabla 8 Parámetros de crecimiento de semilla de <i>M. gigas</i> en sustrato de <i>Balanus</i>	76
Tabla 9 Parámetros de crecimiento de semilla de <i>M. gigas</i> en sustrato de valvas de ostras.....	77
Tabla 10 Parámetros de crecimiento de semilla de <i>M. gigas</i> en sustrato de piedras.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ejemplar de M. gigas</i>	32
Figura 2 <i>Ciclo de vida de M. gigas</i>	36
Figura 3 <i>Ejemplar de Balanus sp</i>	44
Figura 4 <i>Área de estudio</i>	46
Figura 5 <i>Recolección y preparación de muestras</i>	47
Figura 6 <i>Tipos de sustratos naturales utilizados para la fijación de las larvas de M.gigas</i>	48
Figura 7 <i>Diseño experimental del sistema de fijación de M. gigas con tres tratamientos con sustratos naturales</i>	49
Figura 8 <i>Control del desarrollo larvario de M. gigas</i>	51
Figura 9 <i>Procedimiento de tamizado y recambio de agua.</i>	52
Figura 10 <i>Larva D – Desarrollo temprano de M. gigas</i>	59
Figura 11 <i>Larva Veliger – Desarrollo temprano de M. gigas</i>	60
Figura 12 <i>Larva Umbonada -Desarrollo avanzado de M.gigas</i>	61
Figura 13 <i>Etapa tardía de M. gigas</i>	62
Figura 14 <i>Tasa de fijación de los tres tiramientos de Magallana gigas en sustratos naturales</i>	65
Figura 15 <i>Tasa de fijación total de M. gigas en sustratos de Balanus, valvas de ostras y piedras.</i>	68
Figura 16 <i>Curva de supervivencia de M.gigas hasta semilla en tres sustratos de fijación</i>	73
Figura 17 <i>Crecimiento de Magallana gigas en los tres tratamientos de fijación</i>	79
Figura 18 <i>Análisis de PCA</i>	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Área de trabajo y desinfección de tanques y unidades experimentales.</i>	108
Anexo 2 <i>a) Proceso de inoculación larvaria. b) Limpieza y recambio de agua de unidades experimentales.....</i>	108
Anexo 3 <i>Sustrato. a) preparación del sustrato. b) Separación de sustrato y semilla</i>	109
Anexo 4 <i>Alimentación diaria de los organismos</i>	109
Anexo 5 <i>Observaciones diarias y revisión de muestra con el docente tutor</i>	110
Anexo 6 <i>Muestras de semillas y realización del conteo.....</i>	110
Anexo 7 <i>Muestras de larvas. a) Larva D. b) Larva umbonada. c) Larva pediveliger con presencia del pie.</i>	111
Anexo 8 <i>Muestras de pre semilla. a) Balanus. b) En sustrato de ostras. c) En sustrato de piedras.....</i>	111
Anexo 9 <i>Informe de análisis microbiológico en muestras de larvas, Chromagar ufc/gr.</i>	112
Anexo 10 <i>Informe de análisis microbiológico de larvas, gráfico estadístico.....</i>	113
Anexo 11 <i>Informe de análisis microbiológico en muestras de agua.....</i>	114
Anexo 12 <i>Pruebas estadísticas para tasa de fijación</i>	115
Anexo 13 <i>Análisis estadístico para supervivencia.....</i>	115
Anexo 14 <i>Prueba de Friedman para determinar diferencias significativas.....</i>	116
Anexo 15 <i>Prueba de Wilcoxon Para la supervivencia, los tres sustratos son significativamente diferentes entre sí.....</i>	116
Anexo 16 <i>Prueba de normalidad para los parámetros de crecimiento</i>	116
Anexo 17 <i>Permanova con resultados altamente significativos.....</i>	117
Anexo 18 <i>Tabla de datos de desarrollo larvario.....</i>	118

GLOSARIO

Acuicultura: Cría y cultivo controlado de organismos acuáticos (peces, moluscos, crustáceos o algas) con fines comerciales, de conservación o investigación.

Balanus: Crustáceo cirrípedo marino del orden Sessilia.

Biofilm: Capa biológica compuesta por microorganismos, algas y materia orgánica que se adhiere a superficies sumergidas.

Fijación larval: Proceso mediante el cual las larvas de ostra se adhieren de forma permanente a un sustrato adecuado después de su metamorfosis.

Larva pediveliger: Etapa final del desarrollo larvario de la ostra en la que el organismo desarrolla el pie y mancha ocular, preparándose para su fijación.

Larvicultura: Fase del cultivo acuícola que abarca desde la eclosión de los huevos hasta la obtención de la última fase larvaria.

Metamorfosis: Cambio fisiológico y morfológico de los organismos

Sustrato: Superficie sólida, natural o artificial, sobre la que las larvas se fijan y desarrollan.

Tasa de fijación: Porcentaje de larvas que logran adherirse al sustrato en relación con el número inicial sembrado

Tasa de supervivencia: Porcentaje de organismos que sobreviven durante un período determinado de cultivo.

Valva: Cada una de las dos partes duras y calcificadas que conforman la concha de los moluscos bivalvos

ABREVIATURAS

µm: Micrómetro (unidad de longitud)

FAO : Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura

CENAIM: Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas

JICA: Japan International Cooperation Agency

EUMOFA: European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products

CONABIO: Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad

PCA: Análisis de componentes principales

ANOVA: Análisis de varianza

UFC: Unidades formadoras de colonias

Ppm: Partes por millón

H₁: Hipótesis alterna

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres sustratos naturales (*Balanus*, valvas de ostras y piedras) en la fijación, supervivencia y crecimiento de *Magallana gigas* bajo condiciones controladas de laboratorio en la parroquia Chanduy, Santa Elena, Ecuador. Se planteó que los sustratos de distinta naturaleza influyan en la adherencia y desarrollo larvario. Las larvas pediveliger fueron monitoreadas durante 10 días, registrándose porcentajes de fijación, supervivencia, longitud de valva, líneas de crecimiento y alteraciones morfológicas. Los resultados evidenciaron que el sustrato de *Balanus* presentó la mayor tasa de fijación (13,53 %), seguido por el de valvas de Ostras (5,37 %) y el de Piedras (4,75 %), alcanzando longitudes promedio de 1500 μm , 900 μm y 1000 μm , respectivamente, con una formación progresiva de hasta 11–12 líneas de crecimiento. El análisis estadístico (ANOVA, Friedman, PERMANOVA y PCA) mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), destacando que los sustratos biogénicos como *Balanus* favorecen la adherencia, supervivencia y desarrollo morfológico de *M. gigas*, constituyendo una alternativa eficaz para mejorar la producción de semilla en Ecuador.

Palabras claves: *Magallana gigas*, fijación larval, supervivencia, sustratos naturales, *Balanus*.

ABSTRACT

The effect of three natural substrates (*Balanus*, oyster shells, and stones) on the fixation, survival, and growth of *Magallana gigas* was evaluated under controlled laboratory conditions in the parish of Chanduy, Santa Elena, Ecuador. It was hypothesized that substrates of different nature influence larval adhesion and development. Pediveliger larvae were monitored for 10 days, recording fixation and survival percentages, shell length, growth lines, and morphological alterations. The results showed that *Balanus* presented the highest fixation rate (13.53%), followed by Oysters (5.37%) and Stones (4.75%), with mean shell lengths of 1500 μm , 900 μm , and 1000 μm , respectively, and a progressive formation of up to 11–12 growth lines. Statistical analyses (ANOVA, Friedman, PERMANOVA, and PCA) revealed highly significant differences ($p < 0.01$), highlighting that biogenic substrates such as *Balanus* promote greater adhesion, survival, and morphological development of *M. gigas*, constituting an effective alternative to improve seed production in Ecuador.

Keywords: *Magallana gigas*, larval settlement, survival, natural substrates, *Balanus*,

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de ostra (*Magallana gigas*) ha adquirido una gran importancia a nivel mundial debido a su notable capacidad para adaptarse a una amplia gama de condiciones ambientales y a su valor comercial. Este organismo es cultivado en países como Japón, China, Francia, Estados Unidos y España (Mercer, M., Gennari, L., & Lovatelli, A, 2024). Según la FAO (2024), la producción mundial de ostras alcanza aproximadamente 5 millones de toneladas anuales, destacándose como uno de los principales productos de la acuicultura global (EUMOFA 2020). Los bivalvos marinos como *Magallana gigas* son originarios de las costas del noroeste del Pacífico Asiático, donde se han introducido en diversas regiones del mundo, y han demostrado una fácil adaptación y crecimiento sobre cada uno de estos lugares (Mera, 2012).

El proceso de cultivo de la Ostra del Pacífico implica dos etapas claves: una, la etapa de desarrollo conocida como pediveliger, donde los individuos que han completado su metamorfosis, después del proceso de fecundación. Luego las larvas se fijan a un sustrato adecuado mediante la secreción de cemento biológico que producen en la glándula del pie de la ostra y su posterior crecimiento hasta alcanzar el tamaño comercial (Gosling, 2015). La fijación de las larvas representa la transición de la fase larval a una forma adulta y sésil. En el medio marino durante sus primeras etapas se asientan en diversos sustratos naturales como rocas o valvas de otras ostras. Sin embargo, dentro de la larvicultura suelen adherirse sobre sustratos artificiales para su

fijación. Esta fase, también conocida como "asentamiento", determina el éxito del cultivo, puesto que las ostras permanecerán adheridas al sustrato durante el resto de su vida (Gracida, 2023).

Para el final de este periodo y una vez fijadas las larvas, se inicia la segunda etapa, donde las semillas de ostras empiezan la fase de crecimiento, esto se determina por medio de la evaluación del desarrollo morfológico y fisiológico de la semilla (Ramirez, 2016), las ostras experimentan un aumento significativo en su tamaño a través de la formación de la valva y se establece el éxito de la adherencia larval (Mejías, 2020).

El tiempo necesario para alcanzar un tamaño comercial en las semillas de la Ostra del Pacífico dura aproximadamente de 15 a 20 días (JICA, 2009). Por ejemplo, en Japón, algunas alcanzan tallas de 4 a 6 mm entre los primeros 10 días, bajo sistemas óptimos de temperatura y alimentación. En Chile, *Magallana gigas*, puede alcanzar una talla de 5 mm en un periodo de 5 días (Paredes, 2012). Y generalmente, estas semillas son comercializadas cuando alcanzan un tamaño de 1 y 5 cm, lo cual puede ocurrir entre los 15 y 20 días posteriores a la fijación.

Los sustratos convencionalmente empleados en criaderos muestran limitaciones significativas tanto económicas como operativas. Entre los materiales comunes se encuentran valvas de ostra trituradas, láminas de PVC, tejas de arcilla y colectores recubiertos de cemento (Mariscal, 1985). Sin embargo, estos sustratos enfrentan desafíos importantes relacionados con costos elevados, disponibilidad limitada y eficiencia variable de asentamiento. La escasez y costo creciente de valvas de ostras naturales ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles para proyectos de restauración y producción comercial (Brumbaugh y Coen, 2009). Diversos estudios realizados han demostrado que la eficiencia de fijación depende críticamente del tipo de sustrato disponible, obteniéndose rangos de asentamiento que pueden oscilar entre 8% y 50% según las condiciones específicas del sistema (Southgate, 2008). Particularmente en el laboratorio de ostras de la Prefectura de Santa Elena, ubicado en la comuna El Real-Chanduy, la tasa de fijación tradicionalmente oscilan entre el 8% y 10% utilizando valvas trituradas como sustrato principal.

Aunque existen múltiples factores que influyen en el proceso de fijación, como son la disponibilidad de sustrato, la densidad larval y parámetros ambientales (la temperatura y salinidad del agua). En general, muchos de estos elementos influyen significativamente sobre el organismo, en Chile para *Magallana gigas* el éxito de fijación suele oscilar entre el 20% y el 50% dependiendo de la técnica utilizada, por ejemplo, los sustratos naturales juegan un papel importante, influenciando tanto la tasa de fijación como la sobrevivencia de las larvas (Southgate, 2008).

Baltazar et al., (1999) y Cobo et al., (2008) han demostrado que sustratos como las conchas de ostras, piedras, dolomita y materiales plásticos de diferentes texturas y calidad son eficaces en proporcionar condiciones biológicas y fisicoquímicas adecuadas para la fijación larval. Según Calcagno et al., (1997), el *Balanus* es altamente efectivo en la colonización de sustratos debido a su capacidad para adherirse firmemente a diversas superficies, incluyendo estructuras artificiales como boyas y linternas. Esto podría convertirlo, a su vez en un sustrato ideal para el asentamiento de otros organismos marinos.

Asimismo, algunas de las problemáticas descritas oscilan en función a la presencia de individuos potencialmente patógenos (*Vibrios* y *Pseudomonas*), los cuales pueden alterar gradualmente la adherencia de la ostra sobre el medio, por lo que de las técnicas empleadas también se rigen al mejoramiento del agua, mediante la incorporación de microorganismos que favorezcan el asentamiento y prevean los daños ocasionados por estas bacterias (López, 2015). Las investigaciones locales muestran que, bajo condiciones controladas, los porcentajes de fijación de larvas pueden llegar a ser relativamente altos donde este incremento se debe al conjunto de métodos utilizados sobre el medio de cultivo (Rey-Méndez M., 2019).

La larvicultura de ostras en Ecuador se encuentra en desarrollo, sin embargo, algunas variantes están obstaculizando el crecimiento de la industria. Aun así, es una especie comercial que posee un alto interés, particularmente entre las provincias costeras como Santa Elena, Esmeraldas y Manabí (Gómez, 2022). Regiones como Pedernales y Zurroneas han demostrado ser áreas muy propicias para el cultivo de la Ostra del Pacífico, lo que ha estimulado varios proyectos de maricultura (Luna, 2024).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la viabilidad de los sustratos naturales para el proceso de fijación larval de *Magallana gigas*. Los hallazgos permitirán el desarrollo de recomendaciones técnicas basadas en la ciencia para utilización de sustratos asequibles y sostenibles.

2. PROBLEMÁTICA

La producción comercial de semilla de la Ostra del Pacífico enfrenta limitaciones críticas relacionadas con los sustratos convencionales utilizados durante la fijación larval. Los materiales tradicionalmente empleados, como conchas trituradas de ostras, PVC, tejas de arcilla y estructuras de cemento, exponen desventajas operativas y económicas que limitan la escalabilidad productiva. Asimismo, la escasez progresiva de valvas naturales constituye uno de los principales desafíos, dado que su disponibilidad se ha reducido paulatinamente a causa de la sobreexplotación histórica de bancos naturales y la reducción de plantas procesadoras (Goelz et al., 2020; Petrolia y Caffey, 2024; ORP, 2024). Así mismo, la calidad del sustrato es relevante, debido a que si este no es el adecuado puede llevar a una baja de supervivencia (Chávez-Villalba J., 2014)

En el laboratorio de ostras de la Prefectura de Santa Elena, ubicado en la comuna El Real-Chanduy, se ilustra claramente esta problemática. Con desafíos en las tasas de fijación larval, donde el uso común de sustratos como el de valvas de ostras no proporcionan el soporte necesario para mejorar las tasas de fijación larval en *M. gigas*.. Por lo que existe una necesidad de evaluar alternativas de sustratos más eficaces, económicamente accesibles y ambientalmente sostenibles.

. Las larvas de *M. gigas* necesitan un sustrato para adherirse y comenzar su desarrollo, sin embargo, la contaminación del agua y la competencia con otras especies pueden limitar la cantidad de sustrato disponible. Según Helm (2004), las larvas de ostras son altamente selectivas en cuanto al sustrato, y la presencia de organismos que colonizan superficies sumergidas puede inhibir su asentamiento, reduciendo así las tasas de fijación.

Es así, que los sustratos artificiales como el PVC y el cemento presentan eficiencias variables de asentamiento larval y representan preocupaciones ambientales latentes relacionadas con la contaminación por microplásticos y de compuestos alcalinos (Colsoul et al., 2020). Además, la gestión a gran escala también implica un obstáculo logístico, como el tratamiento de superficies, la manipulación y almacenamiento, de estos materiales. Por lo que, esta situación más las bajas tasas de fijación que presenta la *M. gigas* ante estos sustratos, limitan la productividad del cultivo y terminan reduciendo la calidad del producto final.

La disponibilidad de sustratos ha sido un tema de observación en las diversas zonas de cultivo y ha generado la necesidad de investigar alternativas. Aunque se han utilizado tradicionalmente valvas de conchas y otros materiales inorgánicos, estos no siempre logran tasas de fijación satisfactorias (FAO, 2009). Según Oka et al. (2004), la eficacia del sustrato depende de factores como la rugosidad de la superficie y la composición del material, los cuales influyen en la capacidad de adhesión de las larvas.

3. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de ostra representa una actividad indispensable para el desarrollo económico y la seguridad alimentaria de las comunidades costeras a nivel mundial. La producción de moluscos bivalvos abarca aproximadamente el 20% de la producción acuícola mundial debido a su fácil adaptación, manejo y alimentación (Montufar y Montufar, 2013). Sin embargo, la escasez relativa y el costo creciente de sustratos apropiados para el cultivo, sumados a la supervivencia larval deficiente, constituyen desafíos significativos que limitan la expansión y sostenibilidad de la industria acuícola basada en ostras (Petrolia y Caffey, 2024).

Esta indagación posee la capacidad de generar un impacto al desarrollar y validar sustratos naturales alternativos que podrán incrementar las tasas de fijación larval, y mejorar la disponibilidad de semilla para satisfacer la demanda creciente. En el contexto ecuatoriano, donde el cultivo de ostras puede ofrecer opciones para el desarrollo de sistemas sostenibles que requieren menor cantidad de insumos y mantenimiento de la calidad del agua (Montufar y Montufar, 2013), esta investigación resulta particularmente relevante. La identificación de sustratos localmente disponibles y económicamente accesibles representaría un avance sustancial hacia la autonomía productiva de los criaderos locales, reduciendo la dependencia de materiales importados

y minimizando el impacto ambiental causado por materiales sintéticos (Whitman y Reidenbach, 2012).

Por esta razón, este estudio, analiza el crecimiento y fijación larval de la ostra de *Magallana gigas* a través de sustratos naturales de *Balanus* y piedras (trituradas de granulometría fina) bajo la necesidad de encontrar alternativas eficientes y sostenibles para la producción acuícola y como estos influyen de manera positiva en el desarrollo temprano de los moluscos. Por lo que, es importante explorar soluciones innovadoras de diferentes morfologías de sustrato, que podría favorecer el asentamiento de larvas en condiciones de laboratorio. La aplicación de sustratos de origen natural puede ser una alternativa económica y eficaz, además de ser localmente disponible. Promoviendo así, la sostenibilidad en los procesos de producción, minimizando el impacto ambiental causado por el uso de materiales sintéticos (Tamburri et al., 2008).

