



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

**EFFECTOS DEL USO DE SOPORTES EXTRACORPÓREOS  
SOBRE HEMBRAS DE *Panaeus vannamei*  
EN EL LABORATORIO GENOMAR.**


**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR  
Previo a la obtención del título de:  
BIÓLOGO**

**AUTOR:  
REYES QUIRUMBAY WILSON ANÍBAL**

**TUTOR  
ING. JIMMY VILLÓN M.Sc.**

**LA LIBERTAD- ECUADOR**

**2026**



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

**EFFECTOS DEL USO DE SOPORTES EXTRACORPÓREOS  
SOBRE HEMBRAS DE *Penaeus vannamei*  
EN EL LABORATORIO GENOMAR.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Previo a la obtención del título de:**

**BIÓLOGO**

**AUTOR:**

**REYES QUIRUMBAY WILSON ANÍBAL**

**TUTOR**

**ING. JIMMY VILLÓN M.Sc**

**LA LIBERTAD- ECUADOR**

**2026**

# DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, "EFECTOS DEL USO DE SOPORTES EXTRACORPÓREOS SOBRE HEMBRAS DE *Penaeus vannamei* EN EL LABORATORIO GENOMAR", elaborado por REYES QUIRUMBAY WILSON ANÍBAL, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



---

Ing. JIMMY VILLÓN MORENO, M.Sc  
Ci: 0913270153

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi facultad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “EFECTOS DEL USO DE SOPORTES EXTRACORPÓREOS SOBRE HEMBRAS DE *Penaeus vannamei* EN EL LABORATORIO GENOMAR”, elaborado por WILSON ANÍBAL REYES QUIRUMBAY, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

**Atentamente**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Dennis Tomalá Solano", written over a horizontal line.

**Blga. Dennis Tomalá Solano M.Sc**

**DOCENTE DE ÁREA**

**C.I 0922584982**

## **DEDICATORIA**

A mis amados padres Nancy Quirumbay y Gustavo Reyes, por estar siempre conmigo y para mí cuando más los necesito, dándome su amor incondicional, su paciencia infinita y su constante motivación para que siga adelante y no desmaye en ningún momento de mi vida.

A mis queridos hermanos, Julio y Gustavo por ser una motivación diaria, una fuente de alegría, apoyo y orgullo que me impulsa a superarme cada día, por sus palabras sinceras, por sus bromas que alivian mis días difíciles y por creer en mí incluso cuando yo dudaba.

A mi abuelito Cecilio Quirumbay, lo amo mucho con mi vida. Desde pequeño me cuido con su amor inigualable, siempre guiándome con sus consejos y motivándome a seguir adelante para alcanzar mis sueños. Hoy sé que está conmigo en cada paso, y sé que se alegraría profundamente al verme cumplir este gran logro que también es suyo.

A mis familiares cercanos, y a mis cuñadas Mariela y Lisbeth, por su cariño, comprensión y apoyo en los momentos más importantes de este camino. Resalto además a esa amiga incondicional Ruth Gracia, quien me acompañó desde el inicio de esta aventura universitaria, brindándome su amistad sincera, sus consejos y su presencia en cada etapa. Y también, a Eduardo Choez, quien ha demostrado ser un amigo leal, constante y sincero, recordándome estas dos personas que aún existen personas que te apoyan de corazón y que celebran contigo cada meta alcanzada.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, en especial a la majestuosa Facultad de Ciencias del Mar, por brindarme su apoyo y formarme como un profesional en el área de Biología.

De la misma manera, expreso mis más sinceros agradecimientos a mi tutor, Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc., quien desde el inicio de esta investigación me brindó su apoyo incondicional, guiándome con paciencia y compromiso en cada etapa del proceso. Su experiencia y orientación fueron fundamentales para la culminación de este proyecto de investigación.

Asimismo, extiendo mi agradecimiento a todos los docentes de la carrera de Biología, quienes con su enseñanza, exigencia y dedicación contribuyeron al desarrollo de mis conocimientos y al fortalecimiento de mi formación académica.

Por último, deseo expresar mi gratitud a todo el equipo del Laboratorio de Maduración de Genomar S.A.S, así como a todo su personal, por su valiosa colaboración, apoyo técnico y disposición constante durante la realización de este trabajo. Su experiencia y compromiso fueron esenciales para llevar a cabo esta investigación en un ambiente de aprendizaje y profesionalismo.

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad absoluta por las ideas, datos y resultados expuestos en este trabajo de integración curricular con el tema **EFFECTOS DEL USO DE SOPORTES EXTRACORPÓREOS SOBRE HEMBRAS DE *Penaeus vannamei* EN EL LABORATORIO GENOMAR**, me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

*Wilson Reyes Q*

---

**WILSON ANIBAL REYES QUIRUMBAY**  
**C.I 2400154551**

## TRIBUNAL DE GRADO

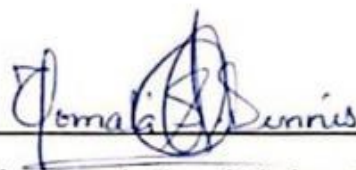
Trabajo de Integración Curricular presentado por **WILSON ANÍBAL REYES QUIRUMBAY** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

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



Ing. Jimmy Villón Moreno, MSc.

**DIRECTOR/A DE CARRERA  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



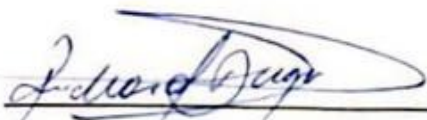
Blga. Dennis Tomalá Solano M.Sc.

**DOCENTE DE ÁREA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Jimmy Villón Moreno, MSc.

**DOCENTE TUTOR  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blgo. Richard Duque Marin, Mgtr.

**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgtr.

**SECRETARIO DEL TRIBUNAL**

# Índice General

1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
2. <b>PROBLEMÁTICA</b> .....	3
3. <b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	5
4. <b>OBJETIVOS</b> .....	6
4.2. OBJETIVO GENERAL .....	6
4.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
5. <b>HIPÓTESIS</b> .....	7
5.1. Hipótesis Alternativa (H <sub>1</sub> ): .....	7
6. <b>MARCO TEÓRICO</b> .....	8
6.1. Camaronicultura moderna y relevancia de <i>Penaeus vannamei</i> .....	8
6.2. Biología y reproducción de <i>Penaeus vannamei</i> .....	9
6.2.1. Ciclo reproductivo y maduración ovárica .....	9
6.2.2. Factores ambientales que afectan maduración y desove .....	10
6.2.3. Importancia de las hembras reproductoras en programas genéticos .....	12
6.3. Identificación Individual y trazabilidad en Acuicultura .....	13
6.3.1. Concepto y relevancia de la trazabilidad .....	13
6.3.2. Métodos genéticos de identificación .....	14
6.3.3. Métodos físicos de marcaje en crustáceos .....	15
6.4. Microchips PIT/RFID en organismos acuáticos y crustáceos .....	16
6.4.1. Principios de los transpondedores pasivos .....	16
6.4.2. Aplicaciones en camarones peneidos .....	16
6.4.3. Microchips en otros crustáceos: evidencia comparativa .....	17
6.5. Soportes extracorpóreos y materiales biocompatibles.....	18
6.5.1. Concepto de soportes extracorpóreos .....	18

6.5.2. Materiales biocompatibles utilizados en dispositivos para animales acuáticos .....	18
6.6. Bienestar animal y consideraciones éticas en crustáceos decápodos .....	19
6.6.1. Evidencia de sensibilidad en decápodos.....	19
6.6.2. Ablación del pedúnculo ocular y alternativas.....	20
6.7. Trazabilidad, normativas y certificaciones aplicables .....	21
6.7.1. Normativa internacional sobre trazabilidad y seguridad alimentaria .....	21
6.7.2. Certificaciones de sostenibilidad y bienestar en Acuicultura.....	22
<b>7. METODOLOGÍA.....</b>	<b>24</b>
7.1. Área de estudio .....	24
7.2. Tipo de investigación .....	25
7.3. Diseño general del estudio.....	25
7.4. Diseño experimental .....	27
7.5. Modelos de soporte extracorpóreo y microchips.....	29
7.6. Desarrollo experimental .....	30
7.6.1. Fase 1: Evaluación de retención y aceptación del soporte .....	30
7.6.2. Fase 2: Monitoreo reproductivo y desempeño biológico. ....	31
7.6.2.1. Selección del soporte eficiente .....	31
7.6.2.2 Microchips y Lector .....	32
7.6.2.3. Monitoreo en tanques con microchips.....	33
7.6.2.4. Horarios de evaluación para la frecuencia de cópulas.....	34
7.6.2.5. Evaluación en tanques control.....	34
7.6.2.6. Evaluación de variables reproductivas .....	35
7.6.2.7. Parámetros fisicoquímicos del agua. ....	37
7.6.2.8 Supervivencia y mortalidad .....	37
7.6.2.9 Análisis de crecimiento .....	38

