

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS

TITULO

Evaluación del crecimiento y la sobrevivencia del ostión *Magallana gigas*
(sinónimo *Crassostrea gigas*) (Thunberg 1793) cultivado en Isla de Chira y Costa de
Pájaros, Golfo de Nicoya - Costa Rica

Sidey Arias Valverde

Puntarenas, Costa Rica

2023

Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador del Posgrado en Ciencias
Marinas y Costeras para optar al grado de Magíster Scientiae

Evaluación del crecimiento y la sobrevivencia del ostión *Magallana gigas*
(sinónimo *Crassostrea gigas*) (Thunberg 1793) cultivado en Isla de Chira y Costa de
Pájaros, Golfo de Nicoya - Costa Rica

Sidey Arias Valverde

Tesis presentada para optar al grado de Magíster Scientiae en Ciencias Marinas y
Costeras. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de estudios de
Posgrado de la Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Dra. Damaris Castro García

Representante del Consejo Central de Posgrado

M.Sc. Cristian Fonseca Rodríguez

Coordinador del posgrado o su representante

Dra. María Milagro Carbajal Oses

Tutor de tesis

Dr. Ángel Herrera Ulloa

Miembro del Comité Asesor

M.Sc. Jorge Boza Abarca

Miembro del Comité Asesor

Sidey María Arias Valverde

Sustentante



Firmado y todas las firmas son válidas.

Panel de firma



Consejo Central de Posgrado
Facultad Ciencias Exactas y Naturales
Maestría en Ciencias Marinas y Costeras

UNA-MCMC-ATFG-002-2023

ACTA DE DEFENSA PÚBLICA DE TESIS DE MAESTRÍA

Sesión del Tribunal Examinador de la presentación pública de trabajo final de graduación celebrada a las 14 horas del 16 de noviembre de 2023, bajo la modalidad presencial, desde la Sala de Exdirectores de la Escuela de Ciencias Biológicas:

Nombre de la persona sustentante	Número identificación
Sidey Arias Valverde	106010018

Quien se acoge a la Normativa de Trabajos Finales de Graduación en Posgrado y el Reglamento Interno de la Maestría en Ciencias Marinas y Costeras, bajo la modalidad de tesis para optar al grado de Magister Scientiae en Ciencias Marinas y Costeras con énfasis en Manejo de los Recursos Marinos y Costeros.

Están presentes los siguientes miembros del Tribunal Examinador:

Grado académico	Nombre completo	Puesto
Doctora	Damaris Castro García	Representante del Consejo Central de Posgrado, quien preside
Máster	Cristian Fonseca Rodríguez	Coordinador (a) del posgrado o representante
Doctora	Milagro Carvajal Oses	Tutor (a) de tesis
Doctor	Ángel Herrera Ulloa	Miembro del Comité Asesor
Máster	Jorge Boza Abarca	Miembro del Comité Asesor

ARTÍCULO 1: Presentación de la persona sustentante

La persona que preside abre formalmente la sesión del Tribunal Examinador e inquiriere a la coordinación del posgrado sobre el cumplimiento de los requisitos para este acto por parte de la persona sustentante.

El o la representante del posgrado declara que la persona sustentante ha cumplido con todos los requisitos del Plan de Estudios correspondiente, ha realizado su proceso de investigación bajo los cánones del rigor académico, con el auxilio de su comité asesor de tesis, y ha satisfecho sus obligaciones académicas y financieras con el Programa de Posgrado, lo cual le hace idónea para este acto.

ARTÍCULO 2: Defensa y réplica

La persona que preside le solicita a la persona sustentante que proceda a hacer la exposición oral, para lo cual le otorga un plazo máximo de 40-45 minutos.

La persona sustentante hace la exposición oral del trabajo de graduación titulado: ***EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y LA SOBREVIVENCIA DEL OSTIÓN MAGALLANA GIGAS (SINÓNIMO CRASSOSTREA GIGAS) (THUNBERG 1793) CULTIVADO EN ISLA DE CHIRA Y COSTA DE PÁJAROS, GOLFO DE NICOYA - COSTA RICA.***

Terminada la presentación, la persona que preside otorga la palabra a los miembros del Tribunal Examinador para que se refieran a la tesis de maestría presentada. Los miembros del Tribunal Examinador interrogan a la persona sustentante, quien con la venia de la persona que preside procede a hacer su réplica para satisfacer las cuestiones que se le plantean.

ARTÍCULO 3: Deliberación privada del Tribunal Examinador

La persona que preside solicita a la persona sustentante y a la concurrencia que se retiren con el fin de que el Tribunal Examinador proceda a su deliberación privada en relación con el trabajo escrito, exposición oral y su capacidad de réplica ante las preguntas y comentarios del Tribunal.

ARTÍCULO 4: Evaluación de la tesis

La persona que preside comunica a la persona sustentante el resultado de la deliberación, por el cual este Tribunal Examinador considera el trabajo final de graduación:

√	Aprobado
	Reprobado

√	Con observaciones
	Sin observaciones

Dichas observaciones deben ser incorporadas y entregadas en el plazo establecido en el Reglamento Interno del Posgrado.

De acuerdo con el artículo 55 del Reglamento del Sistema de Estudios de Posgrado y el Artículo 80 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional, se le confiere la calificación de 9.0. De acuerdo con el artículo 81 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje se le otorga la mención de:

	Cum Laude
	Magna Cum Laude
	Summa Cum Laude
√	No aplica

Justificación de la mención otorgada:

ARTÍCULO 5: Otorgamiento del grado de Máster

La persona que preside el Tribunal Examinador declara a Sidey Arias Valverde, acreedor (a) al grado de Magister Scientiae en Ciencias Marinas y Costeras con énfasis en Manejo de los Recursos Marinos y Costeros.

ARTÍCULO 6: Cierre de la defensa pública

La persona que preside indica a la persona sustentante su obligación de presentarse al acto público de juramentación, al que será oportunamente convocada por la Universidad Nacional.

Se da lectura al acta que firma el representante del Consejo Central de Posgrado, quien preside, a las 15:48 horas del 16 de noviembre de 2023.

Observaciones indicadas por el Tribunal Examinador al documento final y/o de la defensa pública:

Se deben incluir las observaciones que el señor Jorge Boza Abarca hará llegar a la señora Milagro Carvajal Osés, tutora de tesis y a la señora Sidey Arias Valverde. Se recomienda que el protocolo creado no aparezca al final del documento de tesis, sino que tome una posición más prominente y accesible dentro de este documento. Se solicita hacer una revisión de forma a todo el documento. Esto con el propósito de que se corrijan errores de ortografía, puntuación, redacción, numeración de figuras, uso de términos técnicos (TIC), entre otros. Estas revisiones serán supervisadas por la señora tutora Milagro Carvajal Osés y del señor coordinador de la maestría, Cristian Fonseca Rodríguez. Las mismas deben cumplirse en el plazo de 30 días estipulado en el reglamento del posgrado.

DAMARIS CASTRO GARCIA (FIRMA)
PERSONA FISICA, CPF-02-0600-0863.
Fecha declarada: 16/11/2023 05:24:59 PM
Esta es una representación gráfica únicamente,
verifique la validez de la firma.

Dra. Damaris Castro García
Representante

Consejo Central de Posgrado, quien preside.

RESUMEN

Durante junio de 2018 a febrero de 2019, se evaluó mensualmente el crecimiento y la sobrevivencia de *Magallana gigas* (sinónimo *Crassostrea gigas*). La investigación se realizó en las Áreas Marinas de Pesca Responsable: Montero-Palito (EST₉) y Costa de Pájaros (EST₂₂), ubicadas en la zona interna y media del Golfo de Nicoya respectivamente; 10000 semillas de ostra calibre 4,6 mm fueron confinadas en bolsas de 0,5 m de diámetro a una densidad inicial de 2000 indiv / bolsa; suspendidas dentro de una linterna en un sistema de cultivo tipo long line, durante 251 días; la densidad fue ajustada según la talla registrada *in situ*; a la vez se monitoreó la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, profundidad Secchi, clorofila a, sólidos totales en suspensión y CaCO₃ en solución. La prueba de Fisher reveló una diferencia significativa en el crecimiento entre las poblaciones de ambas estaciones (0,007; $p < 0,05$); con base a la talla promedio alcanzada por las ostras al término de los 251 días, se informa que ninguna población alcanzó la talla comercial de ≥ 65 mm al final del estudio. El ANOVA mostró una diferencia significativa (0,02016; $p < 0,05$) en la sobrevivencia entre las poblaciones de la EST₉ y EST₂₂, correspondiente al 51 % y 28 %, respectivamente; una gametogénesis temprana se observó en ambos sitios; la relación de sexos (M:H) fue muy parecida en las estaciones (3:1 EST₉ y 4:1 EST₂₂). Los resultados obtenidos en esta investigación revelaron que las variables ambientales se encuentran entre el rango de tolerancia de *M. gigas*. Sin embargo, se requiere dar seguimiento a las variables ambientales en un periodo más prolongado de tiempo, que permita a los productores estructurar las campañas de producción, cosechas y ventas; es importante que los protocolos antifouling se mantengan y se considere una precría para incrementar la sobrevivencia y el crecimiento.

ABSTRACT

During June 2018 to February 2019, the growth and survival of *Magallana gigas* (synonym *Crassostrea gigas*) was evaluated monthly; the research was carried out in the Marine Areas of Responsible Fishing: Montero–Palito (EST₉) and Costa de Pájaros (EST₂₂), located in the internal and middle zone of the Gulf of Nicoya respectively; 10000 postlarva of 4.6 mm caliber were confined in 0.5 m diameter bags at an initial density of 2000 indiv/bag; suspended inside a lantern in a long line culture system, for 251 days; the density was adjusted according to the size recorded *in situ*; at the same time, temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, Secchi depth, chlorophyll a, total suspension solids and CaCO₃ in solution were monitored. Fisher's test revealed a significant difference in growth between the populations at both stations (0.007; $p < 0.05$); based on the average size reached by the oysters at the end of 251 days, it is reported that no population reached the commercial size of ≥ 65 mm at the end of the study. The ANOVA showed a significant difference (0.02016; $p < 0.05$) in survival between the populations from EST₉ and EST₂₂, corresponding to 51% and 28%, respectively; early gametogenesis was observed at both sites, and the sex ratio (M: F) was very similar at the stations (3:1 EST₉ and 4:1 EST₂₂). The results obtained in this investigation revealed that the environmental variables are within the tolerance range of *M. gigas*. However, it is necessary to monitor environmental variables over a longer period, which allows producers to structure the production, harvest, and sales campaigns; it is important that antifouling protocols are maintained and pre-breeding is considered to increase survival and growth.

RECONOCIMIENTO

Agradezco a los ostricultores de las agrupaciones de ASOPECUPACHI y Huertos Marinos, a los compañeros y amigos Oscar Pacheco Prieto, Rebeca Quesada Céspedes, Silvia Ramírez Flores, Gerardo Zúñiga Calero, al comité del trabajo de tesis Dra. Milagro Carbajal Oses, M.Sc. Jorge Boza Abarca, Dr. Ángel Herrera Ulloa, y a todas aquellas personas que de alguna manera directa o indirectamente contribuyeron en la realización del presente trabajo; Dios los bendiga.

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a todos aquellos ostricultores del Litoral Pacífico de Costa Rica.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	8
1.3 EL PROBLEMA	12
1.4 OBJETIVOS.....	14
1.4.1 GENERAL.....	14
1.4.2 ESPECÍFICOS	14
2. MARCO TEÓRICO	15
3. MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.1 DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	25
3.2 SITIO DE ESTUDIO	28
3.3 POBLACIÓN SUJETA DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS	31
3.4.1 Siembra	31
Determinación de crecimiento y sobrevivencia.....	33
3.4.2 33	
3.4.3 Determinación de variables biológicas	35
3.4.4 Sobrevivencia.....	37
3.4.5 Determinación de variables fisicoquímicas.....	38
3.4.6 Transparencia y profundidad fótica	38
3.4.7 Protocolo de producción.....	39
3.5 ANÁLISIS DE DATOS	40
3.5.1 Crecimiento.....	40
3.5.2 Porcentaje de sobrevivencia	42
4. RESULTADOS	44
4.1 CRECIMIENTO	44
4.2 SOBREVIVENCIA	58
4.3 VARIABLES AMBIENTALES.....	62
4.4 PROTOCOLO DE PRODUCCIÓN.....	65

5. DISCUSIÓN	104
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
7. LITERATURA CITADA.....	121

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Variables ambientales registradas en el Golfo de Nicoya.	30
Cuadro 2. Ajuste en la densidad de <i>M. gigas</i> utilizando como criterio la altura (H mm).....	35
Cuadro 3. Mínimos y máximos de la altura en <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya	48
Cuadro 4. Indicadores de crecimiento para <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.....	52
Cuadro 5. Variables ambientales registradas en la EST ₉ y EST ₂₂ durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.	63
Cuadro 6. Rango máximos y mínimos de las variables ambientales registradas durante junio 2018 a febrero 2019 en la EST ₉ y EST ₂₂ Golfo de Nicoya.	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sitios de estudio EST ₉ granja ostrícola ASOPECUPACHI, EST ₂₂ granja ostrícola Huertos Marinos. (No.9 demarcado en círculo= EST ₉ , No.22 demarcado en círculo= EST ₂₂) Elaborado por: Rebeca Quesada Lab. SIG Marino ECB-EBM-UNA (2016).....	29
Figura 2. Siembra y manejo de la producción.	33
Figura 3. Variables biométricas determinadas en <i>M. gigas</i> para este estudio.....	37
Figura 4. Distribución de frecuencia relativa en altura (H mm) de <i>M. gigas</i> cultivada en el Golfo de Nicoya durante junio 2018 a febrero 2019 (n=776 total de individuos).	45
Figura 5. Continuación Distribución de frecuencia relativa en altura (H mm) de <i>M. gigas</i> cultivada en el Golfo de Nicoya durante junio 2018 a febrero 2019 (n=776 total de individuos).	46
Figura 6. Continuación Distribución de frecuencia relativa en altura (H mm) de <i>M. gigas</i> cultivada en el Golfo de Nicoya durante junio 2018 a febrero 2019 (n=776 total de individuos)	47
Figura 7. Variación del crecimiento absoluto de <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.	49
Figura 8. Comportamiento del peso en <i>M. gigas</i> cultivada durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya (barras = error std).	50
Figura 9. Relación del peso (g) y la altura (H mm) de <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, en la EST ₉ y EST ₂₂ , Golfo de Nicoya.	53
Figura 10. Variación del índice de condición de <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, en la EST ₉ y EST ₂₂ , Golfo de Nicoya.....	54
Figura 11. Variación del índice de condición en <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya (barras = error std.).....	55
Figura 12. Estadio de madurez de <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.....	56
Figura 13. Proporción de sexos de <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.....	57
Figura 14. Variación del grosor de concha en <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya Golfo de Nicoya.	58
Figura 15. Supervivencia de <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya (barras = error std).	59
Figura 16. Variación en la mortalidad de <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.....	60
Figura 17. Patologías observadas en <i>M. gigas</i> cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.....	61

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Análisis comparativo del crecimiento de <i>M. gigas</i> entre repeticiones de la EST ₉	139
ANEXO B. Análisis comparativo del crecimiento de <i>M. gigas</i> entre repeticiones de la EST ₂₂	140
ANEXO C. Análisis comparativo del crecimiento en altura (H mm) de <i>M. gigas</i> entre la EST ₉ y EST ₂₂	141
ANEXO D. Análisis estadístico de la tasa instantánea de crecimiento (TIC) entre la EST ₉ y EST ₂₂	142
ANEXO E. Análisis estadístico comparativo del índice de condición entre la EST ₉ y EST ₂₂	143
ANEXO F. Análisis estadístico comparativo de la madurez sexual en la EST ₉ y EST ₂₂	144
ANEXO F. Continuación Análisis estadístico comparativo de la madurez sexual en la EST ₉ y EST ₂₂ ...	145
ANEXO G. Análisis estadístico del grosor de la concha entre la EST ₉ y EST ₂₂	146
ANEXO H. Análisis estadístico del comportamiento de la sobrevivencia en la EST ₉	147
ANEXO I. Análisis estadístico del comportamiento de la sobrevivencia en la EST ₂₂	148
ANEXO J. Análisis estadístico comparativo de la sobrevivencia entre la EST ₉ y EST ₂₂	149
ANEXO K. Comparación de las variables ambientales entre la EST ₉ y EST ₂₂ (ANOVA)	150
ANEXO K. Continuación Comparación de variables ambientales entre la EST ₉ y EST ₂₂ (Prueba de Kruskal Wallis)	150
ANEXO L. Análisis de correlaciones entre las variables ambientales y biométricas EST ₉	151
ANEXO L. Continuación Análisis de correlaciones entre variables ambientales y biométricas EST ₉	152
ANEXO M. Análisis de correlaciones entre variables ambientales y biométricas EST ₂₂	153
ANEXO M. Continuación Análisis de correlaciones entre variables ambientales y biométricas EST ₂₂ ..	154
ANEXO N. Análisis de correlaciones entre variables ambientales y la supervivencia	156
ANEXO N. Continuación Análisis de correlaciones entre variables ambientales y la supervivencia	157
ANEXO O. PROTOCOLO DE PRODUCCIÓN.....	67
ANEXO P. HERRAMIENTA INFORMÁTICA DE PRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
ACUAMAR	Asociación de Cultivadores Marinos
AMPR	Área Marina de Pesca Responsable
ANOVA	Análisis de varianza
APROPESA	Asociación de Productores y Pesca de Costa de Pájaros
ASAP	Asociación de Acuicultores de Paquera
ASOPECUPACHI	Asociación de pescadores Cuerderos de Palito de Isla Chira
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CaCO ₃	Carbonato de calcio
CAMAPUN	Cámara de Pescadores Puntarenenses
CDG	Centro de Desarrollo Gerencial
CO ₂	Dióxido de carbono
CONARE	Consejo Nacional de Rectores
CONICIT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
DESS	Dirección de Economía Social
DIPOA	Dirección de Inocuidad de Productos de Origen Animal
EBM	Estación de Biología Marina

ECB	Escuela de Ciencias Biológicas
ECMAR	Estación Nacional de Ciencias Marino Costeras
EDA	Escuela de Administración
EST	Estación de muestreo
FAN	Floraciones algales nocivas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Frec.R	Frecuencia relativa
IC	Índice de condición
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
IMAS	Instituto Mixto de Ayuda Social
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje
INAMU	Instituto Nacional de la Mujer
INAPYME	Instituto Nacional de Aprendizaje Unidad PYME
INCOPESCA	Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura
INDER	Instituto de Desarrollo Regional
LABCPM	Laboratorio de Cultivo y Reproducción de Moluscos
LANPSO	Laboratorio Nacional Producción de Semilla de Ostras
LCA	Laboratorio de calidad de Aguas

MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MARTEC	Industrias MARTEC
MBSF	Ministerio de Bienestar Social y Familiar
MICIT	Ministerio de Investigación Ciencia y Tecnología
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MT	Miles de toneladas
MTSS	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social
O ₂	Oxígeno
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OIRSA	Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OSPESCA	Organización del sector pesquero y acuícola del Istmo Centroamericano
PPD/FMAM/PNUD	Programa de pequeñas Donaciones / Fondo para el Medio Ambiente Mundial / Programa de la Naciones Unidas
PRONAMYPE	Programa Nacional de Apoyo a la Microempresa y Movilidad Social
Psc	peso seco carne
Psv	peso seco valvas

SBD	Sistema Banca para el Desarrollo
SENASA	Servicio Nacional de Salud Animal
SETENA	Secretaría Técnica Nacional Ambiental
SICA	Sistema de Integración Centroamericana
T	Toneladas
TAC	Tasa absoluta de crecimiento
TIC	Tasa instantánea de crecimiento
TRC	Tasa relativa de crecimiento
UCR	Universidad de Costa Rica
UNA	Universidad Nacional

Palabras claves

Maricultura, ostra rizada, índice de condición.

Keywords

Mariculture, curly oyster, condition index.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 ANTECEDENTES

ÁMBITO INTERNACIONAL

La producción de alimentos marinos ha sido considerada como una alternativa para atender la demanda de proteína en el mundo. Los grupos más representativos que han dinamizado la acuicultura históricamente han sido los peces, los crustáceos, los moluscos y las algas. En el 2020, la acuicultura mostró un aporte a la producción mundial de 87,5 MT (millones de toneladas), equivalentes al 49 % de la producción total, generando un monto de 265000 millones de USD, reflejando un incremento del 6,7 % (18500 millones de USD) con respecto al 2018, distribuidos en los siguientes grupos: 57,5 MT (146100 millones de USD) en peces; 17,7 MT en moluscos (29800 millones de USD); 11,2 MT en crustáceos (81500 millones de USD); otros invertebrados aportaron 525000 T (2500 millones de USD), y 537000 T (5 millones de USD) fue generado por otras especies semiacuáticas (FAO, 2022).

En cuanto a la producción de moluscos bivalvos en el mundo, este grupo alcanzó el segundo lugar de interés, después del cultivo de algas, contribuyendo con el 21 % a la producción mundial; distribuido en 79 especies de bivalvos en condición de cultivo, representado por almejas, ostras, mejillones y berberechos, siendo China el país con la contribución (15 MT); seguido por Corea (415 miles T), Chile (406 miles T), Japón (310 miles T), Vietnam (211 miles T), España (207 miles T) y Estados Unidos (182 miles T) (Wijsman *et al.*, 2019; FAO, 2022).

Mientras que durante 2010 al 2015 el incremento en la producción de moluscos bivalvos solo fue del 7 % respecto a otros años, con 15 MT al 2015, correspondiente a 5,4 MT en almejas, 5,1 MT en ostras; 2,3 MT en pectínidos y 1,1 MT de mejillones. Al respecto, China contribuyó con el 90 % de la producción, Japón con 0,75 %, la República de Corea aportó 0,4 % y Tailandia con 0,23 %, mientras que América del Norte y Sur América contribuyeron con un 9 %; siendo Chile el productor mayoritario de mejillones y pectínidos, seguido por Perú con pectínidos, Estados Unidos con ostras y almejas y Canadá con mejillones (Nowlan *et al.*, 2019; Wijsman *et al.*, 2019).

Ahora, si nos centramos en América Latina, la producción acuícola en el 2017 fue de 2,9 MT, correspondiente a 17400 millones de USD, equivalente al 6,4 % del valor de la producción mundial; este comportamiento se debió al precio que alcanzaron las especies en los mercados más competitivos. Según Wurmman (2019), esta región presenta un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura, a pesar de los modelos de producción en gran y pequeña escala existentes y el bajo consumo comparado con otras regiones del mundo. Este autor manifiesta que invertir en investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) de especies locales, así como en la prevención de impactos ambientales y en una sana gestión de gobernanza, son factores que estimulan la diversidad competitiva para la exportación y el mercado local, contribuyendo con la demanda proteínica proyectada para el 2030.

Este potencial acuícola ya había empezado a tomar importancia desde el periodo comprendido entre el 2015 al 2017, cuando América Latina registró cerca del 69% de la producción, porcentaje equivalente al 86% del valor total aportado por la maricultura. Mientras que la producción de agua dulce registró un 37%, siendo Oceanía y América Latina las regiones con los mejores precios unitarios de la acuicultura mundial en dicho periodo, correspondiente a 180% mayor que el precio alcanzado con la producción continental (Wurmman, 2019).

En Centroamérica, la producción en acuicultura se ha basado principalmente en camarones (*Litopenaeus vannamei*), siendo Honduras el mayor productor con un 40 %, seguido de Nicaragua (17 %), Guatemala (15 %), Panamá (11 %), Belice (10 %), Costa Rica (7 %) y El Salvador (1 %). Mientras que Costa Rica y Honduras registraron ser los principales productores de tilapia (*Oreochromis mossambicus* y *O. niloticus*) en la región (Rodríguez-Vázquez y Flores-Nava, 2014; INCOPECA y SEPSA, 2019).

En cuanto a las especies cultivadas en Centroamérica, INCOPECA y SEPSA (2019) reportaron para Costa Rica a *Oreochromis* sp. (tilapia), *L. vannamei* (camarón blanco), *Oncorhynchus mykiss* (trucha), *Magallana gigas* (ostras) y *Lutjanus guttatus* (pargo manchado); mientras que el Salvador y Guatemala se han enfocado en la producción de *L. vannamei* y *Oreochromis* sp., y Panamá *L. vannamei*, *O. mykiss* (trucha arcoíris), *Colossoma macropomun* (cachama) y *Rachycentron canadum* (cobia); este último país reportó a *L. guttatus* (pargo manchado), *Argopecten ventricosus* (concha abanico), *M. gigas* (ostra rizada), *Crassostrea corteziensis* (ostra del placer) y *Anadara tuberculosa* (pianguas) en condición experimental.

ÁMBITO NACIONAL

En Costa Rica, la Universidad Nacional (UNA) realizó investigaciones en moluscos bivalvos, estudiando el desarrollo de tecnología de producción y cultivo a ciclo cerrado de *Crassostrea rhizophorae* y *M. gigas*, entre 1986-1990. Entre 2000 y 2001, se validó la semilla producida bajo condiciones de laboratorio utilizando cultivos experimentales en sistemas abiertos (Arias y Zúñiga, 2001).

Durante el 2002 al 2004 se implementó un proyecto piloto experimental con comunidades de pescadores artesanales de Costa de Pájaros y Punta Morales, ubicadas en el Golfo de Nicoya, apoyados por la Escuela de Ciencias Biológicas-Estación de Biología Marina (ECB-EBM), el Ministerio de Investigación Ciencias y Tecnología-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (MICIT-CONCIT), la Cámara de Pescadores Puntarenenses (CAMAPUN), la Estación Nacional de Ciencias Marino Costeras (ECMAR) - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), y la Asociación de Productores y Pesca de Costa de Pájaros (APROPESA) (Arias y Zúñiga, 2004).

Este trabajo se fortaleció entre el 2004 al 2008, con el Programa Integral del Golfo de Nicoya, ECMAR-UNA, el cual brindó acompañamiento a nuevos grupos organizados en la elaboración de propuestas y en la gestión de búsqueda de financiamiento para proyectos piloto y piloto avanzado ante el Programa de Pequeñas Donaciones / Fondo para el Medio Ambiente Mundial / Programa de las Naciones Unidas (PPD/FMAM/PNUD), Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) e Instituto de Desarrollo Regional (INDER) (Arias *et al.*, 2008).

En esta fase, el concepto de proyectos para subsistencia cambió por proyectos de perfil empresarial de micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES). La integración de dicho concepto ocurrió a partir del acompañamiento que realizó el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), Sede Regional Pacífico Central y la Escuela de Economía de la UNA a las agrupaciones. Este cambio fue consensuado con los grupos en primera instancia y los actores locales que acompañaban los procesos (Arias *et al.*, 2010).

Es importante mencionar que en el 2005 la FAO financió el primer estudio de mercado, evidenciando el potencial que podría tener la actividad, tanto para las comunidades costeras, como para el país. No obstante, Morales y Morales (2006); Córdoba *et al.* (2011) indican que el impacto resiliente que se busca ejercer en la dinámica económica local y territorial, basada en el fomento de actividades socio-productivas emergentes, están obligadas a crecer, implementando constantemente buenas prácticas de producción para poder consolidarse en el mercado.

Durante el 2009 al 2014, el Programa de Regionalización Interuniversitaria del Consejo Nacional de Rectores (CONARE) impulsó una estrategia articulada por las cuatro universidades públicas, con el fin de contribuir en el desarrollo de las comunidades periféricas del país. En la Región Pacífico Central, esta articulación se conformó por la Universidad Nacional (EBM y ECMAR), la Universidad de Costa Rica-Regional Pacífico Central (UCR), el Instituto Tecnológico de Costa Rica-Regional Santa Clara (ITCR) y el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). Esta vinculación fortaleció el trabajo que la Universidad Nacional estaba realizando con los productores ostrícolas y otras agrupaciones ubicadas en el Golfo de Nicoya (Arias *et al.*, 2015).

Muchos de los emprendimientos ostrícolas obtuvieron financiamiento del capital de inversión. La empresa Peralta inició con recursos propios (2008-2015), mientras que la Asociación de Cultivadores Marinos (ACUAMAR) fue apoyada por MAG-MTSS, IMAS y Proyecto BID-Golfos-MINAE-GEF-MARVIVA (2011-2016); la comunidad de Palito de Isla Chira y los miembros de la Asociación de Pescadores Cuaderos de Palito de Isla Chira (ASOPECUPACHI) recibieron el capital de OIRSA-OSPESCA-INCOPECA, IMAS y MTSS (2001-2016). Además, esta última agrupación logró el financiamiento para la implementación de una pequeña depuradora financiada por el programa BID-GOLFOS-MINAE-GEF-MARVIVA, con la asesoría técnica de la Universidad Nacional (Arias *et al.*, 2015; Arias *et al.*, 2019).

Otros acontecimientos relevantes registrados durante el periodo 2009 al 2019 son: el estudio de línea base sobre la biodiversidad presente en las zonas de uso con el fin de generar criterios para la gestión del compromiso ambiental, el acompañamiento en el monitoreo de los eventos de floraciones algales tóxicas y nocivas, la determinación bioquímica del perfil nutricional de ostras según el lugar de cultivo, la evaluación de la calidad del agua mediante la caracterización de sedimentos, nutrientes, clorofilas y zooplancton, y la caracterización microbiológica de zonas aptas para el cultivo de moluscos bivalvos (Arias *et al.*, 2015; Arias *et al.*, 2019).

La finalidad de estos estudios fue brindar un seguimiento de las variables ambientales para estructurar una estrategia de prevención y vigilancia en el comportamiento de las Floraciones Algales Nocivas (FAN), como medida de mitigación a la salud pública. Los resultados obtenidos generaron criterios para apoyar a los productores en el manejo de las siembras, cosechas e inocuidad del producto final, mediante el conocimiento básico sobre el comportamiento de las variables ambientales asociadas a los ecosistemas en uso (Vega-Corrales *et al.*, 2013; Arias *et al.*, 2015; Arias *et al.*, 2019).

También, se implementó una estrategia de capacitaciones para los productores, enfocadas en el aprendizaje de herramientas básicas para la elaboración del plan estratégico y gestión empresarial, implementación de mejoras en la construcción de sistemas de cultivo, prácticas en el manejo de la semilla y los organismos en fase de engorde, tratamiento para reducir infestaciones de organismos no deseados, valor agregado en el producto final (frescos, inocuos y libres de fitotoxinas), así como el reconocimiento de otras características como el olor, tallas y volumen de venta, que exige el mercado nacional (Arias *et al.*, 2015; Arias *et al.*, 2019).

Debido a las características del producto final, el impacto alcanzado en la población meta y el potencial socioambiental y económico que tendría el surgimiento de nuevos emprendimientos para las diferentes localidades costeras del país, surgió el interés por parte del gobierno de turno en apoyar el escalamiento en al menos 15 granjas ostrícolas (Arias *et al.*, 2015).

La vinculación con el Ministerio de Bienestar Social-Instituto Mixto de Ayuda Social; el despacho del Viceministerio de Agricultura y Ganadería; el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura; y el Instituto Nacional de Aprendizaje y de los Consejos Municipales, facilitó el financiamiento y la construcción del Laboratorio Producción de Semilla de Ostras (LANPSO), en la Estación Nacional de Ciencias Marinas y Costeras (ECMAR), Punta Morales, con recursos provenientes del IMAS, MAG, Municipalidad de Puntarenas y la UNA. Este centro se encarga de suministrar la semilla a 9 agrupaciones que están en operación. Además, 3 nuevas agrupaciones se encuentran gestionando los permisos y la búsqueda del capital de inversión para poner en marcha una granja ostrícola en el Golfo de Nicoya (Arias *et al.*, 2019).

Por lo anterior, se ha considerado el cultivo de moluscos bivalvos como una actividad prometedora que puede ser realizada por comunidades costeras, mediante el aprendizaje y desarrollo de capacidades técnicas básicas para la implementación de buenas prácticas en el manejo de la unidad, la gestión financiera y la generación de conocimiento sobre el comportamiento de la producción en las diferentes campañas de cultivo. Por tanto, el presente trabajo fue planteado con el propósito de conocer la influencia de las variables ambientales en el crecimiento y sobrevivencia de *M. gigas*, que le sirva al ostricultor para mejorar la gestión de la unidad de producción, así como las proyecciones de siembra, cosecha y venta según los nichos de mercado que presenta el país.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El mundo enfrenta grandes desafíos para poder afrontar el crecimiento poblacional proyectado de 8600 millones de habitantes al 2030, el deterioro ambiental, agotamiento de recursos naturales, pérdida de la biodiversidad y los efectos del cambio climático, factores sumamente alarmantes que ponen a prueba nuestra capacidad de adaptación. Para ello, es necesario fortalecer capacidades en el accionar los procesos socio productivos de autogestión medibles en el corto y mediano plazo, coadyuvando de esta manera con la resiliencia social en los estratos vulnerables de la población humana (Naciones Unidas, 2018).

Esta situación tiene implicaciones directas en la seguridad alimentaria; al respecto, la FAO manifiesta que la agricultura deberá producir un 50% más de alimentos, siendo esta una meta difícil de alcanzar para los países en desarrollo. Por tanto, es importante enfocar los esfuerzos y recursos en producir alimentos nutricionalmente mejores, con prácticas de bajo impacto ambiental y alta incidencia social, apostando a la seguridad alimentaria y económica de las regiones y territorios (FAO, 2016; FAO, 2022).

Asimismo, la FAO impulsó una propuesta enfocada en el aprovechamiento responsable de los servicios que brindan los océanos y mares, promoviendo inversión en desarrollos tecnológicos y productivos en el marco de la estrategia para el "Desarrollo azul". Dentro de las acciones se encuentra la acuicultura marina, la cual debe ser liderada bajo una gobernanza responsable de estos servicios que ofrecen los ecosistemas marinos, siendo un campo nuevo para el micro y macro desarrollo que podría impulsar la mayoría de los países de la región. Por otro lado, la acuicultura

marina podría contribuir en alcanzar las metas propuestas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) O1 (1.2, 1.4, 1.5, 1.b), O2 (2.3, 2.4, 2.a) y O14 (14.2, 14.7), planteados por la Naciones Unidas (2018).

Para ello, Bshole *et al.* (2021) recomendaron el cultivo de organismos acuáticos que no requieren una fuente de alimentación externa "no alimentados", como las macroalgas, peces y moluscos filtradores. Su argumento se basa en la contribución socioeconómica, la diversificación de actividades productivas para comunidades costeras, la compensación al agotamiento de ciertos recursos pesqueros, así como la optimización de las áreas marinas mediante la implementación de cultivos multitroóficos.

Los países de la región centroamericana han reconocido que la actividad pesquera sigue experimentando un estado de incertidumbre para el futuro cercano, con una gestión administrativa interesada en mejorar la gobernanza, pero sumamente lenta en brindar las herramientas necesarias que fortalezcan el accionar de una política económica-social-ambiental eficiente y expedita; estimulando el fomento de nuevos desarrollos alternativos para el sector pesquero artesanal y para las comunidades costeras. Ante este panorama, Costa Rica enfrenta sus propios problemas en el ámbito productivo y de seguridad alimentaria, específicamente la pesca es una actividad desgastada, con más de 14000 pescadores artesanales registrados en el país, incluyendo casi 1000 mujeres jefas de hogar que practican la pesca costera, siendo parte de los grupos sociales con alta dependencia de los recursos marinos (INCOPESCA, 2012).

Pacheco *et al.* (2012), evidenció que la situación socioeconómica del Golfo de Nicoya es generada por una serie de eventos, como el aumento en la presión negativa en los ecosistemas, la sobreexplotación descontrolada de los recursos pesqueros

debido a la pesca ilegal, tasas de empleo inferiores al resto del país, una población con bajo nivel de alfabetización y alta demanda de los recursos pesqueros, programas sociales con acciones de corto plazo, entre otros, reflejan poblaciones altamente vulnerables. La falta de políticas claras y dispersas en la gestión territorial, local y privada, solo estimulan la baja incidencia de desarrollo, a esta realidad se suma el desplazamiento de personas del sector agropecuario o de la construcción hacia la pesca artesanal, incrementando la problemática en las zonas marino-costeras.

Al respecto, la Organización del sector pesquero y acuícola del Istmo centroamericano (OSPESCA) y la FAO han estado impulsando, desde el 2007, el fomento de la acuicultura marina como una fuente de alternativas para solventar la problemática que enfrentan los territorios costeros del Istmo Centroamericano; estos organismos recomiendan el cultivo de moluscos como una opción viable para la activación económica local y la conformación de encadenamientos territoriales y regionales (Morales y Morales, 2006; Lovatelli *et al.*, 2008).

En Costa Rica existen 9 agrupaciones ostrícolas ubicadas en el litoral Pacífico, estas han sido apoyadas por instituciones públicas en el fortalecimiento de la gestión organizativa empresarial, el desarrollo y sostenibilidad de las respectivas unidades de producción a pequeña escala. El reto asumido ha sido promover conjuntamente una actividad que dinamice la economía local, genere empleo y que reduzca la presión pesquera en los ecosistemas marinos costeros.