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL:

- Analizar la capacidad de fijación y crecimiento de la Ostra del Pacífico (*Magallana gigas*), utilizando sustratos naturales determinando su viabilidad.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Describir el desarrollo larvario de *Magallana gigas*, identificando cambios morfológicos.
- Determinar la tasa de fijación de las larvas de *Magallana gigas*, de cada uno de los sustratos utilizados.
- Establecer la supervivencia de las larvas durante el estadio de pediveliger hasta semilla.
- Analizar el crecimiento mediante la observación directa de morfología externa de *Magallana gigas*, en función a los diferentes sustratos utilizados.

5. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS ALTERNA (H₁):

Existen diferencias significativas de la tasa de fijación y crecimiento de *M. gigas* entre los diferentes sustratos naturales utilizados en condiciones controladas de laboratorio.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Origen de la Ostra del Pacífico (*Magallana gigas*)

Magallana gigas, también llamada "ostra japonesa" u "ostra del Pacífico", es un molusco marino bivalvo que se halla naturalmente en las aguas del noreste del Océano Pacífico, particularmente en las costas de China, Japón y Corea (Ginger et al., 2013). Su presencia en estas regiones está documentada desde varias épocas atrás donde forma parte de la dieta humana y de prácticas acuícolas tradicionales. Su desarrollo está unido a la cultura asiática, donde se cultivaba de forma artesanal en bancos y bahías utilizando métodos de suspensión o ramas sumergidas, lo que permitió un desarrollo exponencial de forma controlada de la especie (Anglès d'Auriac et al., 2017).

Sin embargo, a partir del siglo XIX, esta especie se extendió fuera de su hábitat nativo, debido a la necesidad de encontrar una alternativa más resiliente a las enfermedades que surgieron en *Ostrea edulis* (Ostra plana) donde sus poblaciones fueron devastadas debido a enfermedades como el herpes virus y parásitos como *Bonamia ostreae* (Herbert et al., 2016). Durante el paso de las décadas, *M. gigas* fue criada en múltiples países europeos y varias regiones del norte y sur de América (Ruesink et al., 2005; Jenkins et al., 2021). Por su gran capacidad de adaptabilidad al

medio, rápido crecimiento y resistencia a enfermedades, este organismo se volvió uno de los más significativos dentro de la acuicultura global (Peñaloza et al., 2021).

6.2. Cultivo de la Ostra del Pacífico

El cultivo de la ostra del Pacífico (*Magallana gigas*) se ha convertido en una de las actividades acuícolas más importantes a escala mundial. Debido a su gran versatilidad, esta especie, originaria del noroeste del Océano Pacífico, ha sido ampliamente adoptada en muchas partes del mundo, con un liderazgo imbatible en Asia y Norteamérica, donde su mercado alcanzó 9.31 mil millones de dólares en 2024, con una proyección de crecimiento de hasta 15.9 mil millones para 2033, escala promovida por la demanda comercial de múltiples naciones (Business Research Insights, 2025).

La producción de esta especie en América Latina ha experimentado un crecimiento reciente, pero no de menor relevancia, países como Brasil, Perú, Chile y México son los que han destacado en la región, los cuales han promovido su desarrollo como una opción económicamente sostenible, particularmente en localidades costeras que buscan transformar sus vías de ingresos. Chile ha destacado por poseer una industria relativamente desarrollada con una infraestructura óptima, criaderos propios y una cadena productiva que aborda el consumo interno del país como la exportación internacional, asimismo, en México este organismo también se ha introducido con efectos positivos en términos de productividad (Panorama Acuícola, 2024). En Ecuador, a pesar de tener una gran adaptabilidad y desarrollo prometedor en cultivos en regiones

costeras, su crianza aún llega a ser incipiente dado que enfrenta obstáculos relacionados con el acceso a la tecnología adecuada, la disponibilidad de semilla y políticas públicas para el desarrollo acuícola (Helm, 2009; FAO, 2024).


6.3. Biología de la especie

La Ostra del Pacífico (*M. gigas*) es un molusco bivalvo que pertenece a la familia *Ostreidae* del género *Magallana* antiguamente perteneciente al género *Crassostrea*, dentro de la subfamilia *Crassostreinae* (CONABIO, 2017).

6.3.1. Taxonomía

Tabla 1

Escala taxonómica de M. gigas

Reino: <i>Animalia</i>	<p>Figura 1</p> <p><i>Ejemplar de M. gigas</i></p> 
Filo: <i>Mollusca</i>	
Clase: <i>Bivalvia</i>	
Orden: <i>Ostreoidea</i>	
Familia: <i>Ostreidae</i>	
Género: <i>Magallana</i>	
Especie: <i>gigas</i>	
Nombre científico: <i>Magallana gigas</i>	
Nombre común: Ostra del Pacífico	

Nota. La tabla muestra la clasificación taxonómica de la ostra del Pacífico (*Magallana gigas*), Clasificación original por Thunberg (1793), adaptada de Aquaportail (2024).
<https://www.aquaportail.com/especies/ficha/invertebrado/19/magallana-gigas>

6.3.2. Morfología

Este organismo es conocido por ser un molusco bivalvo de conchas asimétricas y sólidas que se identifica por poseer 2 valvas: la valva superior, la cual es plana y pequeña, mientras que la valva inferior es profunda y cóncava. (Pérez, 2022)

La superficie de la concha tiene surcos radiales de gran tamaño y redondos con costillas concéntricas que le brindan superficialmente un aspecto rugoso y ondulado. Según Aquaportail (2024) y Galego (2004), el color de *M. gigas* varía, donde sus tonalidades van desde el blanco y transparente hasta matices oscuras y turbias.

Este organismo usualmente puede llegar a medir entre 10 y 15 cm durante sus etapas jóvenes y alcanzar longitudes de hasta 30 cm en su fase adulta (CICESE, 2023). Su morfología interna está caracterizada por poseer una concha la cual es de color blanco nacarado, con cicatrices musculares visibles y una banda interna sin dientes en el eje (charnela). La estructura de la valva está compuesta principalmente por carbonato cálcico, distribuido en tres capas: la concha externa (periostraco), la concha media (mesostraco) y la concha interna (endostraco) (FAO, 2011; Durán et al.). Esta especie

presenta plasticidad fenotípica, lo que le permite adaptarse morfológicamente a las condiciones ambientales de su hábitat (CONABIO, 2017).

Además, esta especie es conocida por ser un organismo hermafrodita que puede cambiar de sexo durante el ciclo reproductivo en función de los factores ambientales y la disponibilidad de alimento (Gracida Olivera, 2023).

6.3.3. Ciclo de vida

El ciclo de vida de la ostra del Pacífico (*Magallana gigas*) empieza cuando el macho y hembra sueltan espermatozoides y óvulos directamente al agua. Todo ocurre de manera externa, donde empieza la fecundación (Vásquez, 2007). El desarrollo embrionario comienza transcurrido unos 40 minutos de donde emergen un tipo de larva llamada trocóforas, que nadan superficialmente, las cuales durante etapas iniciales se alimentan únicamente del vitelo (FAO, 2005; Lodeiros & Lovatelli, 2019).

Al pasar de 1 a 3 días, las larvas cambian a la etapa D, y miden entre 70 y 100 micras. Entre el día 4 y el 9 se vuelve una larva velíger, una fase donde aumentan su actividad física y metabólica. Entre los días 10 y 13, llegan a la etapa umbonada, donde ya desarrollan un pie y una mancha ocular. Finalmente, cuando tienen alrededor de unos 15 días, entran en la fase pedivelíger, que es cuando están listas para fijarse a una

superficie y empezar su vida como ostras adultas (Vásquez, 2007; FAO, 2005; Aquaportail, 2024).

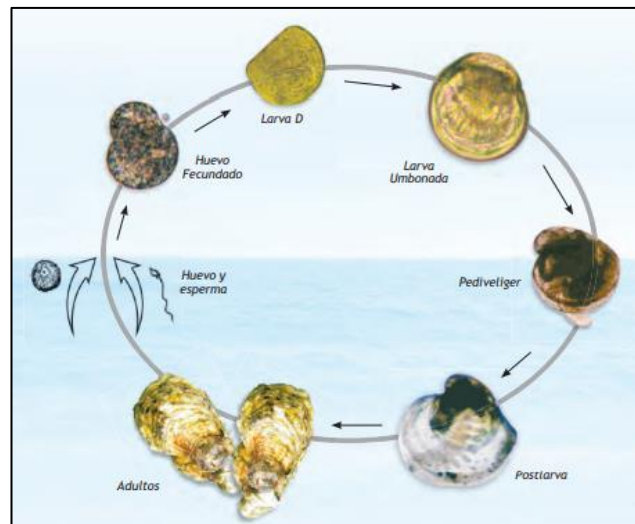
Normalmente se adhieren a sustratos rocosos, debido a que esto garantiza su fijación y permite un mejor desarrollo (Vásquez, 2007). El desarrollo larval de este individuo depende fielmente de múltiples factores ambientales (temperatura, salinidad) y la disponibilidad de alimento (Durán et al., 2010; Espinosa, 2021).

Luego de que las ostras juveniles logran fijarse adecuadamente, inicia su etapa de crecimiento y desarrollo hasta alcanzar el tamaño comercial, esta fase es crítica debido a que los juveniles son más susceptibles a las variaciones ambientales del cultivo (Chávez-Villalba J. , 2014). Además, su ciclo de reproducción se repite una vez al año, y es más activo en los meses calurosos (Vásquez, 2007).

6.3.4. Ciclo de vida de *Magallana gigas*

Figura 2

Ciclo de vida de M. gigas



Nota. En la figura se observan los estadios larvarios de *M. gigas*, (Vázquez 2007).

6.3.5. Hábitos alimenticios

La ostra del Pacífico (*Magallana gigas*) se alimenta principalmente por medio de filtración, sobre todo fitoplancton y materia orgánica, básicamente atrapa microalgas y diversos nutrientes mientras absorbe agua. También son llamados individuos suspensoras dado que ingieren partículas de materia orgánica no superiores a 20 micras, las cuales se hallan en la columna de agua e ingieren para mantener un desarrollo adecuado y garantizar su reproducción.

En Ecuador los estudios realizados sobre los tejidos de las ostras con aproximadamente 23.94% de proteínas, 8.69% de lípidos y 19.01% de carbohidratos,

demostrando una estructura nutricional balanceada que sostiene un metabolismo eficiente y activo. Esta proporción indica una adecuada capacidad de síntesis proteica y energética. Bajo condiciones controladas, la alimentación con microalgas como *Chaetoceros gracilis* mejora la maduración gonadal y mitiga la mortalidad larval al mejorar la calidad reproductiva (Oña Pérez, 2022).

Según la FAO (2005), recomienda una dieta basada en algas que tengan un alto valor nutricional, sobre todo cuando estos individuos se encuentran en etapas larvarias y juveniles, dado que promueve un desarrollo más rápido.

6.4. Parámetros ambientales.

6.4.1. Temperatura

En las costas ecuatorianas la temperatura para el crecimiento de *M. gigas* oscila entre los 22 y 27 °C, pero temperaturas superiores a 29 °C pueden generar efectos negativos, llegando a provocar una mortalidad elevada en el cultivo (Rodríguez, 2015). En El Salvador la gametogénesis se da preferentemente cuando la temperatura del agua está alrededor de los 17 y 28 °C, es recomendable cultivar este organismo en zonas no tan superficiales para evitar su exposición a temperaturas extremas (Pita, 2025)

6.4.2. Oxígeno

El oxígeno disuelto presente en un medio de cultivo debe permanecer en un rango de entre 7-10 mg/l. Aunque no es específico de esta especie, niveles bajos de oxígeno disuelto pueden perturbar negativamente la supervivencia de la ostra (Maldonado, 2023).

6.4.3. pH

Este organismo suele tolerar rangos cercanos de pH alrededor de 7.5 - 8.5, un cambio generado por encima de este rango puede comprometer el desarrollo y vitalidad afectando diversas funciones metabólicas, por el contrario, en medios ácidos puede afectar la calcificación de la concha, volviéndola frágil y susceptible a daños (Santander, 2019).

6.4.4. Salinidad

La Ostra del Pacífico tiene gran tolerancia a los rangos altos de salinidad, desde 16 hasta 35 ppt, aunque los cambios bruscos suelen causar mortalidad. En cultivos, es recomendable mantener la salinidad estable entre 25 y 35ppt para un óptimo desarrollo (Solano, 2021).

6.4.5. Turbidez

La turbidez en altas concentraciones, provocada por sedimentos minerales o materia orgánica en suspensión, obstaculiza la alimentación y limpieza de las ostras, además de favorecer el crecimiento de organismos epibiontes no deseados. La turbidez excesiva reduce la luz y la disponibilidad de fitoplancton, alimento principal de las ostras (JICA, 2007).

6.5. Fijación en sustratos

La fijación ocurre posterior al proceso de fecundación, cuando la larva de ostra ha pasado por sus estadios planctónicos terminado de alimentarse de los organismos presentes en la columna de agua alcanzando tallas de 300 a 350 micras de tamaño, donde empieza la búsqueda de un sustrato, esto mediante movimientos generados por el pie larval (Vásquez, 2007; Galtsoff, 2020).

En su entorno natural el asentamiento de este organismo ocurre principalmente sobre formaciones rocosas, estructuras cálcicas como conchas, valvas, rocas y sustratos varios, que estén recubiertos por una biopelícula (biofilm), la cual está constituida de microalgas, bacterias y perifitón (Hadfield, 2011)., asentándose la larva a través de la secreción de un cemento biológico constituidos por múltiples proteínas, polisacáridos y minerales que brindan resistencia al agua y dureza (Yuan Qian et al., 2007). Este proceso es relativamente rápido donde finalmente la ostra pierde su pie y marca el fin de la etapa móvil y el comienzo de la fase sedentaria. (Mitchell, 2019: CORE, 2000)

6.6. Sustratos Naturales

Es el medio natural estos organismos suelen asentarse sobre estructuras duras constituidas por múltiples materiales, en función a su naturaleza en la ostricultura se han desarrollado múltiples sustratos a partir de estos materiales, de entre los cuales están:

6.6.1. Sustratos a base de conchas molidas

Una de las superficies de fijación más comúnmente utilizadas en la industria ostrícola. Principalmente este tipo de sustrato se fabrica a partir de la recolección de diversas valvas de ostras, almejas y diversos moluscos para aprovechar la composición de carbonato de calcio que estas estructuras pueden ofrecer (Rios y Velasquez, 2016). Las valvas colectadas son trituradas y molidas para formar una base resistente que garantice la adherencia de larvas de ostra a la estructura, usualmente este tipo de sustrato se utiliza en colectores suspendidos como linternas donde las larvas se asientan sobre los fragmentos de concha, este tipo de soporte mantiene una ubicación estratégica donde suelen posicionarse en áreas con corrientes moderadas. Muchos de los beneficios que brinda el utilizar restos de conchas en cultivos ostrícolas se dan por el carbonato de calcio que presenta, dado que este componente mejora la calidad del agua regulando la

acidez, estabilizando el pH del medio marino, garantizando el desarrollo óptimo de las larvas y reduciendo su tasa de mortalidad (Villón, 2023).

La valva de *M. gigas* está compuesta en su mayoría por carbonato de calcio, en forma de calcita foliada y aragonito. Su periostraco externo es orgánico y no calcificado, mientras que las capas internas alternan estructuras cristalinas y orgánicas, como el nácar. Esta combinación confiere alta resistencia mecánica a la concha. (Crisalejandra Rivera Pérez, 2020)

6.6.2. Fibras naturales

Las fibras naturales caracterizadas por ser fabricadas a partir de restos orgánicos como restos de cocos, cuerdas y estropajos vegetales suelen ser una alternativa viable en la adherencia de las ostras, dada la superficie rugosa y rígida (Chuku, 2018). La utilización de este material llega a ser empleado en sistemas de cultivo suspendido donde la larva migra a este soporte y se fija a la fibra de las cuerdas o redes usadas. Algunos de los beneficios que ofrece este material es su capacidad de retención de agua y aireación, empleados especialmente en condiciones donde la marea baja manteniendo la humedad en aquellas ostras expuestas a la superficie (Chuku, 2018). Otras cualidades que este material brinda es su resistencia a la descomposición reduciendo la proliferación bacteriana y posibles patógenos que puedan infectar al organismo (Molina, 2017).

6.6.3. Rocas y piedras

En el medio natural los moluscos están adheridos a una gran diversidad de rocas y piedras, las cuales contiene biopelículas que almacenan microorganismos que ayudan a la metamorfosis larval, desde fundamento muchas industrias utilizan diversos materiales para la fabricación de estructuras de fijación. Dentro del ámbito acuícola los elementos más frecuentemente utilizados son la piedra pómez, la cual brinda una gran estabilidad y adherencia a la larva debido a que es una roca de origen volcánico porosa y ligera que facilita el transporte y cultivo (Goelz, 2020). Otro tipo de material utilizado, pero con menor frecuencia es la grava este material granular constituido por fragmentos de roca se usa como sustrato alternativo, no se recomienda habitualmente su uso debido a que no se puede mezclar con otros componentes debido a que puede alterar la estructura natural de la roca y perjudicar el cultivo (Yesilats et al, 2021).

Las rocas por su parte deben tener un tamaño óptimo para su manipulación y ser suficientemente grandes para brindar una superficie firme para las otras, este elemento es muy frecuentemente usado en la ostricultura debido a la disponibilidad y facilidad para la extracción (Fitzsimmons, et al, 2020).

6.6.4. Sustrato a partir de *Balanus*

Los *Balanus* son un tipo de crustáceo con coraza calcárea y dura, su estructura externa ha sido utilizada en proyectos de restauración de ostras puesto que brinda un sustrato de aspecto rugoso y rígido que ha mostrado un gran asentamiento en las poblaciones de ostras (Méndez, 2013). Las bellotas de mar son organismos incrustantes y sésiles que se adhieren a diversas superficies del lecho marino donde en su medio natural varias especies que mantienen una vida sésil se adhieren como organismos epibiontes a su estructura externa (Tapia et al, (2022). Este individuo proporciona una base tridimensional que ha mostrado resultados positivos en el asentamiento larval de ostras y mejorando las tasas de supervivencia de las poblaciones en general. Este componente llega a ser triturado y mezclado con otras estructuras (valvas) para formar un sustrato altamente concentrado en carbonato de calcio (Méndez, 2017).

La microestructura del caparazón de *Balanus* está compuesta por capas paralelas de material calcáreo en forma de calcita, organizadas sobre un esqueleto de quitina, reforzado con proteínas especializadas. Estas incluyen proteínas de adhesión, proteínas ácidas reguladoras de mineralización, y enzimas. Este conjunto proteico controla el crecimiento y orientación de los cristales de calcita, garantizando una estructura rígida y funcional. (Zhang et al., 2015)

Tabla 2

Escala taxonómica de Balanus sp.