7.7 Análisis de datos.....	38
7.7.1 Estadística Descriptiva .....	39
7.7.2. Comparación de tratamientos (ANOVA o Kruskal- Wallis).....	39
7.7.3 Análisis de Correlaciones .....	40
<b>8. RESULTADOS</b> .....	<b>41</b>
8.1. Análisis de la eficiencia de los soportes extracorpóreos. ....	41
8.1.1. Tasa de aceptación.....	41
8.1.2. Tasa de retención.....	43
8.1.3. Tasa de mortalidad .....	44
8.1.4. Análisis comparativo general .....	45
8.2. Análisis de la frecuencia de cópulas.....	46
8.2.1. Frecuencia de cópulas efectivas con soportes extracorpóreos.....	46
8.2.2. Frecuencia de Cópulas parciales en hembras con soporte extracorpóreos.....	50
8.2.3. Cópulas no desovadas en hembras con soportes extracorpóreos .....	51
8.2.4. Frecuencia de mal copuladas en hembras con soportes extracorpóreos.....	52
8.3. Frecuencia de cópulas en el grupo sin soporte (control) .....	54
8.3.1. Distribución general de las frecuencias de cópulas en el grupo control (TC).....	56
8.4. Frecuencia individual de cópulas en hembras con soporte extracorpóreo .....	58
8.5. Resultados del análisis no paramétrico (Kruskal–Wallis) para variables reproductivas .....	65
8.6. Parámetros fisicoquímicos del agua .....	66
8.6.1 Temperatura.....	67
8.6.2. Oxígeno disuelto.....	68
8.6.3. Salinidad.....	69
8.7. Análisis biológico de los organismos .....	70

8.7.1. Evaluación de la supervivencia .....	70
8.7.2 Evaluación de crecimiento.....	72
8.8. Correlaciones entre parámetros fisicoquímicos y desempeño biológico.....	73
8.8.1. Correlación con la supervivencia .....	74
8.8.2. Correlación con el crecimiento.....	75
<b>9. DISCUSIÓN</b> .....	<b>78</b>
9.1. Eficiencia y biocompatibilidad del soporte .....	78
9.2. Rendimiento reproductivo y aceptación de la hipótesis .....	79
9.3. Supervivencia, crecimiento y calidad del agua .....	81
9.4. Implicaciones para trazabilidad y programas genéticos .....	83
<b>10. CONCLUSIONES</b> .....	<b>84</b>
<b>11. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>85</b>
<b>12. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>86</b>
<b>13. ANEXOS</b> .....	<b>95</b>

## Índice de Figura

<b>Figura 1.</b> Ubicación del laboratorio Genomar S.A.S- El Real .....	24
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo del diseño experimental.....	26
<b>Figura 3.</b> Sistema de cultivo aplicado en <i>P. vannamei</i> .....	28
<b>Figura 4.</b> Modelos de soportes extracorpóreos aplicados en pruebas experimentales. .	29
<b>Figura 5.</b> Modelo Orings .....	32
<b>Figura 6.</b> Lector y microchip .....	33
<b>Figura 7.</b> Microchip en soporte extracorpóreo fijado al pedúnculo ocular. ....	33
<b>Figura 8.</b> Comparación de la tasa de aceptación de diferentes soportes extracorpóreos. .....	42
<b>Figura 9.</b> Comparación de la tasa de retención en diferentes soportes extracorpóreos.	43
<b>Figura 10.</b> Comparación de la tasa de mortalidad en diferentes soportes extracorpóreos. .....	44
<b>Figura 11.</b> Distribución porcentual de la frecuencia de cópulas en hembras con soporte Orings (T1E).....	47
<b>Figura 12.</b> Distribución porcentual de la frecuencia de cópulas en hembras de <i>P.</i> <i>vannamei</i> con soporte extracorpóreo (Tanque T2E). ....	48
<b>Figura 13.</b> Distribución porcentual de la frecuencia de cópulas en hembras de <i>P.</i> <i>vannamei</i> con soporte extracorpóreo (Tanque T3E). ....	49
<b>Figura 14.</b> Porcentaje de cópulas parciales en hembras de <i>P. vannamei</i> con soporte extracorpóreo (T1E, T2E, T3E).....	51
<b>Figura 15.</b> Porcentaje de cópulas no desovadas en hembras de <i>P. vannamei</i> con soporte extracorpóreo (T1E, T2E, T3E).....	52

<b>Figura 16.</b> Porcentaje de hembras mal copuladas de <i>P. vannamei</i> con soporte extracorpóreo (T1E, T2E, T3E).....	53
<b>Figura 17.</b> Frecuencia diaria de cópulas en hembras de <i>P. vannamei</i> sin soporte extracorpóreo (Tanque Control). .....	55
<b>Figura 18.</b> Distribución diaria de los tipos de cópulas observadas en el tanque control (TC). .....	57
<b>Figura 19.</b> Frecuencia de cópulas efectivas y no desovadas en la hembra ID–00080F4F4F. ....	59
<b>Figura 20.</b> Patrón de cópulas parciales y efectivas en la hembra ID–00080F6CAB. ...	60
<b>Figura 21.</b> Registro de cópulas efectivas y mal logradas en la hembra ID–0081BFC5D. ....	61
<b>Figura 22.</b> Secuencia temporal de cópulas efectivas en la hembra ID–00080E5C5E... ..	62
<b>Figura 23.</b> Actividad reproductiva alternada en la hembra ID–00081BF50B. ....	63
<b>Figura 24.</b> Secuencia de cópulas efectivas, parciales y mal logradas en la hembra ID–00080F78D8. ....	64
<b>Figura 25.</b> Variación de la temperatura (°C) en los cuatro tanques experimentales durante el periodo de evaluación. ....	67
<b>Figura 26.</b> Variación del oxígeno disuelto (mg/L) en los tanques durante el periodo de evaluación. ....	68
<b>Figura 27.</b> Fluctuación de la salinidad (%) registrada en los tanques experimentales durante el ensayo. ....	69
<b>Figura 28.</b> Porcentaje de supervivencia de <i>Penaeus vannamei</i> en los tratamientos experimentales. ....	71
<b>Figura 29.</b> Peso inicial, final y ganancia promedio de <i>Penaeus vannamei</i> en los tratamientos experimentales. ....	73

<b>Figura 30.</b> Relación entre los parámetros fisicoquímicos y la supervivencia de <i>Penaeus vannamei</i> en los tratamientos experimentales: temperatura, oxígeno disuelto y salinidad. ....	74
<b>Figura 31.</b> Relación entre los parámetros fisicoquímicos y el crecimiento de <i>Penaeus vannamei</i> : temperatura, oxígeno disuelto y salinidad.. ....	76

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Resumen del diseño experimental. ....	28
<b>Tabla 2.</b> Criterios de observación .....	31
<b>Tabla 3.</b> Horarios de evaluación .....	34
<b>Tabla 4.</b> Frecuencia acumulada de variables reproductivas por tratamiento.....	65
<b>Tabla 5.</b> Prueba de Kruskal–Wallis para cópulas efectivas por tratamiento. ....	66

## Índice de Anexos

<b>Anexo A.</b> Elaboración de soportes extracorpóreos para camarones de maduración. ....	95
<b>Anexo B.</b> Modelo 1 Soportes con Placas plásticas.....	95
<b>Anexo C.</b> Modelo 2 Soportes con Bridas plásticas. ....	96
<b>Anexo D.</b> Modelo 3 Soportes con O-rings. ....	96
<b>Anexo E.</b> Preparación de tanques para pruebas de soportes extracorpóreos.....	97
<b>Anexo F.</b> Colocación de soportes con placas plásticas en camarones .....	97