La adopción del cultivo de ostras a pequeña escala en Costa Rica ha estimulado una transición de cambio cultural en las personas involucradas, como son: apertura al cambio de una actividad pesquera a la transformación de acuicultor, incidencia en los procesos de aprendizaje, al recibir capacitación básica sobre tecnologías y manejo

integral de la unidad de producción, buenas prácticas sociolaborales en un ambiente de trabajo colectivo, desarrollo de conocimientos propios que surgen a partir de las experiencias individuales y colectivas, desde la construcción e instalación de los sistemas, el manejo de la producción y producto final con alto estándar de calidad, entre otros. Además, inducción a implementar una sana administración productiva, comercial y financiera, mitigando en alguna forma la vulnerabilidad socioeconómica que enfrentan individuos, familias y colectivos de comunidades costeras.

A pesar del logro alcanzado por las agrupaciones en la inserción de un producto con altos estándares de calidad en el mercado local, existen vacíos asociados a la producción, como es el contar con información sobre la incidencia que ejercen las variables ambientales en el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos sometidos a cultivo para mejorar las prácticas implementadas en el manejo de la producción.

Por tanto, el presente trabajo fue dirigido en la evaluación del crecimiento y la supervivencia de un lote de semillas de *M. gigas*, cultivadas bajo un sistema suspendido tipo long line, ubicadas en dos sitios del Golfo de Nicoya y la influencia de los parámetros fisicoquímicos en las variables de estudio.

1.3 EL PROBLEMA

Las Áreas Marinas de Pesca Responsable (AMPR)-Palito-Montero de Isla Chira (EST₉) y de Costa de Pájaros (EST₂₂), son zonas expuestas a la influencia de los ríos Tempisque, Abangares, Ojoche y Lagarto. Estas zonas albergan agrupaciones que tienen más de 5 años de cultivar la ostra rizada, en sistemas suspendidos tipo long line. Durante este periodo, se han observado variaciones en el crecimiento y la sobrevivencia de *M. gigas*, pero las causas potenciales en esta variación están basadas en observaciones empíricas.

Por lo anterior, se plantean dos preguntas, considerando que el cultivo de ostras constituye una opción de ingreso económico alternativo a la pesca para estas agrupaciones y que la optimización de la producción está asociada a la implementación constante de mejoras asertivas, basadas en el conocimiento de las variables ambientales propias de cada sitio de uso y su influencia en los indicadores de crecimiento y sobrevivencia, como son: la tasa absoluta (TAC), la tasa relativa (TCR), la tasa instantánea (TICR) de crecimiento, el índice de condición comercial (IC_{comercial}), el índice de condición con base al peso seco (IC_{ps}), el grosor de concha (Gc), la madurez y la supervivencia.

¿Cuáles son los factores ambientales que mayor inciden en el crecimiento y la supervivencia de *M. gigas* cultivada en el AMPR-Palito-Montero y AMPR de Costa de Pájaros ubicados en el Golfo de Nicoya?

¿Es el crecimiento y la supervivencia de *M. gigas* igual en ambos sitios de producción?

Ho: CS EST₉ = CS EST₂₂

Crecimiento y supervivencia (*M. gigas*) EST₉ = Crecimiento y supervivencia EST₂₂

H1: CS EST₉ ≠ CS EST₂₂

Crecimiento y supervivencia (*M. gigas*) EST₉ ≠ EST₂₂. Crecimiento y supervivencia EST₂₂

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 GENERAL

Evaluar la influencia de las variables ambientales en el crecimiento y la sobrevivencia de *M. gigas* cultivada en las AMPR-Palito-Montero de Isla Chira y AMPR de Costa de Pájaros, Golfo de Nicoya, para la mejora de los criterios en la selección del sitio de cultivo e implementación de los protocolos asociados en el manejo de la producción.

1.4.2 ESPECÍFICOS

Comparar el comportamiento del crecimiento y sobrevivencia en *M. gigas* cultivada en el AMPR-Palito-Montero y el AMPR de Costa de Pájaros, mediante la determinación de las variables morfométricas y sexuales que contribuyan en el mejoramiento del manejo de la producción.

Determinar las condiciones fisicoquímicas presentes en el AMPR-Palito-Montero de Isla Chira y el AMPR de Costa de Pájaros y su incidencia en el crecimiento, la sobrevivencia, madurez sexual y calidad de la concha de *M. gigas* que contribuyan con los criterios para la selección del sitio de cultivo.

Generar un protocolo de producción a pequeña escala de *M. gigas* para el aprovechamiento cognitivo de las prácticas realizadas por agrupaciones ostrícolas del Golfo de Nicoya, a través del conocimiento adquirido en el presente trabajo de investigación.

2. MARCO TEÓRICO

La acuicultura de moluscos bivalvos es una práctica incipiente en algunos países del continente americano, mientras que en otras regiones del mundo ésta es una actividad milenaria, la cual holísticamente es renovada constantemente. Actualmente, existen muchos desarrollos en la ingeniería de sistemas, producción, mejoramiento de semilla y protocolos de manejo, elaborados a partir del conocimiento obtenido sobre el comportamiento fisiológico del organismo objetivo de cultivo, con respecto a las condiciones ambientales (Pérez *et al.*, 2016; FAO, 2020).

Sin embargo, a pesar del conocimiento generado en las diferentes regiones sobre estos aspectos, es importante reconocer que la particularidad de los ambientes naturales impide que muchas prácticas utilizadas en el cultivo de moluscos bivalvos sean asumidas como norma general (Pérez *et al.*, 2016; FAO, 2020).

2.1 SISTEMÁTICA DE LA ESPECIE

Phylum:	Mollusca
Clase:	Bivalvia
Infraclase	Pteriomorphia
Orden:	Ostreoida
Familia:	Ostreoidae
Género	<i>Magallana</i>
Especie:	<i>Magallana gigas</i> (Thunger, 1793)
Nombre común:	Ostión japonés, ostra rizada

La modificación taxonómica de *Crassostrea gigas* a *Magallana gigas* fue sometida a discusión en el 2014; este cambio se fundamenta a partir de los trabajos realizados por Salvi *et al.* (2014); Salvi y Mariottini (2017). Para efectos de este trabajo se utilizará la clasificación *Magalla gigas* (Thunger, 1793).

2.2 BIOLOGÍA DE LA ESPECIE

Magallana gigas es un molusco bivalvo sésil, cuyo tejido blando se encuentra cubierto por dos valvas formadas de carbonato de calcio (CaCO_3) y una matriz de conquiolina y cristales de aragonita. La capa externa de la concha está recubierta de un material orgánico llamado periostraco, las valvas son asimétricas, el cuerpo se encuentra comprimido lateralmente y elongado dorsoventralmente. En el ambiente natural se encuentran fijas al sustrato por la valva izquierda. Ambas valvas están unidas por el músculo aductor cerca del centro; este se encuentra formado por dos tipos de fibras musculares; las fibras traslúcidas que son las responsables de movimientos rápidos y las fibras blanco opaco encargadas del cierre por largos periodos; a nivel de charnela las valvas se unen mediante un ligamento proteínico ligeramente calcificado (Eble y Scro, 1996).

La concha, además de proporcionar protección, es clave en el éxito evolutivo y ecológico del Phylum. La matriz orgánica conforma entre un 0,1 % a 5 % de las valvas; participa junto con otras estructuras en la nucleación, el crecimiento y la formación de cristales de CaCO_3 ; la demanda energética de este complejo proceso es sensible a las variaciones del CaCO_3 en el agua de mar, asociadas a cambios en la salinidad y pH. Los estuarios se caracterizan por presentar fuertes fluctuaciones en la salinidad, la presión de CO_2 (P_{CO_2}) y el pH, los cuales podrían generar condiciones estresantes en los organismos conchíferos (Ivanina *et al.*, 2020).

En cuanto al tejido blando, esta estructura se encuentra cubierta por el manto, cuyos bordes están conformados de tres pliegues, cada uno con funciones específicas; el pliegue externo tiene la función de secretar las capas externas de la concha; la capa interna es secretada por el epitelio externo. El pliegue medio tiene funciones de respuesta sensorial y el interno conforma la estructura muscular que fija el manto a la concha. El manto se encuentra cubierto por epitelio unicelular, tejido conectivo y canales que distribuyen la hemolinfa oxigenada y no oxigenada; cumpliendo funciones sensoriales, mecánicas y de protección (Eble y Scro, 1996).

Los tentáculos ubicados en el margen del manto, junto con los pliegues del velo, se encargan de detectar la presencia y características de las partículas alimenticias (Eble y Scro, 1996). Miyamoto *et al.* (2002) informan que el manto también participa en la síntesis de proteínas, la transducción de señales químicas y fotosensibles, el soporte metabólico, la formación, la calcificación y la reparación de la concha.

Por otro lado, la masa visceral se encuentra alojada en la cavidad paleal, espacio ubicado entre los dos lóbulos del manto. A cada lado de la masa visceral se ubican un par de branquias lamelares, cuya función es el intercambio de CO₂ y O₂. Estructuralmente, las lamelas branquiales están compuestas de filamentos recubiertos de cilios anteriores y laterales, los cuales se encargan de la circulación del agua. Las branquias envuelven las partículas alimenticias en un mucopolisacárido, y con la ayuda de los cilios estas partículas son dirigidas a los palpos labiales para la selección e ingesta (Ward *et al.*, 1994).

Eble y Scro (1996) describen un sistema digestivo compuesto por dos pares de palpos labiales a nivel de boca, seguido por un corto y ciliado esófago que conecta al estómago, el cual contiene una estructura gelatinosa llamada estilete cristalino

encargado de la trituración y liberación de enzimas digestivas; .un intestino largo que recorre un gran número de órganos partiendo de la proximidad del corazón, rodeando la glándula digestiva y dirigiéndose al recto para terminar en el ano, el cual se localiza al costado posterior del músculo aductor. Por otro lado, la excreción es realizada por un par de nefridios tubulares que se abren hacia el pericardio y la vejiga, ambos sitios almacenan los productos nitrogenados que son expulsados del cuerpo a través del nefridioporo.

El sistema circulatorio consta de un corazón conformado por un ventrículo y dos aurículas, ubicado dentro de la cavidad pericárdica entre la masa visceral y el músculo aductor. Este órgano se encarga de bombear la hemolinfa a través de las arterias bifurcadas en vasos, los cuales se encuentran conectados al seno de los tejidos que serán irrigados, conformando así un sistema circulatorio abierto (Eble y Scro, 1996).

Magallana gigas presenta un sistema nervioso reducido y descentralizado, compuesto por ganglios cerebrales, viscerales y motores interconectados por varios pares de nervios. Este sistema, junto con la secreción de neurotransmisores y neurohormonas como la serotonina, regulan los movimientos de estructuras branquiales, el ritmo cardiaco, los procesos de maduración y desove (Kuwasawa y Hill, 1997; Siniscalchi *et al.*, 2004; Carrol y Capatane, 2007).

Esta especie presenta un sistema reproductivo inmerso en la masa visceral, conformando un tejido mixto entre la glándula digestiva y el manto. Las gónadas se originan a partir de células mesodérmicas ubicadas en la región posterior del cuerpo; durante la fase de maduración estas células se multiplican y son distribuidas en una serie de túbulos y folículos formados por el tejido conectivo, ubicados en ambos lados del cuerpo, los cuales se hacen más evidentes conforme avanza la gametogénesis (Eble y Scro, 1996).

Mientras que la fase reproductiva inicia con la acumulación de los nutrientes requeridos para las diferentes etapas del desarrollo gonádico, pasando por la maduración de gametos hasta el desove. Las estrategias reproductivas de los moluscos bivalvos han sido objeto de interés por la versatilidad de adaptación que presentan; específicamente *Magallana gigas* es una especie dioica con patrones reproductivos de hermafroditismo asincrónico alternante; en otras palabras, el mismo individuo produce gametos masculinos y femeninos en momentos diferentes, alternando al azar el sexo durante su vida sexualmente activa (Hedrick y Hedgecok, 2010; Zhang *et al.*, 2014; Yue *et al.*, 2020).

Estos autores informan que el hermafroditismo protándrico se presenta generalmente en poblaciones jóvenes, donde la primera madurez es expresada como macho y posteriormente, conforme avanza la edad, maduran como hembras. No obstante, un bajo porcentaje de hermafroditismo sincrónico ha sido observado en esta especie, sin evidencia que sean potencialmente viables.

2.3 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT

Magallana gigas es una especie originaria de Japón que ha sido introducida al resto del mundo para fines de cultivo; se encuentra en aguas costeras y estuarinas asociadas a sustratos duros (rocas, conchas y otras estructuras), fangosos y arenosos. En la década de los años 20, los Estados Unidos de América realizó la primera introducción de *M. gigas*. Francia la importó en 1966, y otros países que han reportado su introducción son Ecuador, Belice, Costa Rica, Puerto Rico, Islas Vírgenes, Brasil, Israel, Filipinas, Malasia, Rumania, Ucrania, Seychelles, Fiji, Polinesia Francesa, Guam, Palau, Samoa y Vanuatu, entre otros (Lovatelli *et al.*, 2008; Nowland *et al.*, 2019).

La versatilidad fisiológica de adaptación que muestra *M. gigas* se refleja en los rangos de tolerancia que presenta para las siguientes variables ambientales: temperatura (3 a 35 °C), salinidad (10 a 42 ‰), sedimentos en suspensión (0 hasta 100 mg L⁻¹), oxígeno disuelto (40 a 100 %), pH (7,4 a 8,5), alimento disponible (1 a 55 mg L⁻¹ Clorofila a) y profundidad intermareal (0,5 a 40 m). Mientras que los rangos óptimos para cultivarla se encuentran entre los 11 a 28 °C, salinidades entre 20 ‰ a 28 ‰, la concentración de sedimentos en suspensión desde 0 a 8 mg L⁻¹, el oxígeno disuelto > 70 %, el pH > 7,4 y el alimento disponible > 12 mg L⁻¹ (Lovatelli, 2008; Carrasco y Barón 2010; Cranford, 2019).

2.4 CULTIVO DE OSTRAS EN EL MUNDO

La ostricultura es una actividad desarrollada desde hace 4000 años por los japoneses, griegos y romanos. En Europa se registró el cultivo de ostras desde hace 2000 años, siendo el romano Sergius Orata el padre de la ostricultura europea, oficio que practicaba hace 160 A.C., sembrando ostras en parques intermareales, mientras que Francia incursionó en esta actividad a finales del siglo XIX en la bahía de Arcachon (FAO, 2013).

La tecnología del cultivo de *M. gigas* inició en Japón, logrando un gran avance en la tecnificación de sistemas intermareales de bateas a sistemas semisumergidos y sumergidos tipo long line; dichas tecnologías son implementadas en más de 70 países del mundo, mostrando algunas adaptadas a las características del sitio. No obstante, la gran mayoría de cultivos se desarrollan en zonas costeras de clima templado y subtropical como los implementados en Baja California Sur en México y Santa Catarina en Brasil (FAO, 2020; Treviño *et al.*, 2020).

En el 2017, la producción mundial fue de 600000 T de *M. gigas*, siendo Japón el mayor productor y distribuidor de ostras registrado; en cuanto al mercado, la presentación más cotizada son ostras en media concha. Esta práctica reduce los costos del procesamiento, pero incrementa la inversión en la trazabilidad de producción e inocuidad del producto final (FAO, 2020; Treviño *et al.*, 2020).

2.5 VARIABLES AMBIENTALES

Entre los factores ambientales que mayormente influyen en el crecimiento y la sobrevivencia de los moluscos bivalvos cultivados en sistemas abiertos se encuentran: la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), la salinidad (‰), el oxígeno disuelto (mg L^{-1}), el pH, la disponibilidad de alimento (mg L^{-1}), los sólidos totales en suspensión (mg L^{-1}), la alcalinidad (mg L^{-1}), corrientes de moderada intensidad (caudal entre $0,3$ a $0,5 \text{ ms}^{-1}$) y la batimetría (m), entre otros (Chávez-Villalba *et al.*, 2010; Nuñez *et al.*, 2010; Góngora-Gómez *et al.*, 2012; Powell *et al.*, 2016; Qin *et al.*, 2022).

Estas variables inciden directamente en la tasa metabólica de las poblaciones, el aprovechamiento y asimilación del alimento disponible, las reacciones enzimáticas que activan el transporte de moléculas a través de las membranas, en el grosor y calidad de la concha, así como la respuesta de defensa ante diferentes patologías, repercutiendo en la capacidad de resiliencia de los organismos cuando son expuestos a alguna condición de estrés (Chávez-Villalba *et al.*, 2010; Nuñez *et al.*, 2010; Góngora-Gómez *et al.*, 2012; Powell *et al.*, 2016; Qin *et al.*, 2022).

Por ejemplo, FAO (2013) reportó rangos óptimos de temperatura para *M. gigas* entre 20 a $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$; mientras que Rodríguez-Vásquez y Flores-Nava (2014) registraron un crecimiento promedio de 95 mm de altura y una supervivencia del $94,72 \%$ en esta especie, al ser sometida a 15 y $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 12 meses de cultivo; este trabajo fue realizado en un sistema lagunar ubicado en Nasvachiste-Macapule, Sinaloa, México. Además, Yukihiro *et al.* (2000) observaron que la temperatura es uno de los factores con mayor influencia en la tasa fisiológica de crecimiento y sobrevivencia en *Pinctada imbricata*.

Por otro lado, Pérez *et al.* (2016) registraron alteraciones en la tasa de crecimiento de *Pinctada imbricata*, cultivada en sistemas suspendidos en el Golfo de Cariaco, Venezuela, argumentando que dicho comportamiento obedeció a las variaciones en la biomasa de clorofila a y seston. Mientras que Lodeiros y Himmelman (2000) indicaron que la clorofila a es un buen predictor del crecimiento para el pectínido *Euvola ziczac* en periodos de surgencia costera.

Otro factor que incide en el crecimiento son los ciclos de inmersión y emersión a los que son sometidas las poblaciones de moluscos bivalvos. La emersión obliga al cierre de las valvas, condición que estimula el metabolismo anaeróbico, induciendo una caída en el pH e incrementando la concentración de iones de Ca^{2+} dentro de la cavidad valvar. Esta etapa recibe el nombre de descalcificación; durante esta condición, la formación de concha se detiene, se reduce la tasa de respiración y el ritmo cardiaco. Posteriormente, el metabolismo se normaliza, una vez que los organismos sean sumergidos en el agua de mar o haya retornado la marea, estimulando los procesos de biomineralización (Huyghe *et al.*, 2019; Louis *et al.*, 2022).

El comportamiento del crecimiento ante las diferentes variables ambientales puede ser determinado mediante la relación del incremento entre las dimensiones corporales; este parámetro recibe el nombre de alometría y es explicado por la ecuación $Y = a * X^b$; donde Y corresponde a la variable dependiente, X a la variable independiente; a y b son constantes de la ecuación (a = al valor donde corta el eje de la abscisa y b = al valor de la pendiente). Es a partir del valor de la pendiente que se puede determinar el tipo de alometría que experimenta la población (Lebata-Ramos *et al.*, 2021).

Por tanto, si el valor de $b=3$ significa que la variable dependiente e independiente crecen al mismo ritmo (isometría); si $b > 3$ el organismo responde a un crecimiento alométrico positivo lo que indica que la variable dependiente aumenta más rápido que la independiente, y el caso contrario ocurre cuando $b < 3$ denominado crecimiento alométrico negativo en este caso la variable dependiente experimenta un incremento menos rápido que la variable independiente. La relación del peso y la longitud es un parámetro muy utilizado para evaluar el comportamiento del crecimiento (Lebata-Ramos *et al.*, 2021).

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de Nicoya es un estuario tectónico tropical situado 10° N y 85° W en la costa pacífica de Costa Rica; presenta aproximadamente 80 km de longitud y un máximo de 50 km de ancho, para un área de 1550 km² (Peterson, 1958; Voorhis *et al.*, 1983). En él se encuentran las áreas de conservación Tempisque y Pacífico Central, la Reserva Biológica Isla Pájaros, la Reserva Biológica Isla Negritos, la Reserva Biológica Isla Guayabo, la Zona Protegida Río Tivives, el Refugio Nacional de Fauna Silvestre Curú y el Refugio Nacional Palo Verde, entre otras (Nielsen-Muñoz y Quesada-Alpizar, 2006). Además, alberga 15176 ha de manglares, las cuales han sido incluidas junto con las 17737 ha ubicadas en el sistema Térraba-Sierpe dentro de los humedales con importancia internacional para la conservación y el manejo racional (Decreto ejecutivo No. 35803-MINAET, 16 de abril del 2010).

Los servicios ecosistémicos que brinda el Golfo de Nicoya son aprovechados por 11000 pescadores artesanales procedentes de las 22 comunidades que residen al entorno de este sistema natural; los cuales generan encadenamientos productivos y empleos asociados a la industria de proceso y la cadena de comercialización, actividad que se enmarca dentro del Código de Conducta para la Pesca Responsable, aprobado y recomendado por la FAO, como instrumento técnico guía para la coexistencia de una actividad pesquera sostenible (Decreto ejecutivo No. 271919-MAG, 14 de junio de 1999; Pacheco *et al.*, 2012).

Este ecosistema se caracteriza por ser un refugio de desove y crianza para juveniles de una gran diversidad de organismos marinos con importancia ecológica y comercial. Es un atractivo turístico de relevancia para la economía local y funciona como vía de comunicación acuática nacional e internacional desde el puerto turístico de Puntarenas hasta Puerto Caldera; presenta diferentes muelles donde opera la flota pesquera, y es un sistema con características idóneas para la acuicultura marina de pequeña escala y la extracción de sal (Castro y Jiménez, 2021).

De acuerdo con sus condiciones hidrográficas y fisicoquímicas, se le divide en zona interna y zona externa; la zona interna está bordeada por manglares y llanuras fangosas; es un área somera con profundidades menores a 25 m, mientras que la zona externa se encuentra rodeada por costas rocosas y playas arenosas con pendiente abrupta, mostrando profundidades superiores a los 200 m; una marcada estacionalidad es ocasionada por la época lluviosa que se manifiesta entre mayo-noviembre y la época seca entre diciembre-abril (Epifanio *et al.*, 1983; Voorhis *et al.*, 1983; Lizano y Vargas, 1994; Vargas, 1995; Brenes *et al.*, 1996).

Durante la estación lluviosa, en la parte externa se forma un flujo superficial mar afuera, el cual es compensado por el aporte de agua salina que fluye hacia la boca del estuario en los niveles más profundos. En esta época los ríos Tempisque y Bebedero aportan descargas de casi $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en la parte interna; mientras que en la zona externa el río Tárcoles descarga entre $100\text{-}200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y el río Barranca entre $30 \text{ a } 50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Peterson, 1958; Brenes *et al.*, 1996; Brugnoli y Morales, 1999; Kress *et al.*, 2002).

Por otro lado, la turbidez y el oxígeno disuelto son fuertemente modificados por la cantidad de agua dulce y los flujos de materia orgánica transportados por estos ríos durante la época lluviosa, los cuales tienden a depositarse más en la zona interna, debido al fenómeno de floculación y la entrada de agua salina profunda al Golfo de Nicoya (Lizano, 1998; Kress *et al.*, 2002).

Al finalizar la estación lluviosa, los vientos y las mareas rompen la estratificación, siendo esta dinámica acompañada por un ingreso pasivo de aguas oceánicas, modulando los ciclos mensuales de circulación y mezclas verticales, así como la estructura biológica del Golfo de Nicoya, rompiendo el gradiente vertical salino (Epifanio *et al.*, 1983; Voorhis *et al.*, 1983; Lizano y Vargas, 1994; Vargas, 1995; Brenes *et al.*, 1996; Brugnoli y Morales, 1999).

Durante la estación seca, la mayoría de los nitratos y fosfatos se registran en la zona exterior de la boca del golfo. La estratificación vertical mantiene el agua ecuatorial superficial (E-SW) rica en nutrientes a profundidades por debajo de la termoclina, principalmente en la zona externa, mientras que, en la parte central, se localiza la mayor energía disipativa de las mareas; factor responsable en la mezcla vertical de nutrientes (Chaves y Birkicht, 1996; Palter *et al.*, 2007).

Según Lizano (1998), los gradientes de salinidad que experimenta este sistema podrían ser los responsables de la distribución del recurso pesquero sobre algunas depresiones específicas en el golfo, favoreciendo así la alta productividad, razón por la que se considera al Golfo de Nicoya uno de los cuerpos de agua más importantes del mundo. Según Wolff *et al.*, (1998), el Golfo de Nicoya contribuye en hasta un 90% del

total del recurso pesquero, alberga una gran diversidad de moluscos bivalvos y gasterópodos (Cruz y Jiménez, 1994), 146 especies de poliquetos (Dean, 2016), 10 especies de estomatópodos, 95 de decápodos, 37 de copépodos, 9 especies de gusanos y 214 especies de peces (Bartels *et al.*, 1983; Hossfeld, 1996; Bussing y López, 1999).

3.2 SITIO DE ESTUDIO

En la figura 1 se muestra el área marina donde se realizó el presente trabajo; los sitios de muestreo se encuentran en la zona interna del Golfo de Nicoya, específicamente en el Área Marina de Pesca Responsable Palito-Montero de Isla Chira y en la cercanía de Isla Pajarita ubicada dentro del Área Marina de Pesca Responsable de Costa de Pájaros, identificadas de aquí en adelante como la estación 9 (EST₉) y la estación 22 (EST₂₂), respectivamente.

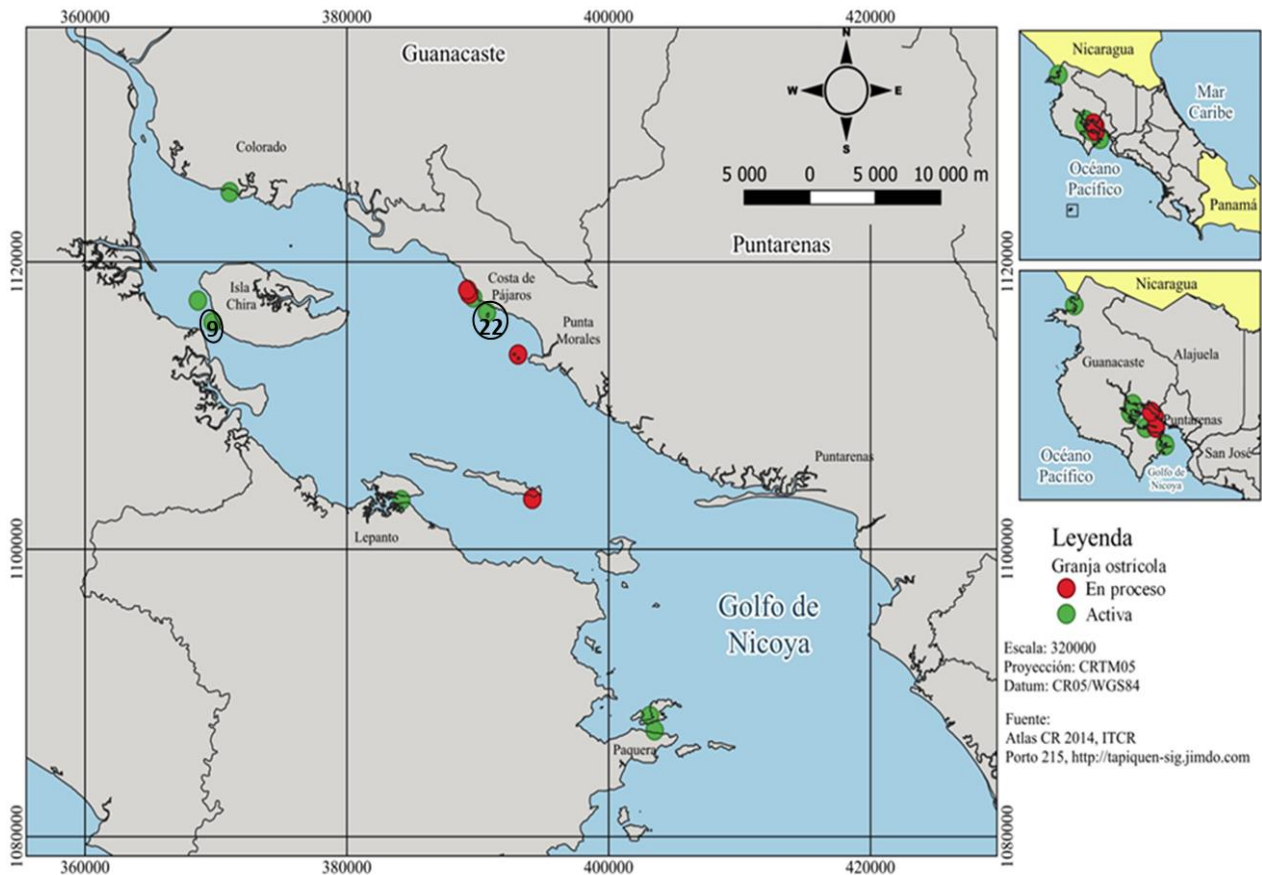


Figura 1. Sitios de estudio EST₉ granja ostrícola ASOPECUPACHI, EST₂₂ granja ostrícola Huertos Marinos (9 = EST₉, 22 = EST₂₂).
Elaborado por: Rebeca Quesada Lab. SIG Marino ECB-EBM-UNA (2016)

La zona interna del Golfo de Nicoya se extiende desde el río Tempisque hasta un límite imaginario definido por una línea recta entre Puntarenas e Isla San Lucas; se caracteriza por presentar profundidades entre los 0 a 20 m y variaciones de temperatura superficial que oscilan entre los 20 a 29 °C, generando una condición térmica homogénea en la columna de agua durante todo el año, producto de la dinámica de los vientos y la onda de mareas (Brenes *et al.*, 2001). El cuadro 1 muestra la caracterización de las variables ambientales reportadas en los sitios de estudio y alrededores durante el periodo 2000-2002, 2007-2008 y 2012-2013 (Salazar *et al.*, 2004; Pacheco *et al.*, 2012; García *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Variables ambientales registradas en la zona de estudio, Golfo de Nicoya.

AMPR	Época climática	Periodo	Prof. marina m	Oxígeno mg L ⁻¹	Temperatura °C	Salinidad ‰	pH	Turbidez NTU	TTS mg L ⁻¹	Velocidad de corriente cm/seg	Prof. Secchi m	Referencia
Isla Chira	Lluviosa	Marzo 2000 Marzo 2002	1		29,2 -31,45					3,0 -79,2		Salazar <i>et al.</i> (2004)
Costa de Pájaros	Lluviosa	Septiembre 27-29 2007	1	5,1 -6,8	27,5 -29,4	26 -30	7,6 -7,7	22 -37				Pacheco-Urpí <i>et al.</i> (2012)
			2		28,8 -33,8				2,2 -51,4			
			5	4,3 -6,6	26,4 -30,0	27 -30	7,5 -7,6	24 -32				
Costa de Pájaros	Seca	Abril 3 -4 2008	1	4,4 -5,6	30,0 -31,0	31 -32	7,6 -7,7	14 -20				Pacheco-Urpí <i>et al.</i> (2012)
			5	4,1 -5,1	29,0 -30,0	32,0	7,6 -7,7	14 -60				
Puerto Nispero	Seca	Marzo 2012 Marzo 2013		3,3 -6,0	27,3 -30,6	7,3 -22,3			8,1 -23		0,09 -0,06	García <i>et al.</i> (2017)

Abreviación: AMPR, Área Marina de Pesca Responsable

3.3 POBLACIÓN SUJETA DE INVESTIGACIÓN

Se trabajó con un lote de 20000 semillas de *M. gigas* calibre 4,6 mm de altura (H mm), procedentes del Laboratorio de Cultivo y Reproducción de Moluscos (LABCPM), ubicado en la Estación de Biología Marina (EBM), UNA, Puntarenas. El 6 de junio del 2018 se trasladó el 50 % del lote a la unidad experimental EST₉, ubicada en la granja ostrícola de la Asociación de Pescadores y Cuaderos de Isla Chira (ASOPECUPACHI), y el 50 % restante se trasladó a la EST₂₂, situada en la granja ostrícola Huertos Marinos (Figura 1).

3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Siembra

Los juveniles de ostras fueron distribuidos en 5 bolsas de 500 µm de luz de malla a una densidad de 2000 individuos por bolsa, cada bolsa se colocó en una linterna, para un total de cinco linternas; dos bolsas del total se utilizaron como respaldo, por cualquier imprevisto durante la fase de aclimatación.

Las linternas se elaboraron con malla de nylon de 2,5 mm de luz, 1,5 m de largo y 0,5 m de diámetro. Posteriormente, se trasladaron a los sistemas de cultivo debidamente etiquetadas donde fueron atadas en la línea madre del sistema suspendido tipo long line a una profundidad de 1,5 m; los cuales fueron previamente preparados en la EST₉ y EST₂₂ (Figura 2); una vez instaladas las semillas en el sistema de cultivo experimental, se midieron las variables ambientales que se describen más adelante en el apartado 3.4.5.

El personal de las granjas ostrícolas de ASOPECUPACHI y Huertos Marinos brindaron la vigilancia y mantenimiento diario a las siembras experimentales, con el fin de evitar la colmatación de la bolsa por materia orgánica y limo, mediante sacudidas leves a la linterna dentro del cuerpo de agua.

Esta manipulación favoreció el flujo del agua dentro del sistema de aclimatación; cinco días después las bolsas de siembra fueron cambiadas por bolsas nuevas; a los quince días de aclimatación tres bolsas de siembra fueron seleccionadas al azar y marcadas como repeticiones experimentales (R_1 , R_2 y R_3). Posteriormente, cada grupo fue transferido a una bolsa de engorde (luz de malla de 2 mm), colocadas nuevamente en linternas identificadas como R_1 , R_2 y R_3 y llevadas a la unidad de cultivo (Figura 2).

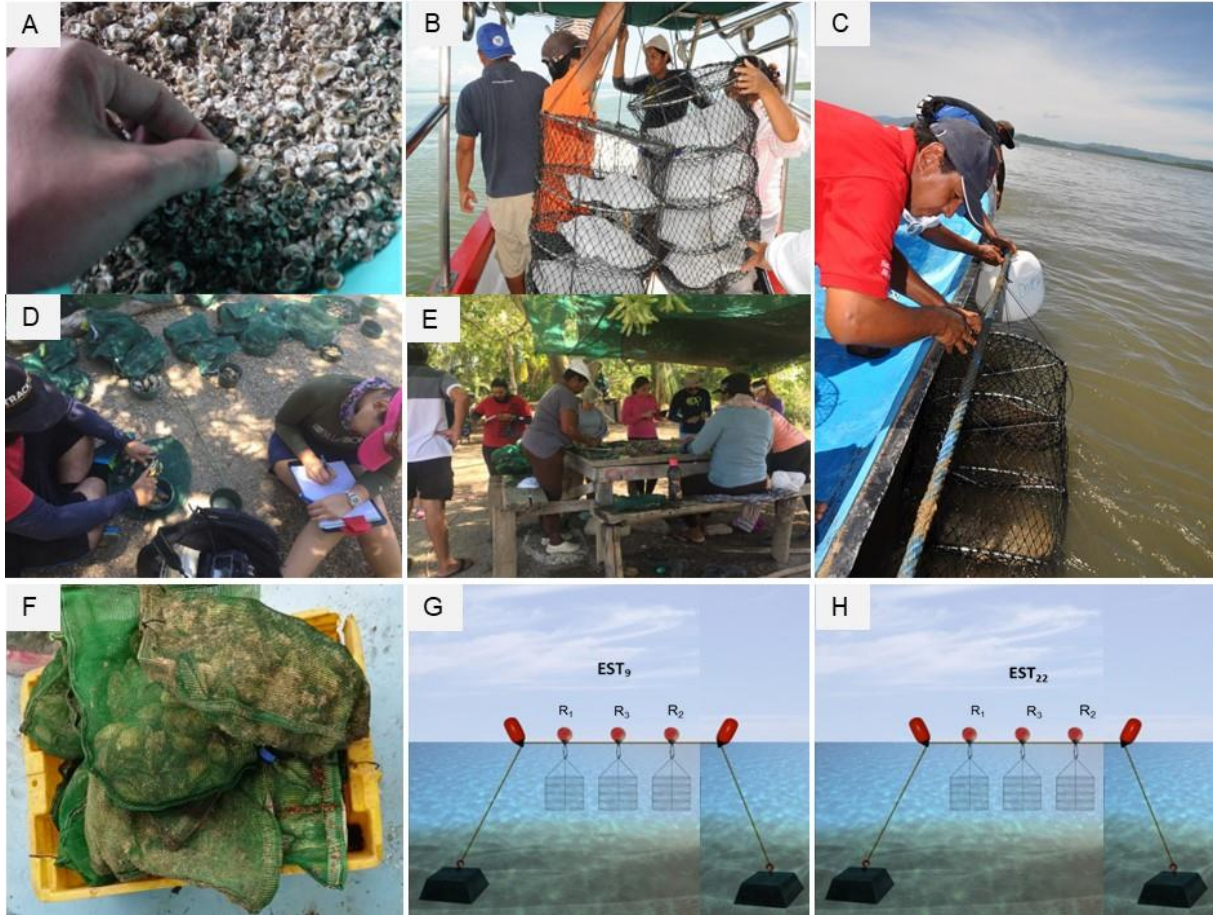


Figura 2. Siembra y manejo de la producción.