Reino: <i>Animalia</i>
Filo: <i>Arthropoda</i>
Clase: <i>Thecostraca</i>
Orden: <i>Sessilia</i>
Familia: <i>Balanidae</i>
Género: <i>Balanus</i>
Especie: <i>sp</i>
Nombre científico: <i>Balanus sp</i>
Nombre común: Bellota de mar

Figura 3

Ejemplar de Balanus sp



Nota. La tabla muestra la clasificación taxonómica de la bellota de mar (*Balanus*), un crustáceo cirrípedo común en zonas costeras y sustratos rocosos. Clasificación original por Linneo (1758), adaptada de Southward et al (2001).

6.6.5. Morfología

Este organismo cirrípedo tiene una forma de vida sésil, su cuerpo de simetría radial está protegido por una cobertura pétreo calcárea de estructura cónica, muchas veces de forma cilíndrica, la cual puede llegar a un diámetro cercano de 1 a 3 cm, aunque el tamaño puede diferir en algunos grupos (JoVE, 2025).

El caparazón de *Balanus* está conformado por 6 placas: una placa rostral en la región frontal, una carinal en la posterior, dos placas laterales y dos rostrilaterales, las placas están fuertemente unidas entre sí, lo que le otorga una protección firme ante el oleaje y depredadores (Celis, 2007). En la región anterior de la coraza se encuentra la abertura opercular que en ciertas especies puede llegar a ser ovalada o triangular que está cerrada por dos placas móviles las cuales se abren en función a la extensión de los cirros (Villalba, 2004). Los cirros son apéndices ramificados móviles que se encargan de la filtrar el alimento (sedimento orgánico y fitoplancton), suelen ser estructuras plumosas y articuladas que se observan fuera del caparazón (Celis, 2007). La estructura interna suele ser blanda se encuentran específicamente en la región del manto, el cual está orientado hacia abajo fijado mediante un cemento biológico que el organismo expulsa mediante una glándula especializada para la adherencia (Kuklin'ski, 2018).

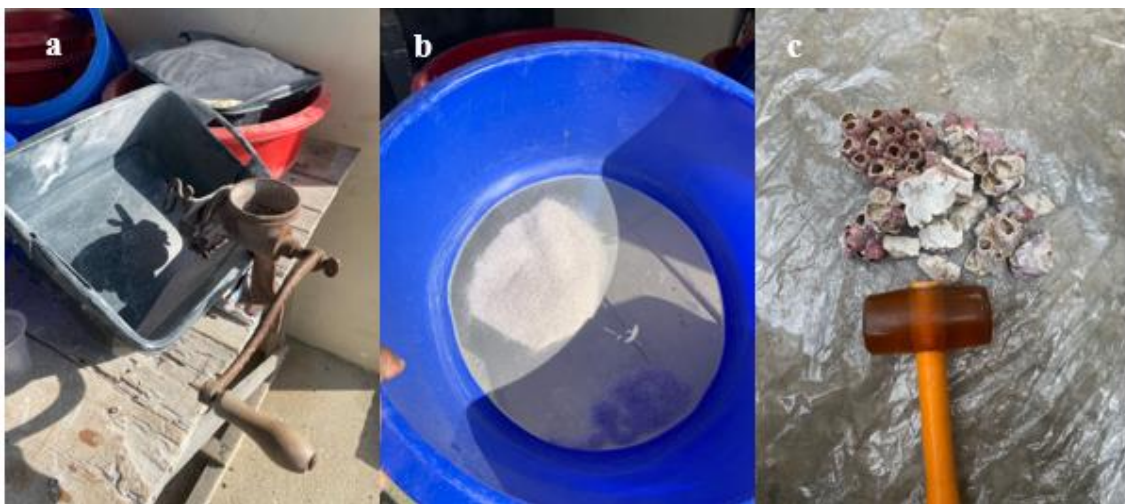
Estos organismos son especies de vida marina sedentaria que logran colonizar rocas, pedruscos, o fijarse como epibiontes en algunos tipos de moluscos en las regiones intermareales y supralitorales de las costas (Diputación de Málaga, 2014).

seleccionadas sin residuos de materia orgánica; y posteriormente lavadas con agua de mar y agua dulce para eliminar residuos o algún sedimento adherido. A su vez, se secaron al sol durante al menos 24 horas para que toda humedad fuera eliminada. Tras el secado de las muestras, estas fueron trituradas usando un mazo o un pequeño martillo para reducir su tamaño, facilitando así proceso de molienda, para poder reducir sus partículas.

El material obtenido fue tamizado con una malla fina de 300 y 200 micras y las partículas más gruesas se separaron para una segunda molienda. Finalmente, los sustratos preparados fueron almacenados en frascos sellados para prevenir la humedad y contaminación. Previamente a su uso, todos los sustratos fueron lavados extensamente con agua destilada y esterilizados en una autoclave a 121 °C durante 15 minutos para eliminar cualquier tipo de agente patógeno o contaminante (Tamburri, m1992).

Figura 5

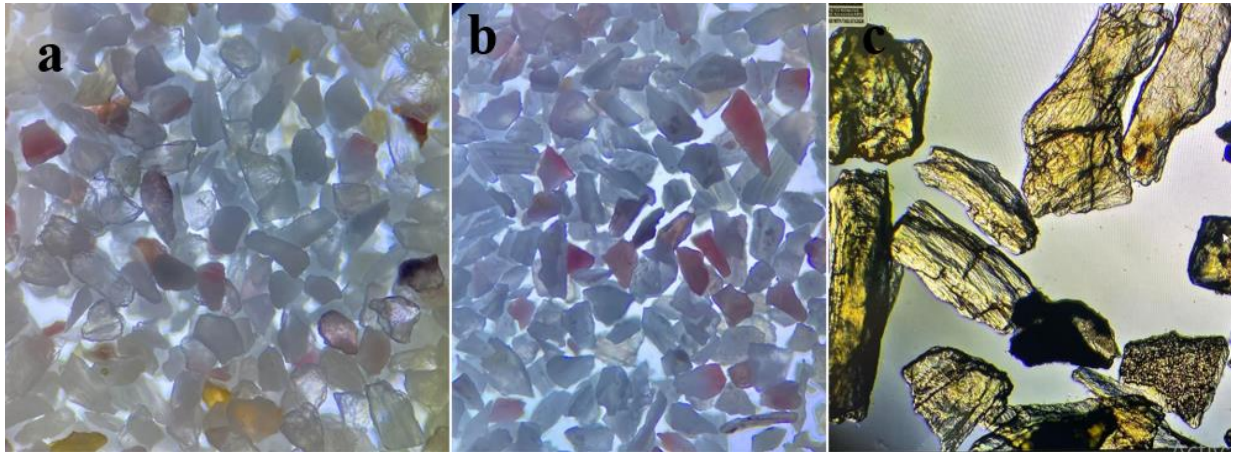
Recolección y preparación de muestras



Nota. Proceso de selección y elaboración de sustratos para la experimentación

Figura 6

Tipos de sustratos naturales utilizados para la fijación de las larvas de M.gigas



Nota. Sustratos. a) Sustrato de valva de ostras. b) Sustrato de *Balanus*. c) Sustrato de piedras.

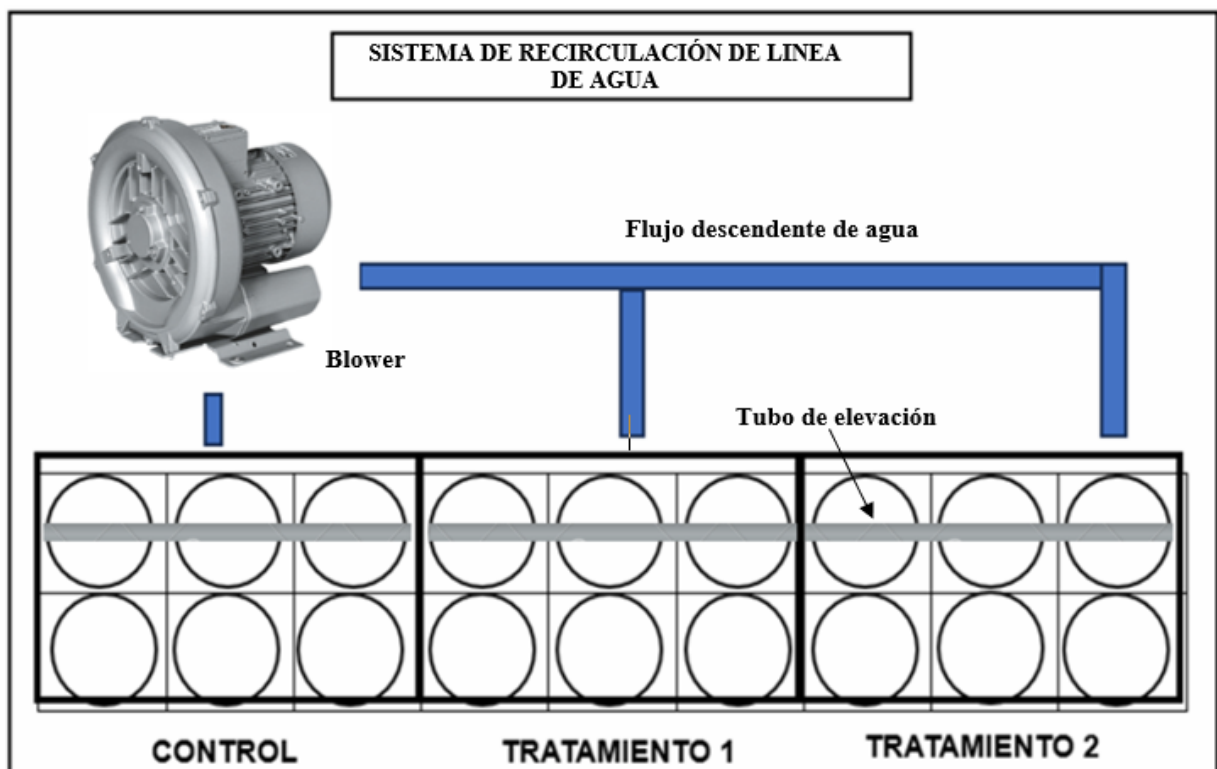
7.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizaron tres tratamientos, con tres réplicas cada uno con diferentes tipos de sustratos. La duración del ensayo fue de 31 días. Cada tanque rectangular de 800 litros conto con tres replicas por tratamiento, las cuales consistieron en bandejas experimentales de 10 litros de capacidad y 10 cm de profundidad, acondicionadas específicamente para el proceso de fijacion, y con un fondo de malla de 200 micras, sembranose un total 15 larvas por mililitro (Pediveliger). El sistema, estaba equipado con una recirculación cerrado tipo Airlift de aire y agua. El cual consistie en un

mecanismo hidráulico diseñado para mantener una circulación continua y homogénea del agua, que permite a las larvas mantenerse en una suspensión suave. El sistema Air Lift se basa en el principio de elevación por aire mediante un tubo ubicado en medio de los tamices, recirculando el agua y, por ende, proporciona oxígeno, lo que ayuda a mantener la calidad de agua. Asimismo, las condiciones ambientales durante la experimentación se mantuvieron constantes, con una temperatura de 30 a 32 °C y salinidad de 32 – 33 ppt.

Figura 7

*Diseño experimental del sistema de fijación de *M. gigas* con tres tratamientos con sustratos naturales*



Nota. Sistema de recirculación cerrado Air Lift.

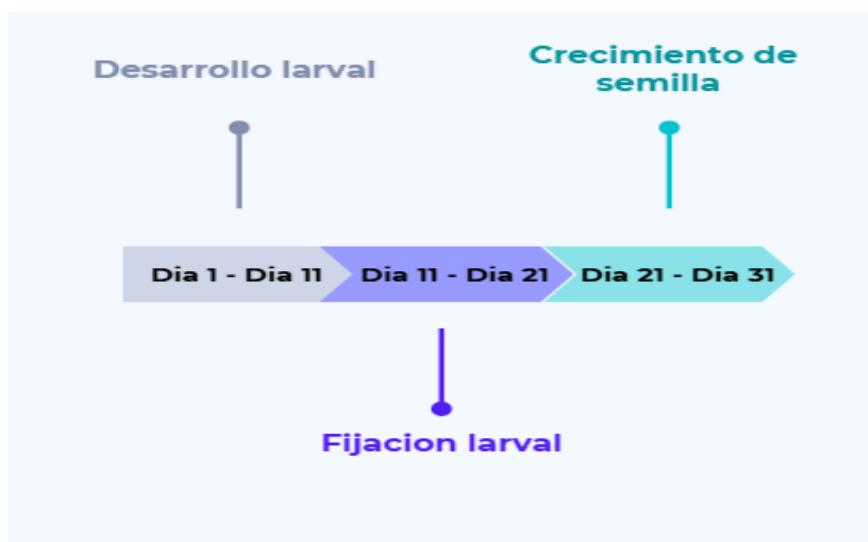
7.4. RECOLECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LARVAS

7.4.1. Eclosión

Las larvas de *Magallana gigas* se obtuvieron del desove del laboratorio, garantizando la calidad y viabilidad a través de una selección basada en su motilidad y morfología. A continuación, se detalla la secuencia temporal del desarrollo larvario, fijación y crecimiento de *Magallana gigas*

Figura 8

Línea de tiempo de ciclo experimental de M.gigas



Nota. Esta línea de tiempo facilita la visualización cronológica de todo el proceso experimental.

7.4.2. Desarrollo larvario (Larva D – Pedivelier)

Se sembró un total de 2 millones de larvas de *Magallana gigas* (Larva D-48horas) en un tanque de una tonelada, a una densidad de 2000 larvas/litros. El agua de mar fue filtrada y esterilizada; y se mantuvo bajo condiciones físico químicas controladas. Se tomó una muestra diaria de 1 ml del volumen total de larvas en suspensión para llevar a cabo las observaciones bajo microscopio. Estas visualizaciones permitieron corroborar la etapa larvaria en la que se encontraban los organismos, con el objetivo de verificar la fase de desarrollo, hasta que la larva alcanzó el estadio pediveliger, fase para la fijación. Esta etapa duró 11 días. Se alimentó con *Isochrysis galbana* manteniéndose a una concentración de 54.470 células / ml.

Figura 8

Control del desarrollo larvario de M. gigas



Nota. La figura representa el manejo de los parámetros ambientales para larvicultura de *M.gigas*.

A lo largo del ciclo de cultivo larval de *Magallana gigas*, se realizaron diariamente recambios totales de agua y de tamizado de larvas, con el objetivo de mantener la calidad del medio, reducir la acumulación de materia orgánica y microorganismos no deseados (figura 8)

Figura 9

Procedimiento de tamizado y recambio de agua.



Nota. Proceso diario de recambio de agua para mantener el medio limpio.

Este procedimiento consistió en tamizar de manera cuidadosa las larvas a través de tamices de diferentes micrajes, ubicados de manera escalonada de menor a mayor para facilitar la filtración y retención de las larvas según su tamaño.

Los primeros cinco días del cultivo, las larvas fueron tamizadas secuencialmente a través de mallas de 40, 60, 80 y 100 μm , permitiendo eliminar larvas muertas y reteniendo los individuos viables y con crecimiento activo.

A partir del sexto día, se emplearon tamices de 125, 150, 180 y 200 μm ajustándose al tamaño de las larvas, alcanzando en esta etapa los estadios de umbonada y pediveliger.

7.5. FASE DE INOCULACIÓN LARVARIA

A partir del día 11, siguiendo la metodología de Galicia (2017), se verificó que el 50% de las larvas se encontraban en estadio de pediveliger es decir, presentaban una mancha ocular, lo cual fue decisivo para realizar la transferencia a las unidades experimentales destinadas para el proceso de fijación.

Una vez que se seleccionaron las larvas competentes (presencia de mancha ocular) y con un tamaño entre 270 a 300 micras, se inocularon en las bandejas de experimentación un total de 150 mil larvas, las que fueron distribuidas homogéneamente sobre el sustrato para maximizar las tasas de fijación (Quintanilla, 1994).

La fijación larval generalmente ocurre dentro de los primeros 10 días después de la inoculación (día 12 al 21 de cultivo). Durante este periodo, se revisaron las

bandejas experimentales, registrándose el número de larvas fijadas en el sustrato y representándolo en porcentaje.

7.6. PROTOCOLO DE ALIMENTACIÓN Y MANEJO EN LA FASE DE FIJACIÓN

Para cada uno de los tratamientos, las larvas se alimentaron de microalgas (*Chaetoceros calcitrans*), como lo establece Tamburri (1992). El proceso de alimentación consistió en mantener una concentración de células por mililitro en los tanques de experimentación para la fijación.

Estas concentraciones se ajustaron específicamente para los tanques experimentales, asegurando el suministro de células vivas por mililitro en cada dosis. Para esto se utilizó la fórmula de dilución que consiste en estimar la cantidad de microalga que se requiere para obtener una concentración de alimento.

Fórmula:

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

Donde,

C1= concentración inicial

C2 = concentración final

V1= volumen inicial

V2 = volumen final

Para el manejo de la experimentación, se trabajó con una temperatura entre 31 y 32 °C, mientras que la salinidad se estableció en 34-35 partes por mil (ppt). Se registraron estos parámetros dos veces al día, por la mañana y por la tarde.

7.7. ESTIMACIÓN DE LA TASA DE FIJACIÓN

Desde el día 11 hasta el 21, intervalo durante el cual se desarrolló el proceso de fijación, se monitorearon diariamente cada una de las unidades diariamente, extrayendo una muestra de 1 gramo de semillas por tanque. Cada muestra fue revisada para cuantificar el porcentaje de ostras fijadas, este proceso se llevó a cabo a través de un microscopio óptico. Igualmente, para determinar la tasa de fijación se tomó en cuenta el criterio de adhesión a la concha para identificar si la metamorfosis se había completado.

Número de larvas fijadas: cantidad de larvas que han completado la fijación en el sustrato.

Número total de larvas: cantidad total de larvas al inicio del proceso de fijación.

$$\text{Tasa de la fijación (\%)} = \left(\frac{\text{Numero de larvas fijadas}}{\text{Numero de total de larvas}} \right) \times 100$$

7.8. TASA DE SUPERVIVENCIA DURANTE LA FASE DE FIJACIÓN

Para determinar la mortalidad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de Mortalidad} = \frac{(N_i - N_f)}{N_i} \times 100$$

N_i = Numero inicial de organismos

N_f = Numero final

7.9. ANÁLISIS MORFOLÓGICO EXTERNO

A partir del día 22, el análisis morfológico externo se llevó a cabo una vez que las larvas completaron el proceso de fijación. Para analizar el crecimiento de las semillas, se realizó la medición periódica de las dimensiones de las valvas (longitud y ancho). Donde las larvas de *M. gigas* se observaron bajo un microscopio y estereomicroscopio examinando así, las características externas como las líneas de crecimiento y la textura de concha. Se tomaron imágenes fotográficas para documentar el desarrollo morfológico a lo largo del proceso de crecimiento.