<i>Anexo G.</i> Colocación de soportes con bridas plásticas en camarones .....	98
<i>Anexo H.</i> Colocación de soportes con O-rings en camarones .....	98
<i>Anexo I.</i> Preparación de tanques para iniciar la segunda fase con pruebas de soportes O-rings. ....	99
<i>Anexo J.</i> Preparación de equipos (computadoras, lectores, pinzas, soportes orings). ...	99
<i>Anexo K.</i> Preparación de camarones para incorporación de soportes.....	100
<i>Anexo L.</i> Colocación de soportes con Orings en segunda fase.....	100
<i>Anexo M.</i> Lectura de código en el soporte extracorpóreo .....	101
<i>Anexo N.</i> Peso de camarones durante el muestreo.....	101
<i>Anexo O.</i> Toma de parámetros fisicoquímicos .....	102
<i>Anexo P.</i> Pesca de camarones .....	102
<i>Anexo Q.</i> Camarones pescados. ....	103
<i>Anexo R.</i> Lectura de códigos en camarones colocados en tubos durante la pesca. ....	103
<i>Anexo S.</i> Camarones colocados en tubos durante la pesca. ....	104
<i>Anexo T.</i> Registro de información de códigos en Excel. ....	104
<i>Anexo U.</i> Muestra de individuo con cópula efectiva .....	105
<i>Anexo V.</i> Muestra de individuo con desove parcial .....	105
<i>Anexo W.</i> Muestra de individuo no desovada.....	106
<i>Anexo X.</i> Muestra de individuo mal copulada .....	106
<i>Anexo Y.</i> Mortalidad por branquias sucias asociadas al medio. ....	107
<i>Anexo Z.</i> Mortalidad por muda sin afectación de soportes.....	107
<i>Anexo AA.</i> Peso promedio de organismos. ....	108
<i>Anexo BB.</i> Registro y Análisis de datos. ....	108
<i>Anexo CC.</i> Tabla de comparación de soportes .....	109

<i>Anexo DD.</i> Detalle del Tanque 1E con microchips, identificando Códigos, Frecuencia de eventos reproductivos y Mortalidad. ....	109
<i>Anexo EE.</i> Detalle del Tanque 2E con microchips, identificando Códigos, Frecuencia de eventos reproductivos y Mortalidad. ....	114
<i>Anexo FF.</i> Detalle del Tanque 3E con microchips, identificando Códigos, Frecuencia de eventos reproductivos y Mortalidad. ....	118
<i>Anexo GG.</i> Registro de eventos reproductivos individuales en hembras .....	123
<i>Anexo HH.</i> Registro de cópulas diarias generales en Tanque Control. ....	128
<i>Anexo II.</i> Registro de cópulas diarias en los tanques experimentales y tanque control .....	127
<i>Anexo JJ.</i> Registro de Temperatura.....	128
<i>Anexo KK.</i> Registro de Oxígeno.....	128
<i>Anexo LL.</i> Registro de Salinidad.....	129
<i>Anexo MM.</i> Pesos promedios iniciales, finales y ganado al final del experimento.....	130
<i>Anexo NN.</i> Pruebas de normalidad de los parámetros, aplicadas con el software Past versión 4.17 .....	130

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Ablación:** Procedimiento de remoción del pedúnculo ocular en hembras de camarón para inducir maduración ovárica, actualmente en desuso por su impacto fisiológico.

**Apareamiento:** Proceso de unión sexual entre macho y hembra para la transferencia de espermatozoides.

**Canibalismo:** Comportamiento en el que un organismo consume a otro de la misma especie, común bajo estrés o densidades elevadas.

**Cópula:** Acto de reproducción en el cual el macho transfiere el espermatozoides a la hembra.

**Desove:** Liberación de huevos por parte de la hembra madura.

**Dispositivo extracorpóreo:** Estructura externa al cuerpo que se utiliza para sostener un sensor o microchip sin afectar los tejidos internos.

**Estrés fisiológico:** Respuesta biológica de un organismo ante condiciones adversas del entorno.

**Espermatozoides:** Estructura que contiene espermatozoides y que es transferida del macho a la hembra durante la cópula.

**Frecuencia de cópulas:** Número de eventos reproductivos efectivos registrados en un período determinado.

**Hembras identificadas:** Reproductoras marcadas con microchips para su reconocimiento individual.

**Identificación individual:** Técnica que permite diferenciar y monitorear a cada organismo de manera precisa.

**Implante:** Material insertado o adherido al cuerpo de un organismo para fines de monitoreo o identificación.

**Microchip:** Dispositivo electrónico de pequeño tamaño usado para el registro o monitoreo de datos.

**Molting (muda):** Proceso fisiológico mediante el cual los crustáceos reemplazan su exoesqueleto.

**Pedúnculo ocular:** Segmento donde se localizan los ojos del camarón, utilizado comúnmente para el marcaje.

**Soporte extracorpóreo:** Dispositivo externo que sostiene un microchip sin penetrar el cuerpo del organismo.

**Tag o PIT:** Término en inglés para designar el marcaje o etiquetado de organismos.

**Trazabilidad:** Capacidad de rastrear el origen, linaje o desempeño de cada organismo en un sistema de cultivo.

## ABREVIATURAS

**cm:** Centímetro

**DO:** Oxígeno disuelto (Dissolved Oxygen)

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

**g:** Gramos

**h:** Horas

**ID:** Identificación

**L:** Litro

**M:** Macho

**mm:** Milímetro

**N:** Número de individuos o muestras

**OD:** Oxígeno disuelto

**O-ring:** Anillo flexible usado como soporte extracorpóreo

**%:** Porcentaje

♀: Hembra

♂: Macho

**R:** Retención

**A:** Aceptación

**M:** Mortalidad

**FR:** Frecuencia reproductiva

## RESUMEN

### **“Efectos del Uso de Soportes Extracorpóreos sobre Hembras de *Penaeus vannamei* en el Laboratorio Genomar”.**

**Autor:** Wilson Aníbal Reyes Quirumbay.

**Tutor:** Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

El estudio evaluó la eficiencia reproductiva de hembras de *Penaeus vannamei* mediante el uso de soportes extracorpóreos con microchips PIT, como herramienta para la identificación individual en sistemas de maduración controlados. Se desarrolló en dos fases: la primera comparó tres modelos de soporte (placas, bridas y O-rings) en 900 hembras para determinar aceptación y retención; la segunda empleó el modelo más eficiente (O-rings) en tres tanques experimentales frente a un tanque control, monitoreando durante 70 días la frecuencia de cópulas, supervivencia, crecimiento y parámetros fisicoquímicos del agua. Los datos se analizaron con estadística descriptiva, pruebas no paramétricas (Kruskal–Wallis) y correlaciones de Spearman. Los resultados mostraron que el soporte tipo O-ring presentó la mayor aceptación (88%) y retención (97,3%), con mortalidad baja (9%). No se detectaron diferencias significativas en la frecuencia de cópulas efectivas entre tratamientos ( $p > 0,05$ ), y la supervivencia se mantuvo alta (96,7–98,7%), al igual que el crecimiento (23,4–28,6 g). Se concluye que el uso de soportes extracorpóreos con microchips permite la identificación individual sin afectar el rendimiento reproductivo ni el bienestar, constituyendo una herramienta viable para trazabilidad y mejora genética en camaronicultura.

**Palabras clave:** microchips PIT, *Penaeus vannamei*, reproducción, soportes extracorpóreos, trazabilidad.

## ABSTRACT

### **“Effects of the Use of Extracorporeal Supports on Female *Penaeus vannamei* at the Genomar Laboratory”.**

**Author:** Wilson Aníbal Reyes Quirumbay.

**Tutor:** Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

The study evaluated the reproductive efficiency of female *Penaeus vannamei* using extracorporeal supports with PIT microchips as a tool for individual identification in controlled maturation systems. It was developed in two phases: the first compared three support models (plates, flanges, and O-rings) in 900 females to determine acceptance and retention; the second used the most efficient model (O-rings) in three experimental tanks compared to a control tank, monitoring the frequency of copulation, survival, growth, and physicochemical parameters of the water for 70 days. The data were analyzed using descriptive statistics, nonparametric tests (Kruskal–Wallis), and Spearman correlations. The results showed that the O-ring support had the highest acceptance (88%) and retention (97.3%) rates, with low mortality (9%). No significant differences were detected in the frequency of effective copulations between treatments ( $p > 0.05$ ), and survival remained high (96.7–98.7%), as did growth (23.4–28.6 g). It is concluded that the use of extracorporeal supports with microchips allows individual identification without affecting reproductive performance or welfare, constituting a viable tool for traceability and genetic improvement in shrimp farming.