A: Semilla de ostra, B: Linterna con bolsa de siembra, C: Instalación de linternas al sistema de cultivo, D: Monitoreo del crecimiento y sobrevivencia, E: Eliminación de incrustantes, F: Bolsa para engorde, G-H: Distribución de linternas EST₉ y EST₂₂. Elaborado por: Arias-Valverde y Pacheco-Prieto 2022.

3.4.2 Determinación de crecimiento y sobrevivencia

Para la determinación del crecimiento, se realizó un muestreo al azar mensualmente de 30 individuos por repetición ($n_{\text{total}} = 90$), sin retorno a la unidad experimental. Las muestras fueron trasladadas al LABCPM ubicado en la EBM, UNA, Puntarenas, debidamente empacadas y etiquetadas para los respectivos análisis de biometría, peso húmedo (g), peso seco (g), determinación de sexo y madurez, descritos en el apartado 3.4.3.

La sobrevivencia se determinó mediante conteo manual de los organismos de cada repetición; paralelamente se trabajó en la eliminación de epibiontes; práctica realizada mediante inmersiones de los organismos en agua dulce durante 0,5 horas a la población con una altura de $H \leq 30$ mm y 4 horas a la población $H \geq 30$ mm, raspado de la concha manualmente con espátula y exposición en seco por un periodo de 4 horas cada 15 días. Además, se tomaron muestras de conchas de organismos muertos, las cuales fueron trasladadas al LABCPM para determinar posibles lesiones por perforadores como, por ejemplo, *Lithophaga* sp. (familia Mytilidae), *Polydora* sp. (familia Spionidae), mordeduras por depredadores y otras posibles afectaciones (Figura 2).

Una vez eliminados los epibiontes, se procedió a clasificar los organismos de cada repetición por tallas, utilizando un vernier reloj marca General ($\pm 0,01$ mm), para el respectivo ajuste en la densidad, como se muestra en el Cuadro 2. Posteriormente, cada grupo fue colocado en las bolsas de engorde y éstas en las respectivas linternas que fueron trasladadas nuevamente a la unidad experimental, debidamente cerradas y etiquetadas (Figura 2).

Cuadro 2. Ajuste en la densidad de *M. gigas* utilizando como criterio la altura (H mm).

Linterna	
Altura mm	individuos / piso
2-3	3000
4-5	2000
6-9	2000
10-14	1000
15-19	1000
20-24	500
25-29	500
30	100
50-70	100
> 70	50

3.4.3 Determinación de variables biológicas

La biometría se realizó mediante mediciones de la altura (H mm), la longitud (L mm) y el espesor (E mm), como se muestra en la Figura 3; para ello se utilizó un vernier reloj marca General ($\pm 0,01$ mm).

El peso total se determinó con una balanza OCONY (capacidad máxima $2000 \pm 0,1$ g); seguidamente se procedió a separar el tejido blando de la concha de cada individuo con la ayuda de un bisturí. Las muestras fueron previamente identificadas según fecha, procedencia y repetición; el peso húmedo del tejido blando y la concha se obtuvieron con una balanza analítica Sartorius ($120 \pm 0,0001$ g).

Para la determinación del peso seco, el tejido blando y la concha fueron sometidos a una temperatura de $90 \pm 2,5$ °C durante 48 horas en un horno modelo Thermo Scientific; posteriormente cada muestra fue colocada en un desecador durante 24 horas hasta alcanzar la temperatura ambiente. El peso seco en tejido y concha se obtuvo con una balanza analítica Sartorius ($120 \pm 0,0001$ g).

Esta información fue utilizada para la determinación de los siguientes indicadores de crecimiento: la frecuencia de tallas por muestreo, la tasa absoluta de crecimiento (TAC), la tasa relativa de crecimiento (TRC), la tasa instantánea de crecimiento (TICR), el índice de condición comercial ($IC_{\text{comercial}}$), el índice de condición base peso seco (IC_{ps}) y el grosor de la concha (Gc), descrito en el apartado 3.5.

Por otro lado, se categorizó mensualmente la madurez y el sexo de 30 individuos muestreados al azar, según la descripción utilizada por (Lango-Reynoso *et al.*, 2000; Qin *et al.*, 2022) mediante observaciones macro y de frotis gonádico, para lo cual se utilizó un estereoscopio binocular marca MOTIC y un microscopio binocular marca OLYMPUS.

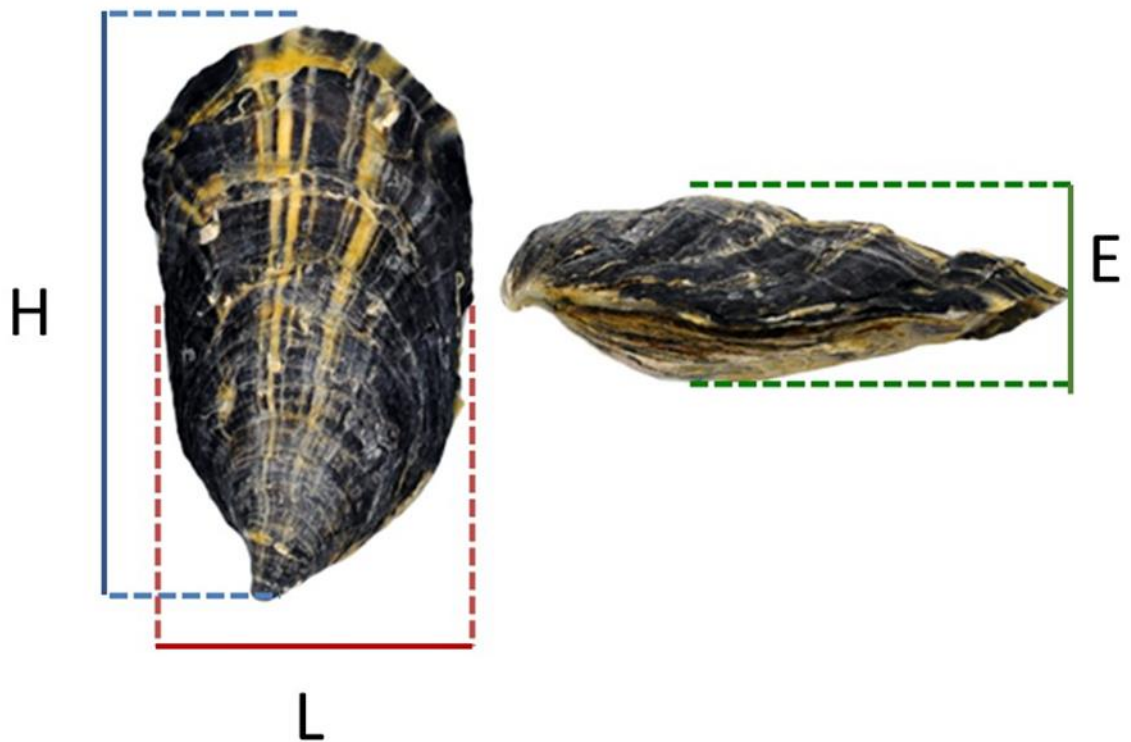


Figura 3. Variables biométricas determinadas en *M. gigas* para este estudio.
(Hmm= altura, Lmm= longitud, Emm= espesor).
Elaborado por: Pacheco-Prieto 2015.

3.4.4 Sobrevivencia

La sobrevivencia se determinó cada 15 días mediante conteo manual de los individuos vivos registrados en cada repetición ($N_i (T_2-T_1)$ = cantidad de ostras vivas en el T_2). Posteriormente, los organismos fueron colocados en bolsas de engorde que se reinsertaron en las linternas debidamente etiquetadas y vueltas a instalar en la unidad experimental.

3.4.5 Determinación de variables fisicoquímicas

Mensualmente, se determinó la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (‰), pH y oxígeno disuelto (mg L^{-1}); estas mediciones se realizaron con un multiparámetro YSI 556. Mientras que la alcalinidad (mg L^{-1}), biomasa de clorofila a (mg m^{-3}) y sólidos totales en suspensión (mg L^{-1}) se determinaron mediante la colecta de muestras de agua tomadas en la EST₉ y la EST₂₂ utilizando una botella Niskin de 2000 ml; tanto la colecta de agua y la medición de parámetros ambientales se tomaron a 1,5 m de inmersión, correspondiente a la profundidad donde se ubicaron los organismos en experimentación.

Posteriormente, las muestras fueron trasladadas en botellas de 2000 ml debidamente etiquetadas, transportadas en frío a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y oscuridad, al Laboratorio de Calidad de Aguas (LCA) ubicado en la EBM, UNA, Puntarenas, para los correspondientes análisis de clorofilas, sólidos totales en suspensión y alcalinidad. La determinación de clorofilas se realizó mediante el método químico propuesto por Strickland y Parson (1972); mientras que la alcalinidad y sólidos totales en suspensión (TTS) se determinaron por el método 230, 2540 D - 2540 E, descrito en APHA-AWWA-WEF (2005).

3.4.6 Transparencia y profundidad fótica

La transparencia del agua se midió mensualmente utilizando un disco de Secchi con un radio de 30 cm. La misma es expresada como la profundidad máxima (m) de visión del disco de Secchi; este valor es utilizado para determinar la profundidad de compensación (PC) (Arias *et al.*, 2001).

$$PC = K \times d$$

k = coeficiente de extinción de la luz (m^{-1}) = 2,7 para sistemas estuarinos

d = profundidad de visión del disco de Secchi en metros.

3.4.7 Protocolo de producción

Para la elaboración del protocolo en el manejo de la producción se utilizaron los métodos empleados en este trabajo, centrados principalmente en la prevención de infestaciones, mediante el reconocimiento y eliminación de organismos no deseados; ajustes de la densidad según el incremento de la altura registrada en cada población experimental, con la finalidad de reducir el hacinamiento de los organismos dentro de la linterna, uso de equipo para mediciones biométricas, ordenamiento en la trazabilidad antes, durante y después de cada faena de mantenimiento de la producción, así como en los sistemas de cultivo.

En cuanto al personal, se incluye la conformación de cuadrillas y rotación de tareas como, por ejemplo: preparación de equipo, instrumentos y materiales antes de iniciar las labores, ordenamiento del sitio de trabajo antes y después de cada faena, registro de la producción por lotes de siembra; para ello se elaboró una herramienta informática básica de seguimiento de la producción; también se realizó una revisión bibliográfica de experiencias reportadas en otros países de la región.

3.5 ANÁLISIS DE DATOS

Las relaciones biométricas y el porcentaje de sobrevivencia son parámetros necesarios que permiten programar la oferta del producto, determinar la calidad para venta, así como estructurar estrategias de mejora en la gestión integral de la unidad de producción. A partir de los datos obtenidos en el campo se realizaron las siguientes determinaciones:

3.5.1 Crecimiento

- Crecimiento absoluto (TCA), según Rodríguez-Quiroz *et al.* (2016)

$$TCA = ((Y_2 - Y_1) * (T_2 - T_1)^{-1})$$

Y_2 = altura H(mm) en el T_2

Y_1 = altura H(mm) en el T_1

T_2 y T_1 = diferencia de tiempo entre muestreos.

- La tasa de crecimiento relativo, según Rodríguez-Quiroz *et al.* (2016).

$$((Y_2 - Y_1) * Y_1^{-1}) * (T_2 - T_1)^{-1}$$

donde

Y_2 = altura H(mm) en el T_2

Y_1 = altura H(mm) en el T_1

T_2 y T_1 = diferencia de tiempo entre muestreos

- La tasa instantánea de crecimiento relativo, según Xiao *et al.* (2005).

$$TCIR = ((\ln Y_2 - \ln Y_1) * (T_2 - T_1)^{-1}) * 100$$

donde

Y_2 = altura H(mm) en el T_2

Y_1 = altura H(mm) en el T_1

T_2 y T_1 = diferencia de tiempo entre muestreos

- Crecimiento alométrico según Powell *et al.* (2016)

$$W = a * H^b$$

donde

W = peso total (g)

H = altura (mm)

a = coeficiente donde corta el eje x

b = la pendiente de la curva

- Índice de condición con base al peso fresco según Hickman e Illingworth (1980).

$$\% IC_{\text{comercial}} = (P_{ts} * P_t^{-1}) * 100$$

donde

P_t = Peso total vivo (g)

P_{ts} = Peso tejido somático fresco (g)

- Índice de condición con base en el peso seco, según Walne (1976).

$$IC_{ps} = (P_{st} (g) * P_{sc} (g)^{-1}) * 100$$

donde

P_{st} = peso seco de tejido (g)

P_{sc} = peso seco de concha (g)

- Calcificación de la concha

La calcificación se obtuvo mediante la determinación del grosor de la concha (G_c) según la ecuación propuesta por Yap *et al.* (2003).

$$G_c (g * mm^{-2}) = P_c * (H(mm) * L(mm))^{-1}$$

donde

P_c = peso seco de la concha (g)

H = altura de la concha (mm)

L = longitud de la concha (mm)

3.5.2 Porcentaje de sobrevivencia

$$\% \text{ Sobrevivencia} = (N_{T1} - N_{T2}) * 100$$

donde

N_{T1} = Número de individuos en el T₁

N_{T2} = Número de individuos en el T₂

Se realizó un análisis de búsqueda de datos atípicos con el programa estadístico SPSS base 22.0. El comportamiento del crecimiento de *M. gigas* cultivada en la EST₉ y EST₂₂ se evaluó preliminarmente mediante el análisis en la distribución de frecuencias relativas a partir de las observaciones obtenidas en la variable biométrica altura (H mm).

Las pruebas de sesgo y curtosis estandarizada se utilizaron para determinar la normalidad de los datos en cada repetición. Una ANOVA se aplicó para comparar las repeticiones en cada estación y las poblaciones experimentales entre estaciones (EST₉ y EST₂₂); verificada mediante la prueba de Levene's para desviaciones estándar ($p \leq 0,05$). La prueba de Kruskal-Wallis se empleó en los casos donde el conjunto de datos no cumplió con alguno de los supuestos de normalidad, homogeneidad y homocedasticidad.

El crecimiento alométrico de *M. gigas* se determinó en cada sitio mediante un análisis de regresión simple, correspondiente a la relación del peso total (g) y la altura (H mm), y un análisis multivariado de correlaciones se realizó entre las variables ambientales y biométricas registradas para cada estación; los paquetes estadísticos utilizados en este trabajo fueron: Microsoft Excel, SPSS STATISTICS BASE 22.0 y STATGRAPHICS CENTURION XVI.

4. RESULTADOS

4.1 CRECIMIENTO

Las medidas de tendencia central y variabilidad observadas ($n=776$) en las poblaciones experimentales de la EST₉ y EST₂₂ mostraron una distribución asimétrica positiva y asimétrica negativa a los 50 días de cultivo, respectivamente. Patrones multimodales se registraron durante el periodo de estudio en ambas estaciones; una tendencia platicúrtica predominó en la EST₂₂ entre los 187 hasta 251 días de cultivo (Figuras 4, 5 y 6).

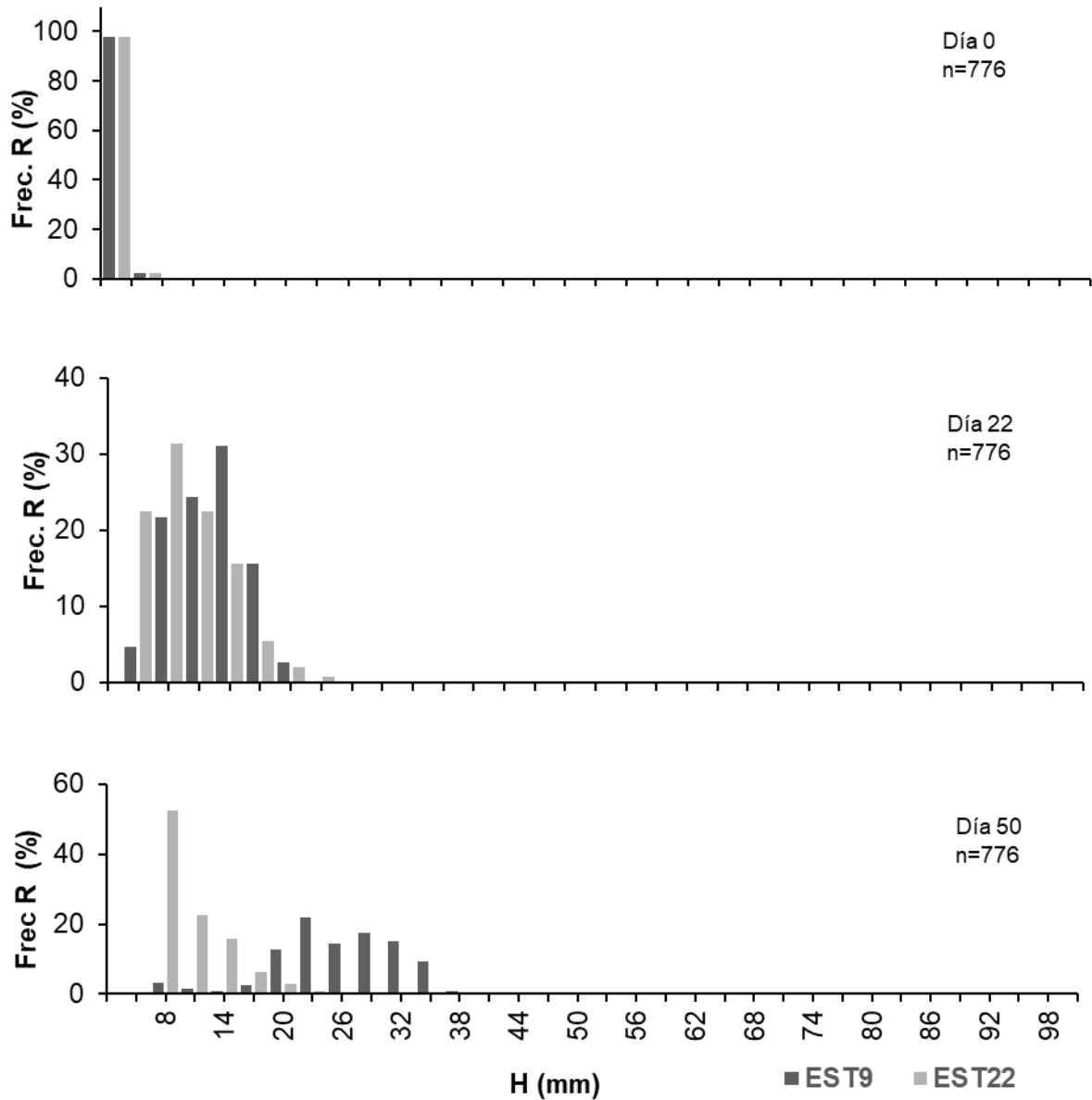


Figura 4. Distribución de frecuencia relativa en altura (H mm) de *M. gigas* cultivada en el Golfo de Nicoya durante junio 2018 a febrero 2019 (n=776 total de individuos).

Según el análisis de Frec.R, la población de la EST₉ experimentó un mayor crecimiento (H mm) a los 50 días de cultivo. Sin embargo, a los 187 días el comportamiento fue muy parecido en ambas estaciones, mientras que al final del estudio las mayores tallas se observaron en la EST₂₂ (Figuras 5 y 6).

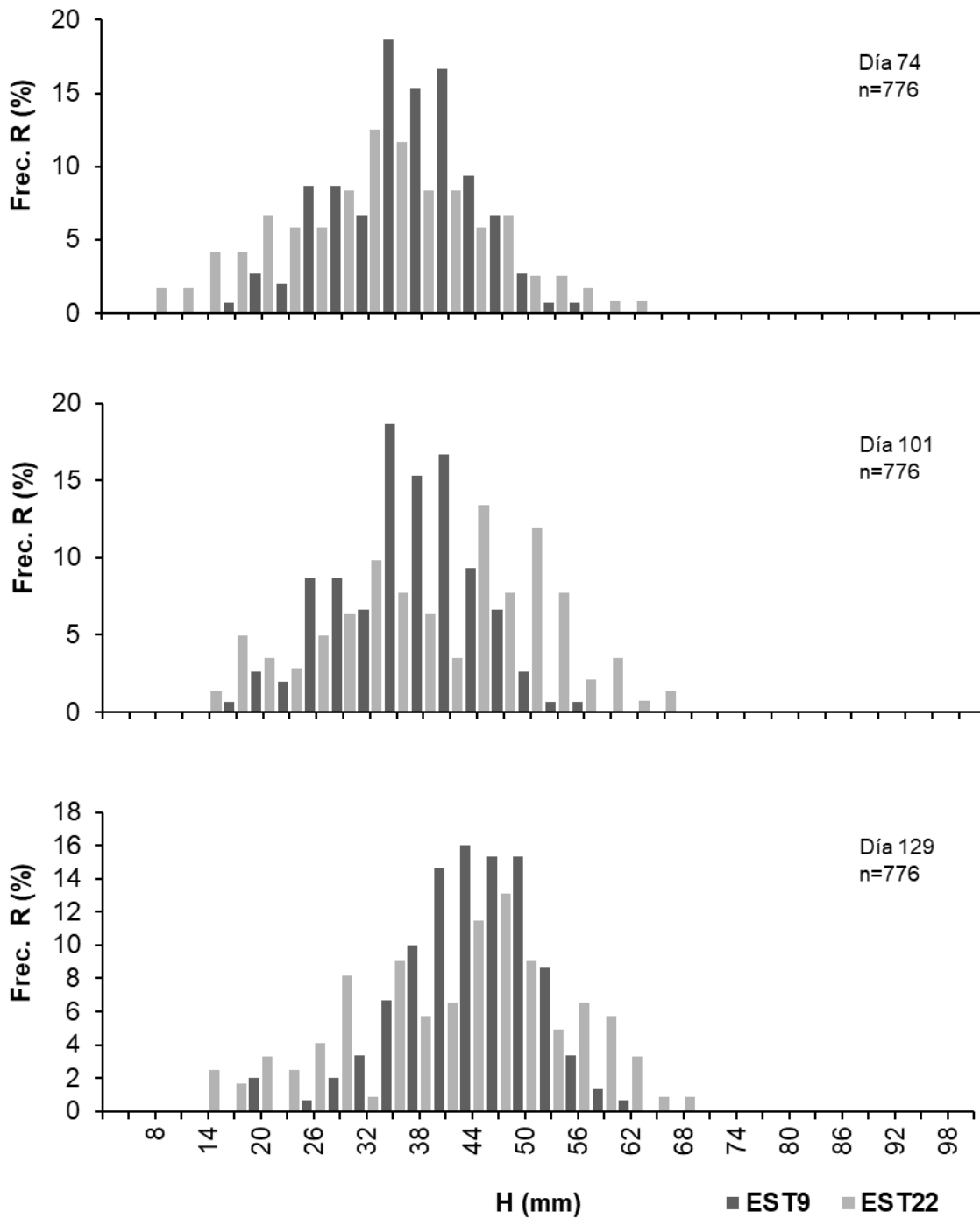


Figura 5. Continuación Distribución de frecuencia relativa en altura (H mm) de *M. gigas* cultivada en el Golfo de Nicoya durante junio 2018 a febrero 2019 (n=776 total de individuos).

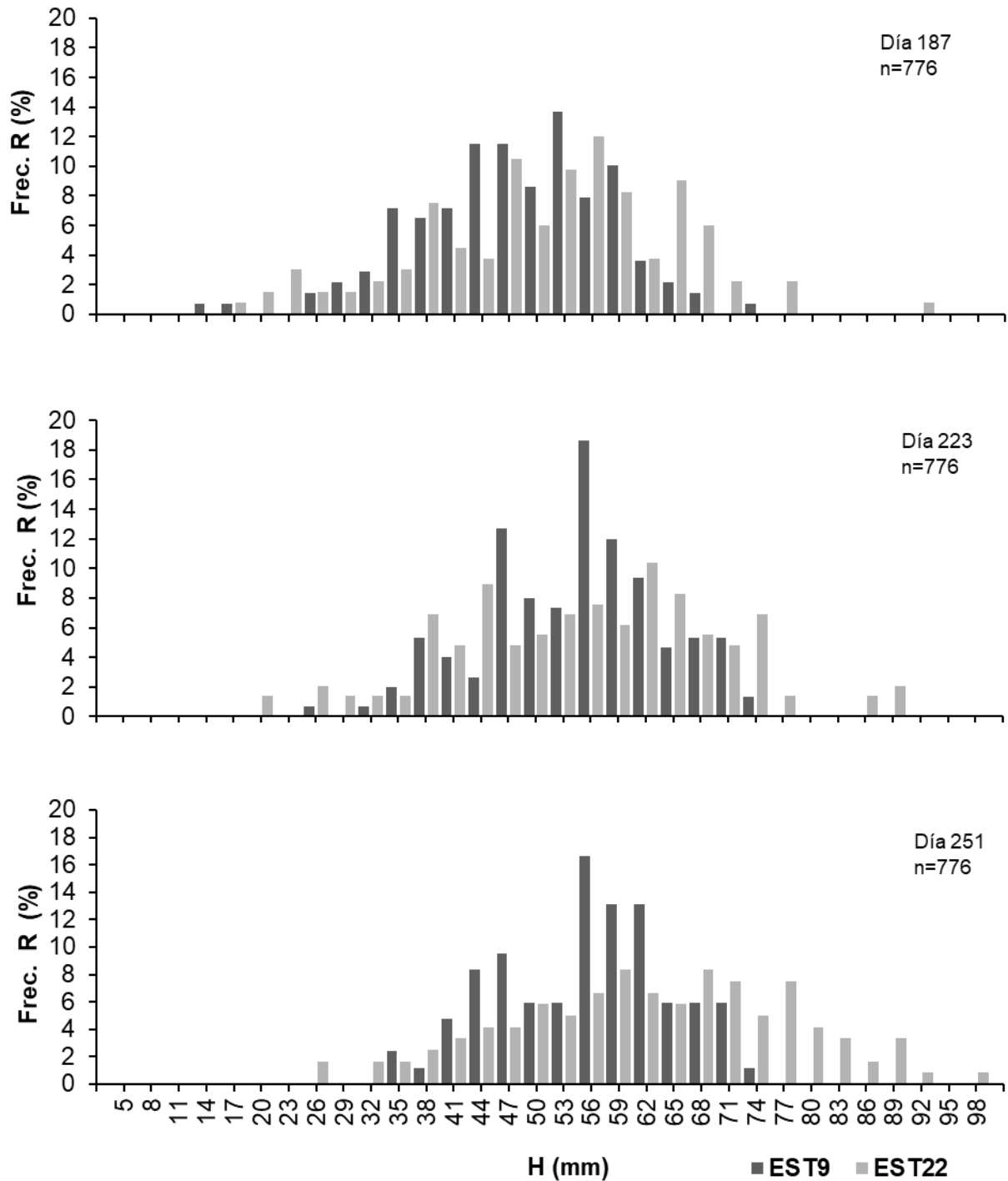


Figura 6. Continuación Distribución de frecuencia relativa en altura (H mm) de *M. gigas* cultivada en el Golfo de Nicoya durante junio 2018 a febrero 2019 (n=776 total de individuos).

Los valores máximos y mínimos de crecimiento ($H \pm 0,01$ mm) se presentan en el Cuadro 3. En el cual se observa que la EST₉ mostró un patrón de animales más grandes entre los 22 a 129 días de cultivo con respecto a la EST₂₂, mientras que la talla mínima de venta (65 mm) se registró a los 129 y 187 días en la EST₂₂ y la EST₉, respectivamente.

Cuadro 3. Máximos y mínimos de la altura en *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.

EDAD	EST ₉			EST ₂₂		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
Días	H±0,1mm	H±0,1mm	H±0,1mm	H±0,1mm	H±0,1mm	H±0,1mm
0	6,4	4,6	4,6	6,4	4,6	4,6
22	19,2	4,7	11,9	21,8	4,0	9,6
50	40,2	10,2	28,5	49,0	6,4	21,9
74	54,4	17,3	36,2	61,5	7,5	39,2
101	63,3	12,0	41,6	64,2	14,5	39,2
129	60,5	20,0	43,6	67,0	12,2	41,7
187	72,2	13,3	47,3	90,7	16,8	50,8
223	75,0	26,3	54,0	89,4	19,9	55,1
251	72,2	34,7	55,4	96,7	25,3	62,1

El crecimiento absoluto promedio (\pm error std.) de *M. gigas* a los 251 días de cultivo fue de H mm= 55,4 \pm 1,8 mm, L mm= 30,94 \pm 1,03 mm, E mm= 22,4 \pm 0,6 mm para la EST₉, y H mm= 62,1 \pm 3,1 mm, L mm= 36,4 \pm 1,7 mm, E mm= 23,6 \pm 0,9 mm en la EST₂₂ (Figura 7).

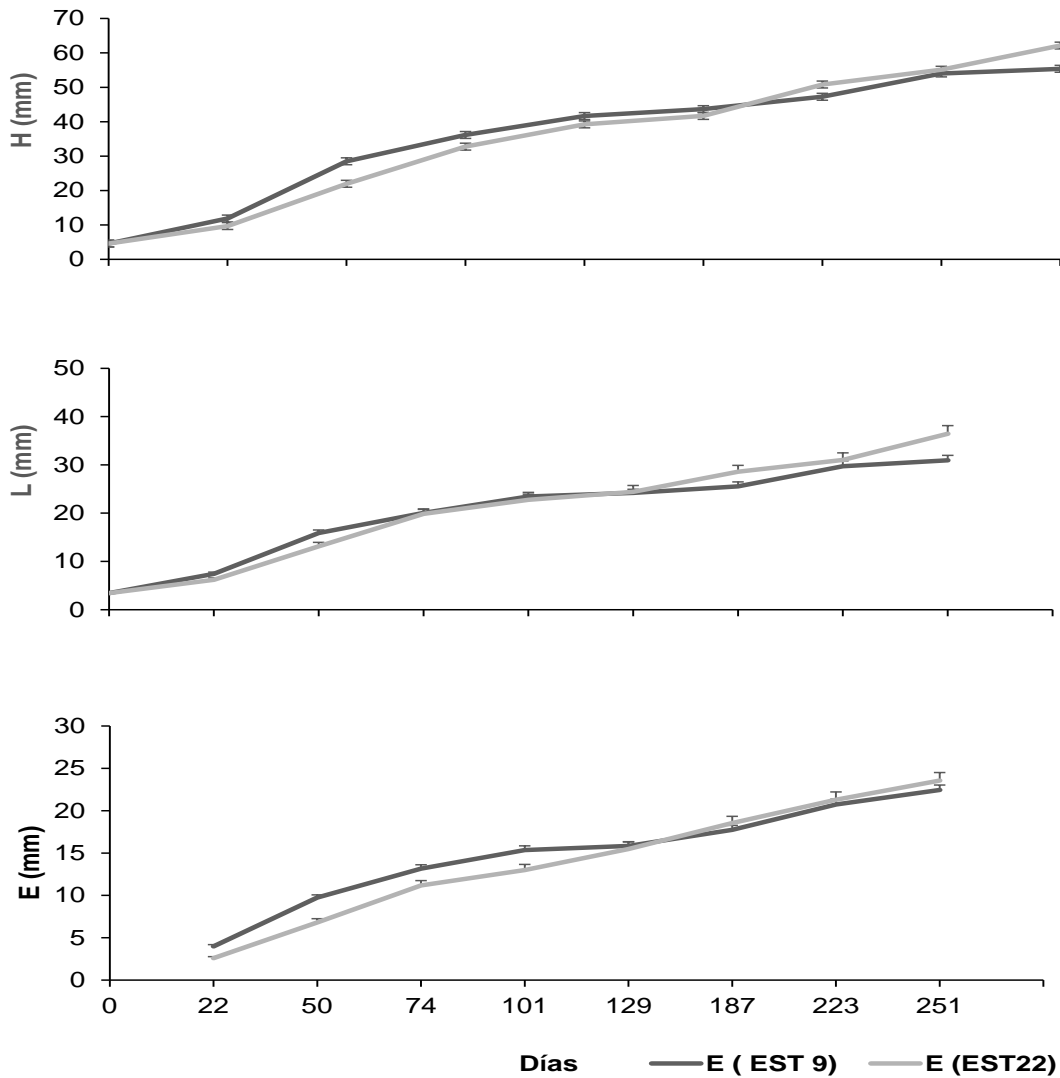


Figura 7. Variación del crecimiento absoluto de *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya. (H mm= altura, L mm= longitud, E mm= espesor, barras= error std.)

En cuanto al peso total, ambas poblaciones presentaron un comportamiento parecido hasta los 123 días de cultivo. No obstante, los organismos de la EST₂₂ mostraron mayor crecimiento a partir de los 187 días con respecto a la población de la EST₉; al final del trabajo se registró un peso promedio de $27,0 \pm 0,1\text{g}$ en la EST₉ y $34,7 \pm 0,1\text{g}$ en la EST₂₂, para una diferencia de $7,7 \pm 0,1\text{g}$ entre las poblaciones de estudio (Figura 8).

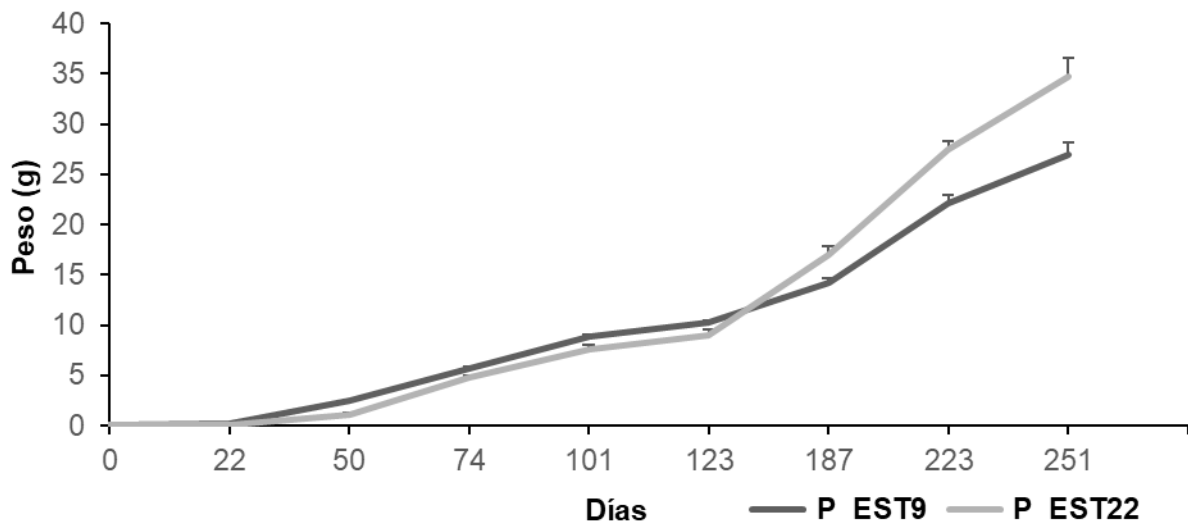


Figura 8. Comportamiento del peso en *M. gigas* cultivada durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya (barras= error std.)

No se registró diferencia significativa en el crecimiento (H mm) de *M. gigas* entre las repeticiones de cada estación. Sin embargo, la prueba de Fisher indica que existe diferencia significativa ($0,007 p < 0,05$) entre las poblaciones de la EST₉ y EST₂₂ (ANEXO A, B y C).

En el Cuadro 4, se muestran los indicadores de crecimiento expresados como la tasa absoluta de crecimiento (TAC), la tasa relativa de crecimiento (TRC) y la tasa instantánea de crecimiento relativo (TICR). Al respecto, se informa que la mayor TAC registrada en la EST₉ fue de 0,6 mm d⁻¹ a los 50 días y 0,62 mm d⁻¹ a los 74 días, en la EST₂₂. Mientras que los valores mínimos registrados fueron de 0,1 mm d⁻¹ y 0,06 mm d⁻¹ a los 129 días, en la EST₉ y EST₂₂, respectivamente. Ambas poblaciones mostraron un incremento cerca de 0,3 mm d⁻¹ a los 251 días, sin diferencias significativas (ANEXO D). Los valores más bajos observados en la TRC fueron de 0,15% en la EST₉ a los 187 días y 0,14% en la EST₂₂ a los 129 días; ambas poblaciones registraron un comportamiento bajo en la TICR entre los 129 hasta los 251 días de cultivo.