Se realizó también una visualización de la estructura de la concha de las ostras fijadas, revisando la presencia de alteraciones, que suelen aparecer durante la formación de la valva, que se describen como irregularidades estructurales o crecimiento discontinuo. Durante esta observación, se registró la formación progresiva de las líneas

de crecimiento, las cuales aumentaron continuamente a lo largo del desarrollo, reflejando un crecimiento activo.

Tabla 3

Tabla de análisis morfológico de semillas de Magallana gigas entre el día 10 y el 20 post fijación

TABLA DE ANÁLISIS MORFOLÓGICO					
Día	Estadio	Porcentaje de alteración %	Observaciones	Mortalidad	Longitud de la valva
1	Semilla				
2					
3					
...					
n	semilla				

Nota. Tabla de parámetros para analizar el crecimiento morfológico.

7.10. Bacteriología

De manera complementaria, al finalizar el ensayo con los diferentes sustratos se llevó a cabo una toma de muestras de agua con la finalidad de comprobar la calidad de agua a nivel bacteriológico (Ofori et al., 2025). Por lo que, se recolectaron dos muestras de 2 ml: una proveniente del reservorio y otra seleccionada al azar de un tanque de cultivo de ostras. Las muestras fueron sembradas en medios selectivos CHROMagar y Cetrimide, con el objetivo de detectar géneros bacterianos comúnmente asociados a

infecciones en los cultivos acuícolas, como son *Vibrio* y *Pseudomonas* (Santos et al., 2025). El análisis se realizó en el Laboratorio Nueva Gestión, ubicado en Mar Bravo, Salinas.

7.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Primeramente, se realizó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas. Al confirmarse ambos supuestos, se procedió a aplicar el análisis ANOVA, y la prueba post hoc de Tukey para determinar diferencias significativas entre las medias de asentamientos en cada sustrato. Se comparo tanto los porcentajes totales de asentamientos por cada sustrato previa transformación de los porcentajes como el número de larvas asentadas por unidad experimental. Esta prueba permitió comprobar los porcentajes de fijación en diferentes condiciones experimentales y si las diferencias observadas fueron significativas.

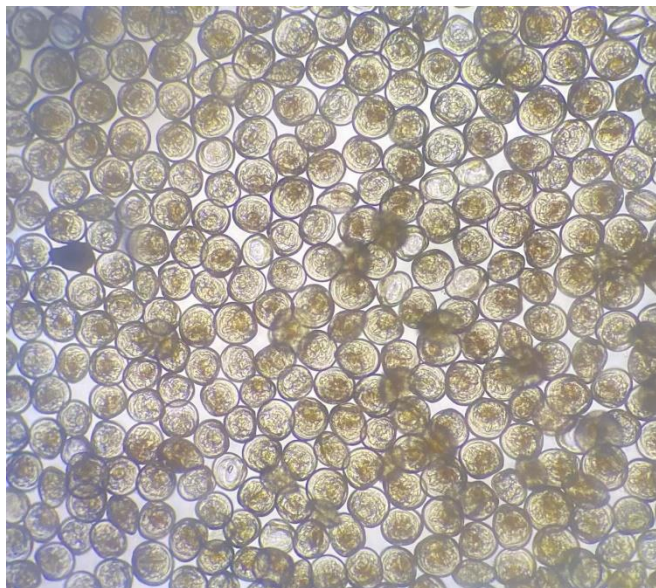
8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

8.1. Desarrollo larvario

Durante 11 días que duró el desarrollo larvario de *Magallana gigas*, se registró los estadios desde la fase de larva D hasta el estadio pediveliger, reflejando los cambios graduales y consistentes de los aspectos morfológicos y fisiológicos. En el día 1, las larvas presentaron morfología típica de larva D, borde recto en la parte umbonal, transparente y simétrica, con tamaños promedios entre 100- 120 micras y una motilidad del 10%, lo que indicó un inicio saludable tras la eclosión.

Figura 10

Larva D – Desarrollo temprano de M. gigas

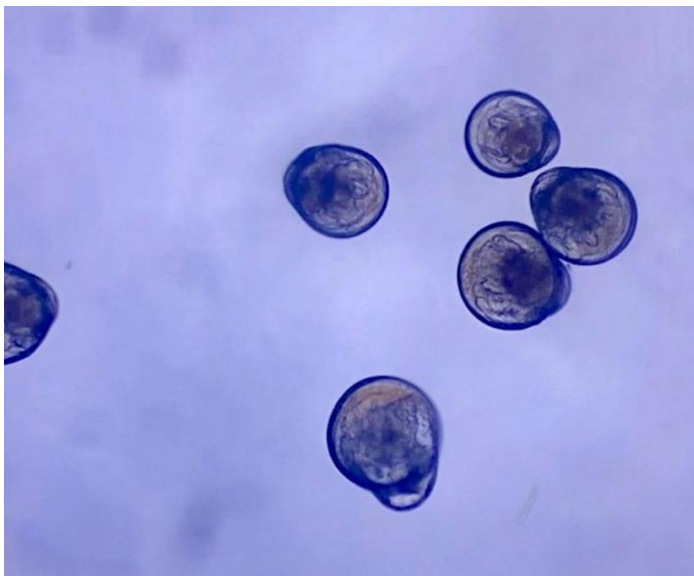


Nota. Larva D con una longitud de 100 a 120 micras.

Conforme pasaron los días, se observó un incremento en la motilidad y en la proporción del estadio veliger, del 20 % en el segundo día hasta el 80% en el quinto día, acompañado con un crecimiento de altura de valva alcanzando entre 100 y 180 μm . Durante este periodo, la mortalidad fue menor al 5%. En esta etapa, la larva adquiere un aspecto más ovalado y el velo se desarrolla completamente, mostrando cilios finos que le permiten mayor movilidad.

Figura 11

Larva Veliger – Desarrollo temprano de M. gigas

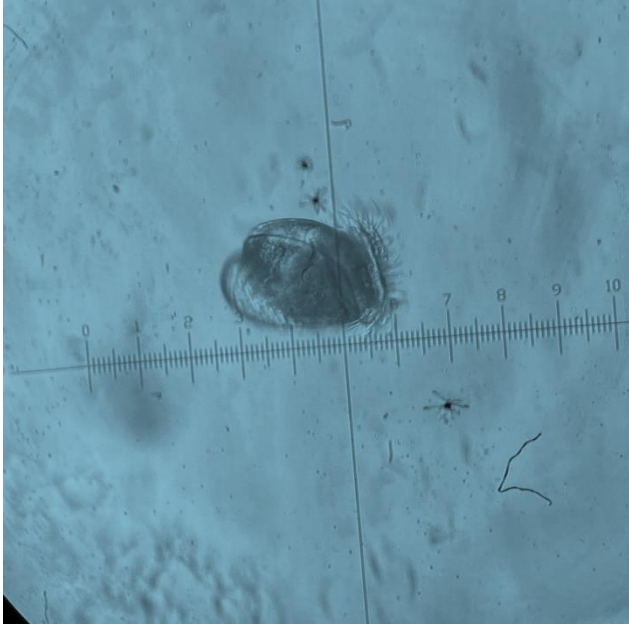


Nota. Larva Veliger con umbo desarrollado

Entre el día 6 y 7 se evidencio el 60% de larva en etapa umbonada, la cual se caracterizó por la formación del umbo, una prominencia dorsal, adquiere mayor curvatura y grosor. Las larvas alcanzaron tallas de 180 – 200 μm , con un umbo visible. Comienza la reducción progresiva del velo, mientras que el pie se desarrolla.

Figura 12

Larva Umbonada -Desarrollo avanzado de M.gigas.



Nota. Larva con presencia de cilios desarrollados.

Desde el octavo al noveno día, se manifestó la etapa crítica de metamorfosis, durante la cual la mayoría de las larvas llegaron al estadio pediveliger (40% al 60 %). Se caracterizó por la presencia de un pie bien desarrollado que permite explorar y seleccionar sustratos para la fijación, con un tamaño de 250 – 300 μm . En este periodo, la mortalidad se incrementó de manera progresiva hasta alcanzar un máximo diario de 6% debido al elevado gasto energético que involucra el desarrollo del pie y la glándula cementante, estructuras fundamentales para el proceso de fijación al sustrato.

Figura 13

Etapa tardía de M. gigas



Nota. Larva pediveliger con presencia de mancha ocular.

Posteriormente en los días 10 y 11, se registró entre el 60-85% en etapa de pediveliger, con tamaños promedio que oscilaron entre 220 y 320 μm y una mortalidad acumulada del 32.5%. Dando como resultados una sobrevivencia total de 1'350.000 larvas competentes para la fijación de un total inicial de 2 millones, representando el 67,5% de supervivencia.

En resumen, el desarrollo del ciclo larvario se observó una transformación fisiológica en cada una de las fases, con alta motilidad y transición eficiente a la etapa pediveliger.

En los primeros 7 días, la dieta se basó en *Isochrysis galbana* en el día uno a una densidad de 45.000 células/ml. El suministro alimenticio en el día 2 hasta el 7 se mantuvo entre 50.000 a 60.000 células/ml, indicando un nivel de suministro constante y progresivo basado en la necesidad energética del crecimiento larval aportando

A partir del día 8, se incorporó *Chaetoceros calcitrans* con una densidad celular de 40.000 células/ml, mientras *Isochrysis galbana* se continuó suministrando entre 50.000 a 60.000 cel/ml. Esta proporción mixta se mantuvo hasta el día 10, durante el cual las larvas completaron su desarrollo de pediveliger. Protocolo de alimentación que busca mantener una fuente viable de ácidos grasos y proteínas, para mejorando el crecimiento y metamorfosis larval y facilitando el crecimiento y supervivencia bajo condiciones controladas.

El uso de *Isochrysis galbana* como nutrición primaria, complementada en menor proporción con *Chaetoceros calcitrans*, fue exitoso para mantener el vigor larval y facilitar una metamorfosis adecuada. El protocolo de alimentación que busca mantener una fuente viable de ácidos grasos y proteínas, para mejorando el crecimiento y metamorfosis larval y facilitando el crecimiento y supervivencia bajo condiciones controladas.

8.2. Tasa de fijación en los diferentes sustratos naturales (pediveliger-semilla)

Se evaluó el comportamiento larval durante un periodo de diez días bajo condiciones controladas de laboratorio. Las larvas en estadio pediveliger fueron distribuidas en tres tanques experimentales, cada uno de ellos con 3 unidades experimentales con 200 gr de diferentes tipos sustrato naturales (*Balanus*, valvas de ostras y piedras marinas).

La figura 10 muestra la tasa de fijación de *Magalla gigas* en función de los diferentes sustratos, con tres réplicas en los diferentes tratamientos.

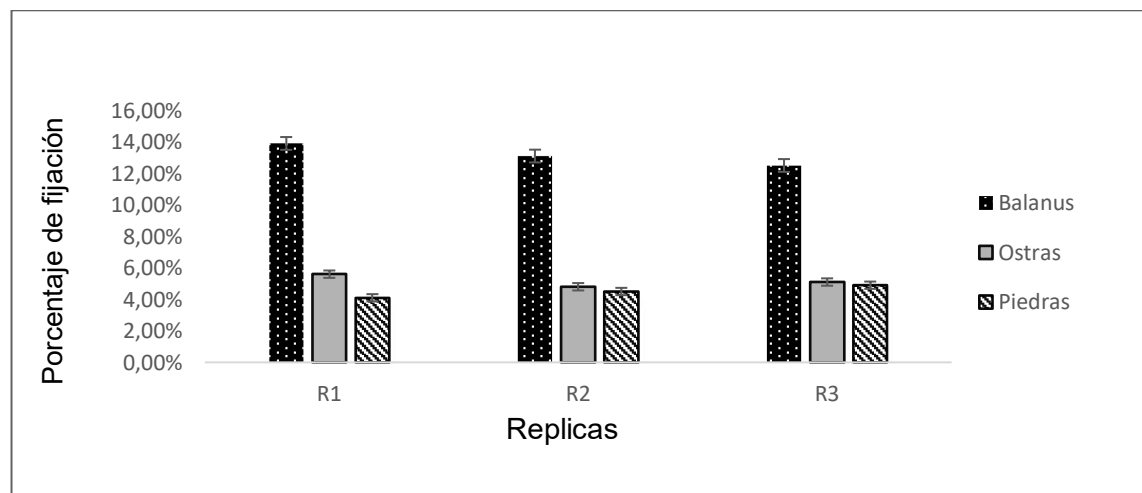
En la réplica 1, el sustrato de *Balanus* exhibió la fijación máxima (13,90 %), posiblemente sirviendo como el punto de partida más favorable para los procesos de asentamiento. Por el contrario, el sustrato de valva de ostras demostró un nivel intermedio de fijación (5,6%), mientras que el de sustrato de piedras tuvo la menor fijación (4,9%).

En cuanto a la réplica 2, se mantuvo la jerarquía el sustrato de *Balanus*, aunque con una disminución leve, conservo un (13,10%) mientras que las valvas de ostras y sustrato de piedras presentaron valores más próximos entre sí correspondiendo al 5,10% y 4,50%, respectivamente.

Finalmente, la réplica 3 con una tendencia muy similar a los dos anteriores, con el sustrato de *Balanus* presentando el mayor porcentaje de fijación (12,50 %), seguido por el sustrato de valvas de ostras (4,80 %) y sustrato de piedras (4,10 %).

Figura 14

Tasa de fijación de los tres tiramientos de Magallana gigas en sustratos naturales



Nota. Porcentajes de fijación de *M.gigas* por replicas

Los resultados fueron analizados por tratamiento utilizando la media de las tres réplicas ($n = 3$), expresados como media \pm desviación estándar, obteniéndose los siguientes datos promedio la fijación total.

Tabla 4

Promedio de tasa de fijación de M. gigas de las tres réplicas del tratamiento de sustrato de Balanus

Sustrato de <i>Balanus</i>			
Día de evaluación	Nº total de organismos sembrados	Nº larvas fijadas/ vivas	% fijación
Decimo	450.000	60.089±1.050	13,53%

Nota. Datos de porcentaje de fijación y número de larvas vivas

En el tratamiento con el sustrato de *Balanus*, inicio con un total de 150.000 organismos en cada una de las 3 unidades experimentales. Al culminar los diez días de fijación, se obtuvo un total de 60.890± 1.050 mil larvas fijadas, lo que represento una tasa de adherencia del 13.53 %. Este porcentaje es indicador de buena eficiencia de fijación, considerando que las larvas fueron expuestas a un sustrato con características biológicas y estructurales favorables.

Tabla 5

Promedio de tasa de fijación de M. gigas de las tres réplicas del tratamiento del sustrato de valvas de ostras

Sustrato de valvas de ostras			
Día de evaluación	Nº total de organismos sembrados	Nº larvas fijadas	% fijación
Decimo	450.000	24,200±0.629	5,37%

Nota. Datos de porcentaje de fijación y numero de larvas vivas.

En este sustrato se obtuvo un valor de 24.200 mil larvas fijadas, lo cual represento un porcentaje de 5.37 % de fijación. Este valor indico una proporción normal según los datos de éxito de fijación del laboratorio. Según el Tec. Pesq. Alberto García (comunicación verbal, 11 de octubre de 2025), estos valores suelen mantenerse entre el 5% y el 10%. Estos resultados reflejan que el sustrato de valvas de ostras permite una fijación efectiva dentro de los rangos de normalidad.

Tabla 6

Promedio de tasa de fijación de M. gigas de las tres replicas con el tratamiento con sustrato de piedras trituradas

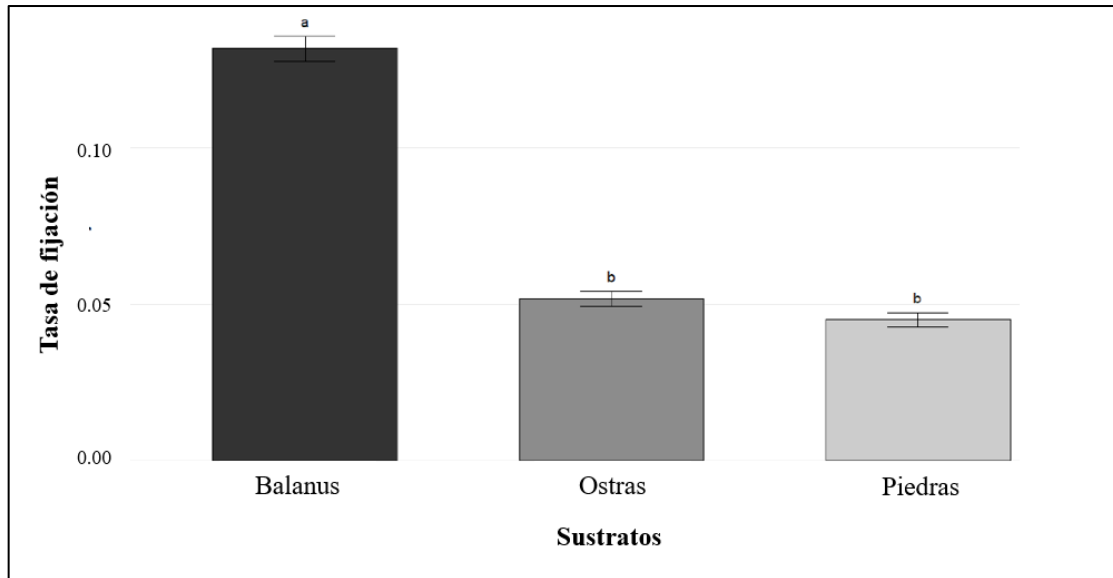
Piedras			
Día de evaluación	N° total de organismos sembrados	N° larvas fijadas	% fijación
Decimo	450.000	21.376±0.600	4,75%

Nota. Datos de porcentaje de fijación y número de larvas vivas

En el tratamiento con sustrato de piedras se registró un total de 21.376 mil larvas fijadas, lo que representa una tasa de fijación del 4,75 %. Este resultado muestra una fracción moderadamente baja de larvas que lograron fijarse.

Figura 15

Tasa de fijación total de M. gigas en sustratos de Balanus, valvas de ostras y piedras.