**Keywords:** PIT microchips, *Penaeus vannamei*, reproduction, extracorporeal supports, traceability.

# 1. INTRODUCCIÓN

La camaronicultura ha emergido como un pilar clave de la acuicultura moderna, superando en 2022 a la pesca de captura por primera vez (FAO, 2024). Entre las especies cultivadas, *Penaeus vannamei* destaca por su crecimiento y valor comercial global. Este avance ha impulsado mejoras en genética y sanidad, aunque existen limitaciones en el control de parámetros reproductivos, particularmente en hembras en sistemas intensivos.

La identificación individual es crucial para programas de selección y seguimiento en reproducción, aunque el uso de métodos externos es limitado por la pérdida durante la muda. Esto ha llevado al aumento de microchips de radiofrecuencia (PIT tags), que son altamente retenidos y biocompatibles en crustáceos y peces (Lombardo-González, 2023; Trovan, 2025). Estudios en decápodos muestran que la implantación de etiquetas PIT no afecta la supervivencia ni el peso, siempre que se controle el estrés térmico (Lombardo-González, 2023). No obstante, su aplicación en hembras reproductoras de *P. vannamei* es limitada y se desconoce su efecto combinado con modificaciones estructurales del ambiente.

El diseño físico del entorno también influye en el comportamiento y la estabilidad postural de los crustáceos. Gómez-Jiménez y Albalat (2019) señalan que

las estructuras accesorias reducen la agresión y mejoran la postura, factores críticos en hembras reproductoras. Sin embargo, su uso específico en *P. vannamei* no ha sido evaluado, por lo cual se necesita realizar estudios experimentales destinados a verificar el uso de dicho complemento a nivel de sus parámetros como pueden ser la supervivencia, el comportamiento o incluso el crecimiento.

Ante estas limitaciones tecnológicas y de manejo, surge la necesidad de integrar sistemas de identificación individual con soportes extracorpóreos que mejoren la estabilidad y reduzcan el estrés. Esta propuesta podría llegar a mejorar el seguimiento reproductivo y contribuir a la sostenibilidad productiva, dado que la reducción del estrés mejora la prevención de enfermedades y el desempeño reproductivo (Kumar et al., 2022).

En este contexto, el presente estudio, realizado en el laboratorio de la empresa Genomar S.A, tuvo como objetivo evaluar los efectos del uso de soportes extracorpóreos complementados con microchips PIT en hembras de *P. vannamei* bajo condiciones controladas. Se evaluaron parámetros de supervivencia, comportamiento y crecimiento, con el fin de generar evidencia técnica que respalde prácticas más eficientes y éticas en la camaronicultura.

## 2. PROBLEMÁTICA

La camaronicultura enfrenta un reto significativo: la carencia de métodos que permitan la identificación individual de reproductores fiables y perdurables, especialmente en la especie *Penaeus vannamei*. Las metodologías existentes presentan limitaciones importantes. Las técnicas moleculares son efectivas y precisas, aunque costosas y complejas para su uso rutinario en hatcheries (Simón, 2023; Håstein et al., 2001). Este panorama reduce la viabilidad de los programas de selección y provoca registros productivos poco consistentes (Max-Aguilar et al., 2025).

La falta de un sistema que identifique a los reproductores está estrechamente relacionada con la trazabilidad y la competitividad del sector, lo que ocasiona pérdida de información genética, errores en la asignación de progenitores y disminución del control sobre las líneas de reproducción. Además, la ausencia de identificación adecuada impide cumplir con normativas internacionales y certificaciones de sostenibilidad que exigen registros detallados sobre el origen y manejo de los reproductores (Low et al., 2021; Hopkins et al., 2024), comprometiendo la transparencia y aceptación en los mercados internacionales.

Aunque los microchips de identificación (PIT tags) han demostrado ser seguros y eficaces en peces y en algunas especies de crustáceos juveniles (Froote et

al., 2018), no existen suficientes estudios que evalúen su uso en hembras reproductoras de *P. vannamei*, organismos particularmente sensibles y de alto valor. La evidencia disponible indica que aún no se conoce la respuesta fisiológica al soporte, la retención del microchip ni su interacción con estructuras anatómicas como el pedúnculo ocular (Franco-Chiquito, 2021). Esta falta de información limita el desarrollo de sistemas de trazabilidad seguros, éticos y eficientes. Por ello, la problemática central radica en la ausencia de evidencia experimental que valide el uso de microchips integrados a soportes extracorpóreos como herramienta de identificación individual en hembras reproductoras de *P. vannamei*.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La propuesta responde a la necesidad de contar con métodos fiables que garanticen la trazabilidad y el control de la descendencia en programas de reproducción, sin comprometer el bienestar del organismo. Esta investigación valida un sistema de identificación individual mediante microchips PIT integrados en soportes extracorpóreos en hembras reproductoras de *Penaeus vannamei*. El pedúnculo ocular se considera una localización estratégica, ya que es fácil de identificar y permite la fijación del transpondedor sin interferencias biológicas.

El estudio adquiere relevancia porque evalúa la interacción tecnología–organismo y factores críticos como la retención del transpondedor durante la muda y la tolerancia del tejido ocular. Estos aspectos son determinantes para asegurar la eficacia del sistema y su aplicabilidad en condiciones productivas. Los resultados permitirán establecer protocolos que garanticen la trazabilidad, optimicen la gestión genética y reduzcan el riesgo de pérdida de información en hatcheries.

Además, la propuesta constituye una alternativa alineada con estándares internacionales de certificación y bienestar animal, aportando soluciones sostenibles para la camaronicultura. Su implementación puede generar ventajas competitivas para el sector y abrir nuevas líneas de investigación en biotecnología aplicada a crustáceos, con potencial de adaptación a otras especies acuícolas.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.2. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la eficiencia reproductiva de hembras de *Penaeus vannamei* en condiciones controladas, mediante el uso de soportes extracorpóreos con microchips, analizando el comportamiento frente a hembras no tratadas dentro de un sistema de maduración comercial.

### **4.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la retención y aceptación de diferentes soportes extracorpóreos con microchips en *Penaeus vannamei*, para seleccionar el más eficiente.
- Comparar la frecuencia de cópulas en hembras con y sin microchips utilizando el soporte óptimo, mediante la identificación individual y el monitoreo sistemático.
- Relacionar los parámetros fisicoquímicos del agua con la supervivencia y crecimiento de reproductores con y sin soportes, identificando diferencias en el desempeño reproductivo.

## 5. HIPÓTESIS

### 5.1. Hipótesis Alternativa (H<sub>1</sub>):

El uso de soportes extracorpóreos con microchips permite la identificación individual de *Penaeus vannamei* sin alterar su rendimiento reproductivo en condiciones controladas.

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1. Camaronicultura moderna y relevancia de *Penaeus vannamei*

La acuicultura es actualmente uno de los sectores de producción de alimentos de más rápido crecimiento a nivel mundial, y aporta más de la mitad de los productos acuáticos destinados al consumo humano (FAO, 2024). Dentro de este contexto, el camarón blanco del Pacífico se ha consolidado como la especie de crustáceo más cultivada del mundo, debido a su alta plasticidad ambiental, rapidez de crecimiento y buena conversión alimenticia (Peixoto et al., 2008; Ren et al., 2020). Estas características han permitido que *Penaeus vannamei* se adapte a diferentes sistemas de cultivo, desde ambientes extensivos hasta sistemas intensivos y super intensivos, lo que lo convierte en una especie clave para la sostenibilidad de la industria. Su capacidad para tolerar variaciones de salinidad y mantener tasas de crecimiento estables bajo condiciones controladas refuerza su importancia en programas de producción a gran escala (Peixoto et al., 2008).