En cuanto al promedio registrado durante el periodo de estudio, se informa que la TAC fue de 25 mm d⁻¹ en la EST₉ y 0,25 mm d⁻¹ en la EST₂₂, la TRC de 1,53 mm d⁻¹ en la EST₉ y 1,71 mm d⁻¹ en la EST₂₂, la TICR de 0,84 mm d⁻¹ en la EST₉ y 0,72 mm d⁻¹ en la EST₂₂. Mientras que en la época lluviosa al D₁₂₉ y época de transición lluviosa- seca al D₁₈₇ el promedio registrado en la TAC de la EST₉ fue de (0,3 mm d⁻¹ y 0,17 mm d⁻¹), la TRC (2,33 mm d⁻¹ y 0,19 mm d⁻¹) y la TICR (1,32 mm d⁻¹ y 0,19 mm d⁻¹) y en la EST₂₂ la TAC fue de (0,29 mm d⁻¹ y 0,19 mm d⁻¹), la TRC (2,51 mm d⁻¹ y 0,38 mm d⁻¹) y la TICR (1,12 mm d⁻¹ y 0,07 mm d⁻¹), respectivamente.

Cuadro 4. Indicadores de crecimiento para *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line, durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya

Días	TAC		TRC		TICR	
	EST ₉	EST ₂₂	EST ₉	EST ₂₂	EST ₉	EST ₂₂
0	-	-	-	-	-	-
22	0,33	0,21	6,20	4,61	4,33	3,18
50	0,60	0,35	4,06	3,73	1,76	1,41
74*	0,30	0,62	0,78	3,41	0,30	0,80
101**	0,19	0,22	0,36	0,68	0,13	0,16
129	0,10	0,06	0,24	0,14	0,05	0,03
187	0,09	0,17	0,15	0,41	0,06	0,11
223	0,15	0,16	0,24	0,32	0,05	0,05
251	0,26	0,24	0,18	0,43	0,05	0,04

TAC = Tasa absoluta de crecimiento TRC = Tasa relativa de crecimiento TICR = Tasa instantánea de crecimiento relativo (* Septiembre, ** Octubre)

Por otro lado, la relación de la biomasa y la altura en la ostra rizada *M. gigas* mostró un crecimiento alométrico negativo en ambas estaciones, como se muestra en las ecuaciones ($EST_9 y = 0,0002 x^{2,9309}$, $R^2 = 0,858$ y $EST_{22} y = 0,0002 x^{2,8253}$, $R^2 = 0,8859$) (Figura 9).

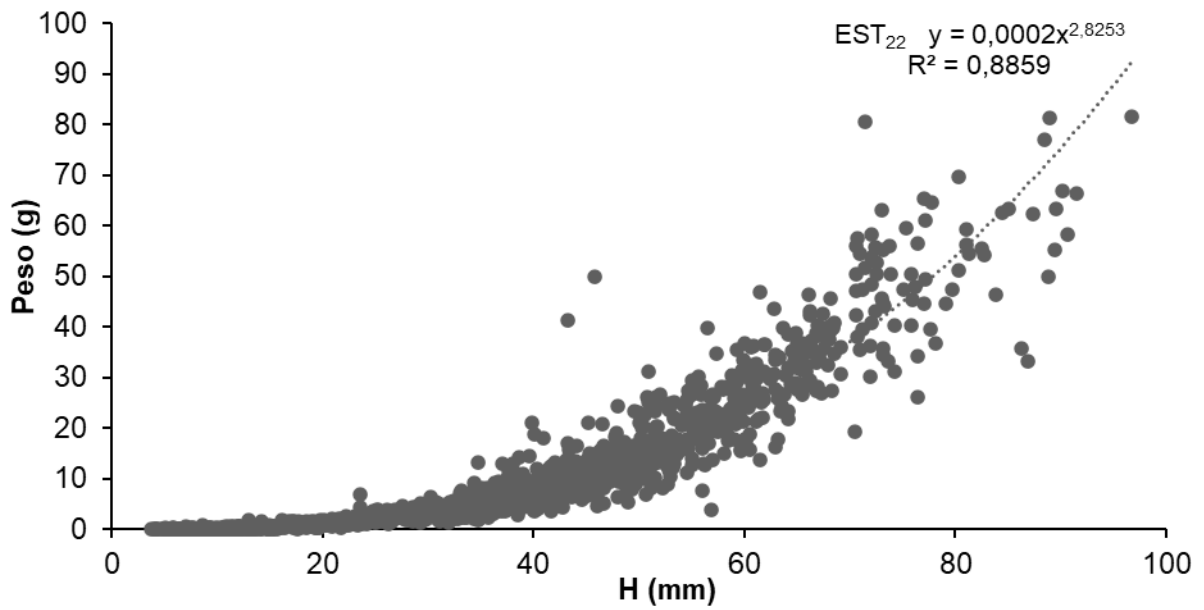
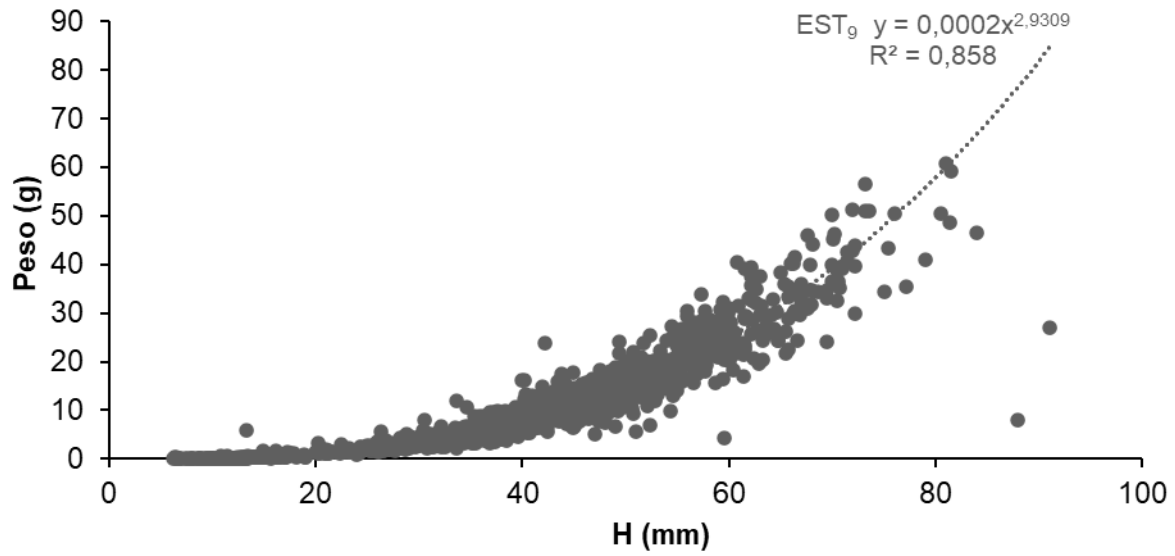


Figura 9. Relación del peso (g) y la altura (H mm) de *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, en la EST₉ y EST₂₂, Golfo de Nicoya.

Con respecto al índice de condición comercial ($IC_{\text{comercial}}$), los valores más altos se observaron a los 50 y 74 días de cultivo en ambos sitios ($43,59 \pm 1,4 \%$ y $32,16 \pm 4,9 z<$) en la EST₉ y ($44,84 \pm 2,6 \%$ y $29,34 \pm 10,13 \%$) en la EST₂₂, respectivamente; el promedio al final del estudio en la EST₉ fue de $27,76 \pm 4,24 \%$ y en la EST₂₂ de $27,26 \pm 8,30 \%$ (Figura 10). La prueba estadística de Kruskal-Wallis reveló que no existe diferencia en el $IC_{\text{comercial}}$ entre las poblaciones experimentales de estudio (ANEXO E).

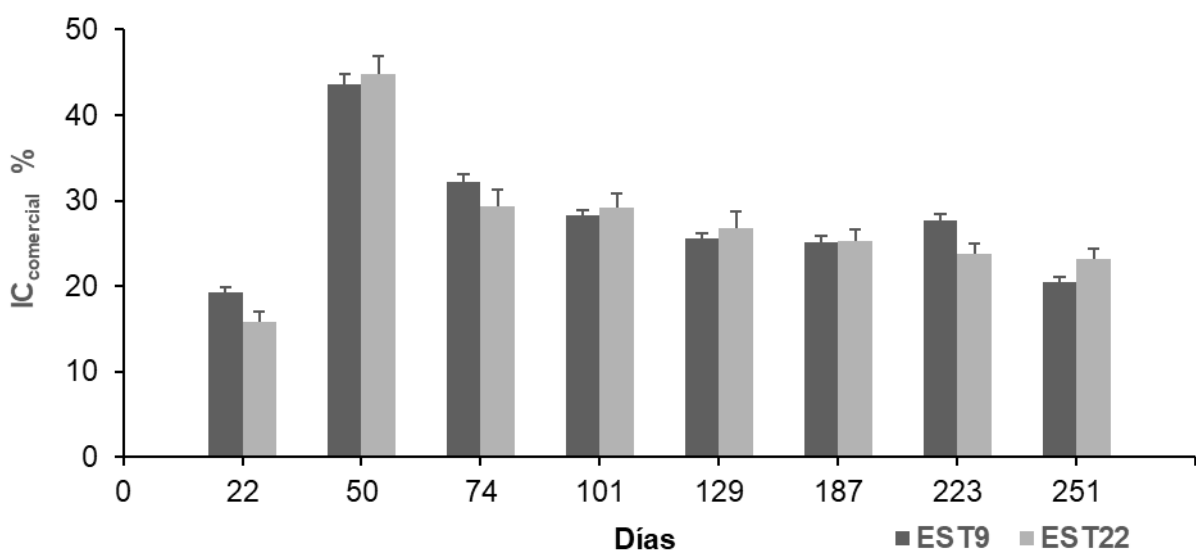


Figura 10. Variación del índice de condición de *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019 en la EST₉ y EST₂₂, Golfo de Nicoya (barras = error std.)

Así mismo, el porcentaje del índice de condición obtenido a partir de la relación entre el peso seco del tejido blando y el peso seco de las valvas (IC_{ps}) mostró un comportamiento parecido en ambas estaciones; el rango registrado en la EST₉ fue entre 42 a 10 %, con un promedio de 20 % y para la EST₂₂ estuvo entre 55 a 10 %, para un promedio de 24 % (Figura 11).

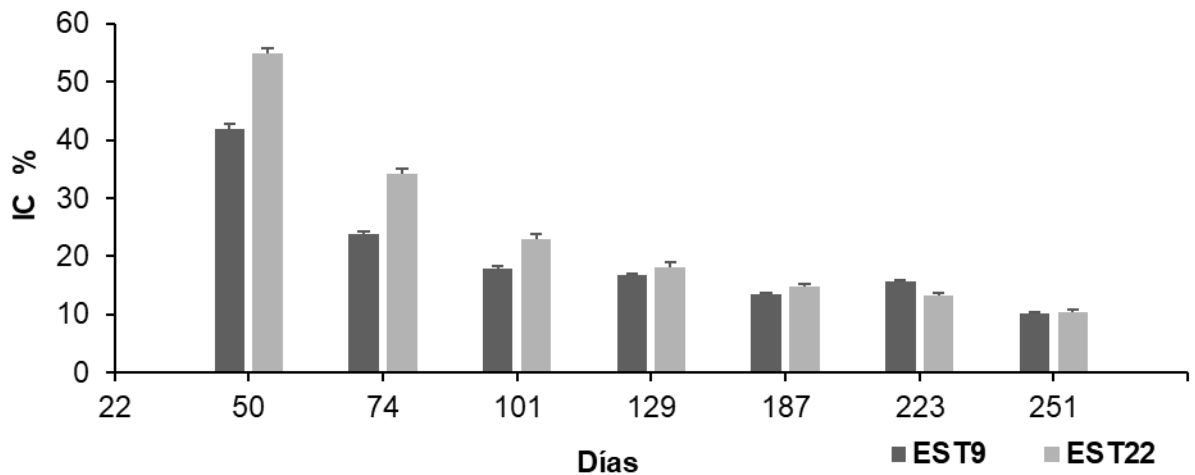


Figura 11. Variación del índice de condición en *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya (barras = error std.)

El comportamiento de la madurez gonádica y la proporción sexual (M:H) registrados mensualmente en la EST₉ y EST₂₂ se muestran en las Figuras 12 y 13; el análisis de intervalos de BONFERRONI evidenció que no hubo diferencia al comparar cada estadio de madurez entre las poblaciones; no obstante, la prueba estadística de Kruskal-Wallis reveló que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en los estadios de madurez de *M. gigas* entre la EST₉ y la EST₂₂ (ANEXO F). Según la Figura 13, los primeros organismos maduros se observaron a partir de los 50 días, predominando los machos en ambos sitios hasta el final del estudio.

Por otro lado, el rango de machos y hembras observados en la EST₉ fue entre 17 a 50 % y entre 1 a 16 %, respectivamente; dos picos se registraron en este sitio a los 101 y 223 días. En cuanto a la EST₂₂, el mayor porcentaje de organismos maduros se presentó entre los 223 y 251 días de cultivo; el rango de machos se registró entre 1 al 60 % y las hembras entre 3 a 22 %, siendo este el mayor porcentaje de hembras observado (Figura 13). Al final del estudio, la proporción de sexos acumulada en el D₂₂₃

y D_{251} en la EST₉ fue de 2,7:1 para un rango de tallas entre $54,0 \pm 0,1$ mm a $55,4 \pm 0,1$ mm y en la EST₂₂ fue de 3,1:1 en organismos con tallas entre $55,1 \pm 0,1$ mm y $62,1 \pm 0,1$ mm, respectivamente.

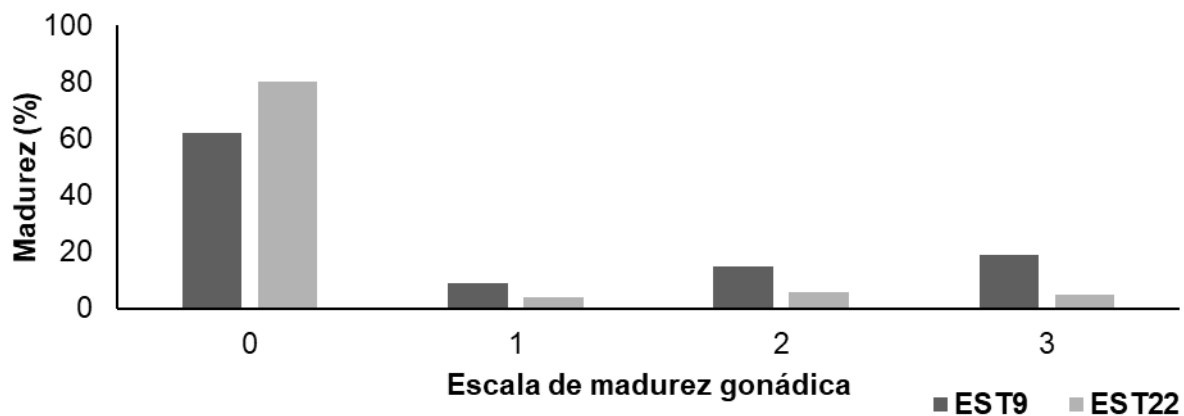


Figura 12. Estadio de madurez de *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line, durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.
0: Inmaduro 1: Folículos apenas visibles 2: Folículos medianamente llenos
3: Presencia de gametos.

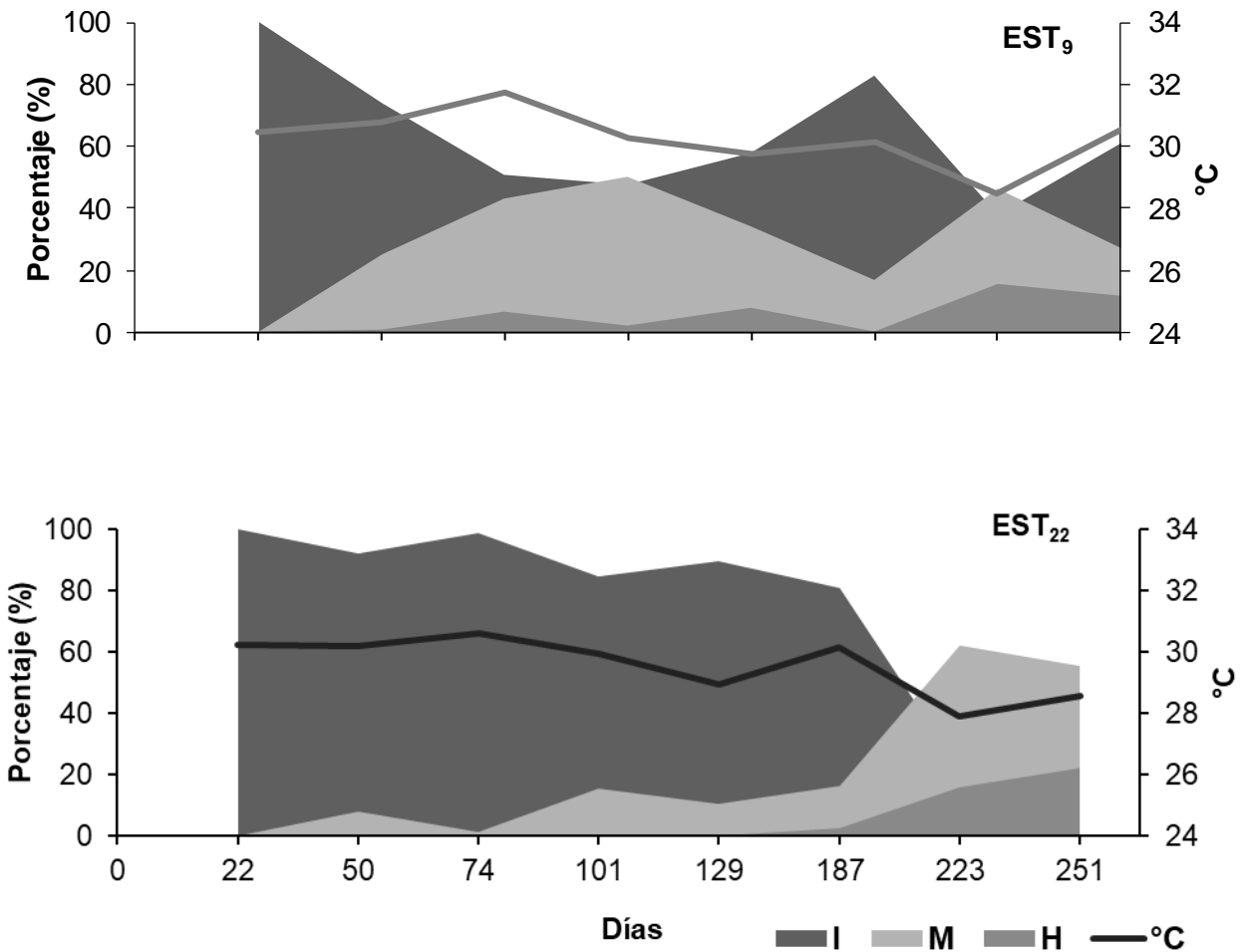


Figura 13. Proporción de sexos de *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line, durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya. (I = inmaduro M = macho H = hembra °C = temperatura)

En el caso del cultivo de moluscos bivalvos, la biomineralización asociada a la formación de las valvas fue determinada por el grosor de la concha (Gc). La importancia de esta variable se encuentra asociada al crecimiento, la sobrevivencia y la calidad del producto final. La ganancia en el Gc de *M. gigas* al final del estudio fue igual a 0,0086 mg mm⁻² en la EST₉ y 0,0081 mg mm⁻² en la EST₂₂ (Figura 14). La prueba de Kruskal-Wallis indica que no hay diferencia entre ambas poblaciones (ANEXO G).

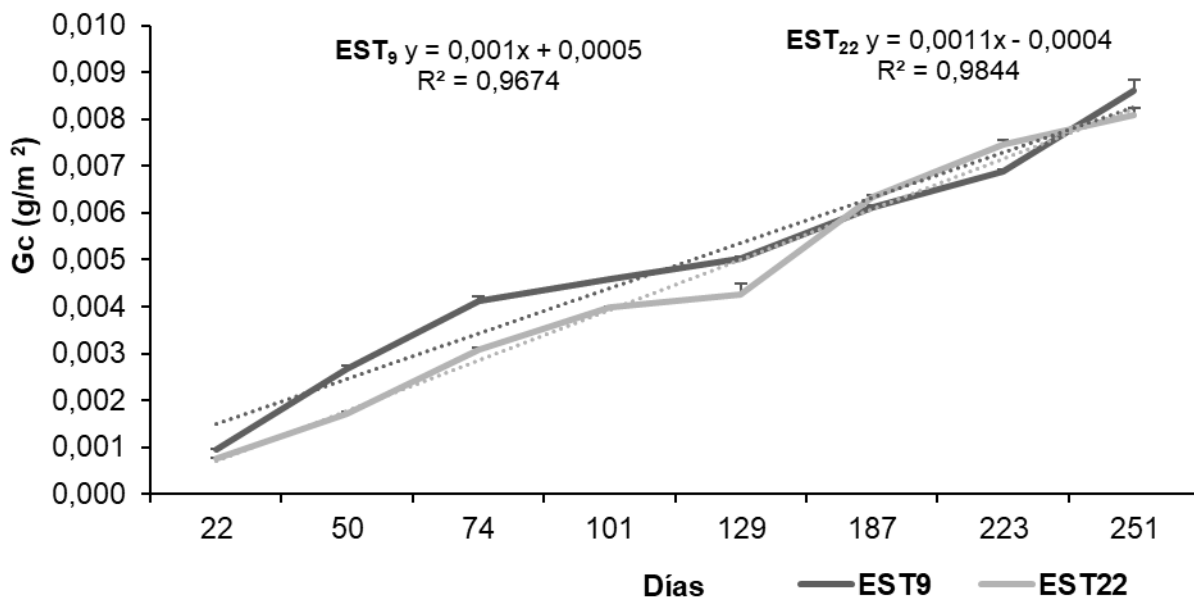


Figura 14. Variación del grosor de concha en *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya. (líneas punteadas = curva de tendencia; barras = error std.)

4.2 SOBREVIVENCIA

La sobrevivencia es otro parámetro determinante en la producción de moluscos; este permite observar la respuesta del organismo de interés ante las condiciones ambientales que presenta la zona de cultivo. En este caso, el porcentaje de sobrevivencia observado en *M. gigas* fue de 51% en la EST₉ y 28,6% en la EST₂₂, al final del estudio (Figura 15). El análisis de varianza (ANOVA) evidenció que no existe diferencia entre las repeticiones de cada estación. Sin embargo, sí hubo diferencia significativa entre la EST₉ y la EST₂₂ (0,02016; $p \leq 0,05$) (ANEXO H, I, J).

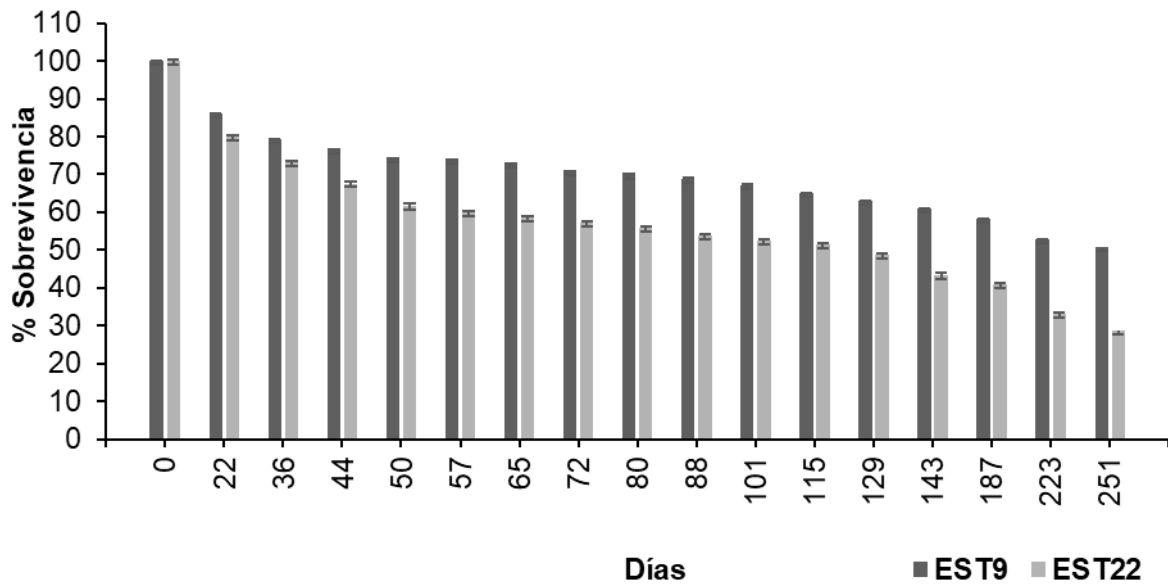


Figura 15. Sobrevivencia de *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya (barras = error std.)

Por otro lado, el mayor porcentaje de mortalidad registrado en las estaciones ocurrió al día 22 con un 14 % (EST₉) y 19 % (EST₂₂); al día 223 con un 5 % en la EST₉ y un 8,74 % en la EST₂₂ (Figura 16).

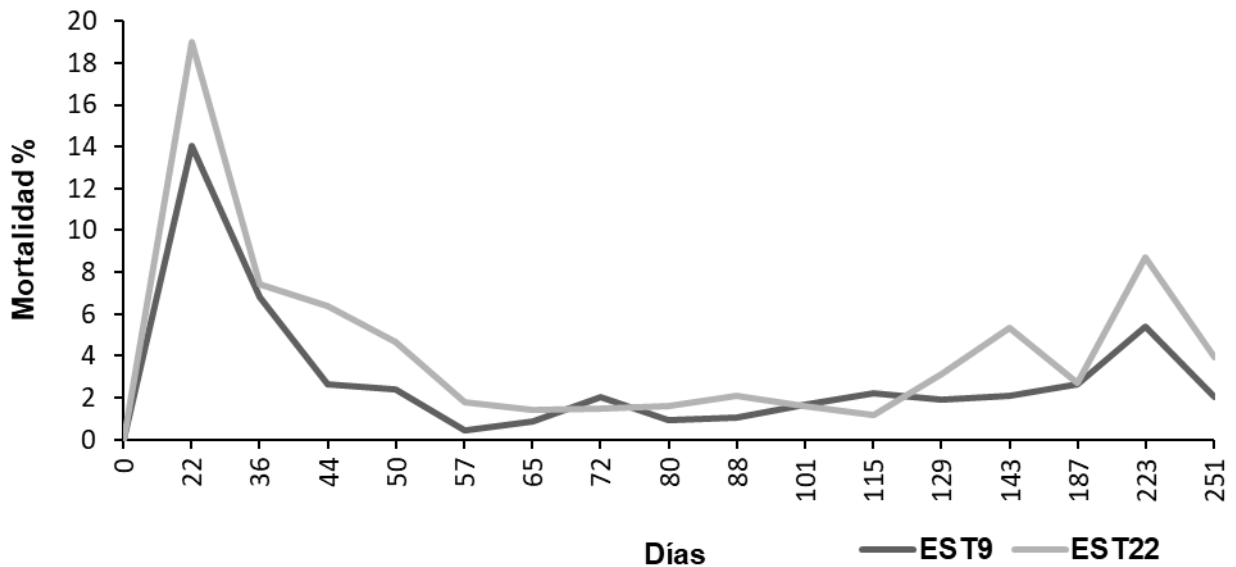


Figura 16. Variación en la mortalidad de *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.

Durante las faenas de desdoble y eliminación de organismos no deseados, se contabilizó un promedio de 10 cangrejos en estadio juvenil y 3 *Cymatium sp.*; además, cerca del 6% de los organismos analizados en laboratorio presentaron algún tipo de patología, como tejido necrosado, conchas deformadas asociadas a un material orgánico de color marrón ubicado entre el borde de la valva y la línea paleal e infestaciones por el gusano perforador *Polydora sp.*, evidenciadas por las galerías y ampollas llenas de sedimento. En la Figura 17 se muestran las valvas de *M. gigas* con las patologías anteriormente mencionadas, además de un cambio en el color del tejido blando, ruptura en la valva izquierda y un espécimen con tejido blando y valvas saludables.

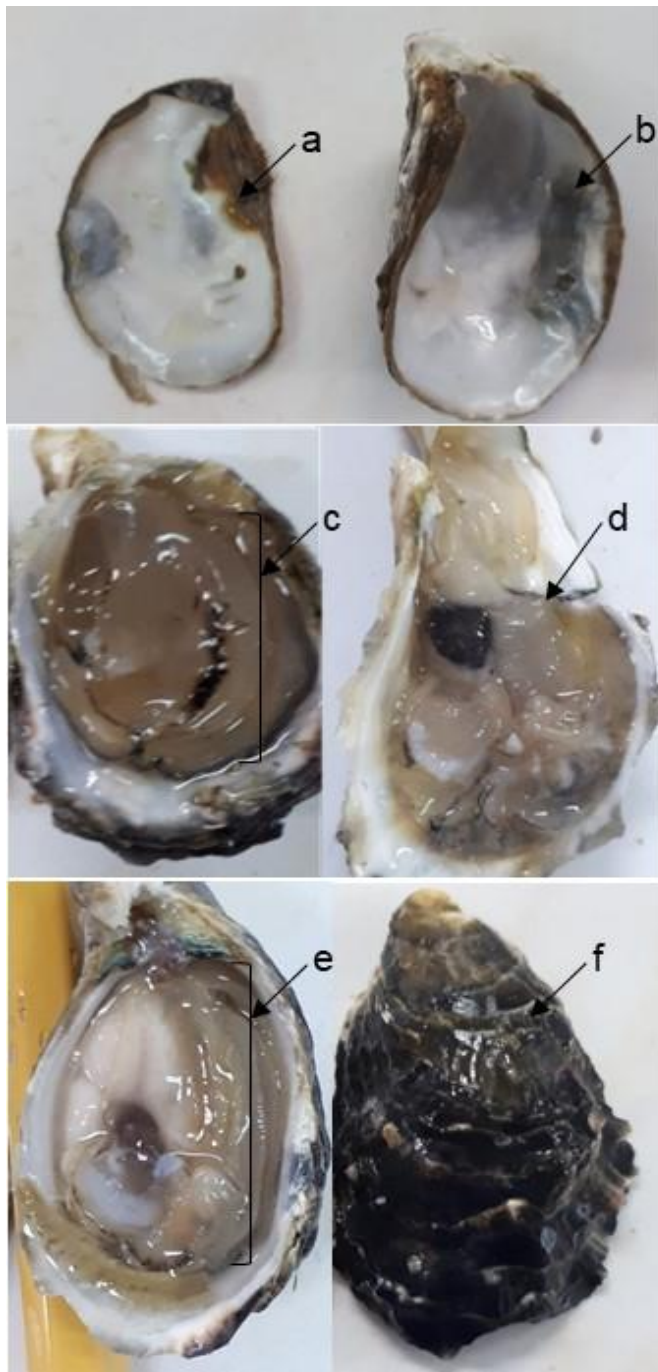


Figura 17. Patologías observadas en *M. gigas* cultivada en un sistema tipo long line, durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.
 Macro observaciones a: borde de concha deformado con depósito orgánico color marrón, b: ampollas llenas de sedimento por infestación de *Polydora* sp., c: tejido blando color café, d: fragilidad de concha mostrando ruptura en la valva izquierda, e y f: tejido blando y valvas saludables.

4.3 VARIABLES AMBIENTALES

Los valores promedios de las variables ambientales determinadas en la EST₉ fueron: temperatura $30,32 \pm 0,84$ °C, salinidad $23,80 \pm 3,20$ ‰, oxígeno disuelto $4,77 \pm 1,37$ mg L⁻¹; profundidad Secchi $0,65 \pm 0,21$ m; Clorofila a $0,30 \pm 0,14$ mg m⁻³, TTS $78,94 \pm 37,85$ mg L⁻¹; pH $7,94 \pm 0,76$ y CaCO₃ $99,26 \pm 4,37$ mg L⁻¹. Mientras que en la EST₂₂ los promedios registrados son los siguientes: temperatura $29,59 \pm 0,86$ °C, salinidad $29,26 \pm 3,68$ ‰, oxígeno disuelto $6,12 \pm 1,67$ mg L⁻¹, profundidad Secchi $0,98 \pm 0,13$ m, Clorofila a $0,38 \pm 0,25$ mg m⁻³, TTS $53,52 \pm 12,32$ mg L⁻¹; pH $8,09 \pm 0,75$ y CaCO₃ $102,22 \pm 8,33$ mg L⁻¹. En el Cuadro 5 se muestra el comportamiento de las variables ambientales registradas mensualmente y en el Cuadro 6 se presentan los valores máximos y mínimos observados durante el periodo de estudio.

Cuadro 5. Variables ambientales registradas en la EST₉ y EST₂₂ durante junio 2018 a febrero 2019, Golfo de Nicoya.

Estación	Mes	Días	Temp.	Salinidad	O ₂	Prof.	Clorofila	TTS	pH	CaCO ₃
			°C	‰	Disuelto mg L ⁻¹	Secchi m	a mg m ⁻³	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	
EST ₉	Jun.	0	30,70	22,00	4,20	0,40	0,503	170,95	6,92	100,80
	Jul.	22	30,47	26,59	5,86	0,67	0,251	62,00	6,84	106,10
	Agos.	50	30,81	26,27	7,65	0,56	0,445	74,00	8,13	98,20
	Sept.	74	31,74	24,21	4,03	0,85	0,441	95,42	8,29	100,80
	Oct.	101	30,27	14,34	4,56	0,50	0,215	51,57	6,87	102,60
	Nov.	129	29,74	19,58	5,74	1,03	0,079	25,40	8,81	99,80
	Dic.	187	30,17	23,74	4,25	0,83	0,212	71,04	8,51	89,30
	En.	223	28,46	28,24	2,61	0,60	0,234	69,80	8,55	99,80
Feb.	251	30,51	29,22	4,00	0,43	0,290	88,00	8,50	96,30	
EST ₂₂	Jun.	0	29,70	29,00	6,14	0,90	0,456	63,56	7,20	107,10
	Jul.	22	30,23	32,64	6,70	1,04	0,302	60,00	6,92	115,50
	Agos.	50	30,19	31,27	8,48	1,04	0,661	68,33	8,13	106,10
	Sept.	74	30,63	31,18	2,54	1,04	0,174	59,75	8,32	105,70
	Oct.	101	29,96	20,31	7,89	1,08	0,851	48,87	7,13	105,00
	Nov.	129	28,95	26,34	6,69	1,10	0,151	26,93	8,82	104,30
	Dic.	187	30,16	28,86	6,37	0,87	0,463	60,22	8,75	99,40
	En.	223	27,89	31,25	5,84	0,77	0,139	54,33	8,77	103,30
Feb.	251	28,58	32,46	4,43	0,73	0,229	39,67	8,75	82,60	

El análisis de varianza (ANOVA) indicó que no existe diferencia significativa entre las estaciones en la temperatura, el oxígeno disuelto, la clorofila a y el pH, pero sí para la profundidad Secchi ($p < 0.05$); no obstante, la prueba de Kruskal-Wallis reflejó diferencia significativa en los TTS ($p < 0,05$) y la salinidad ($p < 0,05$) entre la EST₉ y EST₂₂ (Cuadro 6, ANEXO K).

Cuadro 6. Valores máximos y mínimos de las variables ambientales registradas durante junio 2018 a febrero 2019 en la EST₉ y EST₂₂, Golfo de Nicoya.

Variable	Estación de Muestreo	Valor máximo	Valor mínimo	Media ± Error Std.	Prueba estadística
Salinidad (‰)	EST ₉	29,223	14,34	24,79 ± 1,50**	Kruskal-Wallis p < 0,05
	EST ₂₂	32,636	26,34	30,31 ± 1,00**	
TTS (mg L ⁻¹)	EST ₉	170,95	25,40	78,69 ± 23,20**	Kruskal-Wallis p < 0,05
	EST ₂₂	68,33	26,93	53,52 ± 7,60**	
P. Sechii (m)	EST ₉	1,033	0,433	0,64 ± 0,17**	ANOVA p < 0,05
	EST ₂₂	1,100	0,733	0,93 ± 0,06**	
Temperatura (°C)	EST ₉	31,736	28,463	30,31 ± 0,37	ANOVA p ≤ 0,05
	EST ₂₂	30,633	27,89	29,53 ± 0,47	
Oxígeno (mg L ⁻¹)	EST ₉	7,647	2,607	4,58 ± 0,69	ANOVA p ≤ 0,05
	EST ₂₂	8,475	2,543	5,61 ± 0,70	
pH	EST ₉	8,810	6,845	8,04 ± 0,35	ANOVA p ≤ 0,05
	EST ₂₂	8,823	6,922	8,18 ± 0,35	
Clorofila a (mg m ⁻³)	EST ₉	0,503	0,079	0,297 ± 0,08	ANOVA p ≤ 0,05
	EST ₂₂	0,851	0,139	0,381 ± 0,14	

Abreviatura ** = diferencia significativa

Por otro lado, el análisis de correlaciones realizado a las 11 variables determinadas en este trabajo reveló que en la EST₉ existe una correlación del 96 % (p < 0,05) entre el Gc (mg mm⁻²) y las variables biométricas (H mm, L mm, E mm y P g); mientras que entre la Clorofila a y la TIC (H mm) fue del 76 % (p < 0,05) y un 80 % (p < 0,05) entre la Clorofila a y los TTS (ANEXO L). En el caso de la EST₂₂, las variables biométricas (H mm, L mm, E mm y Pg) mostraron un 97% (p < 0,05) con el Gc (mg mm⁻²)

²); un -73 % con la profundidad Secchi y un 72 % con el pH ($p < 0,05$). El CaCO_3 registró sesgo para curtosis; por tanto, no se incluyó en el análisis de correlaciones (ANEXO M). Mientras que la supervivencia y el pH presentaron una correlación de -72 % y -74 % en la EST_9 y EST_{22} , respectivamente (ANEXO N).