Nota. Tasa de fijación total por tratamiento

En la figura número 11 se observa el porcentaje de fijación de *Magallana gigas* en los distintos sustratos evaluados durante la etapa experimental. Los resultados muestran una significativa diferencia entre los tratamientos, demostrando que el sustrato de *Balanus* obtuvo el mayor porcentaje de fijación, con un 13.53 %, mientras que el sustrato conformado por valvas de ostras alcanzó un porcentaje menor con 5.23 % y el de piedras con el porcentaje más bajo de 4.75 %.

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencia significativa en la tasa de fijación entre los tres tipos de sustratos. Los resultados obtenidos se expresaron con un valor de $F=256,3$ y un nivel de significancia

$P = 1,55E$, revelando las diferencias entre los grupos fueron altamente significativas. Al examinar esto estadísticamente, se muestra que el tipo de sustrato es crítico para la tasa de fijación larval.

Un coeficiente omega² ($\omega^2 = 0,9827$) indicó que el 98.27 % de la variabilidad observada en la fijación se explica por el tipo de sustrato. Además, con (ICC = 0,9833), el coeficiente de correlación interclase confirmó que los datos fueron consistentes dentro de cada grupo experimental; por lo tanto, las medidas fueron estables y reproducibles.

En contraste, la prueba de Levene ($p = 0,5808$ para medias y $p = 0,6787$ para medianas) mostró que no existían diferencias significativas entre los sustratos, confirmando la suposición de homogeneidad de varianzas.

Posteriormente se aplicó una prueba de Tukey con la finalidad de identificar cuál de los tratamientos presentó diferencias significativas. Los resultados indicaron que el sustrato de *Balanus* representó diferencias altamente significativas con respecto a los sustratos de piedras ($p = 3,32E$) y valvas de ostras ($p = 2,13E$), lo que confirma que el desempeño en el sustrato de *Balanus* fue estadísticamente superior a los demás tratamientos. En cambio, con los sustratos de piedras y valvas de ostras ($p = 0,3294$) no

mostraron diferencias significativas, lo que propone que estos dos sustratos brindan las mismas condiciones en cuanto a porcentaje de fijación.

Estos resultados indican que las larvas de *Magallana gigas* presentan mayor afinidad por el sustrato biológico de *Balanus*, lo que sugiere que este material ofrece condiciones favorables para el asentamiento y la metamorfosis larval, probablemente por sus características estructurales, la rugosidad superficial y la presencia de compuestos químicos naturales que actúan como inductores biológicos de adherencia.

En contraste, los sustratos de valvas de ostras y piedras mostraron una menor respuesta de asentamiento larval, lo que podría deberse a una ausencia de señales químicas específicas que estimulen la fijación. Estos valores demuestran la importancia de seleccionar materiales biológicos activos o naturalmente colonizados para mejorar la captación larval en condiciones de laboratorio.

8.3. Tasa de supervivencia desde pediveliger hasta semilla

Desde el lapso de 10 días que duró el proceso de fijación (etapa crítica, donde se adhieren al sustrato, completan la metamorfosis y comenzar su etapa bentónica) hasta el desarrollo de la semilla (10 días posteriores-1mm), se registró la supervivencia por tratamiento.

Donde el tratamiento con sustrato de *Balanus* presento la mejor tasa de supervivencia con el 12.63 %, lo que sugiere que las propiedades biológicas incentivan y aseguran el asentamiento y la metamorfosis favorable de las larvas.

Por otro lado, la supervivencia en el sustrato de valvas de ostras fue solo del 5.00%, un resultado moderado. Aunque el sustrato es compatible, su eficacia de fijación presentó un rango más bajo.

Finalmente, el porcentaje más bajo correspondió al sustrato de piedras marinas, con un 4.54 %, lo que resultó ser el menos efectivo. Esta baja eficacia se explica por la carencia de señales biológicas, lo cual es clave para el asentamiento, siendo material inerte carece de una micro textura rugosa adecuada. Por otro lado, se observó la presencia de metales, lo cual influye positivamente en la morfología de la valva.

Tabla 7

Porcentajes de supervivencia de semilla de M.gigas en sustratos de fijación de Balanus, valvas de ostras y piedras.

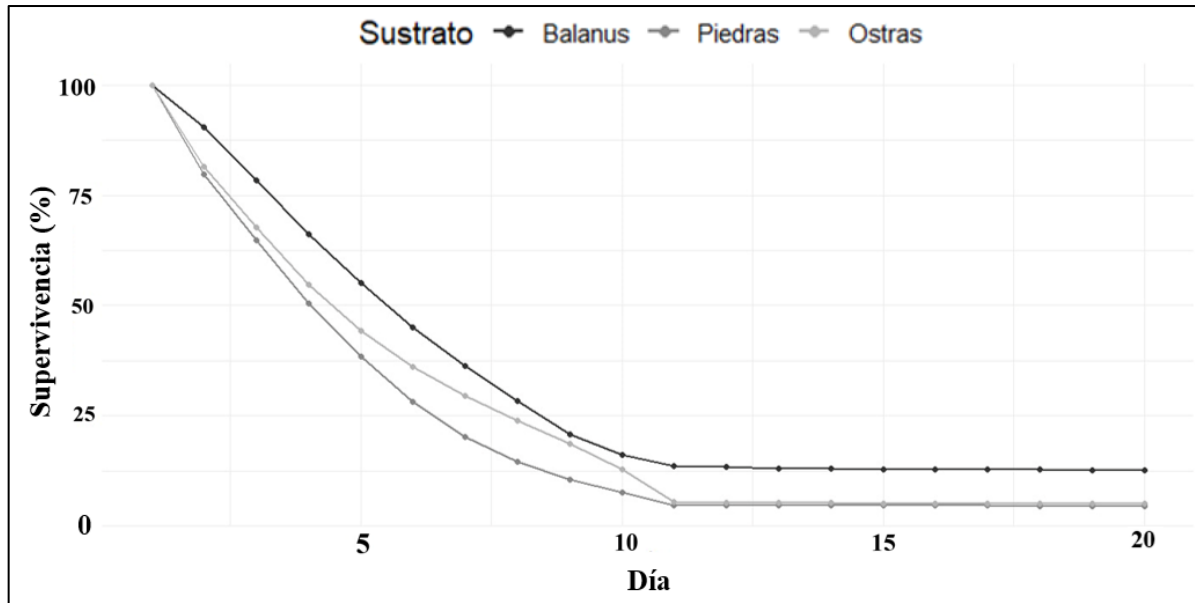
Día	Balanus (%)	Piedras (%)	Ostras (%)
1	100	100	100
2	90,42	79,87	81,56
3	78,35	64,92	67,81
4	66,28	50,47	54,73
5	55,12	38,36	44,21
6	45,09	28,11	36,09
7	36,23	20,12	29,44
8	28,41	14,47	23,89
9	20,86	10,54	18,72
10	16,12	7,51	12,84
11	13,53	4,75	5,37
12	13,3	4,7	5,25
13	13,1	4,66	5,21
14	13	4,62	5,15
15	12,9	4,6	5,11
16	12,85	4,58	5,09
17	12,8	4,56	5,07
18	12,75	4,55	5,05
19	12,7	4,54	5,03
20	12,63	4,54	5

Nota. Se muestran los porcentajes de supervivencia en cada sustrato.

Los resultados, analizados en conjunto, indican una superioridad en sustratos de origen biológico sobre los inorgánicos en términos de supervivencia. Esto resalta que la viabilidad larval depende significativamente de la composición del sustrato y de las condiciones presentes en el entorno donde se produce la fijación.

Figura 16

Curva de supervivencia de M.gigas hasta semilla en tres sustratos de fijación



Nota. Curva de supervivencia por tipo de sustrato

La figura 12 muestra la tasa de supervivencia de *Magallana gigas* asentada en los diferentes sustratos. Se observa una tendencia descendiente común en los tres tratamientos a lo largo del transcurso de la experimentación, característica normal en el proceso de metamorfosis larvaria hacia el estadio de semilla, donde las pérdidas son frecuentes debido a los cambios fisiológicos y la demanda excesiva de energía que requieren estos mismos.

Durante los primeros días la supervivencia comenzando con 100% el primer día, pero a partir del tercer día la mortalidad comenzó a evidenciarse con diferencias marcadas, entre los días 4 y 7 mostró el descenso más pronunciado. En este periodo los individuos que no alcanzaron la fijación presentaron mortalidad al agotar sus reservas lipídicas y proteicas. El sustrato de ostras mantuvo valores intermedios de

supervivencia, aunque ofrece una superficie adecuada, llega a ser menos efectivo que el sustrato de *Balanus*.

La supervivencia de *Magallana giga* durante el estadio pediveliger hasta semilla depende directamente del éxito de fijación al sustrato, la tendencia descendente mostrada en el gráfico confirma que, a lo largo del proceso, una proporción considerable de larvas no logra adherirse al sustrato y, en consecuencia, no completa la metamorfosis. Las larvas que no encuentran un sustrato adecuado agotan rápidamente sus reservas de energía, lo que finalmente deriva en su mortalidad. Por lo tanto, el índice de supervivencia calculada final indica el equilibrio entre la eficiencia de adhesión y las condiciones experimentales controladas.

Para comparar las tasas de supervivencia entre los diferentes sustratos, se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman debido a la ausencia de distribución normal en los datos. Los siguientes resultados mostraron un valor de $\chi^2 = 36,1$ con 2 grados de libertad y un nivel de significancia $p = 6,03 \times 10^{-5}$, lo que indica que hay diferencias altamente significativas en la tasa de supervivencia entre los otros sustratos analizados. Se aplicó la prueba de comparaciones pareadas de Wilcoxon, con la finalidad de determinar entre qué grupos existen desigualdades. Estos valores de significancia fueron uniformemente bajos ($p = 5,72 \times 10^{-3}$ en todas las comparaciones). Esto confirma que los tres sustratos difieren relevantemente entre sí en cuanto a su capacidad para conservar supervivencia durante la metamorfosis y el crecimiento inicial.

8.4. Análisis microbiológicos

El estudio microbiológico realizado en agar Cetrimide y Chromagar pudo confirmar si había bacterias potencialmente patógenas presentes en las muestras de agua y establecer sus concentraciones. Se obtuvo un conteo de 6×10^0 UFC/g en agar Cetrimide, que es selectivo para *Pseudomonas aeruginosa*, un valor relativamente inferior al rango normal, el cual es 10^3 – 10^4 UFC/g, lo que indica una baja presencia de *Pseudomonas*, demostrando condiciones adecuadas de calidad y manejo de agua.

Por otro lado, en el agar Chromagar, utilizado principalmente para la identificación de especies del género *Vibrio*, se registró una concentración de $4,2 \times 10^3$ UFC/g, valor que se ubica dentro del rango habitual para medios marinos controlados. Se encontró la presencia de diferentes especies como *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio cholerae* y *Vibrio parahaemolyticus*, este último con un conteo bajo de 5×10^1 UFC/g. Estas bacterias en general se pueden encontrar naturalmente en el agua marina, sin embargo, algunas de estas especies pueden ser muy perjudiciales si las condiciones ambientales como la temperatura, carga orgánica y el nivel de oxígeno no están en los niveles óptimos para un cultivo larvario.

La escasa presencia de *Pseudomonas* y la moderada existencia de *Vibrio* demuestran una existencia de flora bacteriana normal en el medio marino. No se evidenciaron riesgos por infecciones, lo que refleja un ecosistema microbiano equilibrado y compatible con el desarrollo larvario saludable.

8.5. Análisis de crecimiento de semilla de *M.gigas*

Durante el periodo de evaluación, las larvas fijadas sobre el sustrato de *Balanus* mostraron el mayor crecimiento estructural. La cantidad de líneas de crecimiento que se presentaron post fijación aumentó de 6 – 8 líneas el primer día a 11 – 12 líneas al décimo día, mientras que la longitud de la valva pasó de 670 μm a 1500 μm , representando un incremento del 124%. En cuanto a las alteraciones, fueron moderadas incrementándose de 6 % a 14.3 %, valor fisiológicamente aceptable que refleja un crecimiento rápido y activo sin presencia de deformidades severas.

Tabla 8

Parámetros de crecimiento de semilla de M. gigas en sustrato de Balanus

<i>Balanus</i>					
Día de evaluación	N. total, de semillas vivas en el tratamiento	% sobrevivencia	Líneas de crecimiento	Longitud de valva	% Alteraciones
1	60,888	13,53	6-8	670 μm	6
2	60,438	13,30	6-8	700 μm	7,2
3	59,837	13,10	8-10	810 μm	7,8
4	58,947	13,00	8-10	850 μm	7,1
5	58,514	12,90	8-10	890 μm	9,3
6	58,069	12,85	10-11	920 μm	10,8
7	57,841	12,80	10-11	1000 μm	10,2
8	57,618	12,75	11-12	1200 μm	12,7
9	57,391	12,70	11-12	1300 μm	13,1
10	56,896	12,63	11-12	1500 μm	14,3

Nota. La siguiente tabla muestra los datos crecimiento en función al tratamiento de *Balanus*.

En cambio, el grupo asentado sobre el sustrato de valvas de ostras presentó un crecimiento intermedio, con un aumento de longitud de la valva desde 400 μm a 900 μm y entre 4 – 6 a 10- 11 líneas de crecimiento. Este patrón mostro un desarrollo continuo, aunque más lento en relación con el sustrato de balanos, probablemente debido a menor rugosidad, siendo un sustrato más liso.

Tabla 9

Parámetros de crecimiento de semilla de M. gigas en sustrato de valvas de ostras

Valvas de Ostras					
Día de evaluación	N. de semillas vivas en el tratamiento	% sobrevivencia	Líneas de crecimiento	Longitud de valva	% Alteraciones
1	24,2	5,37	4-6	400 μm	4,5
2	23,875	5,25	5-7	500 μm	5,2
3	23,671	5,21	6-8	520 μm	6,1
4	23,487	5,15	6-9	550 μm	7
5	23,23	5,11	7-9	670 μm	8,4
6	23,042	5,09	8-10	700 μm	10,1
7	22,952	5,07	8-10	740 μm	11,3
8	22,816	5,05	9-10	800 μm	13
9	22,775	5,03	9-11	820 μm	15,2
10	22,754	5,02	10-11	900 μm	17

Nota. La siguiente tabla muestra los datos crecimiento en función al sustrato de valvas de ostras.

El sustrato de piedras demostró un crecimiento más limitado, con longitudes finales de 1000 μm y líneas de crecimiento de 4-6 el primer día y entre 9- 11 líneas en el día 20. A su vez, el porcentaje de alteraciones llegó al 10%, no obstante, se observó una morfología de la valva más concisa probablemente la presencia de metales pesados en el sustrato.

Tabla 10

Parámetros de crecimiento de semilla de M. gigas en sustrato de piedras

Piedras					
Día de evaluación	N. de semillas vivas en el tratamiento	% sobrevivencia	Líneas de crecimiento	Longitud de valva	% Alteraciones
1	21,376	4,75	4-6	500 μm	3,8
2	21,153	4,7	5-7	610 μm	4,2
3	21,112	4,66	6-8	690 μm	5
4	21,067	4,62	6-9	720 μm	5,5
5	20,785	4,6	7-9	760 μm	6,1
6	20,737	4,58	8-9	850 μm	7,2
7	20,694	4,56	8-10	890 μm	8,3
8	20,652	4,55	9-10	900 μm	9
9	20,62	4,54	9-10	930 μm	9,6
10	20,587	4,54	9-11	1000 μm	10

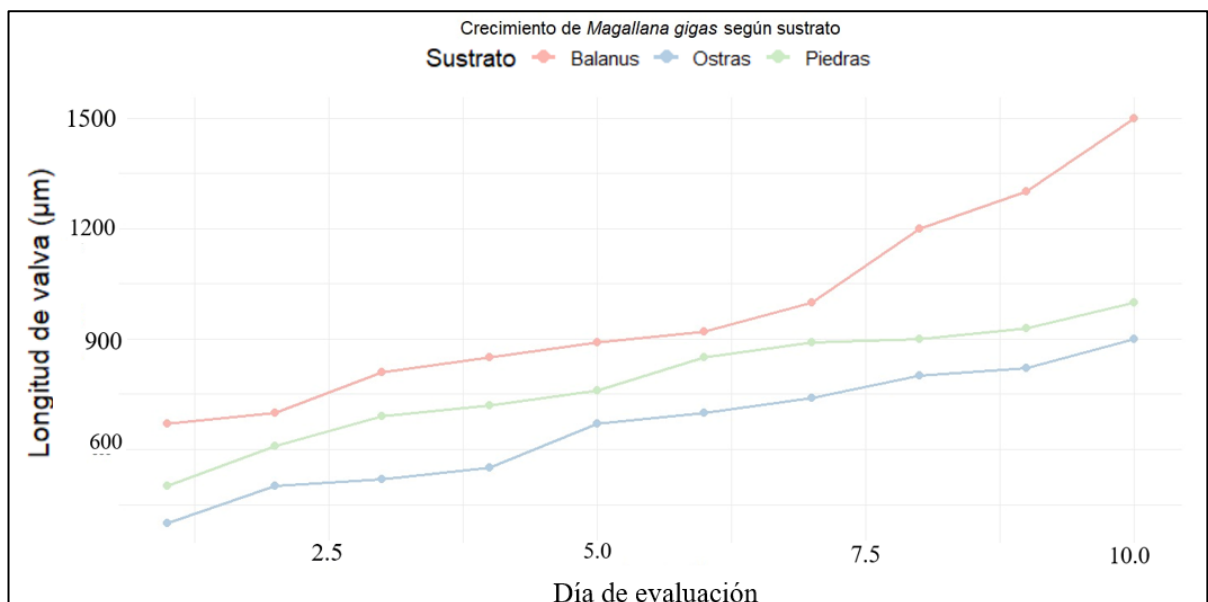
Nota. La siguiente tabla muestra los datos crecimiento en el tratamiento de piedras.

Para corroborar los resultados obtenidos se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, en la cual las variables de longitud de valva ($p= 0,0956$), líneas de crecimiento ($p= 0,3006$) y porcentaje de alteraciones ($p= 0.2558$), lo que indica que siguen una distribución normal. Esto permite interpretar que el crecimiento respondió a un patrón biológico coherente y reproducible.

El análisis PERMANOVA, aplicado con 9.999 permutaciones, arrojó un valor $F= 6,495$ y un nivel de significancia $p= 0,003$, indicando que las desigualdades observadas en el crecimiento morfológico entre los sustratos son altamente significativas ($p < 0,01$). Esto confirma de manera estadística que las variaciones en los parámetros están directamente relacionadas con el tipo de sustrato utilizado.