El desarrollo de líneas genéticas específicas para cultivo, libres de patógenos específicos (SPF) y seleccionadas para crecimiento y tolerancia a enfermedades, ha permitido que la camaronicultura dependa cada vez más de reproductores domesticados y de programas formales de mejoramiento genético (Ren et al., 2020; Perez-Enriquez et al., 2018). En este escenario, la gestión adecuada de hembras reproductoras, su identificación individual y la trazabilidad de su descendencia se

vuelven factores críticos para la sostenibilidad productiva y sanitaria del sector ya que estas prácticas no solo garantizan la calidad genética, sino que también reducen riesgos asociados a la transmisión de enfermedades y mejoran la eficiencia en la selección de individuos con alto potencial reproductivo Pérez-Enríquez et al. (2018).

## **6.2. Biología y reproducción de *Penaeus vannamei***

### **6.2.1 Ciclo reproductivo y maduración ovárica**

Las hembras de *Penaeus vannamei* presentan un ciclo reproductivo característico de los peneidos, en el que el ovario atraviesa una secuencia de estadios que van desde la fase inmadura hasta la maduración completa y el desove. Este proceso se acompaña de cambios morfológicos y fisiológicos evidentes, como la variación en la coloración del ovario, el incremento del volumen abdominal y la acumulación de reservas energéticas en los ovocitos (Peixoto et al., 2008).

La maduración ovárica está estrechamente vinculada a la vitelogénesis, etapa en la que se sintetizan y depositan proteínas y lípidos en los ovocitos para garantizar el desarrollo embrionario. Factores como la temperatura, la calidad del agua y la dieta influyen directamente en la velocidad de este proceso, siendo la alimentación rica en proteínas y lípidos marinos un requisito fundamental para

alcanzar una madurez sexual óptima (Peixoto et al., 2008). Bajo condiciones de cultivo intensivo, las hembras suelen alcanzar la madurez sexual entre los 7 y 8 meses, lo que permite programar ciclos reproductivos controlados en laboratorios especializados.

Históricamente, la inducción de la maduración gonadal en sistemas cerrados se ha logrado mediante la ablación del pedúnculo ocular, técnica que inhibe la producción de la hormona que bloquea la vitelogénesis, acelerando así el desarrollo ovárico (Peixoto et al., 2008; Ren et al., 2020). Aunque este procedimiento incrementa la frecuencia de desoves y asegura la disponibilidad de post-larvas para la industria, también genera efectos adversos sobre la fisiología y el bienestar del animal, como alteraciones hormonales, incremento del estrés y reducción en la longevidad reproductiva (Ren et al., 2020). Estas consideraciones han impulsado la búsqueda de métodos alternativos que permitan mantener la eficiencia productiva sin comprometer la salud de las hembras, lo que constituye un punto clave para el desarrollo de tecnologías complementarias en el manejo reproductivo.

### **6.2.2. Factores ambientales que afectan maduración y desove**

El rendimiento reproductivo de las hembras está estrechamente vinculado con la temperatura, la salinidad y la calidad del agua. Estudios sobre *Litopenaeus vannamei* han mostrado que temperaturas en torno a 28-30 °C y salinidades medias

favorecen la supervivencia larvaria y el desarrollo embrionario, mientras que valores fuera de estos rangos reducen la viabilidad de los estadios tempranos (Bermudes-Lizárraga et al., 2023). Estas condiciones no solo influyen en la fase larvaria, sino también en la maduración ovárica, ya que la estabilidad térmica y osmótica permite mantener el equilibrio metabólico necesario para la vitelogénesis y la síntesis de reservas energéticas en los ovocitos (Peixoto et al., 2008).

A nivel de reproductores, la combinación de buenas condiciones ambientales, fotoperiodo adecuado y dietas específicas se relaciona con mayores tasas de desove, mejores porcentajes de eclosión y mayor calidad de post-larvas (Peixoto et al., 2008; Ren, Mather et al., 2020). La temperatura y el oxígeno disuelto son factores críticos, pues alteraciones en estos parámetros pueden generar estrés fisiológico que afecta la calidad de los ovocitos y la frecuencia de desoves. Asimismo, la salinidad influye en la regulación osmótica y en la eficiencia del metabolismo energético, lo que repercute directamente en la fecundidad y en la viabilidad embrionaria (Peixoto et al., 2008).

De este modo, cualquier innovación tecnológica, incluida la implantación de microchips o soportes extracorpóreos, debe considerarse en función de su interacción con estos factores para no comprometer la eficiencia reproductiva. La manipulación física de los organismos, si no se realiza bajo condiciones ambientales óptimas, puede incrementar el nivel de estrés y alterar procesos

hormonales asociados a la maduración, lo que subraya la importancia de integrar el manejo tecnológico con una estricta regulación de los parámetros ambientales (Ren et al., 2020).

### **6.2.3. Importancia de las hembras reproductoras en programas genéticos**

Las hembras reproductoras son el pilar de la producción larvaria en *Penaeus vannamei*, ya que cada desove puede generar entre cientos de miles y más de un millón de huevos, lo que las convierte en el recurso más crítico para garantizar la continuidad de los programas de cultivo (Ren et al., 2020). En hatcheries, la posibilidad de asociar la producción de nauplios y post-larvas con hembras específicas permite implementar estrategias de selección que optimicen la calidad genética y productiva de las poblaciones (Pérez-Enríquez et al., 2018).

Los hallazgos de Pérez-Enríquez et al. (2018) y Mendoza-Cano et al. (2013) destacan que la trazabilidad individual es indispensable para:

- Seleccionar linajes con mayor fecundidad y calidad de progenie, asegurando la transmisión de caracteres deseables.
- Controlar la consanguinidad, evitando pérdida de variabilidad genética y riesgos de depresión endogámica.

- Evaluar el impacto de manejos experimentales sobre la eficiencia reproductiva, lo que permite validar tecnologías como soportes extracorpóreos Ren et al. (2020).

Además, estudios recientes (Casado et al., 2023; Max-Aguilar et al., 2025) confirman que el uso de marcadores moleculares (microsatélites y SNP) y herramientas genómicas son esenciales para caracterizar poblaciones, diseñar programas de selección y mantener diversidad genética en sistemas intensivos, también señala que la implementación de líneas SPF y la selección para crecimiento y resistencia a enfermedades han transformado la industria, pero advierte que el éxito depende de un manejo reproductivo que preserve la integridad fisiológica de las hembras.

### **6.3. Identificación Individual y trazabilidad en Acuicultura**

#### **6.3.1. Concepto y relevancia de la trazabilidad**

La trazabilidad se define como la capacidad de seguir el rastro de un alimento, un animal o sus productos a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución (Reglamento (CE) N° 178/2002). En acuicultura, los sistemas de trazabilidad permiten:

- Asociar lotes de productos con orígenes específicos
- Demostrar el cumplimiento de normativas sanitarias y ambientales
- Responder con rapidez ante brotes de enfermedades o alertas de seguridad alimentaria (Pettoello-Mantovani et al., 2021).

En el caso de *P. vannamei*, la trazabilidad no se limita al producto final; también es crucial en etapas de reproducción y mejoramiento genético, donde se requiere vincular cada lote de post-larvas con padres conocidos para evaluar desempeño, resistencia a enfermedades y respuesta a la selección (Pérez-Enríquez & Max-Aguilar, 2016; Pérez-Enríquez et al., 2018).

### **6.3.2. Métodos genéticos de identificación**

Los métodos genéticos basados en marcadores moleculares, (Pérez-Enríquez et al., 2018), como microsatélites y polimorfismo de nucleótido simple (SNPs), permiten una trazabilidad altamente precisa a nivel de parentesco y han sido ampliamente utilizados en *P. vannamei* para monitorear diversidad genética y asignar pedigrí (Pérez-Enríquez & Max-Aguilar, 2016)

Aunque estos enfoques son muy robustos desde el punto de vista científico, presentan desventajas operativas en hatcheries comerciales porque requieren infraestructuras de laboratorio, personal especializado, tiempos de procesamiento

relativamente largos y un costo por muestra que limita su uso rutinario a gran escala (Max et al., 2025; Pérez-Enríquez et al., 2024). Por ello, se busca complementarlos con sistemas físicos de identificación individual que sean más directos y económicos en el día a día.

### **6.3.3. Métodos físicos de marcaje en crustáceos**

Los métodos físicos tradicionales en crustáceos incluyen cortes o ablaciones en apéndices, marcas con tintes o etiquetas externas y tatuajes en el exoesqueleto. Sin embargo, la muda periódica del exoesqueleto provoca la pérdida de muchas marcas externas y obliga a repetir procesos de marcaje, con el consiguiente aumento de estrés y riesgo de lesiones (Håstein et al., 2001).