4.4 PROTOCOLO DE PRODUCCIÓN

Los resultados generados en el presente trabajo, el aporte de los ostricultores y una revisión bibliográfica de experiencias realizadas en la región, permitieron la elaboración de un protocolo donde se recoge los procedimientos básicos concertados con las agrupaciones, concerniente a la conformación de cuadrillas para la distribución de las tareas como son: preparación de equipo, materiales e insumos antes y después de cada faena, reparación y mantenimiento de sistemas de cultivo, equipo e infraestructura, vigilancia nocturna, retiro de semilla del LANPSO, desdoble y limpieza de organismos, actualización de bitácora, actualización de la base de datos digital, encargado de ventas, control administrativo y de finanzas, entre otros.

Se incluye información básica sobre la construcción de un sistema suspendido tipo long line, las dimensiones y luz de malla de las bolsas para siembra y engorde, así como las características de las linternas; la suspensión de cada linterna a 1,5 m de profundidad, atada a una boya de la línea madre, como se muestra en la Figura 2 (G, H); el uso de una boleta para la entrega de semilla, instrumento implementado por el LANPSO, para la trazabilidad del lote entregado a cada agrupación. El mismo cuenta con un código designado por el personal de LANPSO; esta codificación debe conservarse hasta el punto de venta.

Los protocolos de recepción y transporte de la materia prima a la unidad de producción básicamente consisten en coordinar el retiro de la semilla según las fechas y horarios del LANPSO, llenar la boleta de recepción y portar una hielera para trasladar la semilla a una temperatura de 20 °C aproximadamente hasta su destino; una vez en el sitio, el productor distribuye la semilla como se indica en el Cuadro 2.

Por otro lado, el mantenimiento semanal de la producción incluye reducir la depredación de peces, crustáceos y moluscos mediante la extracción de estos organismos detectados durante la faena de desdoble, evitar posibles infestaciones por incrustantes, perforadores y otros organismos no deseados, aplicando inmersiones en agua dulce según la altura de los organismos (10 minutos \leq 10 mm y 30 minutos $>$ 15 mm), raspado de concha y exposición en seco bajo sombra; esta última práctica se aplica en organismos $>$ 30 mm por un periodo entre 30 a 40 minutos.

Además, durante esta fase se ajusta la densidad según talla, se selecciona el producto de venta, se registra en bitácora la cantidad de organismos existentes por talla / lote de siembra y horas trabajadas por persona; dicha información es remitida al encargado en digitar la información, la cual se traslada al personal a cargo de ventas, compras, administración y finanzas.

A continuación, se muestra el resultado del objetivo específico 3 (Protocolo: Manejo del cultivo de *Magallana gigas* (Thunger, 1793) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica), el cual incluye un instrumento informático para la trazabilidad y ordenamiento de la producción; el mismo es una herramienta base de ayuda en el aprovechamiento y la mejora continua de las técnicas de cultivo implementadas por los productores a pequeña escala de *M. gigas* del Golfo de Nicoya.

PROTOCOLO DE PRODUCCIÓN



Protocolo

Manejo del cultivo de *Magallana gigas*
(Thunberg, 1793) en el Golfo de Nicoya,
Costa Rica



Sidey Arias Valverde
Rebeca Quesada Céspedes

2022

El presente documento ha sido elaborado como material de ayuda para los productores de ostras del litoral pacífico de Costa Rica.

Primera versión 2022.

LISTA DE ABREVIATURAS

ASAP	Asociación de Acuicultores de Paquera
CDG	Centro de Desarrollo Gerencial
DESS	Dirección de Economía Social Solidaria
DIPOA	Dirección de Inocuidad de Productos de Origen Animal
EBM	Estación de Biología Marina
ECB	Escuela de Ciencias Biológicas
ECMAR	Estación Nacional de Ciencias Marino Costeras
EDA	Escuela de Administración
LANPSO	Laboratorio Nacional de Producción de ostras
IMAS	Instituto Mixto de Ayuda Social
INAMU	Instituto Nacional de la Mujer
INAPYME	Instituto Nacional de Aprendizaje Unidad PYME
INCOPESCA	Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura
INDER	Instituto de Desarrollo Rural
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MARTEC	Industrias MARTEC
MBSF	Ministerio de Bienestar Social y Familiar
MTSS	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social

OSPESCA	Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano
PRONAMYPE	Programa Nacional de Apoyo a la Microempresa y Movilidad Social
SBD	Sistema de Banca para el Desarrollo
SENASA	Servicio Nacional de Salud Animal
SETENA	Secretaría Técnica Nacional Ambiental
SICA	Sistema de Integración Centroamericana
UNA	Universidad Nacional

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN.....	73
2 GENERALIDADES DE LA OSTRA JAPONESA, MAGALLANA GIGAS	75
2.1 DESCRIPCIÓN	75
2.2 VARIABLES AMBIENTALES	75
2.3 ALIMENTACIÓN.....	77
3. ASPECTOS BÁSICOS PARA EL CULTIVO	77
3.1 DISPONIBILIDAD DE SEMILLA	77
3.2 SISTEMA DE CULTIVO	78
4-MANEJO DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN.....	81
4.1 RECEPCIÓN Y TRANSPORTE SEMILLA.....	81
4.2 SIEMBRA	82
4.3 MANTENIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN	88
4.3 PREPARACIÓN PRELIMINAR DEL PERSONAL EQUIPO Y MATERIALES.....	89
4.4 ELIMINACIÓN DE ORGANISMOS NO DESEADOS	92
4.5 CONTROL DE DEPREDADORES	94
4.7 SELECCIÓN Y CALIDAD DEL PRODUCTO PARA VENTA.....	97
4.8 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO Y SISTEMAS DE CULTIVO.....	100
LITERATURA CITADA	101

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Variables ambientales rangos de tolerancia registrados en <i>Magallana gigas</i>	76
Cuadro 2: Determinación de bolsas y linternas requeridas para sembrar 100000.....	83
semillas de ostras.....	83
Cuadro 3. Densidad de <i>M. gigas</i> según talla por linterna	84
Cuadro 4. Distribución de tareas por equipo de trabajo	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Laboratorio Nacional de Producción de Semilla de Ostras (LANPSO)	78
Figura 2. Sistema suspendido tipo long line para el cultivo de ostras.....	79
Figura 3. Contenedores para el cultivo de ostras tipo linterna.	80
Figura 4. Entrega de semilla <i>M. gigas</i> y boleta para trazabilidad del lote en la cadena de valor.	82
Figura 5. Faena siembra de semillas de ostras.....	85
Figura 6. Nudos utilizados para asegurar la linterna a la línea madre	86
Figura 7. Linternas con semillas colocadas en la long line de siembra	87
Figura 8. Inspección de la unidad de producción y mantenimiento de semilla.	88
Figura 9. <i>Magallana gigas</i> infectada por <i>Polydora</i> sp, esponjas y cirripedios	92
Figura 10. Eliminación de organismos no deseados mediante raspado manual, choque salino y exposición en seco.	94
Figura 11. Distribución de la rotación de ostras en la mesa de trabajo y etiquetado de linternas.	96
Figura 12. Ajuste de densidad y retorno a la unidad de cultivo.....	97
Figura 13. Característica final del producto para venta.....	98
Figura 15. Mantenimiento preventivo de equipo, sistemas de producción y herramientas.	100

1 INTRODUCCIÓN

Los países miembros del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) y de la Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA), han asumido el reto de impulsar la Estrategia Regional para el Desarrollo de la Acuicultura, como una práctica productiva que contribuya en la resiliencia socioeconómica de familias dependientes de recursos pesqueros en primera instancia, dinamice la economía local, promueva la generación de empleo digno, así como la formación de profesionales y el fomento de nuevos desarrollos biotecnológicos que permitan una inserción competitiva en la cadena de valor local, territorial y regional (OSPESCA, 2015).

Centro América y el Caribe cuentan con ecosistemas costeros idóneos para que agrupaciones de comunidades costeras incursionen en el cultivo de moluscos bivalvos como una alternativa productiva y de generación de empleo digno. No obstante, es necesario que los interesados inviertan tiempo en el aprendizaje de las buenas prácticas de producción acuícola de moluscos, concernientes al manejo integral de la unidad de producción, optimización de la producción, oferta de un producto con los mejores estándares de calidad e inocuidad, responsabilidad ambiental, gestión administrativa y financiera para la sostenibilidad de la unidad productiva.

Al respecto, Costa Rica ha invertido algunos esfuerzos en el desarrollo de la acuicultura continental, principalmente en la producción industrial de tilapia y producción en pequeña y mediana escala de trucha y tilapia. Sin embargo, entre el 2012 al 2016, la producción por acuicultura presentó un descenso. Durante el periodo 2002 al 2016, el país incursionó en el cultivo del pargo *Lutjanus guttaus* y el ostión japonés *Magallana gigas* en sistemas abiertos; ambas tecnologías fueron desarrolladas por la Universidad

Nacional. Existen dos proyectos dedicados al cultivo de pargo ubicados en Quepos-Pacífico Norte, impulsado por la empresa privada MARTEC y otro en la zona externa del Golfo de Nicoya, desarrollado por una agrupación de pescadores artesanales (ASAP); esta agrupación es acompañada por la Fundación Parque Marino del Pacífico. (INCOPESCA y SEPSA, 2019)

Actualmente, hay 9 granjas dedicadas al cultivo de *M. gigas* en sistemas suspendidos; estas agrupaciones han sido financiadas por programas de economía social solidaria de inversión pública y ONGs; un esfuerzo interinstitucional, multi e interdisciplinario de entidades públicas UNA-ECB-EBM-ECMAR- EDA-CDG; MAG-SENASA-DIPOA; MBSF-IMAS; MTSS-DESS-PRONAMYPE; INCOPESCA, INAPYME; INDER; SETENA y SBD-PM-INAMU han liderado la gestión con el propósito del escalamiento para que comunidades marino costeras desarrollen fortalezas organizativas y participativas en el fomento de la acuicultura marina a pequeña escala, como una actividad productiva alternativa hacia la sostenibilidad socioeconómica y ambiental de localidades ubicadas en el Golfo de Nicoya y litoral Pacífico de Costa Rica (Arias *et al.*, 2015; Arias *et al.*, 2019).

El presente documento está dirigido a productores ostrícolas, con el propósito de que sea utilizado como material de apoyo y reforzamiento de las técnicas recibidas en las capacitaciones concernientes a la construcción de los sistemas de cultivo, plataforma para labores de mantenimiento y vigilancia, así como la implementación de prácticas básicas para el manejo de la producción (siembra, desdobles y eliminación de organismos no deseados), trazabilidad de lotes de siembras, selección para venta y mantenimiento de los sistemas de producción y del equipo.

2 GENERALIDADES DE LA OSTRA JAPONESA, *MAGALLANA GIGAS*

2.1 DESCRIPCIÓN

Magallana gigas es un molusco bivalvo conocido como el ostión japonés o la ostra rizada, originaria del noreste del continente asiático (Japón, Corea y China) e introducida en la región oeste de Estados Unidos, Europa, Rumania, Ucrania, Noruega, Portugal, Polinesia Francesa, Guam, Palau, Samoa y Vanuatu; Australia, Nueva Zelanda, Suráfrica, Ecuador, Belice, Costa Rica, Salvador, Puerto Rico, las Islas Virgen, Brasil y Chile, entre otros. La razón de esta amplia distribución obedece a un alto interés en el desarrollo de su cultivo, dado a su rápida tasa de crecimiento y amplia tolerancia a las variables ambientales exógenas que gobiernan el comportamiento fisiológico asociado al crecimiento, tasa reproductiva y supervivencia (FAO 2005; Miossec *et al.*, 2009).

2.2 VARIABLES AMBIENTALES

El ostión japonés es una especie de ambientes estuarinos; se le puede encontrar en sustratos rocosos, arenosos y fangosos, distribuido desde la zona intermareal hasta los 40 m de profundidad. El rango óptimo de salinidad y temperatura donde se localizan las poblaciones se encuentra entre 20 a 25 ‰ y 18 a 28 °C, respectivamente; el éxito obedece a la capacidad de adaptación que presenta esta especie ante las variaciones en los parámetros ambientales, como se muestran en el Cuadro 1 (Matto *et al.*, 2013; Shumway (1996).

Cuadro 1. Variables ambientales rangos de tolerancia registrados en *Magallana gigas*

Variable	Rango de tolerancia	Fuentes
Temperatura (°C)	-1,8 a 39	Nayar y Mahadevan (1987); Matto <i>et al.</i> (2013).
Sólidos disueltos (mg L ⁻¹)	31 a 550	Bernard (1983).
Salinidad (‰)	10 a 30	Nayar y Mahadevan (1987); Shumway (1996).
Biomasa de Clorofila a (mg m ⁻³)	< 1 a 75	Moreno <i>et al.</i> (2010); Pérez <i>et al.</i> (2016).
Oxígeno (mg L ⁻¹)	2,9 >5	Villaroel <i>et al.</i> (2004); Timmons <i>et al.</i> (2009).
Profundidad (m)	Intermareal > 40	Lovatelli <i>et al.</i> (2008)
Amonio (umol L ⁻¹)	< 4,43 a 22,20	Barbieri <i>et al.</i> (2014).
Nitrito (umol L ⁻¹)	< 1,52 a 210,86	Barbieri <i>et al.</i> (2014).
Nitrato (umol L ⁻¹)	< 64,51 a 322,58	Spotte (1979); Camargo <i>et al.</i> (2005).
Fosfato (umolL ⁻¹)	0,2 a 5,5	Moreno <i>et al.</i> (2010).
pH	5,1 > 9	Nayar y Mahadevan (1987).

2.3 ALIMENTACIÓN

Magallana gigas, al igual que la mayoría de los moluscos bivalvos, se alimenta de las micropartículas orgánicas que se encuentran en la columna del agua, principalmente de fitoplancton. Las partículas son atrapadas mediante la creación de microcorrientes generadas por los filamentos branquiales; estas estructuras son un mecanismo muy eficiente para seleccionar el tamaño de partícula y llevarlo a la boca por movimientos ciliares; el exceso de alimento es envuelto en una sustancia mucosa, la cual no pasa por el sistema digestivo, sino que es devuelta al medio nuevamente en forma de microbolo alimenticio, llamado pseudoheces, las cuales son aprovechadas por otros organismos de la cadena alimenticia (Farías, 2008).

3. ASPECTOS BÁSICOS PARA EL CULTIVO

3.1 DISPONIBILIDAD DE SEMILLA

En Costa Rica no existen poblaciones naturales de *M. gigas*; la semilla es producida y suministrada por el Laboratorio Nacional de Producción de Ostras (LANPSO), Universidad Nacional (UNA), Estación Nacional de Ciencias Marinas y Costeras (ECMAR), ubicado en Punta Morales, distrito de Chomes, provincia de Puntarenas (Figura 1). Estas instalaciones son producto de un esfuerzo público interinstitucional UNA-MAG-IMAS (Arias y Zúñiga, 2001).



Figura 1. Laboratorio Nacional de Producción de Semilla de Ostras (LANPSO)

3.2 SISTEMA DE CULTIVO

Existen varios tipos de sistema de cultivo; por ejemplo, en zonas de clima templado utilizan sistemas intermareales, el cual consta de mallas plásticas tipo sacos colocados directamente en el piso o bien apilados sobre estructuras dispuestas a lo largo de la playa tipo camas. Este sistema no se recomienda en sistemas tropicales, dado que pruebas exploratorias realizadas previamente por pasantes holandesas registraron mortalidades significativas por depredación y por la alta temperatura que experimentan los ecosistemas marinos tropicales durante la fase de exposición al aire en marea baja (FAO, 2013; Treviño *et al.*, 2020).

Por otro lado, el sistema suspendido tipo balsa es una estructura que genera mucha resistencia al oleaje y viento, ocasionando movimiento constante a la unidad de producción, el cual se transmite a la cuerda que suspende la linterna y éste a las ostras, provocando una condición de estrés manifestada en el cierre de las valvas y por tanto la reducción en el consumo de alimento (Treviño *et al.*, 2020).

Al respecto, el sistema recomendado a implementar en el litoral pacífico de Costa Rica es el suspendido tipo long line, como se muestra en la Figura 2. Una granja de mediana escala (1,5 ha) está conformada por 9 long lines, colocadas a 10 metros de distancia entre líneas; cada long line cuenta con 2 anclajes de 500 kg c/u, 2 cabos de 20 m c/u y 75 boyas colocadas en la línea madre de 100 m de longitud; finalmente, una linterna de 4 pisos con ostras es atada en cada boya. Esta práctica permite mantener la flotabilidad del sistema y los organismos suspendidos en la columna de agua (Figura 2) (Arias y Zúñiga, 2001; Treviño *et al.*,2020).

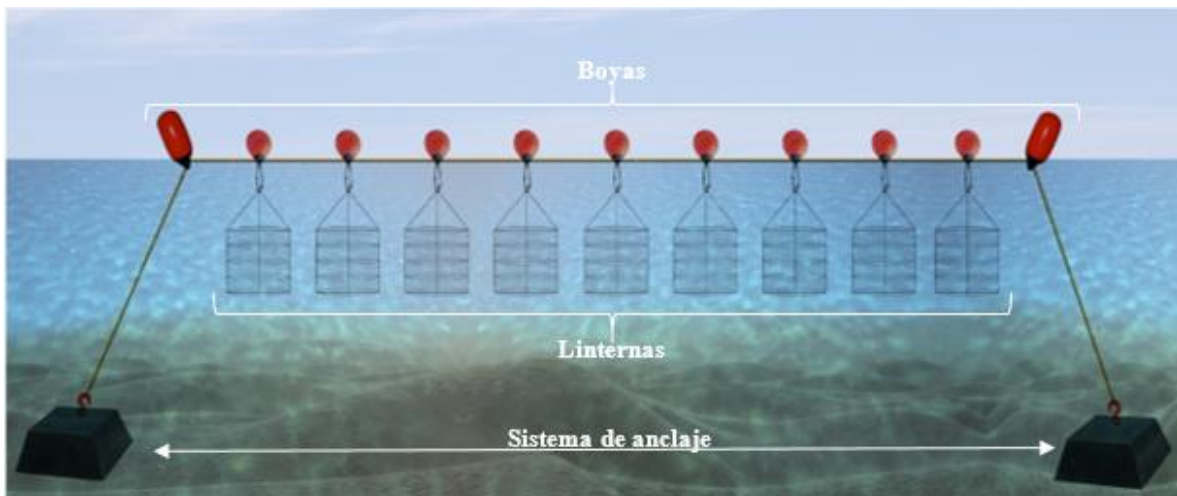


Figura 2. Sistema suspendido tipo long line para el cultivo de ostras
Elaborado: Pacheco-Prieto, 2018

En la Figura 3 se muestra una linterna prototipo, la cual está hecha con un paño de maya alquitranada de 1 ¼ pulgada, de una estructura formada por aros (a) y barras de soporte (b) de alambre galvanizado No.8, forrado con manguera plástica para nivel de ¼ mm Ø, asegurada en los externos con hilo nylon No.12 y tape eléctrico; 2 mecate de nylon 7 mm Ø y 2 m de largo (c), atados a un cabo de mecate 9 mm Ø y 1,5 m largo (d), además se muestra el tipo de bolsa utilizada para siembra de 600 µm luz de malla 0,5 m Ø y bolsa para engorde de una luz de malla 3x2 mm aproximadamente.

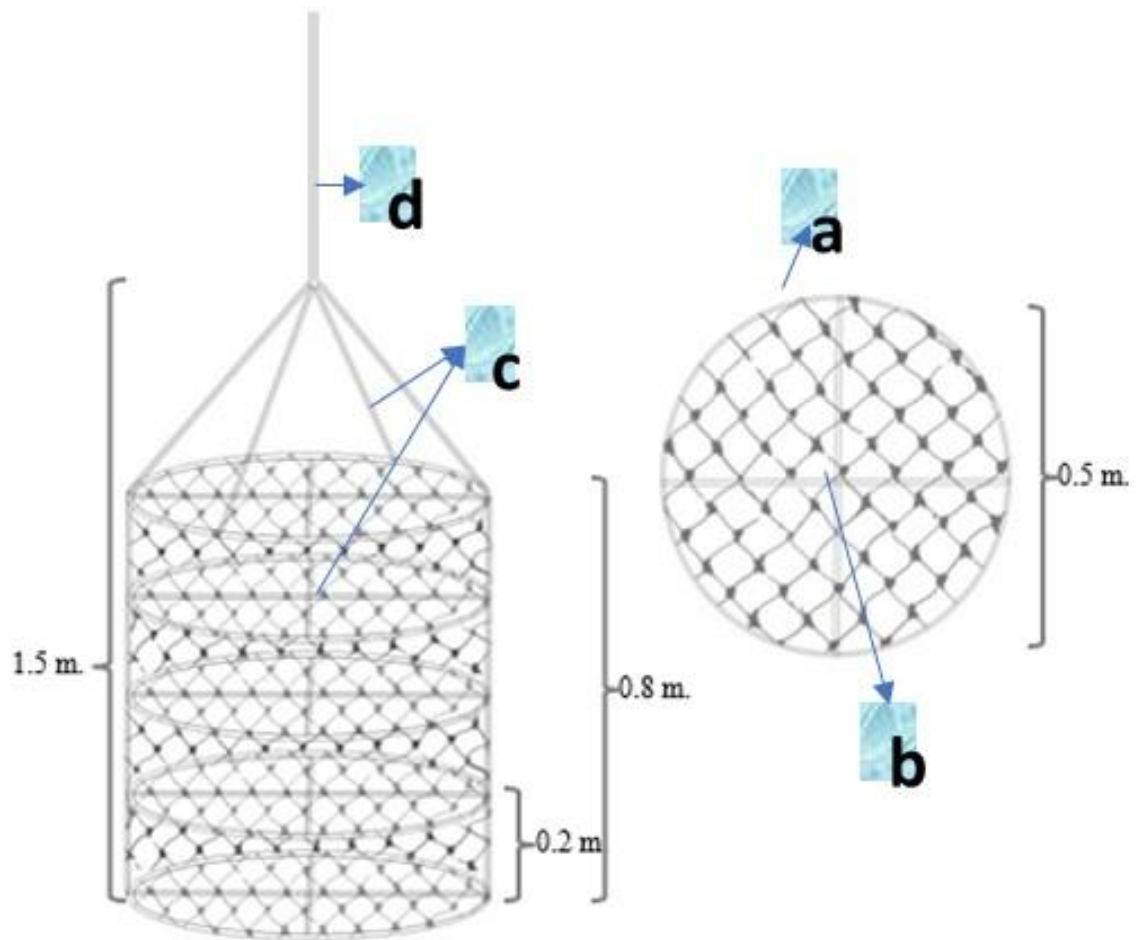


Figura 3. Contenedores para el cultivo de ostras tipo linterna
 a. Aro b. Barra de soporte c y d Mecate soporte de la armadura y cabo atadura a boya.
 A. Bolsa para siembra y B. Bolsa para engorde

4-MANEJO DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN

4.1 RECEPCIÓN Y TRANSPORTE SEMILLA

En cuanto al suministro de semilla, LANPSO coordina con los productores el día y hora para la entrega. Previamente, entre 24 a 48 horas se les informa sobre la cantidad de semilla que será suministrada; el propósito es para que los productores preparen los sistemas de siembra y ordenen el personal en cuadrillas de trabajo. Por otro lado, el producto entregado se acompaña de una boleta con información de importancia para los registros que debe llevar cada granja de cultivo, como es la trazabilidad en cantidad y número de lote de cada siembra hasta la cosecha y venta (Figura 4).

Además, los productores deben portar las respectivas hieleras con un gel pack refrigerante a más o menos (\pm) 20 °C de temperatura en que debe ser transportada la semilla desde el LANPSO hasta el sitio de cultivo; el tiempo de transporte puede variar entre 1 hasta 5 horas dependiendo de la distancia donde se encuentre la granja ostrícola (Figura 4).



Figura 4. Entrega de semilla *M. gigas* y boleta para trazabilidad del lote en la cadena de valor.

4.2 SIEMBRA

Una vez que ha llegado la semilla al sitio de cultivo, el productor debe alistar la cantidad de bolsas y linternas como se indica en el Cuadro 2; luego se sumerge el lote de semillas en agua marina reservada entre 27-28 °C por un periodo de 30 minutos. Esta práctica se denomina aclimatación; concluido el tiempo de estabilización de la temperatura en las semillas, se realiza la distribución de los individuos en las bolsas de siembra (0,6 mm luz de malla), como se muestra en el Cuadro 3. Luego se coloca una bolsa en cada piso de la (s) linterna (s), según la cantidad de semillas suministradas por LANPSO.

Cuadro 2: Determinación de bolsas y linternas requeridas para sembrar 100000 semillas de ostras

Descripción del ítem	Unidades	Comentario
Entrega de semillas 2,8mm	100000	
Cantidad de semillas por bolsa	2000	
Bolsas de siembra que se necesitan	$100000 / 2000 = 50$	Se necesita alistar 50 bolsas de siembra
Linternas que se requieren para siembra	$50 / 4 = 12,5 \sim 13$	Se necesita alistar 13 linternas para la siembra

Cuadro 3. Densidad de *M. gigas* según talla por linterna

Tamaño de ostra (mm)	Linterna 0,2m² individuos/piso
2-3 r	3000
4-5	2000
6-9	2000
10-14	1000
15-19	1000
20-24	500
25-29	500
30	100
50-70	100
>70	50

Por otro lado, las bolsas con semillas son colocadas dentro de las linternas y posteriormente se realiza el cierre; al final se debe rematar con una gaza tipo pata de gallo, segura pero fácil de soltar; eso optimizará la vida útil del hilo de nylon y hará que el trabajo de mantenimiento sea más eficiente (Figura 5). No obstante, es fundamental que se realice una inspección antes de atar las linternas a las boyas de la long line designada.



Figura 5. Faena siembra de semillas de ostras

Realizados los pasos anteriores, las linternas son trasladadas a la long line destinada para siembras; cada linterna es atada a una boya con un nudo seguro pero fácil de desatar para cuando se requiere retirar nuevamente las linternas de la long line (Figuras 6 y 7).

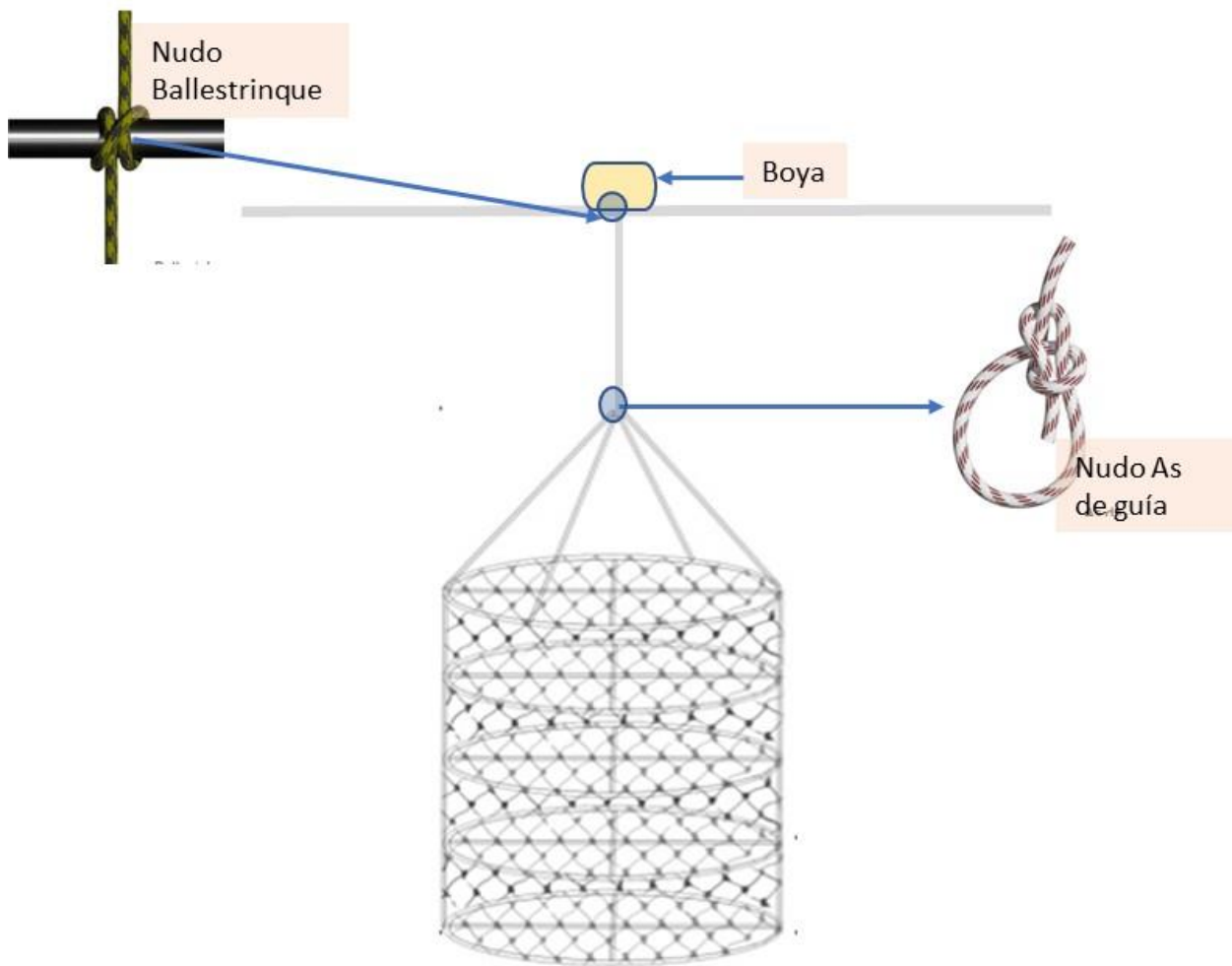


Figura 6. Nudos utilizados para asegurar la linterna a la línea madre



Figura 7. Linternas con semillas colocadas en la long line de siembra

Posteriormente, se debe recoger el material y las herramientas que utilizó, lave con agua dulce y colóquelos en el lugar que corresponde, para mantener el orden de la bodega y la zona de trabajo despejada.

Al final proceda a llenar la bitácora del día, registre la información que se indica en la boleta y el correspondiente código que le asignó LANPSO al lote de semilla que acaba de sembrar, recuerde que debe darle seguimiento con ese mismo código hasta la cosecha. Evite mezclar siembras y sobre todo perder la trazabilidad de cada lote de semillas sembradas, cosechadas y vendidas.

4.3 MANTENIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN

En esta fase se realiza la revisión de la unidad de producción a primera hora y al final del día se contabilizan las linternas de siembra. Todos los días se deben aplicar sacudidas suaves de las linternas dentro del agua, para eliminar el sedimento que podría obstruir la luz de malla de las bolsas; se recomienda que esta práctica se realice en horas de la mañana; paralelamente a este trabajo es importante revisar el resto de los sistemas de cultivo; la cantidad de linternas de siembra, linternas con ostras en engorde y linternas con ostras listas para cosecha, así como el estado de los nudos, mecates y boyas (Figura 8).



Figura 8. Inspección de la unidad de producción y mantenimiento de semilla.

4.3 PREPARACIÓN PRELIMINAR DEL PERSONAL EQUIPO Y MATERIALES

Antes de iniciar las actividades concernientes al mantenimiento de la producción, se recomienda conformar al menos cuatro equipos de trabajo con las tareas designadas que se requieren atender en la unidad de producción diariamente, según se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Distribución de tareas por equipo de trabajo

Equipo RRHH	Número de personas	Tareas programadas Lunes - sábado	Indicador / día
E1	2	Trasladar linternas a zona de faena para mantenimiento.	Mantenimiento completo de una long line (75 linternas) / día
		Asegurar el cierre de bolsas con ostras que vuelven a la unidad de cultivo, libres de organismos no deseados.	Equipo y materiales preparados para D1, D2, D3...D6.
		Colocar bolsas con ostras en linternas previamente etiquetadas/talla y cerrar linternas.	
		Trasladar y colocar linternas que regresan a long line/ designada / grupos de engorde/ grupos para cosecha.	Bitácora de campo y proyección de ventas / actualizadas.

Continuación del Cuadro 4. Distribución de tareas por equipo de trabajo

Equipo RRHH	Número de personas	Tareas programadas Lunes - sábado	Indicador / día
E2	3	Tratamiento de choque de salinidad a ostras, prelavado, eliminación de epibiontes, predadores, ostras muertas, lavado de bolsas y linternas, selección de bolsas y linternas para reparación o reposición, mantenimiento de equipo, preparación de equipo D2...D6.	
E3	4	<p>Desdobles: Agrupar producción por tallas, determinar sobrevivencia/talla siembra, realizar muestreo peso/tallas, ajustar densidad /talla según Cuadro 2, colocar en las respectivas bolsas y cerrar.</p> <p>Alistar producto para venta.</p> <p>Limpiar zona de trabajo, recoger equipo y materiales, preparar materiales D2...D6, actualizar bitácora, reportar proyección del producto de venta.</p>	

Continuación del Cuadro 4. Distribución de tareas por equipo de trabajo

Equipo RRHH	Número de personas	Tareas programadas Lunes - sábado	Indicador / día
E4	1	<p>Vigilancia: Realizar inspección de toda la unidad de producción y plataforma de trabajo antes, durante y al final de la jornada.</p> <p>Solicitar ayuda en caso de emergencia 1-grupo designado para brindar soporte/2- guardacostas y policía local</p>	<p>Unidad de producción y plataforma de trabajo seguras, libres de vandalismo.</p> <p>Bitácora de recibo y entrega de faena de vigilancia al E1</p>
Alisto de equipo y material		<p>Alisto de materiales y equipo: 300 bolsas para engorde, 75 linternas, tanques con agua potable, tamices, cepillos, espátulas o cuchillos sin punta, libreta de campo, lápiz, 4-6 bandejas o tinas, vernier, balanza, motor, embarcación, mesa de trabajo, hidro-lavadora, teléfono cargado.</p>	
Recomendaciones		<p>Se recomienda iniciar la jornada diaria entre las 6:00 am o 7:00 am, programar faenas de trabajo de 8-horas (L-S); que las 8 horas del sábado sean destinadas para mantenimiento de equipo, reparación o confección de bolsas y linternas, y cada dos meses realizar limpieza de boyas, long line y revisión de fondos.</p>	

4.4 ELIMINACIÓN DE ORGANISMOS NO DESEADOS

Los ecosistemas marinos costeros tropicales se caracterizan por presentar una alta riqueza en biodiversidad; la misma se refleja en aquellos organismos depredadores y oportunistas que aprovechan cualquier sustrato para colonizar; las unidades de cultivos de moluscos bivalvos y los mismos organismos se convierten en un sustrato idóneo para el asentamiento de muchos especímenes que podrían convertirse en un problema para los acuicultores de moluscos.

Por tanto, una lesión ocasionada por un depredador o incrustante es factor de riesgo de otras patologías, afectando la sobrevivencia y/o la calidad del producto, como se muestra en la Figura 9; por otro lado, una infestación de epibiontes podría llevar a un incremento significativo en el peso de los sistemas de cultivo, comprometiendo la capacidad elástica y resistencia de las unidades de producción y equipos utilizados en las diferentes tareas de trabajo, además de la afectación directa en el personal a cargo debido al sobre esfuerzo que deberá invertir durante las faenas de mantenimiento.



Figura 9. *Magallana gigas* infectada por *Polydora* sp, esponjas y cirripedios

Ante esta realidad que muestra los ecosistemas intermareales del trópico, es necesaria la implementación de prácticas sencillas que permitan la coexistencia de estas poblaciones y el desarrollo de la acuicultura marina en sistemas abiertos. Para mantener bajo control el asentamiento de epibiontes y perforadores en la ostra, se recomienda sumergir semanalmente en agua potable o agua dulce por 10 minutos a organismos menores o iguales (\leq) a 10 mm de longitud y hasta 30 minutos a los organismos mayores a ($>$) 15 mm.