Figura 17

Crecimiento de Magallana gigas en los tres tratamientos de fijación



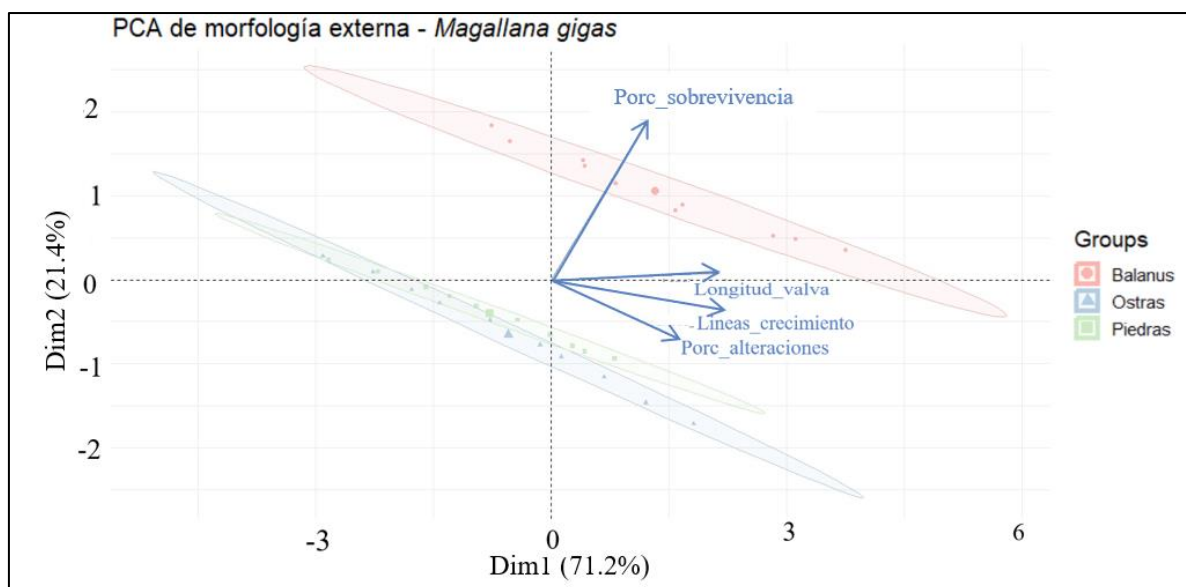
Nota. Esta figura muestra la evolución de la longitud de la valva de *Magallana gigas*.

La longitud de la valva de *Magallana gigas*. La tendencia general muestra un aumento progresivo en el crecimiento en todos los tratamientos, aunque parece haber diferencias claras en la pendiente de las curvas. Las larvas que se adhieren al sustrato de *Balanus* exhibieron la mayor tasa de crecimiento y desarrollo, alcanzando las 1500 μm en el día 31. En contraste, los individuos adheridos al sustrato de valva de ostra mostraron un crecimiento más lento y estable, alcanzando los 900 μm ; el sustrato de piedra, por otro lado, mostro un crecimiento intermedio y más irregular, alrededor de 950 μm de tamaño. La tendencia de las curvas indico la influencia significativa del tipo de tratamiento en la tasa de desarrollo morfológico.

Adicionalmente se realizó un análisis de PCA para evaluar las variables morfométricas asociadas al crecimiento.

Figura 18

Análisis de PCA



Nota. Análisis de PCA de morfología externa de *M. gigas*

Este análisis reveló diferencias consistentes en las variables. El primer componente (Dim1), que explica el 71.2% de la variabilidad total, está fuertemente asociado con la longitud de la valva, el número de líneas de crecimiento y el porcentaje de alteraciones, mientras que el segundo componente (Dim2), con 21.4%, está más influenciado por el porcentaje de supervivencia. El grupo de *Balanus* se ubica en la zona positiva del eje 1, demostrando una fuerte asociación con las variables de crecimiento, lo que confirma que este sustrato promovió un desarrollo más eficiente y estable. Por el contrario, los grupos de ostras y piedras se agrupan hacia los valores negativos de Dim1, demostrando menor correlación con las variables, también muestran mayor distancia respecto al desempeño observado en *Balanus*. Dando como resultado un respaldo de datos que evidencian que el tipo de sustrato es determinante en el patrón morfológico externo de *Magallana gigas*, siendo el sustrato de Balanos el medio más favorable para su desarrollo.

9. DISCUSIÓN

El desarrollo larval de *Magallana gigas* examinado durante el tiempo de cultivo demostró una progresión morfológica similar con los patrones datados en la literatura. La secuencia larvaria visualizada desde larva D (60 – 80 μm) hasta el estadio pediveliger (220 – 320 μm) se alinea a los rangos temporales registrados en estudios como el de Helm et al., (2004), donde se explica que la optimización hasta la etapa de fijación sabe durar entre 10 y 14 días. Asimismo, la talla inicial registrada en los distintos sustratos coincide con las dimensiones características de las larvas D recién eclosionadas reportadas por (Rico-Villa et al., (2009). Mientras que, el crecimiento alcanzado en este estudio para pediveliger es ligeramente superior al reportado por Contreras-Guzmán et al., (2014). Esta variación puede deberse posiblemente a las condiciones del medio y densidades de cultivo o al régimen alimenticio aplicado. La combinación de estos factores es considerada por algunos autores como crítica durante esta etapa de los moluscos bivalvos (His et al., 1989; Pernet et al., 2007).

La estrategia de alimentación utilizada consistió inicialmente en *I. galbana* (2 millones de células/ml) y complementada posteriormente con *C. calcitrans* lo que refleja la correcta aplicación de los protocolos de cultivo de producción comercial de *M. gigas*. Igualmente, el uso de ambas algas debido a su reconocido contenido de ácidos grasos poliinsaturados, son esenciales para el desarrollo larvario como lo describe Brown et al., (1997). Las concentraciones de microlagas fueron incrementando

progresivamente lo que responde al aumento en la biomasa larvaria y sus necesidades fisiológicas, como lo observó (Utting y Spencer (1991), quienes hacen hincapié en la importancia de mantener las concentraciones alimentarias óptimas para evitar la acumulación del mismo y se deteriore la calidad del agua.

La mortalidad acumulada del 32.5% registrada desde larva D hasta el estadio larvario de pediveliger se ubica dentro del rango, mismo que varía entre 30% y 70% (Helm et al., Hatchery culture of bivalves, 2004). También el aumento de la mortalidad en este estudio durante la fase de metamorfosis (días 6 – 10), alcanzó un máximo diario del 6%, patrón que coincide con lo descrito por Bayne (2012), quien identificó este periodo como el de mayor vulnerabilidad fisiológica. Por último, la proporción de larvas pediveliger competentes (60-85% en los días 10 – 11) representó un resultado favorable en comparación con estudios como el de Coon et al., (1986) que reportaron que cultivos bien manejados de *M. gigas* alcanzan entre 50 – 70% de larvas funcionales al momento de la inducción de fijación.

De igual forma, se evaluó la fijación larvaria de *M. gigas* en tres sustratos: *Balanus* (13.53%), valvas de ostras (5.37%) y piedras (4.75%). Este análisis exhibió diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F = 256.3$, $p = 1.55 \times 10^{-3}$), con el sustrato de *Balanus*, siendo estadísticamente superior a los otros dos ($p < 0.01$), a diferencia del de ostras y piedras que no difirieron en sus valores ($p = 0.3294$).

La fijación elevada en el sustrato de *Balanus* puede relacionarse con la presencia del complejo inductor de fijación (SIPC), que según Gracia Sedanza et al., la *M. gigas* expresan y funcionan como feromona de contacto para la agregación gregaria en medios favorables, en este caso los cirrípedos. Por lo que, la superioridad del sustrato de *Balanus* (13,53%) sobre valvas de ostras (5,37%) sugiere que existen características estructurales que las conchas de balánidos poseen que resultan atractivas para las larvas pediveliger de *M. gigas*. Sin embargo, investigaciones como la de Khandeparker et al., (2006) explican que existen comunidades bacterianas asociadas a las superficies de los percebes que pueden inducir la fijación larvaria de diversas especies de animales invertebrados, produciendo una modulación en dicho comportamiento.

El reporte de 5.37% de fijación larvaria en sustrato de valvas de ostras se ubica en los rangos normales registrados por el laboratorio en la comuna El Real (5 – 10%). Estudios como el de Schmidlin et al., (2024) y Tamburri et al., (2009) explican que el tratamiento térmico de los fragmentos de conchas tiene la capacidad de eliminar las propiedades atractivas de las señales químicas asociadas, no obstante, como es un material biológico reciclado y con alto porcentaje de carbonato de calcio, igual conserva señales que inducen la fijación de las larvas de *M. gigas*, explicando así la fijación moderada.

Por otro lado, el sustrato pétreo mantuvo un 4.75% de fijación, valor semejante al de las valvas de ostras. En estudios como el de Hofstede et al., (2024) con *O. edulis*,

presentaron porcentajes mayores en cuanto a la fijación, pero dependía del tipo de roca. Y al no existir alguna señal química ni biológica específica explicaría las tasas comparativamente menores, dependiendo la fijación principalmente de características como rugosidad y estabilidad del sustrato, como fueron las larvas de *C. virginica* que se fijan preferentemente en superficies inferiores y rugosas, indicando que geotaxis y rugotaxis son determinantes importantes en la selección del sustrato (Baker, 1997).

A lo largo de los días de transición desde el estadio pediveliger hasta semilla, las larvas de *M. gigas* marcaron un periodo crítico que engloba la fijación, metamorfosis y el establecimiento bentónico. Los resultados arrojaron diferencias significativas en supervivencia y crecimiento entre los tres sustratos analizados: *Balanus* (12.63%), valvas de ostras (5.00%) y piedras (4.54%), confirmadas estadísticamente mediante la prueba de Friedman ($\chi^2 = 36.1$, $p = 6.03 \times 10^{-5}$).

La mortalidad fue pronunciada más en los días 4 y 7, que corresponden al patrón crítico documentado durante la transición metamórfica. La supervivencia de larvas pre-metamórficas hasta semilla joven puede variar entre 90-100% en condiciones óptimas de laboratorio o descender hasta 50% en las primeras 36 horas post-fijación (Satuito et al., 1997). La mortalidad anotada demuestra el elevado costo energético afiliado con la reorganización anatómica durante la metamorfosis.

Investigaciones experimentales con *C. gigas* han corroborado que solo una pequeña fracción contemplada en el 10 a 30% de las larvas en estadio tardío completan con éxito la metamorfosis bajo condiciones de laboratorio (Gracia Sedanza et al., 2022). Mientras que, las demás larvas no logran fijarse por el agotamiento de sus reservas lipídicas y proteicas, conduciéndolas inevitablemente a su muerte. El sustrato de *Balanus* fue quien mantuvo una supervivencia superior al 12.63%, demostrando su capacidad de proporcionar condiciones más favorables para superar esta fase crítica.

Por su parte, en el análisis de crecimiento se reveló patrones distintos entre los sustratos, siendo que las larvas fijadas en *Balanus* presentaron un desarrollo más acelerado, aumentando la longitud de la valva de 670 a 1500 μm , y aumentando las líneas de crecimiento de 6-8 a 11-12, superando sustancialmente a los otros sustratos. Con *C. virginica* se ha visualizado que semillas que metamorfosean durante los primeros 3 días del periodo de fijación son significativamente más grandes a las 29 semanas post-fijación comparadas con aquellas que metamorfosean tardíamente (Thiyagarajan, 2010). De manera que, este patrón sugiere que el sustrato de *Balanus* no solo favorece mayores tasas de fijación inicial, sino que también promueve un desarrollo post-metamórfico más vigoroso, estableciendo una ventaja de crecimiento que se mantiene en el tiempo.

En cuanto al porcentaje de alteraciones en valvas de semillas del sustrato de *Balanus* incrementó de manera progresiva de 6% a 14.3%, cifra considerada fisiológicamente aceptable que representa un crecimiento rápido sin deformidades severas. Las anomalías larvianas en *M. gigas* pueden incluir mantos indentados, márgenes de valva deformados, valvas malformadas y velums protuberantes, resultantes de condiciones de cultivo subóptimas como lo mencionó Chávez-Villalba (2014). En el sustrato de piedras se presentó un porcentaje de alteración de 10%, que posiblemente se pueda deber a la influencia por la presencia de metales en el sustrato, mientras que en el de valvas se mantuvo un valor similar.

Por ende, la superioridad del sustrato de Balanos sobre los otros tratamientos ($p = 5.72 \times 10^{-3}$ en todas las comparaciones pareadas) exhibe que las características que favorecen la fijación inicial también. El desarrollo larval de *Magallana gigas* examinado durante el tiempo de cultivo demostró una progresión morfológica similar con los patrones dados en la literatura. La secuencia larvaria visualizada desde larva D (60 – 80 μm) hasta el estadio pediveliger (220 – 320 μm) se alinea a los rangos temporales registrados en estudios como el de Helm et al., (2004), donde se explica que la optimización hasta la etapa de fijación sabe durar entre 10 y 14 días. Asimismo, la talla inicial registrada en los distintos sustratos coincide con las dimensiones características de las larvas D recién eclosionadas reportadas por (Rico-Villa et al., (2009). Mientras que, el crecimiento alcanzado en este estudio para pediveliger es ligeramente superior al reportado por Contreras-Guzmán et al., (2014). Esta variación

puede deberse posiblemente a las condiciones del medio y densidades de cultivo o al régimen alimenticio aplicado. La combinación de estos factores es considerada por algunos autores como crítica durante esta etapa de los moluscos bivalvos (His et al., 1989; Pernet et al., 2007).

La estrategia de alimentación utilizada consistió inicialmente en *I. galbana* (2 millones de células/ml) y complementada posteriormente con *C. calcitrans* lo que refleja la correcta aplicación de los protocolos de cultivo de producción comercial de *M. gigas*. Igualmente, el uso de ambas algas debido a su reconocido contenido de ácidos grasos poliinsaturados, son esenciales para el desarrollo larvario como lo describe Brown et al., (1997). Las dosis de alimento fueron incrementando progresivamente lo que responde al aumento en la biomasa larvaria y sus necesidades fisiológicas, como lo observó (Utting y Spencer (1991), quienes hacen hincapié en la importancia de mantener las concentraciones alimentarias óptimas para evitar la acumulación del mismo y se deteriore la calidad del agua.

La mortalidad acumulada del 32.5% registrada durante la investigación se ubica dentro del rango, mismo que varía entre 30% y 70% (Helm et al., Hatchery culture of bivalves, 2004). También el aumento de la mortalidad durante la fase de metamorfosis (días 6 – 10), alcanzó un máximo diario del 6%, patrón que coincide con lo descrito por Bayne (2012), quien identificó este periodo como el de mayor vulnerabilidad

fisiológica. Por último, la proporción de larvas pediveliger competentes (60-85% en los días 10 – 11) representó un resultado favorable en comparación con estudios como el de Coon et al., (1986) que reportaron que cultivos bien manejados de *M. gigas* alcanzan entre 50 – 70% de larvas funcionales al momento de la inducción de fijación.

De igual forma, se evaluó la fijación larvaria de *M. gigas* en tres sustratos: *Balanus* (13.53%), valvas de ostras (5.37%) y piedras (4.75%). Este análisis exhibió diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F = 256.3$, $p = 1.55 \times 10^{-3}$), con el sustrato de *Balanus*, siendo estadísticamente superior a los otros dos ($p < 0.01$), a diferencia del de ostras y piedras que no difirieron en sus valores ($p = 0.3294$).

La fijación elevada en el sustrato de *Balanus* puede relacionarse con la presencia del complejo inductor de fijación (SIPC), que según Gracia Sedanza et al., la *M. gigas* expresan y funcionan como feromona de contacto para la agregación gregaria en medios favorables, en este caso los cirrípedos. Por lo que, la superioridad del sustrato de *Balanus* (13,53%) sobre valvas de ostras (5,37%) sugiere que existen características estructurales que las conchas de balánidos poseen que resultan atractivas para las larvas pediveliger de *M. gigas*. Sin embargo, investigaciones como la de Khandeparker et al., (2006) explican que existen comunidades bacterianas asociadas a las superficies de los percebes que pueden inducir la fijación larvaria de diversas especies de animales invertebrados, produciendo una modulación en dicho comportamiento.

El reporte de 5.37% de fijación larvaria en sustrato de valvas de ostras se ubica en los rangos normales registrados por el laboratorio en la comuna El Real (5 – 10%). Estudios como el de Schmidlin et al., (2024) y Tamburri et al., (2009) explican que el tratamiento térmico de los fragmentos de conchas tiene la capacidad de eliminar las propiedades atractivas de las señales químicas asociadas, no obstante, como es un material biológico reciclado y con alto porcentaje de carbonato de calcio, igual conserva señales que inducen la fijación de las larvas de *M. gigas*, explicando así la fijación moderada.

Por otro lado, el sustrato pétreo mantuvo un 4.75% de fijación, valor semejante al de las valvas de ostras. En estudios como el de Hofstede et al., (2024) con *O. edulis*, presentaron porcentajes mayores en cuanto a la fijación, pero dependía del tipo de roca. Y al no existir alguna señal química ni biológica específica explicaría las tasas comparativamente menores, dependiendo la fijación principalmente de características como rugosidad y estabilidad del sustrato, como fueron las larvas de *C. virginica* que se fijan preferentemente en superficies inferiores y rugosas, indicando que geotaxis y rugotaxis son determinantes importantes en la selección del sustrato (Baker, 1997).

A lo largo de los días de transición desde el estadio pediveliger hasta semilla, las larvas de *M. gigas* marcaron un periodo crítico que engloba la fijación, metamorfosis y el establecimiento bentónico. Los resultados arrojaron diferencias significativas en

supervivencia y crecimiento entre los tres sustratos analizados: *Balanus* (12.63%), valvas de ostras (5.00%) y piedras (4.54%), confirmadas estadísticamente mediante la prueba de Friedman ($\chi^2 = 36.1$, $p = 6.03 \times 10^{-5}$).

La mortalidad fue pronunciada más en los días 4 y 7, que corresponden al patrón crítico documentado durante la transición metamórfica. La supervivencia de larvas pre-metamórficas hasta semilla joven puede variar entre 90-100% en condiciones óptimas de laboratorio o descender hasta 50% en las primeras 36 horas post-fijación (Satuito et al., 1997). La mortalidad anotada demuestra el elevado costo energético afiliado con la reorganización anatómica durante la metamorfosis.

Investigaciones experimentales con *C. gigas* han corroborado que solo una pequeña fracción contemplada en el 10 a 30% de las larvas en estadio tardío completan con éxito la metamorfosis bajo condiciones de laboratorio (Gracia Sedanza et al., 2022). Mientras que, las demás larvas no logran fijarse por el agotamiento de sus reservas lipídicas y proteicas, conduciéndolas inevitablemente a su muerte. El sustrato de *Balanus* fue quien mantuvo una supervivencia superior al 12.63%, demostrando su capacidad de proporcionar condiciones más favorables para superar esta fase crítica.