Además, técnicas como la ablación del pedúnculo ocular se asocian con alteraciones profundas del eje neuroendocrino, incremento del estrés y cuestionamientos éticos sobre su uso rutinario en programas de reproducción (Fotadar & Evans, 2011; Birch et al., 2021). Ante estas limitaciones, el desarrollo de sistemas de identificación mediante microchips de forma externa o transpondedores se presentó como una alternativa prometedora.

## **6.4. Microchips PIT/RFID en organismos acuáticos y crustáceos**

### **6.4.1. Principios de los transpondedores pasivos**

Los transpondedores pasivos integrados (PIT) y otras tecnologías RFID (identificación por radiofrecuencia) permiten asignar un código único a cada individuo mediante un microchip encapsulado. Este dispositivo no contiene batería, por lo que solo se activa al ser expuesto al campo del lector y transmite su identificación en milisegundos (Rahman et al., 2021). En peces, los PIT tags se han utilizado extensamente para estudios de migración, crecimiento y supervivencia, mostrando altas tasas de retención y un impacto mínimo sobre el comportamiento cuando son implantados correctamente (D'Arcy et al., 2020). Esta experiencia ha impulsado su adaptación a otros grupos, como crustáceos decápodos.

### **6.4.2. Aplicaciones en camarones peneidos**

En el camarón tigre *Penaeus monodon*, Froote et al. (2018) demostraron que la implantación de PIT tags en juveniles puede realizarse sin afectar significativamente la supervivencia ni el crecimiento, y que la lectura de los dispositivos resulta rápida y confiable para aplicarse en programas de selección genética.

En *P. vannamei*, estudios experimentales y tesis aplicadas en condiciones de cultivo comercial han evaluado la implantación de microchips PIT en diferentes zonas del cuerpo, reportando altas tasas de retención y mortalidad comparables a las de grupos control cuando se emplean protocolos de anestesia, asepsia y tamaño adecuado de los dispositivos (Franco-Chiquito, 2021). Estos resultados sugieren que la tecnología es viable, aunque persisten dudas sobre su aplicación específica en hembras reproductoras sometidas a ciclos de maduración y desove.

#### **6.4.3. Microchips en otros crustáceos: evidencia comparativa**

En cangrejos, la implantación de etiquetas PIT se ha ensayado para evaluar su efecto sobre crecimiento y condición fisiológica. González (2023) implantó PIT tags en el cangrejo *Cardisoma crassum* y encontró una retención del 100 % de los dispositivos, supervivencia cercana al 78 % y ausencia de efectos significativos sobre el factor de condición, atribuyendo la mortalidad observada principalmente al estrés térmico y no al implante en sí.

En conjunto, la literatura indica que los microchips pueden servir como un método confiable de identificación individual en crustáceos, siempre que se definan cuidadosamente la zona anatómica de implantación, el tamaño del chip, el protocolo quirúrgico y el seguimiento de bienestar postoperatorio. Falta, sin embargo, evidencia específica en hembras reproductoras de *P. vannamei* bajo esquemas de producción comercial, lo que justifica el enfoque del presente estudio.

## **6.5. Soportes extracorpóreos y materiales biocompatibles**

### **6.5.1. Concepto de soportes extracorpóreos**

En el contexto de la acuicultura, el término soporte extracorpóreo puede entenderse como una estructura diseñada para alojar o proteger un dispositivo (por ejemplo, un microchip) fuera de los tejidos internos profundos, minimizando la interacción directa de los tejidos internos profundos, minimizando la interacción directa con órganos vitales y reduciendo el riesgo de daño tisular. En crustáceos, estos soportes buscan una fijación estable en regiones anatómicas accesibles que no se pierdan con la muda o en las que el recambio de cutícula tenga un efecto limitado sobre su estructura (Foote et al., 2018).

En el caso concreto del pedúnculo ocular, la presencia de tejido conectivo, hemolinfa y estructuras musculares ofrece una zona donde podría alojarse un dispositivo pequeño, siempre que el diseño del soporte distribuya las fuerzas mecánicas y evite la compresión de los haces nerviosos u órganos endocrinos.

### **6.5.2. Materiales biocompatibles utilizados en dispositivos para animales acuáticos**

Los microchips PIT comerciales suelen estar encapsulados en vidrio biocompatible o polímeros inertes, diseñados para resistir a ambientes húmedos y

salinos sin liberar sustancias tóxicas. En aplicaciones más avanzadas, se han incorporado materiales poliméricos como el poliéster-éter-cetona (PEEK) y el politetrafluoroetileno (PTFE), ampliamente utilizados en implantes humanos por su estabilidad química, resistencia mecánica y baja reactividad tisular (Moharil et al., 2023).

Un análisis reciente sobre PEEK como biomaterial destaca su elevada resistencia a la corrosión, su módulo elástico similar al tejido óseo y su buena respuesta a largo plazo en contacto con fluidos biológicos (Moharil et al., 2023). Estas características lo convierten en un candidato adecuado para el diseño de soportes extracorpóreos pequeños y ligeros, capaces de proteger el microchip frente a impactos y, al mismo tiempo, adaptarse a las superficies irregulares del exoesqueleto del camarón. La elección del material es, por tanto, un componente central del diseño ya que afectará la biocompatibilidad, la retención del dispositivo y la posible respuesta inflamatoria o de encapsulamiento por parte de los tejidos del pedúnculo ocular.

## **6.6. Bienestar animal y consideraciones éticas en crustáceos decápodos**

### **6.6.1. Evidencia de sensibilidad en decápodos**

En los últimos años ha crecido la evidencia de que los crustáceos decápodos poseen sistemas sensoriales complejos y son capaces de mostrar respuestas conductuales y fisiológicas compatibles con la percepción de dolor y estrés (Birch et al., 2021). Este reconocimiento ha impulsado cambios en la legislación de varios países y ha motivado recomendaciones específicas para minimizar prácticas dolorosas en la captura, manejo y experimentación con estos organismos.

El bienestar se define habitualmente como el estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las que vive y muere, e incluye aspectos como la ausencia de dolor, lesiones y enfermedades, así como la posibilidad de expresar comportamientos naturales (WOAH, 2024). En acuicultura, el cumplimiento de estos principios se ha vinculado no solo con consideraciones éticas, sino también con mejoras en productividad y calidad del producto (Fotedar & Evans, 2011).

### **6.6.2. Ablación del pedúnculo ocular y alternativas**

La ablación del pedúnculo ocular ha sido una práctica extendida para inducir maduración gonadal en hembras de peneidos, pero su aplicación conlleva la destrucción de centros neuroendocrinos claves y se asocia con alteraciones hormonales, incremento del estrés y posible reducción de la longevidad reproductiva (Fotedar & Evans, 2011; Ren et al., 2020).

Estudios recientes han demostrado que es posible obtener buenos resultados reproductivos utilizando hembras no ablacionadas cuando se optimizan parámetros como dieta, fotoperiodo y condiciones ambientales, lo que refuerza la búsqueda de estrategias menos invasivas y más alineadas con el bienestar animal (Ren et al., 2020).

En este contexto, el diseño de un soporte extracorpóreo que permita implantar un microchip en el pedúnculo ocular sin eliminarlo ni dañarlo severamente representa un enfoque intermedio la cual se aprovecha la accesibilidad anatómica de esta región, pero se evita replicar el nivel de alteración que implica la ablación. La evaluación de respuestas fisiológicas (supervivencia, crecimiento, comportamiento, frecuencia de cópulas) resulta esencial para determinar si la tecnología es compatible con estándares modernos de bienestar.

## **6.7. Trazabilidad, normativas y certificaciones aplicables**

### **6.7.1. Normativa internacional sobre trazabilidad y seguridad alimentaria**

El Reglamento (CE) N.º 178/2002 establece la obligación de garantizar la trazabilidad en todas las etapas de producción, transformación y distribución de alimentos, incluyendo productos de origen acuícola, como herramienta central de

gestión de riesgos y protección del consumidor. Esta exigencia ha sido adoptada como referencia por múltiples marcos regulatorios y esquemas de certificación en todo el mundo. (Pettoello-Mantovani et al., 2022).