Este tratamiento permitirá la eliminación de epibiontes que se encuentran en estadios tempranos de su desarrollo biológico como esponjas, cirripedios, algas filamentosas y perforadores como los gusanos de la clase Polychaeta; también es importante aplicar limpieza manual en aquellos especímenes que muestren asentamientos tempranos en las conchas; otro tratamiento es la exposición en seco bajo sombra a las ostras mayores a ($>$) 30 mm de longitud por un periodo entre 30 a 40 minutos. Estos tres tratamientos combinados evitarán infestaciones y el productor podrá obtener un producto saludable, con buena tasa de crecimiento y sobrevivencia (Figura 10).



Figura 10. Eliminación de organismos no deseados mediante raspado manual, choque salino y exposición en seco.

4.5 CONTROL DE DEPREDADORES

Varios organismos son reportados como depredadores potenciales de moluscos bivalvos; entre ellos se registran peces, langostas, cangrejos y otros moluscos como pulpos y gasterópodos. Los productores del Golfo de Nicoya reportan al caracol *Cymatium sp.* como el depredador más agresivo en las unidades de cultivo y en segunda categoría al pez globo de la familia Tetraodontidae. La bolsa de preengorde

tiene la función de reducir la presión depredadora de langostas y peces; en el caso de *Cymatium* sp. y cangrejos se aplica la remoción manual de juveniles que han llegado a las bolsas en estadio temprano de post larva; además, se deben mantener las linternas siempre suspendidas del lecho marino para evitar que afecten la producción (Figura 2).

4.6 DESDOBLE Y AJUSTE DE DENSIDAD

El desdoble consiste en agrupar los organismos por tallas y determinar la cantidad que conforma cada grupo; se recomienda ordenar la mesa de trabajo como se indica en la Figura 12, esto permitirá un trabajo más eficiente en la selección de tallas. Una vez terminada esta faena, se realizan los ajustes de densidades / talla / bolsa según se indica en el Cuadro 2. Posteriormente, se coloca una bolsa por piso en las linternas, luego se cierran y etiquetan con el código designado para el lote y la talla respectiva; finalmente se trasladan las linternas a la long line que corresponde (Figuras 11 y 12).

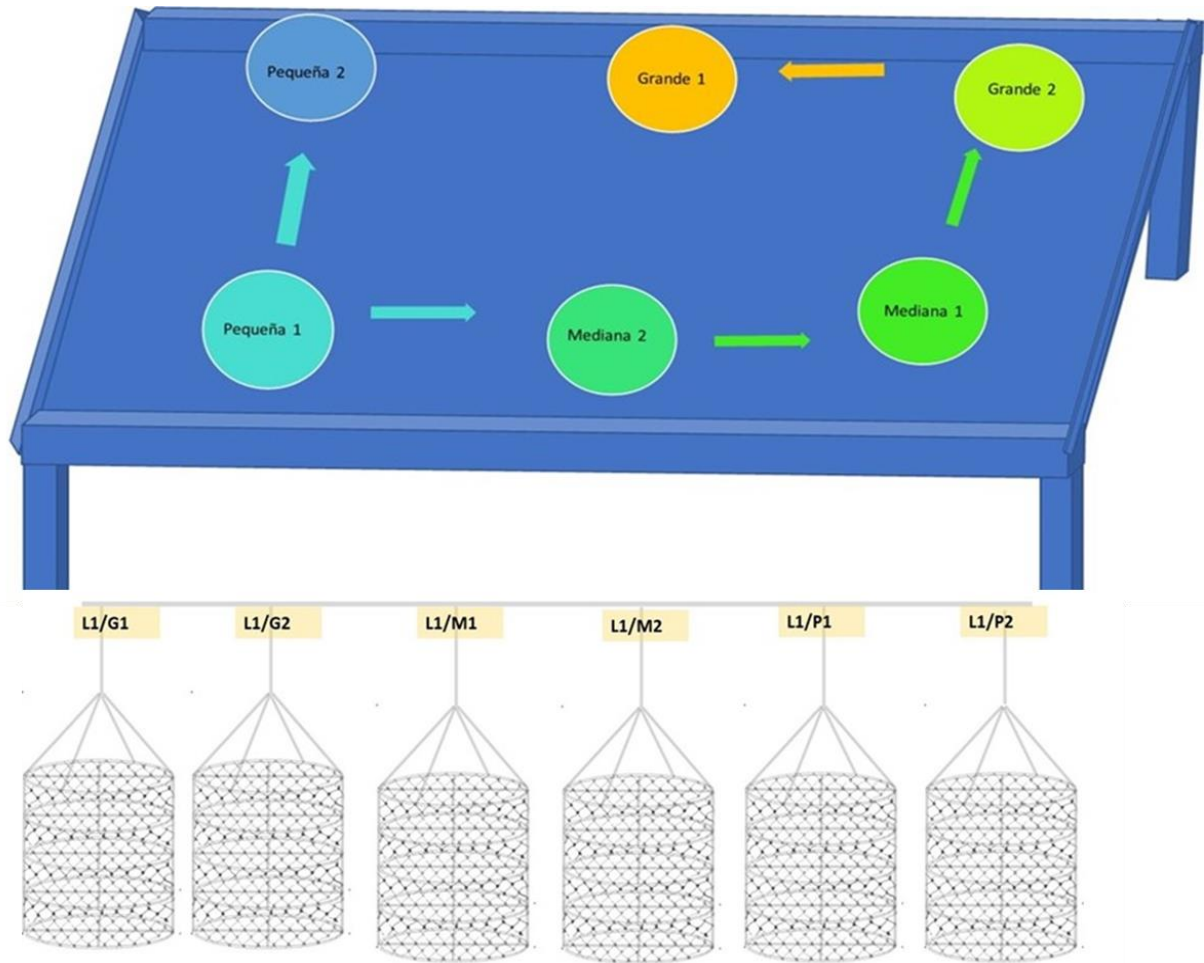


Figura 11. Distribución de la rotación de ostras en la mesa de trabajo y etiquetado de linternas.



Figura 12. Ajuste de densidad y retorno a la unidad de cultivo

4.7 SELECCIÓN Y CALIDAD DEL PRODUCTO PARA VENTA

Todo acuicultor debe mantener constante vigilancia de que la producción esté alcanzando los parámetros de calidad; se recomienda utilizar las dimensiones y presentación que se muestran en la Figura 13, monitorear el comportamiento de la

sobrevivencia, el crecimiento y las proyecciones de venta; para ello se deben llevar los respectivos registros correspondientes a la cantidad de animales/lote/talla/fecha; se recomienda una hoja de cálculo (Excel) u otra herramienta informática (Figura 14).

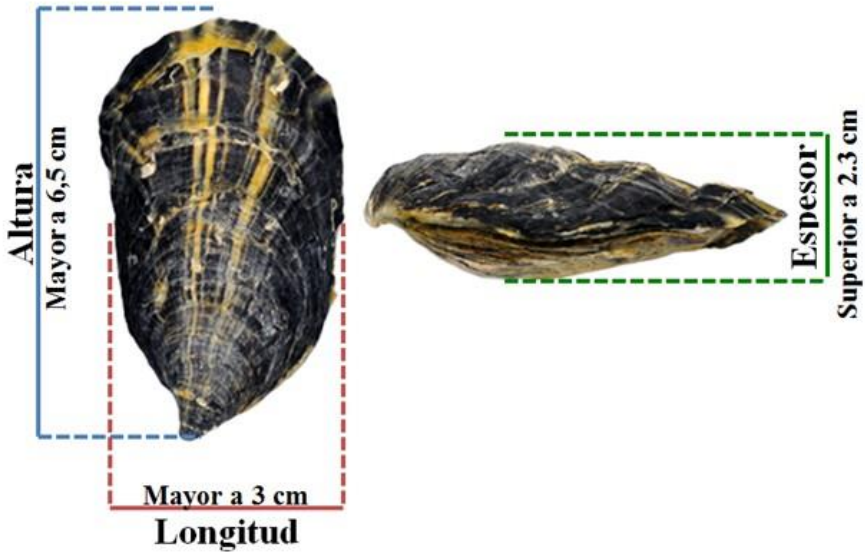


Figura 13. Característica final del producto para venta

4.8 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO Y SISTEMAS DE CULTIVO

Es indispensable que el personal brinde mantenimiento preventivo a los equipos (motor, hidrolavadora, balanza y otros), según lo indica la casa matriz; además de los sistemas de producción y utensilios varios (boyas, mecates, pesos, canastas, tamices, bandejas, espátulas, cuchillos, mesas de trabajo y otros), estas prácticas mantendrán la vida útil del equipo y evitarán atrasos o riesgos en la atención de algún imprevisto urgente de atender (Figura 15).

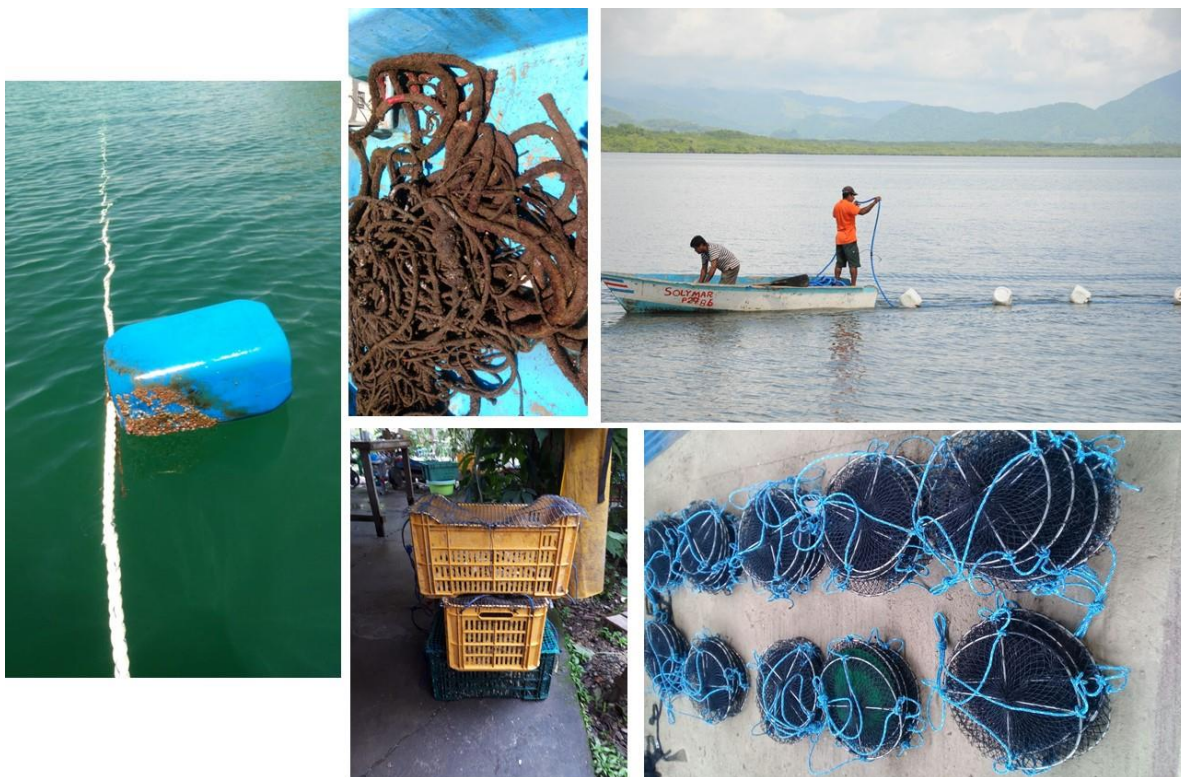


Figura 15. Mantenimiento preventivo de equipo, sistemas de producción y herramientas.

LITERATURA CITADA

- Barbieri, E., H. Marques, A. Vigilar, M. Buhner y A. Tegon. 2014. Concentrações do nitrogênio amoniacal, nitrito em nitrato em áreas de engorda de ostras no município de Cananeia-SP, Brazil. 2014. *O Mundo da Saúde, São Paulo* 38 (1): 105-115.
- Bernard, F. 1983. Physiology and the mariculture of some northeastern Pacific bivalves mollusks. *Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 63:24.
- Camargo, J., A. Alonso y A. Salamanca. 2005. Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere* 58: 1255-1267.
- FAO 2005. Programa de información de especies acuáticas. Texto de Helm, M.M. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/es
- FAO. (2006). Cultivo de bivalvos en criaderos Un manual práctico. Documento técnico de pesca. 84 pp.
- Farías, A. 2008. Nutrición y alimentación en moluscos bivalvos. En A. Lovatelli, A. Farias e I. Uriarte (eds). *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en America Latina*. Taller Técnico Regional de la FAO. 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 297–308
- Matto, O., A. Ivanina, C. Ullstad, E. Beniash y I. Sokolova, 2013. Interactive effects of temperature and CO₂ levels on metabolism and oxidative stress in two common marine bivalves (*Crassostrea virginica* and *mercenaria mercenaria*) *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular y Integrative Physiology* 164 (4): 545-553. DOI: [10.1016/j.cbpa.2012.12.025](https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2012.12.025)

- Miossec, L., R-M. Le Deuff, P. Gouletquer. (2009) Alien species alert: *Crassostrea gigas* (Pacific oyster). ICES Cooperative Research Report 299.
- Moreno, D., J. Quintero y A. López. 2010. Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Contatos* 78: 25-33.
- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago
- Nayar, N. y S. Mahadevan. 1987. Oyster culture- status and prospects. Central Marine Fisheries Research Institute (CMFRI) *bulletin*, 38, 1-78.
- Pacheco-Prieto, O. (2018). Crecimiento y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rizhorporae* (Guidan 1828) bajo dos densidades de cultivo en un sistema tipo "longline" en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Tesis para optar por grado de Licenciatura en Biología con Énfasis en Recursos Marinos y Dulceacuícolas. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional.
- Pérez, E., C. Lodeiros, D. Semidey, E. Uribe y L. Freitas. 2016. Crecimiento, supervivencia e influencia de factores ambientales en tres cohortes de la ostra perla *Pinctada imbricata*, en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 44 (1): 99-112.
- Shumway, S. 1990. A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture. *Journal of the world aquaculture society* 21 (2): 65- 104.
- Spotte, S. 1979. *JoFish and Invertebrate Culture: Water Management in Closed System*. John Wiley and Sons. New York. 179 pp.
- Timmons, M., J. Ebeling y R. Piedrahita. 2009. *Acuicultura en Sistemas de Recirculación*. Cayuga Aqua Ventures. NRACE Publication No. 101-2009 Spanish. 959 pp.

Villaroel, E., E. Buitrago y C. Lodeiros. 2004. Identificación de factores ambientales que afectan al crecimiento y la supervivencia de *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca: Bivalvia) bajo condiciones de cultivo en el Golfo de Cariaco, Venezuela. Revista Científica FCV-LUZ 14 (1): 28-35.

5. DISCUSIÓN

La altura (H mm) registrada al final del estudio en la población de la EST₂₂ fue muy parecida a la obtenida por Cilenti *et al.* (2018) para esta misma especie, quienes reportaron tallas de 60 mm (H mm) a los 8 meses de cultivo en el lago Varano del Mar Adriático frente a las costas de Italia y 4,6 mm mayor a la registrada en la EST₉; mientras que Treviño *et al.* (2020) obtuvieron tallas de 80 mm a los cinco meses de cultivo en el ecosistema estuarino de Manabí, Bahía de Caraquez en Ecuador, siendo 24,6 mm y 20,0 mm más grande que el obtenido en la EST₉ y EST₂₂, respectivamente, y 3 meses menor que lo observado en este estudio.

La diferencia del crecimiento (H mm) mencionada en los estudios anteriores pudo ser debido a la capacidad de adaptación de la especie, así como la influencia de los parámetros fisicoquímicos y tróficos que modularon el sistema natural en el momento que se realizó la experiencia, según lo explica (Pogoda *et al.*, 2011; Melo *et al.*, 2020; Stechele *et al.*, 2022).

Sin embargo, existe otra variable que debe considerarse en el análisis de los resultados reportados por Cilenti *et al.* (2018) y Treviño *et al.* (2020), concerniente al tamaño inicial de la semilla. En el caso de la investigación realizada en el lago Varano, Italia, la altura inicial (H_i mm) de la población experimental fue $8,43 \pm 1,57$ mm, y la utilizada en el sistema estuarino de la Bahía de Caraquez fue de $11,1 \pm 0,21$ mm y $6,3 \pm 0,24$ mm, mientras que la talla de siembra utilizada en este trabajo fue de $4,6 \pm 0,7$ mm; este podría ser uno de los factores que expliquen la marcada diferencia obtenida con respecto a las tallas y el tiempo de cultivo registradas por Cilenti *et al.* (2018) y Treviño *et al.* (2020).

Los parámetros biométricos mínimos para la venta en concha de *M. gigas* en el mercado nacional son: H mm= 65 mm, L mm= 30 mm y E mm= 25 mm, mientras que en este trabajo el crecimiento absoluto promedio fue de H mm= $55,4 \pm 0,1$ mm, L mm= $30,94 \pm 0,1$ mm, E mm= $22,4 \pm 0,1$ mm y Pg= $27,0 \pm 0,1$ g para la EST₉ y H mm= $62,1 \pm 0,1$ mm, L mm= $36,4 \pm 0,1$ mm, E mm= $23,6 \pm 0,1$ mm y Pg= $34,7 \pm 0,1$ g en la EST₂₂; con base en estos resultados se determinó que ninguna de las poblaciones alcanzó los valores mínimos de venta en H mm y E mm al final del estudio. Por tanto, es importante reevaluar los periodos de siembra y cosecha, dado que, según los resultados obtenidos en este trabajo, algunas localidades del Golfo de Nicoya podrían requerir más de 9 meses para que el producto alcance la talla de venta.

Otra variable importante considerada en el estudio fue la tasa instantánea de crecimiento; este parámetro biológico nos permite conocer el incremento o pérdida de la biomasa en el tiempo. Castillo-Durán *et al.* (2010) registraron en *M. gigas* cultivada en un sistema suspendido en Sonora, México una TIC de $0,098 \text{ mm d}^{-1}$ y $0,44 \text{ mm d}^{-1}$ en el verano ($T_{\bar{x}}= 31,4^{\circ}\text{C}$) y el invierno ($T_{\bar{x}}= 16,3^{\circ}\text{C}$), respectivamente. Siendo estos resultados menores a los obtenidos en este trabajo, durante la época lluviosa ($1,3 \text{ mm d}^{-1}$, $30,2^{\circ}\text{C}$) para ambas poblaciones, y mayores a los observados en la EST₉ ($0,05 \text{ mm d}^{-1}$, $30,3^{\circ}\text{C}$) y en la EST₂₂ ($0,04 \text{ mm d}^{-1}$, $29,6^{\circ}\text{C}$), durante la época de transición lluviosa-seca. Por otro lado, Rodríguez-Quiroz *et al.* (2016) informan en esta misma especie, una TIC de $0,25 \text{ mm d}^{-1}$, cultivada durante 360 días en la laguna de Navachiste- Macapule, México, bajo un rango de temperatura entre $31,8$ a $17,5^{\circ}\text{C}$, siendo menor al obtenido en la EST₉ ($0,83 \text{ mm d}^{-1}$) y en la EST₂₂ ($0,82 \text{ mm d}^{-1}$) a los 251 días de cultivo.

Estos autores explican que una disminución en la TIC podría deberse a cambios bruscos en los parámetros ambientales y la edad de los organismos, entre otros. Es importante mencionar que a pesar de la baja salinidad registrada en la EST₉ ($14,34 \text{ ‰}$) y la EST₂₂ ($20,31 \text{ ‰}$) a los 101 días de cultivo correspondientes al mes de octubre,

característico de la época lluviosa y la mayor influencia del río Tempisque en las zonas de estudio, no se registró una correlación significativa entre la TIC y la salinidad en las poblaciones de ambas estaciones.

Sin embargo, la biomasa de fitoplancton (Clorofila a mg m^{-3}) y la TIC, así como los TTS y la Clorofila a, mostraron una correlación significativa ($p < 0,05$) en la EST₉. Esta interacción repercute indirectamente en el crecimiento, dado que la disponibilidad de este alimento podría haber sido afectada por los TTS, en dos aspectos fundamentalmente, el primero por la adhesión de micropartículas alimenticias en los sedimentos suspendidos y el segundo por la limitada penetración de luz solar en la columna de agua, obstruyendo la captura de fotones por el fitoplancton. No obstante, la TIC no presentó diferencia significativa entre las poblaciones de la EST₉ y la EST₂₂.

En cuanto a la relación entre la altura y el peso, esta correlación mostró un crecimiento alométrico negativo en ambas poblaciones de estudio (EST₉= 2,8 r^2 0,86 y EST₂₂= 2,9 r^2 0,89), indicando que la altura incrementó más rápido que el peso; las ecuaciones resultantes pueden ser utilizadas como estimadores del crecimiento para *M. gigas* cultivada en el Golfo de Nicoya, bajo un sistema suspendido tipo long line.

El crecimiento alométrico obtenido en este estudio se encuentra dentro del rango reportado por Doinsing y Ransangan (2022), para moluscos bivalvos (2,4 a 4,5), y mayor a los registrados por Aydin *et al.* (2021) en poblaciones naturales de *M. gigas* ubicadas al Oeste de Ordu, Turquía, Mar Negro ($b=0,1666$ r^2 0,658) y por Darma *et al.* (2019) en tres sitios de Indonesia: Alue Naga ($b= 1,1056$ r^2 0,06839), Gano ($b= 0,9493$ $r^2 =0,6572$) y Gampong Pande ($b=1,4899$ $r^2 =0,7705$); pero más cercanos a los obtenidos por Vialova (2020) en granjas de cultivo ubicadas en Donuzlav Liman ($b= 2,56$ $r^2= 0,86$) y Blue Gulf ($b= 2,7$ $r^2=0,81$), en la península de Crimea, Mar Negro.

Por otro lado, el índice de condición es un indicador utilizado para determinar la calidad y el estado fisiológico en bivalvos; este parámetro puede experimentar variaciones debido a patrones estacionales de la temperatura, salinidad, disponibilidad de alimento y gametogénesis, entre otros, como lo indican (Pogoda *et al.*, 2011; Padin *et al.*, 2021; Doinsing y Ransangan, 2022).

Con respecto a las poblaciones experimentales, ambas mostraron patrones similares en el $IC_{comercial}$, un pico a los 50 días y un segundo pico a los 74 días de cultivo. El valor promedio registrado en la EST_9 y la EST_{22} se encuentra dentro del rango reportado por Theodorou *et al.* (2023) para poblaciones naturales de *Pinctada imbricata radiata* del Golfo Evoikos ($26,16 \pm 5,04$ %) y del Golfo Saronikos ($44,73 \pm 7,5$ %) al oeste del mar Egeo, Grecia; pero más bajos al rango observado por Reynaga-Franco *et al.* (2019) en *M. gigas* (71,5 a 60,0%), cultivada en un sistema suspendido de cajas en la Bahía Kino, Sonora, México.

Mientras que el rango en el índice de condición con base al peso seco (IC_{ps}) registrado por Melo *et al.* (2020), en poblaciones 2N y 3N de *M. gigas*, cultivadas en la bahía de Santa Catalina, Brasil, fue entre $14,35 \pm 2,6$ a $8,89 \pm 3,18$ y $15,06 \pm 2,5$ a $8,60 \pm 2,89$, respectivamente, siendo menores al obtenido en este trabajo. No obstante, ambos trabajos mostraron un comportamiento parecido en el IC_{ps} , con valores más altos al inicio del cultivo y más bajos al final del estudio.

Al respecto, Melo *et al.* (2020), indican que este comportamiento obedeció a la acumulación de material de reserva en los organismos para soportar las bajas temperaturas de invierno, mientras que los bajos valores obtenidos durante el verano obedecen al periodo de desove. En el caso de las poblaciones del Golfo de Nicoya, las variables ambientales registradas, incluyendo la temperatura, no mostraron correlación significativa que explicara la variación en el IC_{ps} ; es probable que este comportamiento

se deba a la interacción conjunta de las variables fisicoquímicas determinadas en este estudio y a otros factores no medidos durante este trabajo, ocasionados por el cambio de estación (transición seca-lluviosa a lluviosa), como por ejemplo la velocidad de la corriente.

Con base en el índice de condición IC_{ps} utilizado por Rahim *et al.* (2012) en *Polymesoda expansa* donde clasifica a los organismos en tres categorías: a- organismos gordos con un $IC_{ps} \geq 4,0$; b- organismos moderadamente gordos con un IC_{ps} entre 2 a 4 y c- organismos flacos con un $IC_{ps} \leq 2$, se puede decir que las ostras de las EST₉ y la EST₂₂ presentaron una condición gorda entre los 50 a 184 días, moderadamente gorda a los 129 días y flacas entre los 187 a 251 días de cultivo. Mientras que el IC_{ps} promedio ubica ambas poblaciones en una condición de gordura moderada, resultado parecido al reportado por Doinsing y Ransangan (2022) para una población natural de *Magallana bilineata* ubicada en la Bahía de Mengkabong, Tuaran, Malaysia.

En relación con los patrones reproductivos, se informa que ambas estaciones mostraron una madurez gonádica activa durante todo el periodo de estudio, característico de poblaciones tropicales como el observado por Ascensio *et al.* (2016), en poblaciones naturales de *Crassostrea virginica* ubicadas en Tamiahua, Golfo de México.

Al respecto, varios estudios confirman patrones reproductivos asociados a la temperatura en poblaciones distribuidas latitudinalmente; por ejemplo, especies de agua fría se caracterizan por mostrar ciclos gametogénicos con desoves anuales, mientras que poblaciones de clima templado experimentan dos ciclos anuales, estimulados por un incremento en la temperatura cercana a los 17 °C, y las de clima

tropical son reproductivamente activas durante todo el año, sin estadios de reposo evidentes (Baqueiro *et al.*, 2000; Legat *et al.*, 2020; Melo *et al.*, 2020). Además, Doinsing y Ransangan (2022) informan que la temperatura en la región tropical no experimenta mucha variación, por cuanto podrían ser la salinidad y la disponibilidad de alimento los factores ambientales que mayor influencia ejercen en el desarrollo gonadal, regulando los patrones reproductivos en las especies de clima tropical.

Igualmente, Legat *et al.* (2020) reportaron gametogénesis temprana en *Crassostrea gasar* a los 30 días de cultivo, bajo un sistema tropical ubicado al noreste del Estado de Maranhão, Brasil, localidad de Torto y Moro do Meio; las tallas mínimas y rangos de temperatura registrados en la población de cada lugar con gametogénesis temprana fueron: H mm= 11 mm entre 27 a 30 °C y H mm= 14 mm entre 26 a 29 °C, respectivamente. Mientras que las poblaciones experimentales en este trabajo mostraron una gametogénesis temprana a los 50 días de cultivo, las tallas y el rango de temperatura en ambas estaciones también difieren con las reportadas por estos autores (EST₉ H mm= 21,9 mm, 30,7 a 30,81 °C, y EST₂₂ H mm= 28,5 mm, 29,7 a 30,19 °C).

Además, Ascencio *et al.* (2016) observaron actividad gametogénica durante todo el año en poblaciones naturales de *C. virginica*, en individuos con tallas entre 40 a 60 mm bajo un rango de temperaturas entre 22 a 30 °C y una salinidad entre 16 a 31 ‰, para una variación en la temperatura de 8 °C y en la salinidad de 15 ‰, resultados muy diferentes a los observados en las poblaciones estudiadas en el Golfo de Nicoya de la EST₉ y EST₂₂. No obstante, la madurez sexual y la temperatura no mostraron correlación significativa en este trabajo; esto concuerda con los estudios realizados en *C. virginica* por Ascencio *et al.* (2016) y por Barman *et al.* (2022) en *M. saidii*.

En el caso de las poblaciones estudiadas, la proporción de sexos observada en ambas estaciones mostró un comportamiento reproductivo de hermafroditismo protándrico con dominancia en machos, característico de poblaciones jóvenes (Xue *et al.*, 2021). No obstante, el resultado registrado en el Golfo de Nicoya es diferente al reportado por Barman *et al.* (2022) en poblaciones naturales de *M. saidi* ubicadas en el estuario Johor, Malaysia al sur de Asia; ellos obtuvieron una proporción macho y hembra (M:H) de 1:1,64 en individuos con tallas entre 110 a 120 mm, mientras que la proporción de sexos en la EST₉ y EST₂₂ fue de 2,7:1 (H mm= 54 a 55,4 mm) y 3:1 (H mm= 55,1 a 62,1 mm), respectivamente.

Sin embargo, existe concordancia con los resultados expuestos; dado que el más alto porcentaje de hembras observadas en ambas estaciones fue en los individuos de mayor talla entre el D₁₈₇ a D₂₅₁, dicho comportamiento podría obedecer a que las poblaciones en este estudio conforman una misma cohorte, debido a que son lotes de cultivo y además que cada cohorte fue cosechada antes de que ocurriera la reversión a hembras.

De igual importancia, la formación de concha en moluscos bivalvos tiene implicaciones en el crecimiento y la sobrevivencia; esta variable involucra un proceso metabólico de biomineralización complejo que se realiza en cuatro etapas fundamentalmente: 1- ensamblaje de la matriz proteica, 2- formación del mineral precursor de la aragonita y calcita, 3- nucleación de placas de aragonita y 4- crecimiento de la placa reticular que conforma la concha. Dicho proceso puede verse afectado por variaciones en las condiciones ambientales fuera del rango óptimo que requiere la especie para su desarrollo (Zhang y Zhang, 2006).

Entre las variables ambientales que afectan la formación de concha se encuentran: la temperatura, la salinidad, la disponibilidad de alimento, el pH, contaminantes como el TBT, organismos patógenos, bacterias, virus, perforadores como los de la familia Spionidae (*Polydora sp.*), la familia Mytilidae (*Lithofaga sp.*) y otros epibiontes, ocasionando una condición de estrés en cuyo caso podría inducir que los organismos afectados prioricen funciones metabólicas como la homeóstasis a costa de otras no vitales como es la formación de concha (Parker *et al.*, 2017; Sander *et al.*, 2018; Mizuta y Wikfors, 2019). Por ejemplo, el caso de las poblaciones intermareales de *M. gigas* de la Bahía de Veys, Normandía, Francia, registrado por Roger *et al.* (2006), presentó valvas frágiles y quebradizas debido a infestaciones de *Polydora sp.* Esta situación podría llevar a una disminución en el crecimiento o un incremento en la mortalidad, según sea el grado de afectación.

Al respecto, Kocot *et al.* (2016); Ivanina *et al.* (2020); Grenier *et al.* (2020) informan que un incremento en la $P\text{CO}_2$, una disminución en el pH y baja salinidad, podrían reducir la disponibilidad de iones Ca^{+2} en el agua, afectando el metabolismo energético, la síntesis de proteínas, el secuestro Ca^{+2} , el transporte de CaCO_3 , el equilibrio ácido-base de los fluidos que se encuentran en la cavidad paleal y, por tanto, la biomineralización. No obstante, dicha afectación varía según la capacidad de adaptación y rango de tolerancia de la especie; tal es el caso observado por Mele *et al.* (2023) en *Mytilus edulis* y *M. trossulus*, quienes reportaron que poblaciones de latitudes altas de estas especies presentaron conchas con mayor contenido orgánico y más delgadas, mientras que poblaciones de ambientes subpolares y polares de baja salinidad mostraron conchas delgadas con periostraco grueso y mayor porcentaje de calcita que aragonita.

En cuanto a las poblaciones de clima templado y ambientes más salinos, estos autores registraron conchas gruesas con mayor porcentaje de aragonita y menos calcita, evidenciando patrones compensatorios de resiliencia y adaptación a los diferentes ambientes naturales. Este podría ser el caso de *M. gigas* en el presente estudio, dado que el rango de salinidad registrado en EST₉ fue entre 14,34 a 29,22 ‰, con un promedio de 23,8 ‰, mientras que en la EST₂₂ la variación estuvo entre 20,31 a 32,64 ‰, para un promedio de 29,26 ‰ y una diferencia de salinidad entre las estaciones de 5,46 ‰.

Por otro lado, las prácticas implementadas con la finalidad de potenciar estructuras de resistencia, incrementar el grosor, aumentar la profundidad y ancho de la concha, así como fortalecer el músculo aductor encargado en el cierre de las valvas mediante la exposición a la energía de las corrientes intermareales, periodos de emersión y eliminación de los bordes de crecimiento, entre otros, podrían ocasionar un estrés en los organismos, como lo deja saber (Cheney, 2010). Sin embargo, es importante indicar que las últimas técnicas mencionadas anteriormente fueron implementadas en este trabajo con la misma finalidad; no obstante, la comparación del grosor de concha entre las poblaciones de estudio no mostró diferencia significativa ($p < 0,05$).

En cuanto a la supervivencia, Bordignon *et al.* (2020) indicaron que moluscos bivalvos de clima frío y templado pueden mostrar mortalidades importantes debido a los cambios abruptos en la temperatura que experimentan las poblaciones entre estaciones climáticas; pero como se mencionó anteriormente, la temperatura en la región tropical no muestra grandes variaciones. Esta podría ser la razón por la que no se registró una correlación significativa en el comportamiento de la sobrevivencia y la temperatura en las poblaciones de la EST₉ y EST₂₂.

Igualmente, la temperatura, la depredación y las infestaciones por organismos patógenos son agentes que inciden en el comportamiento de la supervivencia, sea esta de forma directa o indirecta. Según Revilla *et al.* (2022) la baja supervivencia en cultivos de *Pteria colymbus* ubicados en el Golfo de Cariaco, Venezuela, se debió a depredación por cangrejos de la familia Portunidae y caracoles del género *Cymatium*; mientras que Velasco y Barros (2019) contabilizaron mensualmente 24 cangrejos, 16 *Cymatium* m⁻² en cultivos de *Argopecten nucleous*, así como 16 cangrejos y 8 *Cymatium* en cultivos de *Nodipecten nodosus*, los cuales fueron protegidos colocándolos en bolsas con una luz de malla menor al que utilizaron para *A. nucleous*. El sistema implementado para *A. nodosus* es muy parecido al utilizado en la EST₉ y EST₂₂; sin embargo, la cantidad de cangrejos y caracoles contabilizados (10 cangrejos juveniles y 3 *Cymatium*) fue menor al reportado por Velasco y Barros (2019).

En cuanto a las infestaciones, el 6% de los organismos muestreados en este trabajo presentaron conchas con lesiones por *Polydora* y tejido necrosado, probablemente por la conjugación de virus y bacterias. Para el caso de *Polydora*, diferentes autores coinciden en que infestaciones por perforadores son causa de estresores secundarios, ocasionando pérdida en el índice de condición, conchas quebradizas, músculo aductor debilitado, patologías por virus, bacterias y parásitos, comprometiendo la salud de los organismos y, por tanto, aumentando el potencial de mortalidad.

Al respecto, Royer *et al.* (2006) registraron mortalidades del 50 % en poblaciones de *M. gigas* en Normandía, Francia; igual porcentaje se dio en poblaciones de abulón durante 1995- 2000 en Tasmania y Australia; y durante 1989- 1990 en Columbia Británica, informaron mortalidades del 80 % en cultivos de vieira. Ante lo expuesto, se considera que la mortalidad registrada en ambas estaciones podría deberse a la depredación e infestaciones.

No obstante, las prácticas implementadas por productores de diferentes localidades del mundo para el control de patógenos, como son el raspado de la concha para la eliminación de incrustantes y periodos de inmersión en agua dulce, pueden ser efectivas en el control de infestaciones. Sin embargo, son causas de estrés debido al aumento de la temperatura que se ocasiona en la cavidad intervalvar, metabolismo anaeróbico y pérdida del líquido del seno paleal, entre otros; aunque el riesgo de mortalidad va a incrementar según el tiempo de exposición y la frecuencia en la que son sometidos los organismos (Evans *et al.*, 2019; Bordignon *et al.*, 2020), estas técnicas también fueron implementadas en este trabajo para el control de patógenos, por lo que es importante realizar estudios que permitan determinar la afectación de dichos tratamientos en la supervivencia de *M. gigas*.

Aplicar periodos de emersión es otro método implementado para el control de patógenos; como se mencionó anteriormente, sin embargo, la frecuencia y tiempo del tratamiento podrían afectar la supervivencia y el crecimiento (Evans *et al.*, 2019). Bordignon *et al.* (2020) observaron mortalidades en triploides de *M. gigas* sometidos a diferentes regímenes de emersión, como se describen: 66,8 % (7h día⁻¹), 63,3 % (14h día⁻¹) y 44,3 % (14h 4 días⁻¹), siendo este último valor parecido al obtenido en la EST₉ (49 %, para 4 h 15 días⁻¹), y bastante menores a los registrados en la EST₂₂ (72 %, para 4 h 15 días⁻¹).