Por su parte, en el análisis de crecimiento se reveló patrones distintos entre los sustratos, siendo que las larvas fijadas en *Balanus* presentaron un desarrollo más

acelerado, aumentando la longitud de la valva de 670 a 1500 μm , y aumentando las líneas de crecimiento de 6-8 a 11-12, superando sustancialmente a los otros sustratos. Con *C. virginica* se ha visualizado que semillas que metamorfosean durante los primeros 3 días del periodo de fijación son significativamente más grandes a las 29 semanas post-fijación comparadas con aquellas que metamorfosean tardíamente (Thiyagarajan, 2010). De manera que, este patrón sugiere que el sustrato de *Balanus* no solo favorece mayores tasas de fijación inicial, sino que también promueve un desarrollo post-metamórfico más vigoroso, estableciendo una ventaja de crecimiento que se mantiene en el tiempo.

En cuanto al porcentaje de alteraciones en valvas de semillas del sustrato de *Balanus* incrementó de manera progresiva de 6% a 14.3%, cifra considerada fisiológicamente aceptable que representa un crecimiento rápido sin deformidades severas. Las anomalías larvarias en *M. gigas* pueden incluir mantos indentados, márgenes de valva deformados, valvas malformadas y velums protuberantes, resultantes de condiciones de cultivo subóptimas como lo mencionó Chávez-Villalba (2014). En el sustrato de piedras se presentó un porcentaje de alteración de 10%, que posiblemente se pueda deber a la influencia por la presencia de metales en el sustrato, mientras que en el de valvas se mantuvo un valor similar.

Por ende, la superioridad del sustrato de *Balanus* sobre los otros tratamientos ($p = 5.72 \times 10^{-3}$ en todas las comparaciones pareadas) exhibe que las características que favorecen la fijación inicial también promueven el desarrollo posterior. Y se corrobora que la metamorfosis es un proceso irreversible y vital para la supervivencia, pero también una etapa en la cual la mortalidad son frecuentes como las reportadas por Durland et al., (2021) promueven el desarrollo posterior. Y se corrobora que la metamorfosis es un proceso irreversible y vital para la supervivencia, pero también una etapa en la cual la mortalidad son frecuentes como las reportadas por Durland et al., (2021).

10. CONCLUSIÓN

El análisis de asentamiento de *Magallana gigas* reveló diferencias altamente significativas entre los sustratos probados, lo que confirma la relevancia del tipo de superficie con la tasa de fijación larval. El sustrato de *Balanus* tuvo mayor asentamiento, lo que podría atribuirse a su superficie rugosa, porosidad y origen biológico, características que favorecen el asentamiento. En comparación, los sustratos de ostra y piedras tuvieron tasas de fijación más bajas sin diferencias significativas, lo que indica que los sustratos biológicamente inactivos son menos efectivos para la fijación larval.

El estudio de supervivencia desde el estadio pediveliger hasta semilla, reveló que los tres sustratos manifiestan diferencias representativas en la tasa de supervivencias. Los individuos sentados sobre *Balanus*, obtuvieron los porcentajes más elevados de supervivencia, seguidas por las adheridas a ostras y, finalmente, las asentadas sobre el sustrato de piedras. Estos resultados evidencian que los sustratos biológicos brindan propiedades más beneficiosas para los cambios morfológicos.

El crecimiento morfológico externo, evaluado mediante los distintos parámetros, demostró una tendencia ascendente en los tres tratamientos, sin embargo presentaron diferencias altamente significativas. Los ejemplares desarrollados sobre el sustrato de *Balanus* alcanzaron mayores longitudes y líneas de crecimiento, lo cual

demuestra un desarrollo estructural más precipitado. El análisis PCA corrobora esta tendencia, demostrando clara separación entre los grupos.

Los resultados analizados demuestran que el tipo de sustrato influye significativamente en todas las etapas del desarrollo larvario de *Magallana gigas*. El sustrato de *Balanus* se destaca como el tratamiento más adecuado para la producción de semilla. Estos datos revelados confirman la importancia de seleccionar los sustratos para mejorar el rendimiento y contribuir a los procesos del cultivo larvario.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda profundizar en el estudio de sustratos biológicos, considerando la escasez de información disponible sobre su efecto en la fijación larvaria. Futuras investigaciones deberían analizar la estructura y compuestos inductores para optimizar el uso en la ostricultura.

Se sugiere realizar seguimiento al desarrollo de las semillas obtenidas en cada sustrato durante su fase de engorde. Evaluar el crecimiento permitiendo determinar el crecimiento y supervivencia

Se propone realizar bioensayos con diferentes tipos de materiales, bajo distintas condiciones ambientales con el fin de evaluar la influencia en los procesos de fijación y desarrollo larval de *M. gigas*.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Baker, P. (1997). *Settlement Site Selection By Oyster Larvae, Crassostrea Virginica: Evidence For Geotaxis*. William y Mary Libraries:
<https://scholarworks.wm.edu/items/4718a6ab-e5f4-4b0e-8160-125718867248>
- Baltazar, P., Bermúdez, P., y Willian, R. (1999). *Cultivo de la Ostra Crassostrea (Thunberg, 1795) en un vivero artesanal, la Arena, Casma*. ResearchGate:
https://www.researchgate.net/profile/Paul-Baltazar-Guerrero/publication/274933877_Cultivo_de_la_ostra_Crassostrea_gigas_Thunberg_1795_en_un_vivero_artesanal_La_arena_Casma/links/55b905e208ae9289a08fe6f9/Cultivo-de-la-ostra-Crassostrea-gigas-Thunberg-1795-
- Bayne, B. (2017). *Biology of oysters*.
<https://www.sciencedirect.com/bookseries/developments-in-aquaculture-and-fisheries-science/vol/41/suppl/C>
- Bayne, B. L. (2012). *Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of Mytilus edulis (L.)*. Taylor Y Francis (Online):
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00785326.1965.10409596>
- Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K., y Dunstan, G. A. (1997). *Nutritional properties of microalgae for mariculture*. ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848696015013?via%3Dihub>
- Calcagno, J. A., López Gappa, J., y Tablado, A. (1997). *Growth and Production of the Barnacle Balanus Amphitrite in an Intertidal Area Affected by Sewage*

Pollution. Oxford University Press: <https://academic.oup.com/jcb/article-abstract/17/3/417/2418901>

Celis, A. (2007). *Los cirripedios torácicos (Crustacea) de aguas someras de Tamaulipas, México*.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v78n2/v78n2a10.pdf>

CENDEPESCA. (2007).

https://www.jica.go.jp/Resource/project/elsalvador/2271029E1/materials/pdf/2007/2007_03_01.pdf

Chávez-Villalba. (2003). *Culture of the oyster Crassostrea gigas. Analysis of 40 years of activities in Mexico*.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972014000300002

Chávez-Villalba, J. (2014). *Cultivo de ostión Crassostrea gigas. Análisis de 40 años de actividades en México*. SciELO:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972014000300002

Chávez-Villalba, J. (2014). *Science Direct*.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972014000300002#:~:text=E1%20cultivo%20de%20ostiones%20en,cultivo%20que%20se%20esté%20utilizando.

Chuku, E. O. (2018). *Effectiveness of different substrates for collecting wild spat of the oyster*. <https://pdf.sciencedirectassets.com/311227/1-s2.0-S2352513420X00032/1-s2.0-S2352513420305834/main.pdf?X-Amz-Security->

<https://pdf.sciencedirectassets.com/311227/1-s2.0-S2352513420305834/main.pdf?X-Amz-Security->

Pectinidae) en ambiente controlado.

<https://www.scielo.cl/pdf/imar/v31n1/art04.pdf>

FAO, M. M. (2024). FAO FISHERIES AND AQUACULTURE TECHNICAL

PAPER: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1a1fdbcf-6acf-4705-af4e-3dcd16f7ec1d/content>

FAO. (2009). *Cultured aquatic species fact sheets.*

https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/en/en_pacificcuppedoyster.htm

GALICIA, X. D. (2017). *EL CULTIVO DE LA OSTRA RIZADA EN GALICIA.*

https://cetmar.org/wp-content/uploads/2022/11/CULTIVO-OSTRA-RIZADA_LC_A_4.pdf

GALTSOFF, P. S. (1964). <https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/pdf-content/fish-bull/ch1.pdf>

Génard, B. (2011). <https://www.alr-journal.org/articles/alr/pdf/2011/03/alr110015.pdf>

Goelz, T. (2020). *Sustratos alternativos utilizados para la restauración de arrecifes de ostras.*

https://www.researchgate.net/publication/340630606_Alternative_Substrates_Used_for_Oyster_Reef_Restoration_A_Review

Gosling, E. (Abril de 2015). Marine Bivalve Molluscs:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781119045212.fmatter>

Gracia Sedanza, M., Yoshida, A., Jin Kim, H., y Yamaguchi, K. (2022). *Identification and Characterization of the Larval Settlement Pheromone Protein Components*

- in Adult Shells of Crassostrea gigas: A Novel Function of Shell Matrix Proteins*. MDPI: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9456362>
- Hadfield, M. G. (Enero de 2011). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21329213/>
- Helm, M. M. (2004). The hatchery culture of bivalves: <https://www.fao.org/in-action/globefish/publications/details-publication/en/c/338709/>
- Helm, M. M., Bourne, N., y Lovatelli, A. (2004). *Hatchery culture of bivalves*. FAO: <https://www.fao.org/4/y5720e/y5720e00.htm>
- His, E., Robert, R., y Dinet, A. (1989). *Combined effects of temperature and salinity on fed and starved larvae of the mediterranean mussel Mytilus galloprovincialis and the Japanese oyster Crassostrea gigas*. Springer Nature
Link: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00394822>
- Hofstede, R. t., Witte, S., Kamermans, P., y Koningsveld , M. (2024). *Settlement success of European flat oyster (Ostrea edulis) on different types of hard substrate to support reef development in offshore wind farms*. ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857424000132>
- Jennifer L. Ruesink, I. H. (2005). *Revista Anual de Ecología, Evolución y Sistemática*.
Jennifer L. Ruesink
- JICA. (2009).
https://www.jica.go.jp/Resource/project/elsalvador/2271029E1/materials/pdf/2009/2009_1_2.pdf
- Khandeparker, L., Chandrashekar Anil, A., y Raghukumar, S. (2006). *Relevance of biofilm bacteria in modulating the larval metamorphosis of Balanus*

amphitrite. OXFORD Academic:

<https://academic.oup.com/femsec/article/58/3/425/521049?login=false>

Kuklin'ski, A. I.-W. (2018). Trace element accumulation in the shell of the Arctic:

<file:///C:/Users/User/Downloads/s10750-018-3564-5.pdf>

Luna, A. D. (2024).

https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/6722/3/ULEAM-BLGO-0043.pdf?utm_source=

Mera, L. (Febrero de 2012).

<https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/20159/1/Art%C3%ADculo%20CICYT-Alfredo%20Loor%20FIMCBOR%5B2%5D.pdf>

Montaño, R. V. (2018). *Revista Científica Ecuatoriana de Acuicultura*.

Montufar, J., y Montufar, M. (2013). *Análisis del Impacto Socioeconómico del Cultivo*

en Maricultura de la Ostra del Pacífico (Crassostrea gigas) en la Comuna "La

Entrada" de la Provincia de Santa Elena al Año 2012. dspace.ups.edu.ec/

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4297/1/UPS-GT000378.pdf>

Montúfar, M. (2013). *Análisis del Impacto Socioeconómico del Cultivo en*

Maricultura de la Ostra del Pacífico (Crassostrea gigas) en la Comuna "La

Entrada" de la Provincia de Santa Elena al Año 2012. ResearchGate:

https://www.researchgate.net/publication/302992557_Analisis_del_Impacto_Socioeconomico_del_Cultivo_en_Maricultura_de_la_Ostra_del_Pacifico_Crassostrea_gigas_en_la_Comuna_La_Entrada_de_la_Provincia_de_Santa_Elena_a_1_Ano_2012

- Ofori , K. F., Parsaeimehr, A., y Ozbay, G. (2025). *Investigación de la presencia y persistencia de bacterias en agua de mar y ostras de una granja acuícola en Rehoboth Bay, Delaware*. Pubmed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40207947>
- Paillard, C., Le Roux, F., y Borrego, J. (2005). *Enfermedades bacterianas en bivalvos marinos: una revisión de estudios recientes: tendencias y evolución*. EDP Ciencias: <https://doi.org/10.1051/alr:2004054>
- Paredes. (2012). <https://partnerfish.cl/alberto-paredes-y-su-cultivo-sostenible-de-ostra-chilena-y-japonesa/>
- Pérez, E. S. (2022). *Repositorio upse*.
<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5c220329-a7b7-4595-a300-adfd3f36afb4/content>
- Pernet, F., Tremblay, R., Comeau, L., y Guderley, H. (2007). *Temperature adaptation in two bivalve species from different thermal habitats: energetics and remodelling of membrane lipids*. *Journal of Experimental Biology*:
<https://journals.biologists.com/jeb/article/210/17/2999/17058/Temperature-adaptation-in-two-bivalve-species-from>
- Pita, E. (2025). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE DIFERENTES DIETAS LIQUIDAS EN EL CULTIVO DE Crassostrea gigas (THUNBERG, 1793)*.
<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8d020080-826b-4a1b-821b-b62cbb1cc9dd/content>
- Quintanilla, A. (1994).
<https://repositorioinstitucional.uabc.mx/server/api/core/bitstreams/d5147067-f3b7-4f97-996b-8490402fdbda/content>

- Ramirez, O. A. (2016). *REVISTA TECNOLÓGICA N° 9. ENERO*.
<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/03/1151338/articulo6.pdf>
- Rey-Méndez M., F. C. (2019). *Avances en el cultivo de la ostra del Pacífico Crassostrea* .
<file:///C:/Users/User/Downloads/AvancesenelcultivodelaostradelpacificoCrassostreagigasenBahadeCarquezprovinciadeManabEcuador.pdf>
- Rico-Villa, B., Pouvreau, S., y Robert, R. (2009). *Influence of food density and temperature on ingestion, growth and settlement of Pacific oyster larvae, Crassostrea gigas*. ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848608008144>
- Rios, W., y Velasquez, M. (2016). *Obtención de carbonato de calcio a partir de valvas residuales de caracol (Thais Chokolata)*. Arequipa.
- Rodríguez, H. (2015). “*EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y LA SUPERVIVENCIA DE Crassostrea gigas (Thunberg, 1793), BAJO CONDICIONES DE CULTIVO SUSPENDIDO EN MAR ABIERTO, EN LA COMUNA PALMAR, SANTA ELENA - ECUADOR*”.
<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b2fba0f4-dcf4-4b5f-96bb-96056d701088/content>
- Santos , A., De-Simone , S. G., Carvalho, G. S., y Fernandes, K. C. (2025).
Occurrence of Vibrio spp. and Pseudomonas spp. Isolates of Nodipecten nodosus (Linnaeus, 1758) and Water from a Mariculture Farm in Angra dos Reis, Brazil. NIH:

https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12029951/?utm_source=chatgpt.com

Satuito, G., Shimizu, K., y Fusetani, N. (1997). *Studies on the factors influencing larval settlement in Balanus amphitrite and Mytilus galloprovincialis*.

ResearchGate:

https://www.researchgate.net/publication/226345434_Studies_on_the_factors_influencing_larval_settlement_in_Balanus_amphitrite_and_Mytilus_galloprovincialis

Schmidlin, S., Treherne, Y., y Mees, J. (2024). *Planktonic oyster larvae optimize settlement decisions in complex sensory landscapes*. bioRxiv:

<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2024.11.28.625415v1.full>

Shumway, S. E. (2017).

https://www.researchgate.net/publication/229670713_A_Review_of_the_Effects_of_Algal_Blooms_on_Shellfish_and_Aquaculture

Southgate, P. C. (2008). *The Pearl Oyster*. Elsevier.

https://www.researchgate.net/publication/293168129_The_Pearl_Oyster

TAMBURRI, M. N. (1992). *Natural Sources and Properties of Chemical Inducers Mediating Settlement of Oyster Larvae*.

<https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/22932>

Tamburri, M. N., Luckenbach, M. W., Breitburg, D., y Bonniwell, S. M. (2009).

Settlement of Crassostrea ariakensis Larvae: Effects of Substrate, Biofilms, Sediment and Adult Chemical Cues. ResearchGate:

https://www.researchgate.net/publication/232678246_Settlement_of_Crassostr

ea_ariakensis_Larvae_Effects_of_Substrate_Biofilms_Sediment_and_Adult_Chemical_Cues

- Tamburri, M. N., M. W., L., Denise L., B., y S. M., B. (2008). *Settlement of Crassostrea ariakensis larvae: Effects of substrate, biofilms, sediment and adult chemical cues*. Smithsonian Libraries and Archives:
<https://repository.si.edu/items/d51e1baf-e8de-4df4-b534-7f0a2e3d9860>
- Tapia-Ugaz, L. (2022). *Caracterización biológica de los organismos incrustantes en*.
[file:///C:/Users/User/Downloads/384982%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/384982%20(1).pdf)
- Thiyagarajan, V. (2010). *A review on the role of chemical cues in habitat selection by barnacles: New insights from larval proteomics*. ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022098110001516>
- Troell, M. (Diciembre de 2011). *Ecological engineering in aquaculture*:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848609007856>
- Utting, S. D., y Spencer, B. E. (1991). *The hatchery culture of bivalve mollusc larvae and juveniles*. CEFAS:
<https://www.cefas.co.uk/publications/lableaflets/lableaflet68.pdf>
- Velastegui, J., y Torres , G. (2020). *Diagnóstico de la maricultura en Ecuador: oportunidades y desafíos*. researchgate:
https://www.researchgate.net/publication/374585660_Diagnostico_de_la_maricultura_en_Ecuador_oportunidades_y_desafios_Diagnosis_of_mariculture_in_Ecuador_opportunities_and_challenges
- Villalba, A. C. (2004). *Taxonomía y patrones de distribución de los cirripedos* .
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ppt2004/0327972/0327972.pdf>

Villón Villón, A. (2023). *EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, CONDICIONES DE SUPERVIVENCIA Y PARÁMETROS AMBIENTALES DE Magallana gigas (OSTRA DE PACÍFICO) PUERTO DE CHANDUY*. Repositorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena:

<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a55430d8-69de-4981-96b4-75b8faa38603/content>

Yesilats, M., Turan, M., Sevgili, H., y Koru, E. (2021). Efecto de Diferentes sustratos inorgánicos on Rendimiento del crecimiento de ÁfricaBagre (Clarias gariepinus, Burchell 1822) y lechuga (Lactuca sativa L.). *Revista Turca de Agricultura - Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 714-722.