Por otra parte, el Código Sanitario para los Animales Acuáticos de la Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH) recoge estándares para la salud y el bienestar de animales acuáticos, incluidos crustáceos, e insta a los países miembros a aplicar medidas que reduzcan el estrés, las lesiones y el sufrimiento durante el manejo y la experimentación (WOAH, 2024). Estas directrices son coherentes con la implementación de tecnologías de identificación que sean biocompatibles, mínimamente invasivas y justificadas desde el punto de vista científico.

### **6.7.2. Certificaciones de sostenibilidad y bienestar en Acuicultura**

Los esquemas de certificación voluntaria, como el Aquaculture Stewardship Council (ASC) y Best Aquaculture Practices (BAP), han incorporado criterios específicos sobre sanidad, bienestar y trazabilidad en la producción de camarón. Estos incluyen la exigencia de registros detallados de lotes, control de reproductores y uso de prácticas que minimicen el estrés y el daño físico (ASC, 2023; Global Seafood Alliance, 2023).

La adopción de un sistema de identificación individual mediante microchips, integrados en soportes extracorpóreos biocompatibles y evaluados científicamente, puede contribuir a cumplir y documentar estos requisitos, al facilitar el seguimiento de hembras reproductoras, la reconstrucción de pedigrí y la demostración de buenas prácticas de manejo. De este modo, la tecnología que plantea el presente trabajo se ubica en la intersección entre innovación tecnológica, bienestar animal y cumplimiento normativo, aspectos clave para la competitividad futura del sector camaronero.

En este contexto, ASC (2023) y Global Seafood Alliance (2023) destacan que la trazabilidad y el bienestar animal no solo son requisitos técnicos, sino también factores diferenciadores en mercados internacionales, donde la transparencia y la responsabilidad social son cada vez más valoradas. La implementación de estos estándares voluntarios impulsa una cultura de mejora continua, fortaleciendo la imagen del sector frente a consumidores y auditores.

La integración de tecnologías innovadoras, como los soportes extracorpóreos con sistemas de identificación individual, contribuye a generar información confiable y auditable, lo que facilita la certificación y reduce riesgos sanitarios. Tal como señalan ASC (2023) y Global Seafood Alliance (2023), estas prácticas alinean la producción con principios éticos y normativos, asegurando la sostenibilidad y competitividad del sector a largo plazo.

## 7. METODOLOGÍA

### 7.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el Laboratorio de Maduración de Genomar S.A.S., ubicado en la Comuna Pechiche, Parroquia Chanduy – El Real, Provincia de Santa Elena, Ecuador (coordenadas UTM: 2°23'24.4" S, 80°44'08.8" W; Figura 1).

**Figura 1.**

*Ubicación del laboratorio Genomar S.A.S- El Real*



**Nota:** Localización del laboratorio en la Comuna Pechiche, Parroquia Chanduy – El Real, con coordenadas UTM y referencia espacial para el área de estudio.

**Fuente:** Elaborado con QGIS (2025)

## **7.2. Tipo de investigación**

La investigación fue de enfoque cuantitativo, ya que se trabajó con variables medibles relacionadas con la reproducción, el comportamiento y los parámetros ambientales. Su naturaleza fue aplicada, pues busca generar soluciones prácticas para mejorar la trazabilidad y el manejo reproductivo de *P. vannamei*. Además, se trató de un estudio experimental, dado que se manipuló de manera deliberada la variable independiente (uso del soporte con microchip) bajo condiciones controladas de laboratorio para evaluar sus efectos sobre los organismos.

## **7.3. Diseño general del estudio**

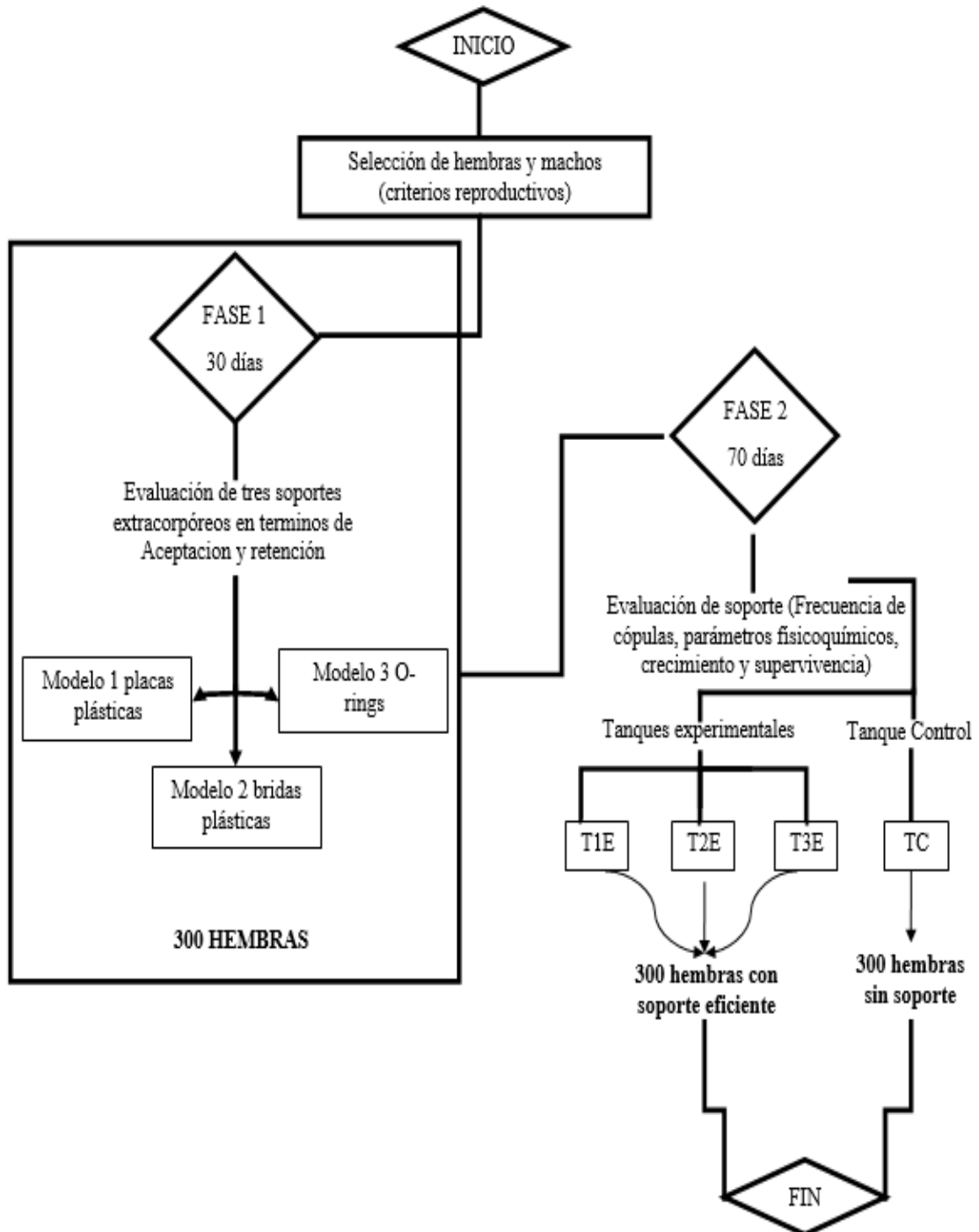
El estudio se estructuró en dos fases consecutivas que respondieron a objetivos complementarios. La primera fase, con una duración de 30 días, se centró en la selección del modelo de soporte extracorpóreo más eficiente en términos de retención y aceptación conductual por parte de las hembras. La segunda fase, de 70 días, permitió evaluar el impacto del soporte seleccionado sobre la reproducción, la supervivencia, el crecimiento y las condiciones fisicoquímicas del agua.

El diseño general del experimento, que resume la secuencia de actividades desde la selección de organismos hasta la evaluación final, se presenta en la Figura

2.

Figura 2.

Diagrama de flujo del diseño experimental.



*Nota.* Diseño experimental efectuado durante las dos fases de experimentación del estudio realizado en el laboratorio Genomar.

## 7.4. Diseño experimental

Los organismos utilizados fueron hembras y machos reproductores de *P. vannamei* provenientes del mismo lote de producción, lo cual favoreció la homogeneidad en el estado fisiológico de los ejemplares. La selección siguió criterios reproductivos específicos: las hembras correspondían a estadios gonadales III–IV, con ovarios visibles y pesos cercanos a 40 g; mientras que los machos mostraron espermátóforos visibles y pesos equivalentes. En todos los tanques se mantuvo una proporción hembra: macho de 5:4, acorde con las prácticas operativas del laboratorio.