En cuanto a la supervivencia registrada en el Golfo de Nicoya, esta fue diferente a la obtenida por Treviño *et al.* (2020); al respecto, ellos reportaron un acumulado del 71,5 % en *M. gigas* cultivada en el sistema estuario de la Bahía Caráquez, ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador, siendo bastante mayor al obtenido en la EST₉ (51%) y la EST₂₂ (28%). Esta diferencia podría obedecer a tres variantes metodológicas

implementadas por estos autores, como se señalan a continuación: 1- no incluyen la mortalidad de los primeros 15 días de cultivo, 2- eliminan los juveniles pequeños al final del estudio y 3- estiman un 30% de mortalidad; mientras que en esta investigación no se aplicó ningún tipo de ajuste durante el estudio.

Por otro lado, el porcentaje de supervivencia promedio obtenida en la EST₉ al final del estudio es muy cercano a los valores máximos reportados para poblaciones de cultivo de la ostra perlera *Pinctada maxima* por Villanueva *et al.* (2022) en la Bahía Honda, Palawan (46,7 %), y por Yukihiro *et al.* (2006) en la laguna de la Gran Barrera de Arrecife, Australia (50 %), mientras que la sobrevivencia de la EST₂₂ fue 1,4 % menor al valor mínimo observado por Villanueva *et al.* (2022).

Otros factores de estrés, no medidos en este trabajo, pero poco reportados en la literatura, son la afectación de árboles transportados por la escorrentía y que son atrapados en los sistemas de cultivo, además del incremento en la velocidad del caudal observado durante la época lluviosa en estos sitios, los cuales son importantes de estudiar para determinar el grado de afectación directo o indirecto que ejercen en el crecimiento y la supervivencia de moluscos bivalvos bajo condiciones de cultivo.

En cuanto a las características para la selección del sitio, los sistemas estuarinos presentan variaciones en los parámetros fisicoquímicos como la temperatura, la salinidad, el pH, el oxígeno disuelto, los sólidos totales en suspensión, el CaCO₃ y la productividad primaria, debido al transporte de material terrígeno producto de la escorrentía, principalmente. Dichos cambios podrían ser factores de estrés para las diferentes poblaciones de bivalvos residentes de estos ecosistemas, como lo revela Parker *et al.* (2017).

Al respecto, la temperatura y salinidad registradas en el Golfo de Nicoya durante el periodo de estudio estuvieron dentro de los rangos reportados por Ascencio *et al.* (2016) (22 a 30 °C y 16 a 31 ‰) para poblaciones naturales de *C. virginica*, Laguna Tamiahua, Golfo de México, así como los registrados por Qin *et al.* (2022) en poblaciones naturales de *Crassostrea ariakensis* ubicadas en el norte y sur de China (21 a 31 °C y 28 a 31,8 ‰).

Así mismo, los parámetros ambientales observados por Doinsing y Ransangan (2022) en poblaciones naturales de *Magallana bilineata*, Bahía de Mengkabong, Malaysia; temperatura (29-33,7 °C), salinidad (26,68-35,74 ‰), oxígeno disuelto (3,18-6,99 mg L⁻¹) y pH (6,57-8,29), mientras que la clorofila a (1,51-98,93 µg L⁻¹) registrada por estos autores fue mayor a la obtenida en las estaciones de estudio del Golfo de Nicoya.

Además, los parámetros fisicoquímicos registrados durante el periodo de estudio se encuentran dentro del rango de tolerancia reportado para *M. gigas* por Carrasco *et al.* (2010) y Cranford (2019). Sin embargo, no se registró correlación significativa entre las variables ambientales y las variables biométricas en la EST₉. En el caso de la EST₂₂, la profundidad Secchi y el pH parecen ser las variables que mayor inciden en el crecimiento, mientras que la supervivencia fue más sensible al pH en ambas estaciones.

Por tanto, respondiendo las preguntas planteadas en este trabajo, se indica que *M. gigas* mostró un comportamiento en el crecimiento y la sobrevivencia significativamente diferente en los sitios de estudio, siendo la profundidad Secchi y el

pH las variables que mostraron una alta correlación ($p < 0,05$) con el crecimiento en la EST₂₂. Mientras que en la EST₉ la TIC y la Clorofila a, así como los TTS y la Clorofila a registraron correlación significativa ($p < 0,05$); además, la sobrevivencia fue la variable que mostró una alta correlación con el pH ($p < 0,05$) en los sitios de estudio.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con respecto a los resultados obtenidos se concluye que:

Existe una diferencia significativa en la supervivencia y crecimiento de *M. gigas* entre los sitios de cultivo, siendo la EST₉ el lugar con mejor supervivencia, mientras que la EST₂₂ mostró el mejor crecimiento al final del estudio. El bajo crecimiento registrado en la EST₉ podría deberse a la proporción de individuos que presentaron gametogénesis temprana comparada con la población de la EST₂₂.

Por otro lado, la proporción de sexos mostró una predominancia de machos en ambas estaciones durante todo el periodo de estudio característico de poblaciones jóvenes para esta especie.

Las variables ambientales registradas en ambos sitios se encuentran dentro del rango de tolerancia reportado para esta especie; sin embargo, los TTS y la salinidad son los parámetros ambientales que mostraron una diferencia significativa entre las estaciones.

Los resultados obtenidos en este estudio no permiten definir con claridad cuál es el mejor sitio para el cultivo de *M. gigas*, dado que en la EST₉ se observó menor crecimiento, pero mayor sobrevivencia, contrario a lo observado en la EST₂₂.

Por tanto, de acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda que:

Los productores mantengan las prácticas implementadas para el control de infestaciones.

Realizar siembras en la época seca y de transición seca-lluviosa para que puedan contar con organismos más fuertes y resilientes durante la época lluviosa; también se recomienda aumentar la talla de siembra a $H \text{ mm} = 5 \text{ mm}$, basado en la información brindada por otros autores, cuyos resultados mostraron una mejor supervivencia y crecimiento en lotes de semilla sometidos a una pre-engorda.

Mantener la práctica de cosecha total para cada lote de siembra hasta un máximo de 11 meses por campaña, con la finalidad de extender el periodo de engorde para que los organismos alcancen la talla de venta, reducir los costos de mantenimiento y el riesgo de mortalidad por depredación o infestaciones severas, brindar espacio y un manejo adecuado a las próximas siembras, y sacar hembras potenciales del sistema de cultivo.

En el caso de aumentar la producción de *M. gigas*, es necesario que los productores inviertan en adquirir instrumentación mecanizada para el manejo de la unidad de cultivo.

Mantener el monitoreo de las variables ambientales para determinar patrones en el tiempo que ayuden a definir los meses idóneos de siembra y cosecha. Además, para que los productores comprendan cada vez más la interacción de los factores

ambientales en el comportamiento del crecimiento y la sobrevivencia que experimenta cada campaña de producción. Esto les permitirá innovar en el mejoramiento del manejo y administración de la unidad de cultivo.

Que se promueva la investigación y extensión de forma sostenida con la finalidad de apoyar a los productores a comprender la dinámica del sitio de uso y las diferentes campañas, así como estructurar la implementación de mejoras de forma asertiva.

Que se promuevan investigaciones especializadas en la reproducción de especies endógenas que muestran alta resiliencia ante las adversidades del cambio climático.

7. LITERATURA CITADA

- Arias, T., Herrera, L., y Santander, E. (2001). Caracterización de los parámetros físicos, químicos y biológicos en la bahía de Bajo Molle, Iquique. *Investigaciones Marinas*, 2 (2). <https://doi.org/10.4067/s0717-71782001000200006>
- Arias, S. y Zúñiga, G. (2001). *Evaluación de la tasa de crecimiento y sobrevivencia de Crassostrea gigas en sistemas suspendidos, Golfo de Nicoya. Informe proyecto Escuela de Ciencias Biológicas-Universidad Nacional.* <https://www.investigacion.una.ac.cr/index.php/sistema-informacion-academic>
- Arias, S. y Zúñiga, G. (2004). *Evaluación de la transferencia tecnológica en el cultivo de Crassostrea gigas como una alternativa productiva para comunidades del Golfo de Nicoya. Informe proyecto MICIT-CONICIT- CAMAPUM-Escuela de Ciencias Biológicas-Universidad Nacional.* <https://www.investigacion.una.ac.cr/index.php/sistema-informacion-academic>
- Arias, S., Zúñiga, G. y Pacheco, O. (2008). *Cultivo piloto de Crassostrea gigas en Isla Pajarita, Golfo de Nicoya. Informe proyecto PNUD-ASOPROPESA- ECB.* <https://www.investigacion.una.ac.cr/index.php/sistema-informacion-academic>
- Arias, S., Zúñiga, G., y Pacheco, O. (2010). *Fortalecimiento de la competitividad a emprendimientos y Mipymes de la Región Pacífico Central (Transferencia técnica en el cultivo de Crassostrea gigas). Informe proyecto Programa de Regionalización Interuniversitaria Región Pacífico Central.* <https://www.investigacion.una.ac.cr/index.php/sistema-informacion-academic>
- Arias, S., Zúñiga, G., Pacheco, O., Calvo, E., Berrocal, K., Vega, H., Quesada, R., Fonseca, C., Chavarría, F., Marín, C. y Vega, L. (2015). *Fortalecimiento en la competitividad de emprendimientos y Mipymes de la Región Pacífico Central (Acompañamiento técnico que promueva la competitividad en emprendimientos ostrícolas como una alternativa productiva para comunidades pesqueras del Golfo de Nicoya). Informe proyecto Programa de Regionalización Interuniversitaria Región Pacífico Central.* <https://www.investigacion.una.ac.cr/index.php/sistema-informacion-academic>

- Arias, S., Zúñiga, G., Bolaños, H., Calvo, E., Quesada, R. y Pacheco-Prieto, O. (2019). *La ostricultura como una alternativa socioeconómica para comunidades costeras del Litoral Pacífico, Costa Rica. Informe proyecto Programa de Regionalización Interuniversitaria Región Pacífico Central*
<https://www.investigacion.una.ac.cr/index.php/sistema-informacion-academic>
- Ascencio Aguirre, L. A., Enríquez D., M., Martínez M., I., y Aldana A., D. (2016). Effect of temperature and salinity on the reproductive cycle of males and females of *Crassostrea virginica* (Bivalvia: Ostreidae). *Revista de Biología Tropical*, 64(2), 449.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v64i2.18137>
- APHA-AWWA-WEF, A. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.
- Aydın, M., Biltekin, D., Breugelmans, K., y Backeljau, T. (2021). First record, DNA identification and morphometric characterization of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) in the southern Black Sea. *Bioinvasions records*, 10(4), 838–852
<https://doi.org/10.3391/bir.2021.10.4.08>
- Barman, A. C., Wong, N. L. W. S., y Abd Karim, M. M. (2022). Reproductive cycle of the oyster *Crassostrea (Magallana) saidii* (Wong and Sigwart, 2021) from Southeast Asia. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.05.007>
- Barbieri, E., H. Marques, A. Vigilar, M. Buhner y A. Tegen. 2014. Concentrações do nitrogênio amoniacal, nitrito em nitrato em áreas de engorda de ostras no município de Cananeia-SP, Brazil. 2014. *O Mundo da Saúde, São Paulo* 38 (1): 105-115.
- Bartels, C. E., Price, K. S., López, M. I., y Bussing, W. A. (1983). Occurrence, distribution, abundance and diversity of fishes in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 31(1), 75–101. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/25130>

- Baqueiro-Cárdenas, E. y Aldana-Aranda, D. (2000). A review of reproductive patterns of bivalve mollusks from México. *Bulletin of Marine Science*, 66 (1), 13-27
<https://www.researchgate.net/publication/221965466>
- Bernard, F. 1983. Physiology and the mariculture of some northeastern Pacific bivalves mollusks. *Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 63:24.
- Bhosle, R. V., Kumar, S. S., y Lingam, R. S. S. (2021). Non-fed aquaculture—an alternative livelihood option for fisherman. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 10(02): 3181-3188.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1002.349>
- Bordignon, F., Zomeño, C., Xiccato, G., Birolo, M., Pascual, A., y Trocino, A. (2020). Effect of emersion time on growth, mortality and quality of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*, Thunberg 1973) reared in a suspended system in a lagoon in Northern Italy. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 528(735481), 735481.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735481>
- Brenes, C., León, S., y Arroyo, G. (1996). Influence of coastal waters on some physical and chemical oceanographic characteristics of Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Top. Meteor. Oceanogr.* 3(2): 65-72
- Brenes, C., León, S., y Arroyo, G. (2001). Variación de las propiedades termohalinas en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49. Supl. 2: 145-152. <https://www.ucr.ac.cr>
- Brugnoli, O. E., Morales, M., A. (1999). Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua, en la zona de Punta Morales, Golfo de Nicoya, durante un evento “El Niño”. *Top. Meteor. Oceanogr.* 6(2), 52-57
- Bussing, W. A., y López S., M. I. (1999). Demersal and Pelagic inshore fishes of the Pacific Coast of lower Central America: An illustrated guide. *Revista De Biología Tropical*, 47(S2), 1–164. Retrieved from <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/30499>

- Camargo, J., A. Alonso y A. Salamanca. 2005. Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere* 58: 1255-1267
- Carrasco, M. F., y Barón, P. J. (2010). Analysis of the potential geographic range of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) based on surface seawater temperature satellite data and climate charts: the coast of South America as a study case. *Biological Invasions*, 12(8), 2597–2607. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9668-0>
- Carroll, M. A., y Catapane, E. J. (2007). The nervous system control of lateral ciliary activity of the gill of the bivalve mollusc, *Crassostrea virginica*. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular y Integrative Physiology*, 148(2), 445–450. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2007.06.003>
- Castillo-Durán, A., Chávez-Villalba, J., Arreola-Lizárraga, A., y Barraza-Guardado, R. (2010). Comparative growth, condition, and survival of juvenile *Crassostrea gigas* and *C. corteziensis* oysters cultivated in summer and winter. *Ciencias Marinas*, 36(1), 29-39.
- Castro Campos, M. V., Jiménez Ramón, J. A. 1., Ross Salazar, E., Arias Godínez, G., y Quesada Rojas, A. F. (2021). *Atlas marino-costero del Golfo de Nicoya, Costa Rica*. [San José, Costa Rica]: Fundación MarViva.
- Chaves, J., y Birkicht, M. (1996). Equatorial Subsurface Water and the nutrient seasonality distribution of the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(S3), 41-47.
- Chávez-Villalba, J., Arreola-Lizárraga, A., Burrola-Sánchez, S., y Hoyos-Chairez, F. (2010). Growth, condition, and survival of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 300(1–4), 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.01.012>
- Cheney, D. P. (2010). Bivalve shellfish quality in the USA: From the hatchery to the consumer. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(2), 192–206. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00348.x>

- Cilenti, L., Scirocco, T., Specchiulli, A., Vitelli, M. L., Manzo, C., Fabbrocini, A., Santucci, A., Franchi, M., y D'adamo, R. (2018). Quality aspects of *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) reared in the Varano Lagoon (southern Italy) in relation to marketability. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98(1), 71–79. <https://doi.org/10.1017/s0025315417001692>
- Córdoba, O., Barrantes, W., y Sánchez, M. (2011). Estudio de mercado para la actividad ostrícola Región Pacífico Central (*Plan de mercadeo para granjas ostrícolas de la Región Pacífico Central*). Programa de Regionalización Interuniversitaria. <https://www.investigacion.una.ac.cr/index.php/sistema-informacion-academic>
- Cranford, P.J. (2019). Magnitude and Extent of Water Clarification Services Provided by Bivalve Suspension Feeding. In: Smaal, A., Ferreira, J., Grant, J., Petersen, J., Strand, Ø. (eds) *Goods and Services of Marine Bivalves*. pp. 119–141. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96776-9_8
- Cruz Soto, R. A., y Jiménez Ramón, J. A. (1994). *Moluscos asociados a las áreas de manglar de la costa pacífica de América Central; guía* (No. 594.09728 C957). EFUNA
- Darma, S., Ali M.S., y Safrida. (2019). Population structure and growth pattern of wild oyster (Ostreidae) in Banda Aceh City, Aceh Province, Indonesia *International journal of fisheries an aquatic studies* 7(1),13-18. www.fisheriesjournal.com
- Dean, H. K. (2016). Some intertidal and shallow water polychaetes of the Caribbean coast of Costa Rica. *Revista De Biología Tropical*, 65(1), 127–152. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i1.14949>
- Decreto Ejecutivo N° 27919 – MAG, Establece aplicación oficial del Código de Conducta Para Pesca Responsable Aprobado por la FAO. Publicado en la Gaceta N° 114 del 14 de junio de 1999.
- Decreto ejecutivo N° 35803-MINAE, establece Criterios técnicos para la identificación, clasificación y conservación de los humedales. Publicado en la Gaceta N| 73 de 16 de abril de 2010.

- Doinsing, J. W., y Ransangan, J. (2022). Population dynamics of the tropical oyster *Magallana bilineata* (Mollusca, Bivalvia, Ostreidae) in Mengkabong Bay, Tuaran, Malaysia. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.04.005>
- Eble, A. y Scro, R. (1996). General Anatomy. In: Kennedy V., Newell, R., Eble, A. (Eds.). *The Eastern Oyster: Crassostrea virginica* Maryland Sea Grant College. Maryland. U.S.A. p 19-73.
- Epifanio, C. E., Maurer, D., y Dittel, A. I. (1983). Seasonal changes in nutrients and dissolved oxygen in the Gulf of Nicoya, a tropical estuary on the Pacific coast of Central America. *Hydrobiologia*, 101, 231-238.
- Evans, O., Kan, J. Z. F., Pathirana, E., Whittington, R. J., Dhand, N., y Hick, P. (2019). Effect of emersion on the mortality of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) infected with Ostreid herpesvirus-1 (OsHV-1). *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 505, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.02.041>
- FAO 2005. Programa de información de especies acuáticas. Texto de Helm, M.M. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/es
- FAO. (2006). Cultivo de bivalvos en criaderos Un manual práctico. Documento técnico de pesca. 84 pp.
- FAO. (2013). *Cultured Aquatic species information Programme Crassostrea gigas* (Thunger 1793). En: FAO Fisheries and aquaculture department. <https://www.fao.org/commonpages/search/es/?q=Cultured%20Aquatic%20species%20information%20Programme%20Crassostrea%20gigas%20>
- FAO, (2016). *Panorama de la pesca continental y la acuicultura en América Latina y el Caribe. Comisión de pesca continental y acuicultura para América latina y el Caribe. Décimo Cuarta Reunión.* Lima Perú, febrero. FAORLC -COPECAALC-XIV-3 <http://www.fao.org/3/a-i3720s/i3720s01.pdf>

- FAO (2020). *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura*. In *Contribución a la Seguridad Alimentaria y la Nutrición Para Todos; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*: Rome, Italy, <https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-world-fisheries-and-aquaculture/es>
- FAO (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Farías, A. 2008. Nutrición y alimentación en moluscos bivalvos. En A. Lovatelli, A. Farias e I. Uriarte (eds). *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en America Latina*. Taller Técnico Regional de la FAO. 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 297–308
- García-Rojas, A., Vega-Bolaños, H., & Quesada-Phillips, V. (2017). Tintinnids Diversity and Abundance in Estuarine Waters of Two Marine Areas for Responsible Fishing in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Uniciencia*, 31(1), 1-12. <https://doi.org/10.15359/ru.31-1.1>
- Grenier, C., Román, R., Duarte, C., Navarro, J. M., Rodríguez-Navarro, A. B., y Ramajo, L. (2020). The combined effects of salinity and pH on shell biomineralization of the edible mussel *Mytilus chilensis*. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 263(114555), 114555. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114555>
- Góngora-Gómez, A. M., García-Ulloa, M., Hernández-Sepúlveda, J. A., y Domínguez-Orozco, A. L. (2012). Crecimiento del ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) cultivado en el estero La Piedra, Sinaloa, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 16(2), 91-104.
- Hedrick, P. W., y Hedgecock, D. (2010). Sex determination: Genetic models for oysters. *The Journal of Heredity*, 101(5), 602–611. <https://doi.org/10.1093/jhered/esq065>

- Hickman, R. W., y Illingworth, J. (1980). Condition cycle of the green-lipped mussel *Perna canaliculus* in New Zealand. *Marine Biology*, 60(1), 27–38.
<https://doi.org/10.1007/bf00395603>
- Hossfeld, B. (1996). Distribution and biomass of arrow worms (Chaetognatha) in Golfo de Nicoya and Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(S3), 157-172.
- Huyghe, D., de Rafelis, M., Ropert, M., Mouchi, V., Emmanuel, L., Renard, M., y Lartaud, F. (2019). New insights into oyster high-resolution hinge growth patterns. *Marine Biology*, 166(4). <https://doi.org/10.1007/s00227-019-3496-2>
- INCOPESCA (2012). *Estadísticas pesqueras 1990-2012*. Recuperado el 5 de mayo del 2015
http://www.incopecsa.go.cr/Est._Pesq._resumen_sect_pesq_y_acui_98_04.htm
- INCOPESCA y SEPSA, (2019). *Plan estratégico de la acuicultura en Costa Rica 2019-2023*. Recuperado el 03 de febrero del 2023
<http://www.infoagro.go.cr/documents/>
- Ivanina, A. V., Falfushynska, H. I., Beniash, E., Piontkivska, H., y Sokolova, I. M. (2017). Biomineralization-related specialization of hemocytes and mantle tissues of the Pacific oysters *Crassostrea gigas*. *The Journal of Experimental Biology*.
<https://doi.org/10.1242/jeb.160861>
- Ivanina, A. V., Jarrett, A., Bell, T., Rimkevicius, T., Beniash, E., y Sokolova, I. M. (2020). Effects of seawater salinity and pH on cellular metabolism and enzyme activities in biomineralizing tissues of marine bivalves. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular y Integrative Physiology*, 248(110748), 110748. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110748>
- Kocot, K. M., Aguilera, F., McDougall, C., Jackson, D. J., y Degnan, B. M. (2016). Sea shell diversity and rapidly evolving secretomes: insights into the evolution of biomineralization. *Frontiers in zoology*, 13, 1-10
- Kress, N., Coto, S. L., Brenes, C. L., Brenner, S., y Arroyo, G. (2002). Horizontal transport and

seasonal distribution of nutrients, dissolved oxygen and chlorophyll-a in the Gulf of Nicoya, Costa Rica: a tropical estuary. *Continental Shelf Research*, 22(1), 51-66.

Kuwasawa, K., y Hill, R. B. (1997). Evidence for cholinergic inhibitory and serotonergic excitatory neuromuscular transmission in the heart of the bivalve *Mercenaria Mercenaria*. *The Journal of Experimental Biology*, 200(15), 2123–2135. <https://doi.org/10.1242/jeb.200.15.2123>

Lango-Reynoso, F., Chávez-Villalta, J., Claude Cochard, J., y Le-Pennec, M. (2000). Oocyte size, a means to evaluate the gametogenic development of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquaculture* 19: 183-199. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00392-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00392-6)

Lebata-Ramos, M. J. H. L., Dionela, C. S., Novilla, S. R. M., Sibonga, R. C., Solis, E. F. D., y Mediavilla, J. P. (2021). Growth and survival of oyster *Crassostrea iredalei* (Faustino, 1932): A comparison of wild and hatchery-bred spat in grow-out culture. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 534(736310), 736310. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736310>

Legat, J. F. A., Puchnick-Legat, A., Sühnel, S., Pereira, A. S., Magalhães, A. R. M., y Melo, C. (2020). Reproductive cycle of the mangrove oyster, *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757), in tropical and temperate climates. *Aquaculture Research*. <https://doi.org/10.1111/are.14954>.

Li, S., Liu, Y., Liu, C., Huang, J., Zheng, G., Xie, L., y Zhang, R. (2016). Hemocytes participate in calcium carbonate crystal formation, transportation and shell regeneration in the pearl oyster *Pinctada fucata*. *Fish and Shellfish Immunology*, 51, 263–270. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.02.027>

Lizano, O. y Vargas, J. A. (1994). Distribución espacio temporal de la salinidad y la temperatura en la parte interna del Golfo de Nicoya. *Tec. En Marcha*, 12(2), 3- 1

Lizano, O. G. (1998). Dinámica de las aguas en la parte interna del Golfo de Nicoya ante altas descargas del Río Tempisque. *Revista De Biología Tropical*, 46(S6), 11–20. Retrieved from <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/29629>

- Lodeiros, C. J., y Himmelman, J. H. (2000). Identification of factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola* (Pecten) *ziczac* in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*, 182(1-2), 91-114
- Louis, V., Besseau, L., y Lartaud, F. (2022). Step in time: Biomineralisation of bivalve's shell. *Frontiers in Marine Science*, 906085. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.906085>
- Lovatelli, A., Farias, A., y Uriarte, I. (2008). *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: Factores que afectan su sustentabilidad en América Latina*. Taller Técnico Regional de la FAO, 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile.
- Matto, O., A. Ivanina, C. Ullstad, E. Beniash y I. Sokolova, 2013. Interactive effects of temperature and CO₂ levels on metabolism and oxidative stress in two common marine bivalves (*Crassostrea virginica* and *mercenaria mercenaria*) *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular y Integrative Physiology* 164 (4): 545-553. DOI: [10.1016/j.cbpa.2012.12.025](https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2012.12.025)
- Melo, E. M. C., Sühnel, S., Oliveira, A. C. S. de, Lopes, B. de O., Bachi, G. C., y De Melo, C. M. R. (2020). Growth, mortality and reproductive traits of diploid and triploid Pacific oysters (*Crassostrea gigas*, THUNBERG, 1793) in Southern Brazil. *Aquaculture Research*, 51(9), 3631–3640. <https://doi.org/10.1111/are.14713>
- Mele, I., McGill, R. A. R., Thompson, J., Fennell, J., y Fitzer, S. (2023). Ocean acidification, warming and feeding impacts on biomineralization pathways and shell material properties of *Magallana gigas* and *Mytilus* spp. *Marine Environmental Research*, 186(105925), 105925. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.105925>
- Mizuta, D. D., y Wikfors, G. H. (2019). Seeking the perfect oyster shell: a brief review of current knowledge. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 586–602. <https://doi.org/10.1111/raq.12247>

- Miossec, L., R-M. Le Deuff, P. Gouletquer. (2009) Alien species alert: *Crassostrea gigas* (Pacific oyster). ICES Cooperative Research Report
- Miyamoto, H., Hamaguchi, M., y Okoshi, K. (2002). Analysis of genes expressed in the mantle of oyster *Crassostrea gigas*. *Fisheries science*, 68(3), 651-658.
<https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00473>.
- Morales, V., y Morales, R. (2006). Síntesis regional del desarrollo de la acuicultura. 1. *América Latina y el Caribe*. Roma: FAO, 177. Recuperado el 22 de mayo del 2022
<https://www.fao.org/3/a0615b/a0615b00.htm>
- Moreno, D., J. Quintero y A. López. 2010. Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Contatos* 78: 25-33.
- Naciones Unidas. (2018). *Informe de los objetivos de Desarrollo sostenible*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (DESA). SBN: 978-92-1-363319-9 ISSN: 2521-6899e ISSN:2521-6902 Pp: 40
- Nayar, N. y S. Mahadevan. 1987. Oyster culture- status and prospects. Central Marine Fisheries Research Institute (CMFRI) *bulletin*, 38,
- Nielsen-Muñoz V., y Quesada-Alpizar, M. A. (2006). Informe técnico ambientes marino-costeros de Costa Rica
- Nowland, S. J., O'Connor, W. A., Osborne, M. W. J., y Southgate, P. C. (2019). Current status and potential of tropical rock oyster aquaculture. *Reviews in Fisheries Science y Aquaculture*, 28(1), 57–70. <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1670134>
- Nuñez, M. P., Lodeiros, C., Ramirez, E., Narváe, N., y Graziani, C. (2010). Crecimiento y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* bajo condición de cultivo intermareal y submareal. *Zootecnia Tropical*, 28(2), 239-254.

- OSPESCA (2015). Política de Integración de Pesca y Acuicultura 2015-2025. CDOC/C/006/2015. https://www.sica.int/documentos/politica-de-integracion-de-pesca-y-acuicultura-2015-2025_1_95441.html
- Padin, X. A., Babarro, J. M. F., Silva, E., Longa Portabales, M. Á., Calvo, S., y Nolasco, R. (2021). Variability in strength of byssus attachment and index condition of subtidal mussels during the maximum growth stage. *Aquaculture Research*, 52(8), 3485–3497. <https://doi.org/10.1111/are.15209>
- Pacheco-Prieto, O. (2018). Crecimiento y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rizhorporae* (Guidan 1828) bajo dos densidades de cultivo en un sistema tipo “longline” en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Tesis para optar por grado de Licenciatura en Biología con Énfasis en Recursos Marinos y Dulceacuícolas. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional
- Pacheco-Urpí, O., Salas, S., y Sierra-Sierra, L. (2012). Determinación de los criterios e indicadores para un buen manejo de la gestión para la sostenibilidad de los recursos pesqueros del Golfo de Nicoya y en particular de las comunidades de Costa de Pájaros y Manzanillo. *Revista Geográfica de América Central*, 2(49), 75-102.
- Palter, J., León Coto, S., y Ballesteros, D. (2007). The distribution of nutrients, dissolved oxygen and chlorophyll a in the upper Gulf of Nicoya, Costa Rica, a tropical estuary. *Revista de Biología Tropical*, 55 (2), 427-436.
- Pérez, E., Lodeiros, C., Semidey, D., Uribe, E., y Freites, L. (2016). Crecimiento, supervivencia e influencia de factores ambientales en tres cohortes de la ostra perla *Pinctada imbricata*, en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Latin american journal of aquatic research*, 44 (1), 99–112. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue1-fulltext-10>
- Parker, L. M., Scanes, E., O’Connor, W. A., Coleman, R. A., Byrne, M., Pörtner, H.-O., y Ross, P. M. (2017). Ocean acidification narrows the acute thermal and salinity tolerance of the Sydney rock oyster *Saccostrea glomerata*. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1–2), 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.052>

- Peterson, C. L. (1958). The physical oceanography of the Gulf of Nicoya, Costa Rica, a tropical estuary. *Bull. Inter. Am. Trop. Tuna Comm.*, 3, 139-188.
- Pogoda, B., Buck, B. H., y Hagen, W. (2011). Growth performance and condition of oysters (*Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis*) farmed in an offshore environment (North Sea, Germany). *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 31 9(3-4), 484-492. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.07.017>
- Powell, E. N., Mann, R., Ashton-Alcox, K. A., Kim, Y., y Bushek, D. (2016). The allometry of oysters: spatial and temporal variation in the length-biomass relationships for *Crassostrea virginica*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96 (5), 1127-1144. <https://doi.org/10.1017/s0025315415000703>
- Qin, Y., Liao, Q., Shi, G., Yang, Y., Zhou, Y., Li, J., Ma, H., Zhang, Y., y Yu, Z. (2022). Comparison of growth, survival and fertility of the southern and northern populations of *Crassostrea ariakensis* and their hybrids in southern China. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 54 9(737744), 737744. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737744>
- Rahim, A. A., Idris, M. H., Kamal, A. H. M., Wong, S. K., y Arshad, A. (2012). Analysis of Condition Index in *Polymesoda expansa* (Mousson 1849). *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, 15(13), 629-634 <https://doi.org/10.3923/pjbs.2012.629.634>
- Revilla, J., Peñuela-Jiménez, J. H., Márquez, A., Lodeiro, C., Saucedo, P., y Freites, L. (2022). Hanging culture of the winged pearl oyster *Pteria colymbus* (Röding), in different hydrographic conditions and culture methods. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 51(1), 53-74 <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2022.51.1.1016>
- Reynaga-Franco, F.-J., Grijalva-Chon, J.-M., Castro-Longoria, R., Barraza-Guardado, R.-H., Arreola-Lizárraga, J.-A., y Chávez-Villalba, J. (2019). Biological performance of *Crassostrea gigas* stocks produced at different hatcheries and cultivated under same environmental conditions. *Aquaculture Research*, 50(2), 621-633 <https://doi.org/10.1111/are.13940>

- Rodríguez-Vázquez, H., y Flores-Nava, A. (2014). *Acuicultura de pequeña escala y recursos limitados en América Latina y el Caribe. Hacia un enfoque integral de políticas públicas*. Red de Acuicultura de las Américas. FAO. Santiago, Chile.
<https://www.fao.org/publications/card/es/c/8535ca62-1154-5225-9533-6fef22c8e66d>
- Rodríguez-Quiroz, G., García-Ulloa, M., Domínguez-Orozco, A. L., Valenzuela-Hernández, T. N., Nava-Pérez, E., y Góngora-Gómez, A. M. (2016). Relación del crecimiento, condición y supervivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* y las variables ambientales, cultivado en suspensión en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(3), 541–551. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572016000300006>
- Royer, J., Ropert, M., Mathieu, M., y Costil, K. (2006). Presence of spionid worms and other epibionts in Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) cultured in Normandy, France. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 253(1–4), 461–474.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.09.018>
- Sanders, T., Schmittmann, L., Nascimento-Schulze, J. C., y Melzner, F. (2018). High calcification costs limit mussel growth at low salinity. *Frontiers in marine science*, 5.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00352>
- Salazar, A., O. G. Lizano y E. Alfaro. 2004. Composición de sedimentos en las zonas costeras de Costa Rica utilizando Fluorescencia de Rayos- X(FRX). *Revista de Biología Tropical*, 52, 61-75. *On-line version* ISSN 0034-7744 *Print version* ISSN 0034-7744
- Salvi, D., Macali, A., y Mariottini, P. (2014). Molecular phylogenetics and systematics of the bivalve family ostreidae based on rRNA sequence-structure models and multilocus species tree. *PLoS One*, 9 (9), e108696. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108696>
- Salvi, D., y Mariottini, P. (2017). Molecular taxonomy in 2D: a novel ITS2 rRNA sequence-structure approach guides the description of the oysters' subfamily Saccostreinae and the genus *Magallana* (Bivalvia: Ostreidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*.
<https://doi.org/10.1111/zoj.12455>

- Shumway, S. 1990. A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture. *Journal of the world aquaculture society* 21 (2): 65- 104
- Siniscalchi, A., Cavallini, S., Sonetti, D., Sbrenna, G., Capuano, S., Barbin, L., Turolla, E., y Rossi, R. (2004). Serotonergic neurotransmission in the bivalve *Venus verrucosa* (Veneridae): a neurochemical and immunohistochemical study of the visceral ganglion and gonads. *Marine biology*, 144(6), 1205–1212. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1284-4>
- Spotte, S. 1979. *JoFish and Invertebrate Culture: Water Management in Closed System*. John Wiley and Sons. New York. 179 pp.
- Stechele, B., Maar, M., Wijsman, J., Van der Zande, D., Degraer, S., Bossier, P., y Nevejan, N. (2022). Comparing life history traits and tolerance to changing environments of two oyster species (*Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*) through Dynamic Energy Budget theory. *Conservation Physiology*, 10(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/coac034>
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. (1972) *A Practical Handbook of Seawater Analysis. 2nd edition*. Ottawa, Canadá, Fisheries Research Board of Canadá, 310pp. (Bulletin Fisheries Research Board of Canadá, Nr. 167 (2nd ed.)). DOI: <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-1791>
- Theodorou, J. A., Makri, M., Douvi, X., Ramfos, A., y Spinos, E. (2023). Seasonal variation in the biochemical composition, condition index, and meat yield of the non-indigenous pearl oyster *Pinctada imbricata radiata* (Leach, 1814) from the West of the Aegean Sea, Greece. *Aquaculture and Fisheries*, 8(4), 451–456. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.09.011>
- Timmons, M., J. Ebeling y R. Piedrahita. 2009. *Acuicultura en Sistemas de Recirculación*. Cayuga Aqua Ventures. NRACE Publication No. 101-2009 Spanish. 959 pp.
- Treviño, L., Lodeiros, C., Vélez-Falcones, J., Chávez-Alcivar, C., Isea-León, F., Bermúdez-Medrandá, A. E., Vélez-Chica, J. C., Cruz-Quintana, Y., Leal, D., Santana-Piñeros, A. M., y Rodríguez-Pesantes, D. (2020). Suspended culture evaluation of Pacific oyster *Crassostrea gigas* in a tropical estuary. *Aquaculture Research*, 51(5), 2052–2061. <https://doi.org/10.1111/are.14556>