<https://agrifoodscience.com/index.php/TURJAF/article/view/4024/2007>

Yuan Qian, P., CK Lau, S., Dahms, H.-U., y Dobretsov, S. (2007). *Marine Biofilms as Mediators of Colonization by Marine*.

https://www.researchgate.net/publication/6335212_Marine_Biofilms_as_Mediators_of_Colonization_by_Marine_Macroorganisms_Implications_for_Antifouling_and_Aquaculture

13. ANEXOS

Anexo 1

Área de trabajo y desinfección de tanques y unidades experimentales.



Anexo 2

a) Proceso de inoculación larvaria. b) Limpieza y recambio de agua de unidades experimentales.



Anexo 3

Sustrato. a) preparación del sustrato. b) Separación de sustrato y semilla



Anexo 4

Alimentación diaria de los organismos



Anexo 5

Observaciones diarias y revisión de muestra con el docente tutor



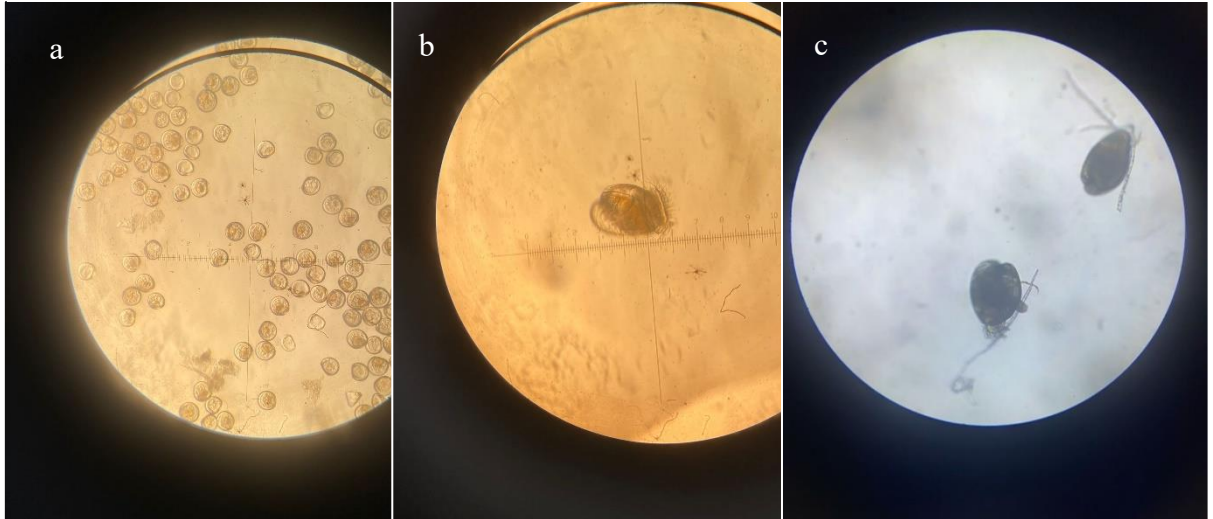
Anexo 6

Muestras de semillas y realización del conteo



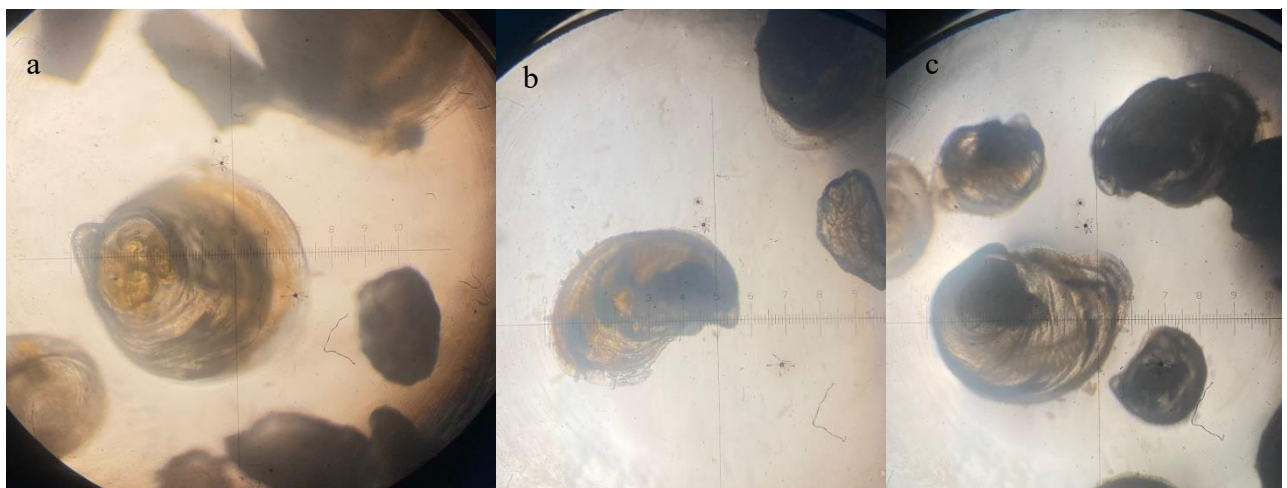
Anexo 7

Muestras de larvas. a) Larva D. b) Larva umbonada. c) Larva pediveliger con presencia del pie.



Anexo 8

Muestras de pre semilla. a) Balanus. b) En sustrato de ostras. c) En sustrato de piedras.



Anexo 9

Informe de análisis microbiológico en muestras de larvas, Chromagar ufc/gr.



INFORME DE ANALISIS SSA - 14263 -2025

1. Información general

SOLICITUD DE ANALISIS	SSA - 14263- 2025
FECHA DEL INFORME	23 de octubre de 2025

Datos del Cliente

NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. James Carvajal
NOMBRE DE LA EMPRESA	JAMES MICHAEL CARVAJAL MORENO
DIRECCIÓN	SANTA ELENA
TELEFONO	-

Datos de la muestra/ensayo

TIPO DE MUESTRA	LARVAS		
DATOS DEL MUESTREO	REALIZADO POR EL CLIENTE		
LUGAR DE MUESTREO	LABORATORIO		
FECHA DE MUESTREO	22/10/2025		
FECHA/HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	22/10/2025	Hora:	13:50
FECHA DE ENSAYO	Inicio 22/10/2025	Fin:	23/10/25
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura (°C)	Humedad (%)	
METODO UTILIZADO	Microbiología		

2. Resultados

CODIGO CLIENTE	Chromagar ufc/gr			
	V. alginolyticus	V. Parahaemolyticus	V. vulnificus	V. cholerae
MUESTRA MEDIA	4.2E+03	-	5.0E+01	-

NORMAL: $10^3 - 10^4$

PELIGROSO: $> 10^5$

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

Observaciones:

1. Los resultados solo se refieren a la muestra presentada al ensayo.

2. El presente informe no debe ser reproducido, en forma total, sin la aprobación escrita del laboratorio.

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

Telf: 5103890, Cel. 094816099

e.mail: sonny.mendoza@gmail.com

Guayaquil - ECUADOR

Anexo 10

Informe de análisis microbiológico de larvas, gráfico estadístico.

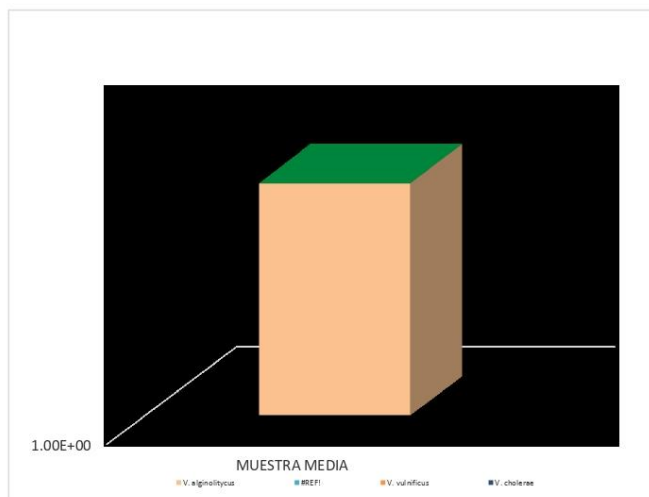


INFORME DE ANALISIS SSA - 14263 -2025

1. Información general

SOLICITUD DE ANALISIS	SSA - 14263- 2025		
FECHA DEL INFORME	23 de octubre de 2025		
Datos del Cliente			
NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. James Carvajal		
NOMBRE DE LA EMPRESA	JAMES MICHAEL CARVAJAL MORENO		
DIRECCIÓN	SANTA ELENA		
TELEFONO	-		
Datos de la muestra/ensayo			
TIPO DE MUESTRA	LARVAS		
DATOS DEL MUESTREO	REALIZADO POR EL CLIENTE		
LUGAR DE MUESTREO	LABORATORIO		
FECHA DE MUESTREO	22/10/2025		
FECHA/HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	22/10/2025	Hora:	13:50
FECHA DE ENSAYO	Inicio	22/10/2025	Fin: 23/10/2025
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura (°C)	Humedad (%)	
METODO UTILIZADO	Microbiología		

2. Resultados - Gráfico



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

Observaciones:

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

Cdla La Garzota II Mz 65 villa 6 (diagonal a Hotel Plaza Monte Carlos)
Telf. 5103890, Cel. 094816099
e.mail: sonnya.mendoza@gmail.com
Guayaquil - ECUADOR

Anexo 11

Informe de análisis microbiológico en muestras de agua.



INFORME DE ANALISIS SSA -14263-2025

1. Información general

SOLICITUD DE ANALISIS	SSA - 14263 - 2025
FECHA DEL INFORME	23 de octubre de 2025

Datos del Cliente

NOMBRE DEL CLIENTE	Ing. James Carvajal
NOMBRE DE LA EMPRESA	JAMES MICHAEL CARVAJAL MORENO
DIRECCIÓN	SANTA ELENA
TELEFONO	-

Datos de la muestra/ensayo

TIPO DE MUESTRA	AGUA			
DATOS DEL MUESTREO	REALIZADO POR EL CLIENTE			
LUGAR DE MUESTREO	LABORATORIO			
FECHA DE MUESTREO	22/10/2025			
FECHA/HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRA	22/10/2025	Hora:	13:50	
FECHA DE ENSAYO	Inicio	22/10/2025	Fin:	23/10/2025
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura (°C)	Humedad (%)		
METODO UTILIZADO	MICROBIOLOGIA			

2. Resultados

CODIGO CLIENTE	CODIGO NG	AGAR CETRIMIDE ufc/gr
MUESTRA DIRECTA	SSA-14210 - 2025	6×10^0

RANGOS

NORMAL: 10^3 - 10^4

PELIGROSO: $> 10^5$

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

Observaciones:

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

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

Telf: 5103890, Cel. 0994816099

e.mail: sonnya.mendoza@gmail.com

Guayaquil - ECUADOR

Anexo 12

Pruebas estadísticas para tasa de fijación

Prueba de Normalidad			
	Balanus	Piedras	Ostras
N	3	3	3
Shapiro-Wilk W	0,9932	0,9796	1
p(normal)	0,8428	0,7262	1

ANOVA					
Test for equal means					
	Sum of sars	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	139.556	2	697.778	256.3	1,55E-03
Within groups:	163.333	6	0.272222	Permutation p (n=99999)	
Total:	141.189	8	0.0076		

Tukey pairwise			
	Balanus	Piedras	Ostras
Balanus		3,32E-03	2,13E-03
Piedras	26.56		0.3294
Ostras	28.77	2.213	

Anexo 13

Análisis estadístico para supervivencia

Prueba de Normalidad			
	Balanus (%)	Piedras (%)	Ostras (%)
N	20	20	20
Shapiro-Wilk W	0.7464	0.7089	0.7647
p(normal)	0.0001522	5,02E-02	0.0002693

Anexo 14

Prueba de Friedman para determinar diferencias significativas

Test de Friedman						
Test for equal medians						
chi2:	36.1	Degrees of freedom:	2			
chi2, tie corrected:	38					
chi2, continuity corrected:	37.853					
p (same), asymptotic:	6,03E-05	Existen diferencias significativas en la tasa de supervivencia entre los tres sustratos				

Anexo 15

Prueba de Wilcoxon Para la supervivencia, los tres sustratos son significativamente diferentes entre sí.

Wilcoxon pairwise			
	Balanus (%)	Piedras (%)	Ostras (%)
Balanus (%)		5,72E-03	5,72E-03
Piedras (%)	5,72E-03		5,72E-03
Ostras (%)	5,72E-03	5,72E-03	

Anexo 16

Prueba de normalidad para los parámetros de crecimiento

Prueba de Normalidad				
	Longitud_valva	Lineas_crecimiento	Porc_sobrevivencia	Porc_alteraciones
N	30	30	30	30
Shapiro-Wilk W	0.9408	0.9595	0.6601	0.9568
p(normal)	0.09561	0.3006	4,31E-04	0.2558

Anexo 17

Permanova con resultados altamente significativos

PERMANOVA	
Permutation N:	9999
Total, sum of squares:	1,65E+09
Within-group sum of squares:	1.111.000.000
F:	6.495
p (same):	0.0031

Anexo 18

Tabla de datos de desarrollo larvario

Día	Volumen de muestra (mL)	Nº total de larvas observadas	% Motilidad	% de mortalidad	% con morfología normal	% en estadio pedivelíger	Número total sembrado	medición en micras
1	1 ml	15	10%	0%	90% larva D y 10% velíger	0%	2 millones	40-60 micras
2	1 ml	10	20%	0,70%	80% larva D y 20 % velíger	0%	2 millones	60 - 80 micras
3	1 ml	12	58,30%	1,30%	60% larva D y 40% velíger	0%	2 millones	80-100 micras
4	1 ml	14	71,40%	1,80%	20% larva D y 80 % velíger	0%	2 millones	100-110micras
5	1 ml	11	81,80%	2,30%	70% velíger y 30 % umbonada	0%	2 millones	100-120 micras
6	1 ml	13	84,62%	3,10%	60% umbonada y 40 % velíger	0%	2 millones	120-180 micras
7	1 ml	16	88%	5,20%	75% umbonada y 25 % velíger	0%	2 millones	180-200 micras
8	1 ml	12	91,67%	6,20%	80% umbonada y 20 % velíger	0%	2 millones	180-200 micras
9	1 ml	15	93,33%	4,20%	40% pedivelíger y 60% umbonada	40%	2 millones	220-260 micras
10	1 ml	11	100%	5,30%	60% pedivelíger y 40% umbonada	60%	2 millones	280-300 micras
11	1 ml	14	100%	2,40%	85% pedivelíger y 15% umbonada	85%	2 millones	280 -320 micras



Facultad de
Ciencias del Mar
Biología Marina

UPSE

JDA -062-2025
5 de noviembre del 2025

Ingeniero
Jimmy Villón M.Sc
Director de Carrera de la Escuela de Biología
En su despacho. -

De mi consideración,

Por medio de la presente, envío a usted un cordial y sincero saludo, deseándole los mayores éxitos en el ejercicio de sus importantes funciones.

Quien suscribe, Blga. Jodie Darquea Arteaga, M.Sc., en mi calidad de tutora del estudiante de la carrera de Biología, James Michael Carvajal Moreno, con cédula de identidad N° 2450095373, con el tema de Trabajo de Titulación "*Análisis de fijación y crecimiento larval de La Ostra del Pacífico (Magallana gigas) a base de sustratos naturales en condiciones de laboratorio en La Parroquia Chanduy - Santa Elena*", me permito certificar lo siguiente:

El estudiante ha cumplido satisfactoriamente con todas las observaciones y las tutorías correspondientes. El trabajo de titulación presenta un porcentaje de similitud del 10% según la evaluación realizada a través de la plataforma Compilatio (software antiplagio). Adjunto a la presente el informe y la certificación de dicha plataforma para la continuación de los trámites respectivos que permitirán al estudiante obtener el título de Biólogo.

Agradezco de antemano la atención a la presente y quedo a su disposición para cualquier información adicional que se requiera.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
JODIE JESSICA
DARQUEA ARTEAGA

Validar electrónicamente con FirmasDC

Blga. Jodie J. Darquea Arteaga M.Sc

Docente - Titular UPSE

TRABAJO DE TITULACION JAMES CARVAJAL 9 DE OCTUBRE



Nombre del documento: TRABAJO DE TITULACION JAMES CARVAJAL 9 DE OCTUBRE.docx
ID del documento: 2652c82600034cb42ed0a8a6072a50a611fb3c0a
Tamaño del documento original: 5,24 MB

Depositante: JODIE JESSICA DARQUEA ARTEAGA
Fecha de depósito: 9/11/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 9/11/2025

Número de palabras: 14.189
Número de caracteres: 96.648

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	pmc.ncbi.nlm.nih.gov Lock https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9456362	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (79 palabras)
2	www.scielo.cl Efecto del sustrato en la intensidad del asentamiento de larvas d... http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50717-71782003000100004	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (51 palabras)
3	www.scielo.org.mx Cultivo de ostión Crassostrea gigas: Análisis de 40 años de ... https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50188-88972014000300002 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (49 palabras)
4	theses.hal.science Le succès de recrutement de la moule bleue ; influence de la... https://theses.hal.science/tel-00726985v1/file/Toupoint_2011_ThA_se_de_doctorat_Le_succA...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (41 palabras)
5	repositorio.unimagdalena.edu.co Desarrollo embrionario, larval y post-larval ... http://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/7134	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	link.springer.com Combined effects of temperature and salinity on fed and star... https://link.springer.com/article/10.1007/BF00394822	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
2	theses.hal.science Caractérisation de l'impact acoustique des travaux de battag... https://theses.hal.science/tel-04232359v1/file/These-2022-SML-Ecologie_marine-GIGOT_Math...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
3	www.redalyc.org Efecto del sustrato en la intensidad del asentamiento de larva... https://www.redalyc.org/pdf/456/45631103.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
4	repository.si.edu Settlement of Crassostrea ariakensis larvae: Effects of substra... https://repository.si.edu/items/d51e1bafe8de4df4b534770a2e3d9860	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
5	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/12923/1/UPSE-TBI-2025-0018.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)

Fuente ignorada Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Trabajo de titulación Introduccion - recomendaciones 5 nov.docx Tr... #11a611 Viene de de mi biblioteca	77%		Palabras idénticas: 77% (11.600 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://www.aquaportal.com/especies/ficha/invertebrado/19/magallana-gigas>
- <https://doi.org/10.1051/alr:2004054>
- https://www.researchgate.net/profile/Paul-Baltazar-Guerrero/publication/274933877_Cultivo_de_la_ostra_Crassostrea_gigas_Thunberg_1795_en_un_vivero_artesanal_La_ar...
- <https://www.sciencedirect.com/bookseries/developments-in-aquaculture-and-fisheries-science/vol/41/suppl/C>
- <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00785326.1965.10409596>