- Vargas, J. A. (1995). The Gulf of Nicoya estuary, Costa Rica: past, present, and future cooperative research. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 49, 821-828
- Vega-Corrales, L. A., Marín-Vindas, C., Pacheco-Prieto, O., y Zúñiga-Calero, G. (2013). Preliminary assessment of small scale bacterial depuration of *Crassostrea gigas* and *Anadara* spp., Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 5, 107. <https://doi.org/10.15359/revmar.5.7>
- Velasco, L. A., y Barros, J. (2019). Survival and growth of the Caribbean scallops, *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*, in suspended systems at different culture depths and net replacement frequencies. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 537–549. <https://doi.org/10.3354/aei00334>
- Vialova, O. Y. (2020). Comparative morphological analysis of diploid and triploid oysters, *Crassostrea gigas*, farmed in the Black Sea. *Turkish journal of veterinary and animal sciences*, 44(3), 740–746 <https://doi.org/10.3906/vet-1907-50>
- Villanueva, Jr, J. G., Mecha, N. J. M. F., Villanueva, E. G., Diaz, R. D., y Dolorosa, R. G. (2022). Growth and survival of juvenile gold-lip pearl oyster *Pinctada maxima* (Jameson, 1901) at different depths with and without regular cleaning. *Scientist*, 14(2), 35-42. Recuperado setiembre 4 del 2022 <https://www.researchgate.net/publication/366927039>
- Villaroel, E., E. Buitrago y C. Lodeiros. 2004. Identificación de factores ambientales que afectan al crecimiento y la supervivencia de *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca: Bivalvia) bajo condiciones de cultivo en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Revista Científica FCV-LUZ* 14 (1): 28-35.
- Voorhis, A. D., Epifanio, C. E., Maurer, D., Dittel, A. I., y Vargas, J. A. (1983). The estuarine character of the Gulf of Nicoya, an embayment on the Pacific coast of Central America. *Hydrobiologia*, 99(3), 225–237. <https://doi.org/10.1007/bf00008774>
- Walne, P. R. (1976). Experiments on the culture in the sea of the butterfish *Venerupis decussata* L. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 8(4), 371–381. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(76\)90119-8](https://doi.org/10.1016/0044-8486(76)90119-8)

- Ward, J. E., Newell, R. I. E., Thompson, R. J., y Macdonald, B. A. (1994). *in vivo* studies of suspension-feeding processes in the Eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *The Biological Bulletin*, 186(2), 221–240. <https://doi.org/10.2307/1542056>
- Wijsman, J.W.W., Troost, K., Fang, J. y Roncarati, A. (2019). *Global Production of Marine Bivalves. Trends and Challenges*, Smaal A.C., Ferreira G. J., Grant J., Petersen J. K. y Ø. Strand (Eds.). *Goods and Services of Marine Bivalves*. Cham: Springer International Publishing. pp. 7–26. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96776-9>
- Wolff, M., Koch, V., Chavarría, J. B., y Vargas, J. A. (1998). A trophic flow model of the Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista De Biología Tropical*, 46(S6), 63–79. Retrieved from <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/29645>
- Wurmann G, C. (2019). Acuicultura en América Latina y El Caribe: Progresos, oportunidades y desafíos. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura.*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.33936/at.v1i1.2144>
- Xue, B., Meng, D., Li, H., Liang, W., Niu, D., Li, J., y Shen, H. (2021). Determining the biological zero for gonadal development razor clams *Sinonovacula constricta* (Lamarck 1818) in Zhejiang, China. *Aquaculture and Fisheries*, 6(1), 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.05.006>
- Xiao, J., Ford, S. E., Yang, H., Zhang, G., Zhang, F., y Guo, X. (2005). Studies on mass summer mortality of cultured zhikong scallops (*Chlamys farreri* Jones et Preston) in China. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 250(3–4), 602–615. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.05.002>
- Yap, C. K., Ismail, A., y Tan, S. G. (2003). Effects of total soft tissue and shell thickness on the accumulation of heavy metals (Cd, Cu, Pb, and Zn) in the green-lipped mussel *Perna viridis*. *Russian Journal of Marine Biology*, 29, 323-327. <https://doi.org/10.1023/A:1026313712052>
- Yue, C., Li, Q., Yu, H., Liu, S., y Kong, L. (2020). Restriction site-associated DNA sequencing (RAD-seq) analysis in Pacific oyster *Crassostrea gigas* based on observation of individual sex changes. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67007-4>

- Yukihira, H., Lucas, J. S., y Klumpp, D. W. (2006). The pearl oysters, *Pinctada maxima* and *P. margaritifera*, respond in different ways to culture in dissimilar environments. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 252(2–4), 208–224.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.06.032>
- Yukihira, H., Lucas, J. S., y Klumpp, D. W. (2000). Comparative effects of temperature on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima*. *Marine Ecology Progress Series*, 195, 179–188.
<https://doi.org/10.3354/meps195179>
- Zhang, C., y Zhang, R., (2006). Matrix protein in the outer Shell of molluscs. *Mar Biotechnology (NY)*.8 (6): 572-586 <https://doi.org/10.1007/s10126-005-6029-6>
- Zhang, N., Xu, F., & Guo, X. (2014). Genomic analysis of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) reveals possible conservation of vertebrate sex determination in a mollusc. *G3 (Bethesda, Md.)*, 4(11), 2207–2217. <https://doi.org/10.1534/g3.114.013904>

8. ANEXOS

ANEXO A: Análisis comparativo del crecimiento de *M gigas* entre repeticiones de la EST₉

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máx
R1 EST9 H mm	270	38,2437	17,0584	44,6046%	3,2	83,3
R2EST9 H mm	206	36,6485	16,0048	43,6711%	4,7	73,0
R3EST9 H mm	270	36,4459	16,611	45,5771%	4,0	79,5
Total	746	37,1525	16,6092	44,7055%	3,2	83,3

	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
R1 EST9 H mm	80,1	0,601959	-0,318847
R2EST9 H mm	68,3	-1,79647	-1,48205
R3EST9 H mm	75,9	0,443056	-1,09789
Total	80,1	-0,11689	-1,47824

ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	508,611	2	254,305	0,92	0,3983
Intra grupos	205012,	743	275,925		
Total (Corr.)	205521,	745			

Verificación de Varianza

	Prueba	Valor-P
Levene's	0,1669	0,846316

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
R1 EST9 H mm / R2EST9 H mm	17,0584	16,0048	1,13599	0,3358
R1 EST9 H mm / R3EST9 H mm	17,0584	16,611	1,0546	0,6632
R2EST9 H mm / R3EST9 H mm	16,0048	16,611	0,928348	0,5758

ANEXO B. Análisis comparativo del crecimiento de *M. gigas* entre repeticiones de la EST₂₂

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
R1EST22 H mm	270	39,4619	17,5812	44,5523%	4,0	83,7
R2EST22 H mm	268	41,2276	16,9474	41,107%	4,2	82,7
R3EST22 H mm	271	40,1251	18,3331	45,6898%	3,4	84,7
Total	809	40,269	17,6254	43,7692%	3,4	84,7

	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
R1EST22 H mm	79,7	-1,3204	-1,74557
R2EST22 H mm	78,5	-1,82612	-1,48
R3EST22 H mm	81,3	1,37427	-1,42249
Total	81,3	-0,842594	-2,70736

ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	427,789	2	213,895	0,69	0,5029
Intra grupos	250581,	806	310,895		
Total (Corr.)	251009,	808			

Verificación de Varianza

	Prueba	Valor-P
Levene's	0,625752	0,535119

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
R1EST22 H mm / R2EST22 H mm	17,5812	16,9474	1,07619	0,5484
R1EST22 H mm / R3EST22 H mm	17,5812	18,3331	0,919654	0,4923
R2EST22 H mm / R3EST22 H mm	16,9474	18,3331	0,85455	0,1986

ANEXO C. Análisis comparativo del crecimiento en altura (H mm) de *M. gigas* entre la EST₉ y EST₂₂

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máxim
R1 EST9 H mm	270	38,2437	17,0584	44,6046%	3,2	83,3
R1EST22 H mm	270	39,4619	17,5812	44,5523%	4,0	83,7
R2EST9 H mm	206	36,6485	16,0048	43,6711%	4,7	73,0
R2EST22 H mm	268	41,2276	16,9474	41,107%	4,2	82,7
R3EST9 H mm	270	36,4459	16,611	45,5771%	4,0	79,9
R3EST22 H mm	271	40,1251	18,3331	45,6898%	3,4	84,7
Total	1555	38,7739	17,2105	44,3869%	3,2	84,7

	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
R1 EST9 H mm	80,1	0,601959	-0,318847
R1EST22 H mm	79,7	-1,3204	-1,74557
R2EST9 H mm	68,3	-1,79647	-1,48205
R2EST22 H mm	78,5	-1,82612	-1,48
R3EST9 H mm	75,9	0,443056	-1,09789
R3EST22 H mm	81,3	1,37427	-1,42249
Total	81,5	-0,468451	-3,07218

ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4705,79	5	941,158	3,20	0,0070
Intra grupos	455593,	1549	294,121		
Total (Corr.)	460299,	1554			

Pruebas de Múltiple Rangos

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R1 EST9 H mm - R1EST22 H mm		-1,21815	2,89298
R1 EST9 H mm - R2EST9 H mm		1,59516	3,10957
R1 EST9 H mm - R2EST22 H mm	*	-2,98391	2,89837
R1 EST9 H mm - R3EST9 H mm		1,79778	2,89298
R1 EST9 H mm - R3EST22 H mm		-1,88139	2,89031
R1EST22 H mm - R2EST9 H mm		2,81331	3,10957
R1EST22 H mm - R2EST22 H mm		-1,76576	2,89837
R1EST22 H mm - R3EST9 H mm	*	3,01593	2,89298
R1EST22 H mm - R3EST22 H mm		-0,66324	2,89031
R2EST9 H mm - R2EST22 H mm	*	-4,57907	3,11458
R2EST9 H mm - R3EST9 H mm		0,202618	3,10957
R2EST9 H mm - R3EST22 H mm	*	-3,47655	3,10708
R2EST22 H mm - R3EST9 H mm	*	4,78169	2,89837
R2EST22 H mm - R3EST22 H mm		1,10252	2,8957
R3EST9 H mm - R3EST22 H mm	*	-3,67917	2,89031

ANEXO D. Análisis estadístico de la tasa instantánea de crecimiento (TIC) entre la EST₉ y EST₂₂

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
TIC R1 EST9	8	1,26125	1,6175	128,246%	0,22	4,39
TIC R2EST9	8	1,21	1,5638	129,24%	0,07	4,13
TIC R3EST9	8	1,295	1,5856	122,44%	0,03	4,47
TIC R1EST22	8	1,50788	1,20473	79,8958%	0,162	3,26
TIC R2 EST22	8	1,18925	1,31365	110,46%	0,083	3,468
TIC R3 EST22	8	1,28037	1,39636	109,058%	0,131	3,431
Total	48	1,29062	1,37948	106,884%	0,03	4,47

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
TIC R1 EST9	4,17	1,78228	0,508293
TIC R2EST9	4,06	1,63375	0,255923
TIC R3EST9	4,44	1,74815	0,775212
TIC R1EST22	3,098	0,57799	-0,884417
TIC R2 EST22	3,385	1,40583	-0,125474
TIC R3 EST22	3,3	0,988883	-0,735633
Total	4,44	2,93716	-0,612679

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,519696	5	0,103939	0,05	0,9984
Intra grupos	88,9193	42	2,11713		
Total (Corr.)	89,439	47			

ANEXO E. Análisis estadístico comparativo del índice de condición entre la EST₉ y EST₂₂

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
R1 EST9	7	80,1843	49,3799	61,583%	14,82	175,89
R2 EST9	7	84,6871	51,7933	61,1584%	16,16	186,89
R3 EST9	7	83,2	43,003	51,6864%	27,11	141,09
R1 EST22	7	88,6336	48,6089	54,8425%	49,642	195,2
R2 EST22	7	88,227	45,2009	51,2324%	39,096	182,326
R3EST22	7	84,8103	38,1042	44,9287%	42,846	164,716
Total	42	84,957	43,4263	51,1156%	14,82	195,2

	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
R1 EST9	161,07	1,21171	1,43565
R2 EST9	170,73	1,32459	1,68863
R3 EST9	113,98	0,393624	-0,733323
R1 EST22	145,558	2,46702	3,03491
R2 EST22	143,23	1,90647	2,19006
R3EST22	121,87	1,95259	2,34123
Total	180,38	3,0417	1,40595

Prueba de Kruskal-Wallis

	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
R1 EST9	7	20,1429
R2 EST9	7	21,8571
R3 EST9	7	19,7143
R1 EST22	7	21,5714
R2 EST22	7	22,8571
R3EST22	7	22,8571

Estadístico = 0,411486 Valor-P = **0,995007**

ANEXO F. Análisis estadístico comparativo de la madurez sexual en la EST₉ y EST₂₂

	<i>Count</i>	<i>Average</i>	<i>Standard deviation</i>	<i>Coeff. of variatic</i>
EST 22 -ESTD 0	8	60,875	27,0102	44,37%
EST 22 -ESTD 1	8	8,75	12,3722	141,397%
EST 22 -ESTD 2	8	6,75	8,25919	122,358%
EST 22 -ESTD 3	8	3,625	7,22965	199,439%
EST 9 -ESTD 0	8	53,375	18,7154	35,0641%
EST 9 -ESTD 1	8	2,75	3,49489	127,087%
EST 9 -ESTD 2	8	13,0	8,99206	69,1697%
EST 9 -ESTD 3	8	16,875	13,2712	78,6442%
Total	64	20,75	25,5144	122,961%

	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Range</i>	<i>Std. skewness</i>
EST 22 -ESTD 0	21,0	88,0	67,0	-0,762042
EST 22 -ESTD 1	0	32,0	32,0	1,58988
EST 22 -ESTD 2	0	24,0	24,0	1,8724
EST 22 -ESTD 3	0	21,0	21,0	2,93062
EST 9 -ESTD 0	27,0	84,0	57,0	0,315792
EST 9 -ESTD 1	0	8,0	8,0	1,06268
EST 9 -ESTD 2	0	26,0	26,0	-0,0254104
EST 9 -ESTD 3	0	38,0	38,0	0,534036
Total	0	88,0	88,0	4,45732

	<i>Std. kurtosis</i>
EST 22 -ESTD 0	-0,644982
EST 22 -ESTD 1	0,266945
EST 22 -ESTD 2	1,23373
EST 22 -ESTD 3	3,82886
EST 9 -ESTD 0	-0,368445
EST 9 -ESTD 1	-0,509504
EST 9 -ESTD 2	-0,643547
EST 9 -ESTD 3	-0,676883
Total	1,36448

Kruskal-Wallis Test

	<i>Sample Size</i>	<i>Average Rank</i>
EST 22 -ESTD 0	8	55,4375
EST 22 -ESTD 1	8	23,75
EST 22 -ESTD 2	8	24,1875
EST 22 -ESTD 3	8	16,25
EST 9 -ESTD 0	8	55,0
EST 9 -ESTD 1	8	16,875
EST 9 -ESTD 2	8	32,4375
EST 9 -ESTD 3	8	36,0625

Test statistic = 39,6391 P-Value = 0,00000147564

ANEXO F. Continuación Análisis estadístico comparativo de la madurez sexual en la EST₉ y EST₂₂

Análisis de intervalos de Bonferroni 95%

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
EST 22 -ESTD 0 - EST 22 -ESTD 1	*	31,6875	29,0804
EST 22 -ESTD 0 - EST 22 -ESTD 2	*	31,25	29,0804
EST 22 -ESTD 0 - EST 22 -ESTD 3	*	39,1875	29,0804
EST 22 -ESTD 0 - EST 9 -ESTD 0		0,4375	29,0804
EST 22 -ESTD 0 - EST 9 -ESTD 1	*	38,5625	29,0804
EST 22 -ESTD 0 - EST 9 -ESTD 2		23,0	29,0804
EST 22 -ESTD 0 - EST 9 -ESTD 3		19,375	29,0804
EST 22 -ESTD 1 - EST 22 -ESTD 2		-0,4375	29,0804
EST 22 -ESTD 1 - EST 22 -ESTD 3		7,5	29,0804
EST 22 -ESTD 1 - EST 9 -ESTD 0	*	-31,25	29,0804
EST 22 -ESTD 1 - EST 9 -ESTD 1		6,875	29,0804
EST 22 -ESTD 1 - EST 9 -ESTD 2		-8,6875	29,0804
EST 22 -ESTD 1 - EST 9 -ESTD 3		-12,3125	29,0804
EST 22 -ESTD 2 - EST 22 -ESTD 3		7,9375	29,0804
EST 22 -ESTD 2 - EST 9 -ESTD 0	*	-30,8125	29,0804
EST 22 -ESTD 2 - EST 9 -ESTD 1		7,3125	29,0804
EST 22 -ESTD 2 - EST 9 -ESTD 2		-8,25	29,0804
EST 22 -ESTD 2 - EST 9 -ESTD 3		-11,875	29,0804
EST 22 -ESTD 3 - EST 9 -ESTD 0	*	-38,75	29,0804
EST 22 -ESTD 3 - EST 9 -ESTD 1		-0,625	29,0804
EST 22 -ESTD 3 - EST 9 -ESTD 2		-16,1875	29,0804
EST 22 -ESTD 3 - EST 9 -ESTD 3		-19,8125	29,0804
EST 9 -ESTD 0 - EST 9 -ESTD 1	*	38,125	29,0804
EST 9 -ESTD 0 - EST 9 -ESTD 2		22,5625	29,0804
EST 9 -ESTD 0 - EST 9 -ESTD 3		18,9375	29,0804
EST 9 -ESTD 1 - EST 9 -ESTD 2		-15,5625	29,0804
EST 9 -ESTD 1 - EST 9 -ESTD 3		-19,1875	29,0804
EST 9 -ESTD 2 - EST 9 -ESTD 3		-3,625	29,0804

* Denotes a statistically significant difference.

ANEXO G. Análisis estadístico del grosor de la concha entre la EST₉ y EST₂₂

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
EST9 R1	237	0,00480422	0,00239618	49,8766%	0,0006	0,0114
EST9 R2	232	0,00497414	0,00623759	125,4%	0,0005	0,0933
EST9 R3	219	0,00486575	0,00231916	47,6629%	0,0005	0,012
EST22 R1	208	0,00451346	0,00316465	70,1157%	0	0,0186
EST22 R2	208	0,00427019	0,00255081	59,7353%	0	0,0105
EST22 R3	206	0,00476359	0,00276282	57,9986%	0,0005	0,0144
Total	1310	0,00470725	0,00355814	75,5885%	0	0,0933

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
EST9 R1	0,0108	1,59126	-0,740492
EST9 R2	0,0928	76,9572	546,071
EST9 R3	0,0115	0,828642	-0,0803602
EST22 R1	0,0186	5,20765	4,33822
EST22 R2	0,0105	1,6946	-2,61269
EST22 R3	0,0139	2,41034	-1,10332
Total	0,0933	176,412	2163,69

Prueba de Kruskal-Wallis

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
EST9 R1	237	682,203
EST9 R2	232	660,726
EST9 R3	219	696,329
EST22 R1	208	618,161
EST22 R2	208	600,935
EST22 R3	206	668,284

Estadístico = 10,3664 Valor-P = **0,0654945**

ANEXO H. Análisis estadístico del comportamiento de la sobrevivencia en la EST₉

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
R1 EST9	17	1380,0	247,674	17,9474%	984,0	2000,0	1016,0
R2 EST9	17	1517,0	211,467	13,9398%	1155,0	2000,0	845,0
R3 EST9	17	1327,29	313,406	23,6124%	927,0	2000,0	1073,0
Total	51	1408,1	268,126	19,0417%	927,0	2000,0	1073,0

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
R1 EST9	1,3299	1,29549
R2 EST9	0,146299	0,541328
R3 EST9	1,2892	-0,291564
Total	0,933785	-0,459779

ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	326033,	2	163016,	2,39	0,1021
Intra grupos	3,26854E6	48	68094,6		
Total (Corr.)	3,59457E6	50			

Verificación de Varianza

	Prueba	Valor-P
Levene's	1,31102	0,279023

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
R1 EST9 / R2 EST9	247,674	211,467	1,37175	0,5345
R1 EST9 / R3 EST9	247,674	313,406	0,624517	0,3561
R2 EST9 / R3 EST9	211,467	313,406	0,455269	0,1259

ANEXO I. Análisis estadístico del comportamiento de la sobrevivencia en la EST₂₂

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
R1 EST22	17	1351,94	394,586	29,1866%	573,0	2000,0	1427,0
R2 EST22	17	1226,82	340,201	27,7303%	586,0	2000,0	1414,0
R3 EST22	17	1150,76	338,89	29,4491%	623,0	2000,0	1377,0
Total	51	1243,18	361,423	29,0726%	573,0	2000,0	1427,0

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
R1 EST22	-0,737317	-0,290914
R2 EST22	0,604964	1,15345
R3 EST22	0,876043	1,21399
Total	0,420073	-0,11518

ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	350831,	2	175415,	1,36	0,2658
Intra grupos	6,18051E6	48	128761,		
Total (Corr.)	6,53134E6	50			

Verificación de Varianza

	Prueba	Valor-P
Levene's	0,780963	0,463696

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
R1 EST22 / R2 EST22	394,586	340,201	1,34527	0,5599
R1 EST22 / R3 EST22	394,586	338,89	1,3557	0,5498
R2 EST22 / R3 EST22	340,201	338,89	1,00775	0,9879

ANEXO J. Análisis estadístico comparativo de la sobrevivencia entre la EST₉ y EST₂₂

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
R1 EST9	17	1380,0	247,674	17,9474%	984,0	2000,0	1016,0
R2 EST9	17	1517,0	211,467	13,9398%	1155,0	2000,0	845,0
R3 EST9	17	1327,29	313,406	23,6124%	927,0	2000,0	1073,0
R1 EST22	17	1351,94	394,586	29,1866%	573,0	2000,0	1427,0
R2 EST22	17	1226,82	340,201	27,7303%	586,0	2000,0	1414,0
R3 EST22	17	1150,76	338,89	29,4491%	623,0	2000,0	1377,0
Total	102	1325,64	327,298	24,6898%	573,0	2000,0	1427,0

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
R1 EST9	1,3299	1,29549
R2 EST9	0,146299	0,541328
R3 EST9	1,2892	-0,291564
R1 EST22	-0,737317	-0,290914
R2 EST22	0,604964	1,15345
R3 EST22	0,876043	1,21399
Total	-0,122485	0,0817472

ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,37044E6	5	274088,	2,78	0,0216
Intra grupos	9,44905E6	96	98427,6		
Total (Corr.)	1,08195E7	101			

Verificación de Varianza

	Prueba	Valor-P
Levene's	1,33246	0,257098

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
R1 EST9 / R2 EST9	247,674	211,467	1,37175	0,5345
R1 EST9 / R3 EST9	247,674	313,406	0,624517	0,3561
R1 EST9 / R1 EST22	247,674	394,586	0,393982	0,0714
R1 EST9 / R2 EST22	247,674	340,201	0,530014	0,2150
R1 EST9 / R3 EST22	247,674	338,89	0,534123	0,2205
R2 EST9 / R3 EST9	211,467	313,406	0,455269	0,1259
R2 EST9 / R1 EST22	211,467	394,586	0,287211	0,0171
R2 EST9 / R2 EST22	211,467	340,201	0,386377	0,0659
R2 EST9 / R3 EST22	211,467	338,89	0,389372	0,0680
R3 EST9 / R1 EST22	313,406	394,586	0,630859	0,3664
R3 EST9 / R2 EST22	313,406	340,201	0,848678	0,7468
R3 EST9 / R3 EST22	313,406	338,89	0,855257	0,7583
R1 EST22 / R2 EST22	394,586	340,201	1,34527	0,5599
R1 EST22 / R3 EST22	394,586	338,89	1,3557	0,5498
R2 EST22 / R3 EST22	340,201	338,89	1,00775	0,9879

ANEXO K. Comparación de las variables ambientales entre la EST₉ y EST₂₂ (ANOVA)

Variable	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor P≥0,05	Prueba Levene's	Valor P≥0,05
Temp. °C	Entre grupos	2,40536	1	2,40536	2,98	0,1037		
	Intra grupos	12,9252	16	0,807828			0,113881	0,740154
	Total (Corr.)	15,3306	17					
Oxigeno D. mg L ⁻¹	Entre grupos	8,2418	1	8,2418	3,14	0,0956		
	Intra grupos	42,0464	16	2,6279			0,13035	0,722793
	Total (Corr.)	50,2882	17					
Clorofila a mgm ⁻³	Entre grupos	0,031752	1	0,031752	0,78	0,389		
	Intra grupos	0,647988	16	0,0404993			1,96453	0,18013
	Total (Corr.)	0,67974	17					
pH	Entre grupos	0,104272	1	0,104272	0,16	0,693		
	Intra grupos	10,3248	16	0,645299			0,0018437	0,966282
	Total (Corr.)	10,429	17					
Prof. Sechii m	Entre grupos	0,405	1	0,405	12,59	0,0027		
	Intra grupos	0,514511	16	0,0321569			0,878966	0,362422
	Total (Corr.)	0,919511	17					

ANEXO K. Continuación Comparación de variables ambientales entre la EST₉ y EST₂₂ (Prueba de Kruskal Wallis)

Estación	Variable	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
EST9	TTS mg/l	9	78,6867	40,1433	51,02%	25,4	170,95
EST22	TTSmg/l	9	53,5178	13,0717	24,43%	26,93	68,33
	Total	18	66,1022	31,7244	47,99%	25,4	170,95
EST9	CaCO3 mg/l	9	99,3	4,64139	4,67%	89,3	106,1
EST22	CaCo3 mg/l	9	103,222	8,8347	8,56%	82,6	115,5
	Total	18	101,261	7,13724	7,05%	82,6	115,5
EST9	Salinidad‰	9	23,7989	4,65949	19,58%	14,34	29,22
EST22	Salinidad‰	9	29,2567	3,90844	13,36%	20,31	32,64
	Total	18	26,5278	5,02896	18,96%	14,34	32,64

Estación	Variable	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
EST9	TTS mg/l	145,55	1,86744	2,33196
EST22	TTS mg/l	41,4	-1,45164	0,574572
	Total	145,55	3,70612	6,01367
EST9	CaCO3 mg/l	16,8	-1,32085	1,56548
EST22	CaCO3 mg/l	32,9	-1,96129	2,69701
	Total	32,9	-1,53918	2,08907
EST9	Salinidad‰	14,88	-1,25187	0,57015
EST22	Salinidad‰	12,33	-2,13041	1,95334
	Total	18,3	-1,54203	0,348203

Estación	Variable ambiental	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
EST9	CaCO3 mg/l	9	7,16667
EST22	CaCO3 mg/l	9	11,8333
Estadístico = 3,44928 Valor-P = 0,0632759			
EST9	TTS mg/l	9	12,1111
EST22	TTS mg/l	9	6,88889
Estadístico = 4,30604 Valor-P = 0,0379739			
EST9	Salinidad‰	9	6,33333
EST22	Salinidad‰	9	12,6667
Estadístico = 6,33333 Valor-P = 0,0118468			

ANEXO L. Análisis de correlaciones entre las variables ambientales y biométricas EST₉

	°C	CaCO ₃ mg/l	Clorofila a mg/m ³	E mm	G.c mg/mm ²	H mm
Recuento	8	8	8	8	8	8
Promedio	3,40978	99,1125	0,270875	14,88	0,00487163	39,805
Desviación Estándar	0,0311461	4,92528	0,12235	5,96299	0,00240276	14,3392
Coeficiente de Variación	0,913436%	4,96938%	45,1685%	40,0739 %	49,3215%	36,0236 %
Mínimo	3,3485	89,3	0,079	3,99	0,000939	11,88
Máximo	3,45758	106,1	0,445	22,45	0,008599	55,38
Rango	0,109078	16,8	0,366	18,46	0,00766	43,5
Sesgo	-0,868083	-1,06542	0,325393	-	-0,156207	-1,20426
Estandarizado				0,800715		
Curtosis	1,27754	1,16531	-0,0585861	0,192264	-0,0120371	0,578476
Estandarizada						

	L EST9	O ₂ Disuelto EST9	Peso EST9	pH EST9	Prof. Sechii EST9
Recuento	8	8	8	8	8
Promedio	22,1538	4,8375	10,9625	8,0625	0,68375
Desviación Estándar	7,67704	1,53565	8,60334	0,770987	0,203395
Coeficiente de Variación	34,6535%	31,7447%	78,4797%	9,56263%	29,747%
Mínimo	7,43	2,61	0,2	6,84	0,43
Máximo	30,94	7,65	24,3	8,81	1,03
Rango	23,51	5,04	24,1	1,97	0,6
Sesgo	-1,11151	0,708222	0,556414	-1,34563	0,632737
Estandarizado					
Curtosis	0,473872	0,374076	-0,524249	-0,193755	-0,381096
Estandarizada					

	Salinidad EST9	TIC H EST9	TTS EST9
Recuento	8	8	8
Promedio	24,0238	24,6275	67,1538
Desviación Estándar	4,92872	19,1007	21,7627
Coeficiente de Variación	20,516%	77,5585%	32,4073 %
Mínimo	14,34	4,81	25,4
Máximo	29,22	59,33	95,42
Rango	14,88	54,52	70,02
Sesgo	-1,3821	0,791092	-
Estandarizado			0,953259
Curtosis	0,62521	-0,0532924	0,637969
Estandarizada			

ANEXO L. Continuación Análisis de correlaciones entre variables ambientales y biométricas EST₉

	Clorofila a mg/m ³	E mm	G.c mg/mm ²	H mm	L mm	O ₂ Disuel. mg/l.	Peso g
E mm	-0,2782 (8) 0,5047		0,9865 (8) 0,0000	0,9951 (8) 0,0000	0,9967 (8) 0,0000		0,9460 (8) 0,0004
G.c mg/mm ²	-0,2532 (8) 0,5451	0,9865 (8) 0,0000		0,9676 (8) 0,0001	0,9711 (8) 0,0001		0,9671 (8) 0,0001
H mm	-0,2876 (8) 0,4898	0,9951 (8) 0,0000	0,9676 (8) 0,0001		0,9991 (8) 0,0000		0,9151 (8) 0,0014
L mm	-0,2945 (8) 0,4789	0,9967 (8) 0,0000	0,9711 (8) 0,0001	0,9991 (8) 0,0000			0,9223 (8) 0,0011
Peso g	-0,3029 (8) 0,4659	0,9460 (8) 0,0004	0,9671 (8) 0,0001	0,9151 (8) 0,0014	0,9223 (8) 0,0011	-0,7255 (8) 0,0417	
TIC H	0,7636 (8) 0,0274	-0,6216 (8) 0,0999	-0,6564 (8) 0,0771	-0,6007 (8) 0,1153	-0,6084 (8) 0,1095		
TTS mg/l	0,8079 (8) 0,0153	0,1203 (8) 0,7766	0,1905 (8) 0,6514	0,0767 (8) 0,8568	0,0717 (8) 0,8661		

ANEXO M. Análisis de correlaciones entre variables ambientales y biométricas EST₂₂

	CaCO ₃ mg/mm ²	Clorofila a mg/m ³	E mm	G.C mg/mm ²	H mm
Recuento	8	8	8	8	8
Promedio	102,738	0,37125	14,0575	0,00446	39,1525
Desviación Estándar	9,31588	0,264284	7,15438	0,00264801	17,4773
Coeficiente de Variación	9,06765%	71,1876%	50,8937%	59,3723%	44,6391%
Mínimo	82,6	0,139	2,59	0,000753	9,61
Máximo	115,5	0,851	23,56	0,00809	62,14
Rango	32,9	0,712	20,97	0,007337	52,53
Sesgo	-1,64449	1,20844	-0,350047	0,0854338	-0,552095
Estandarizado					
Curtosis	<u>2,1997</u>	-0,0981639	-0,453944	-0,753028	-0,250316
Estandarizada					

	L mm	O ₂ D. mg/l	Peso g	pH	Prof. Sechii m
Recuento	8	8	8	8	8
Promedio	22,7962	6,1175	13,27	8,19875	0,95875
Desviación Estándar	9,76889	1,89651	12,6996	0,766894	0,146525
Coeficiente de Variación	42,8531%	31,0013%	95,7015%	9,35379%	15,2829%
Mínimo	6,19	2,54	0,08	6,92	0,73
Máximo	36,44	8,48	35,09	8,82	1,1
Rango	30,25	5,94	35,01	1,9	0,37
Sesgo	-0,523752	-1,0143	0,89974	-1,24306	-0,921723
Estandarizado					
Curtosis	-0,106051	0,432757	-0,400939	-0,300137	-0,76156
Estandarizada					

	Salinidad ‰	Temp.°C	TIC H	TICP	TTS mg/l
Recuento	8	8	8	8	8
Promedio	29,2888	29,5737	26,5075	14,6088	52,2625
Desviación Estándar	4,17703	0,973256	15,2519	10,6948	13,3818
Coeficiente de Variación	14,2616%	3,29094%	57,5382%	73,2079%	25,605%
Mínimo	20,31	27,89	8,22	0,38	26,93
Máximo	32,64	30,63	54,53	29,46	68,33
Rango	12,33	2,74	46,31	29,08	41,4
Sesgo	-1,98564	-0,964643	1,18195	0,409174	-1,17014
Estandarizado					
Curtosis	1,62205	-0,428962	0,229132	-0,580638	0,347015
Estandarizada					

ANEXO M. Continuación Análisis de correlaciones entre variables ambientales y biométricas
EST₂₂

	E mm	G.c mg/mm ²	H mm	L mm
E mm		0,9891 (8) 0,0000	0,9966 (8) 0,0000	0,9945 (8) 0,0000
G.c mg/mm ²	0,9891 (8) 0,0000		0,9824 (8) 0,0000	0,9766 (8) 0,0000
H mm	0,9966 (8) 0,0000	0,9824 (8) 0,0000		0,9984 (8) 0,0000
L mm	0,9945 (8) 0,0000	0,9766 (8) 0,0000	0,9984 (8) 0,0000	
Peso g	0,9413 (8) 0,0005	0,9710 (8) 0,0001	0,9247 (8) 0,0010	0,9236 (8) 0,0011
pH	0,7466 (8) 0,0333	0,6970 (8) 0,0547	0,7238 (8) 0,0424	0,7242 (8) 0,0422
Prof. Sechii m	-0,7659 (8) 0,0267	-0,8409 (8) 0,0089	-0,7398 (8) 0,0359	-0,7324 (8) 0,0388
Temp. °C	-0,7250 (8) 0,0419	-0,7328 (8) 0,0386	-0,6824 (8) 0,0622	-0,6760 (8) 0,0657
TIC H	-0,4067 (8) 0,3173	-0,4196 (8) 0,3007	-0,3809 (8) 0,3519	-0,3546 (8) 0,3888

ANEXO N. Análisis de correlaciones entre variables ambientales y la supervivencia

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
R1 EST9	17	1380,0	247,674	17,9474%	984,0	2000,0	1016,0
R2 EST9	17	1517,0	211,467	13,9398%	1155,0	2000,0	845,0
R3 EST9	17	1327,29	313,406	23,6124%	927,0	2000,0	1073,0
R1 EST22	17	1351,94	394,586	29,1866%	573,0	2000,0	1427,0
R2 EST22	17	1226,82	340,201	27,7303%	586,0	2000,0	1414,0
R3 EST22	17	1150,76	338,89	29,4491%	623,0	2000,0	1377,0
Total	102	1325,64	327,298	24,6898%	573,0	2000,0	1427,0

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
R1 EST9	1,3299	1,29549
R2 EST9	0,146299	0,541328
R3 EST9	1,2892	-0,291564
R1 EST22	-0,737317	-0,290914
R2 EST22	0,604964	1,15345
R3 EST22	0,876043	1,21399
Total	-0,122485	0,0817472

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,37044E6	5	274088,	2,78	0,0216
Intra grupos	9,44905E6	96	98427,6		
Total (Corr.)	1,08195E7	101			

Verificación de Varianza

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	1,33246	0,257098

ANEXO N. Continuación Análisis de correlaciones entre variables ambientales y la supervivencia

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Caso</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos</i>
	<i>s</i>		<i>Homogéneos</i>
R3	17	1150,76	X
EST22			
R2	17	1226,8	XX
EST22		2	
R3 EST9	17	1327,2	XXX
		9	
R1	17	1351,9	XXX
EST22		4	
R1 EST9	17	1380,0	XX
R2 EST9	17	1517,0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferenci</i>	<i>+/-</i>
		<i>a</i>	<i>Límites</i>
R1 EST9 - R2 EST9		-137,0	213,603
R1 EST9 - R3 EST9		52,7059	213,603
R1 EST9 - R1 EST22		28,0588	213,603
R1 EST9 - R2 EST22		153,176	213,603
R1 EST9 - R3 EST22	*	229,235	213,603
R2 EST9 - R3 EST9		189,706	213,603
R2 EST9 - R1 EST22		165,059	213,603
R2 EST9 - R2 EST22	*	290,176	213,603
R2 EST9 - R3 EST22	*	366,235	213,603
R3 EST9 - R1 EST22		-24,6471	213,603
R3 EST9 - R2 EST22		100,471	213,603
R3 EST9 - R3 EST22		176,529	213,603
R1 EST22 - R2 EST22		125,118	213,603
R1 EST22 - R3 EST22		201,176	213,603
R2 EST22 - R3 EST22		76,0588	213,603

* indica una diferencia significativa.

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS

TITULO

Evaluación del crecimiento y la sobrevivencia del ostión *Magallana gigas*
(sinónimo *Crassostrea gigas*) (Thunberg 1793) cultivado en Isla de Chira y Costa de
Pájaros, Golfo de Nicoya- Costa Rica

Sidey Arias Valverde

Puntarenas, Costa Rica

2023