El tamaño muestral, correspondiente a 300 hembras por tanque, se definió a partir de la densidad estándar recomendada para sistemas de maduración (1,5 hembras/m<sup>2</sup>) según lo establecido por la FAO (2003). Asimismo, se garantizó el cumplimiento del mínimo de observaciones requerido para análisis paramétricos, lo que permitió obtener resultados representativos y con suficiente potencia estadística.

Durante la Fase 1, se emplearon tres tanques de 1000 L, cada uno con 300 hembras asociadas a un modelo de soporte distinto (A, B y C). En la Fase 2 Figura 3, se utilizaron cuatro tanques de (1000 L): tres destinados al tratamiento con el soporte seleccionado (T1E, T2E y T3E) y un tanque control (TC) con hembras sin soporte. Esta estructura se resume en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

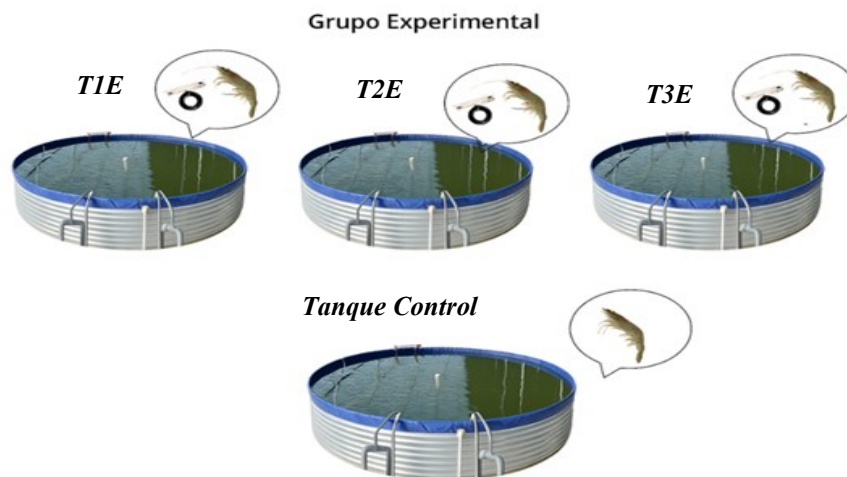
*Resumen del diseño experimental.*

<b>Fase</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Réplicas (Tanques)</b>	<b>Hembras por tanque</b>
1	Soporte Modelo A (Placas plásticas)	A	1	300
1	Soporte Modelo B (Bridas plásticas)	B	1	300
1	Soporte Modelo C (Orings)	C	1	300
2	Hembras con soporte (Modelo C- Orings)	(T1E, T2E, T3E)	3	300
2	Hembras sin soporte (Control)	TC	1	300

*Nota:* La unidad experimental fue el tanque. Las réplicas biológicas se aplicaron únicamente en la Fase 2.

**Figura 3.**

*Sistema de cultivo aplicado en P. vannamei.*



*Nota.* Sistema de cultivo aplicado en *P. vannamei*, se utilizaron cuatro tanques de 1000 L; tres réplicas experimentales (T1E, T2E y T3E) correspondientes a los tratamientos con soporte, y un tanque control (TC) sin soporte.

*Fuente: Elaboración propia (2025).*

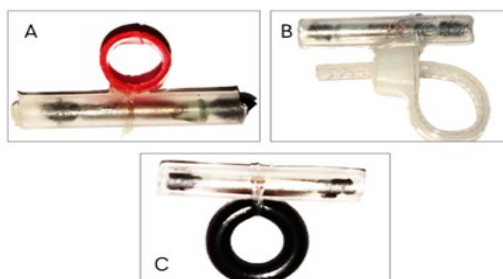
## 7.5. Modelos de soporte extracorpóreo y microchips

Con el fin de identificar individualmente a las hembras, se diseñaron tres modelos de soporte extracorpóreo destinados a alojar un microchip Trovan ID-100<sup>a</sup> Nano Transponder (1,25 mm × 7 mm). Este tipo de dispositivo, descrito como sumergible y biocompatible por el fabricante, presenta una distancia de lectura de hasta 90 mm y ha sido utilizado previamente en estudios de marcaje en crustáceos.

Los tres modelos se elaboraron con materiales inertes y resistentes al agua salada, principalmente silicona médica y plásticos flexibles. Aunque compartían la misma función, diferían en su sistema de sujeción: el Modelo A se construyó con placas plásticas rígidas, el Modelo B empleó bridas ajustables, y el Modelo C utilizó O-rings plásticos que brindaban mayor flexibilidad. La estructura de cada uno se presenta en la Figura 4.

**Figura 4.**

*Modelos de soportes extracorpóreos aplicados en pruebas experimentales.*



*Nota.* Se presentan tres diseños utilizados en la fase experimental: **Modelo A:** Placas plásticas, **Modelo B:** Bridas plásticas y **Modelo C:** Orings.

La fijación de los soportes se realizó directamente sobre el pedúnculo ocular de cada hembra utilizando técnicas específicas según el material del modelo. Cada soporte fue instalado en 300 hembras durante la Fase 1, y se verificó su estado dos veces al día para evaluar retención y aceptación por parte de los reproductores.

## **7.6. Desarrollo experimental**

### **7.6.1. Fase 1: Evaluación de retención y aceptación del soporte**

Durante esta fase se evaluaron dos variables principales: la retención del soporte y la aceptación conductual. La retención se determinó mediante la presencia o ausencia del dispositivo en cada hembra, mientras que en la aceptación se evaluó según el comportamiento general, clasificándolo en categorías basadas en una escala cualitativa adaptada de Würtz y Ausserhofer (2023).

La retención se expresó como la proporción de hembras que conservaron el soporte al finalizar el periodo evaluado. Matemáticamente, se calculó como:

*Retención (%)*

$$= \frac{\# \text{ total de hembras} - (\text{Extravíos encontrados } (C) + \text{Soportes perdidos } (D))}{\# \text{ total de hembras}} \times 100$$

$$\text{Aceptación } (\%) = \frac{\# \text{ de hembras con comportamiento normal (Código A)}}{\# \text{ total de hembras}} \times 100$$

La aceptación conductual incorporó observaciones sobre actividad, alimentación y presencia de irritación. Las categorías registradas fueron: comportamiento normal, alteración leve, extravíos (soporte desprendido pero recuperado) y soporte perdido, como se observa en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Criterios de observación*

<b>Código</b>	<b>Estado del organismo</b>	<b>Criterio observado</b>
A	Comportamiento normal	Nado activo, alimentación normal, sin signos de irritación o intento de desprender el soporte.
B	Alteración leve	Reducción parcial de la actividad, leve pérdida de apetito o signos de irritación localizada.
C	Extravíos encontrados	Soporte desprendido y recuperado en el tanque.
D	Soporte perdido	Desprendimiento total del soporte no recuperado.

*Nota.* Cada hembra fue observada al menos dos veces al día (después de la alimentación y del sífono), registrando el código correspondiente.

## **7.6.2. Fase 2: Monitoreo reproductivo y desempeño biológico.**

### ***7.6.2.1. Selección del soporte eficiente***

Luego de los análisis de aceptabilidad y retención por parte de los camarones, se seleccionó el Modelo C (Orings plásticos) (Figura 5) como soporte

extracorpóreo más eficiente, el cual fue empleado en la segunda fase para el análisis de la frecuencia de cópulas y los parámetros fisicoquímicos del agua.

**Figura 5.**

*Modelo Orings*



*Nota.* Soporte eficiente elaborado con Orings.

Se utilizó un modelo de soporte constituido por Orings número 007 y tubos plásticos de aproximadamente 10 cm de longitud, fijados con hilo de nylon. El dispositivo es de peso y flotabilidad ligera.

### ***7.6.2.2 Microchips y Lector***

En los soportes se emplearon microchips de la marca Trovan ID-100<sup>a</sup> Nano Transponder, sumergibles, de 1.25 mm de diámetro y 7 mm de longitud. Estos dispositivos tienen una distancia de lectura de hasta 90 mm, son compatibles con soportes plásticos, resistentes al medio acuático y su diseño minimiza el impacto en *P. vannamei* (Figura 6). Por otro lado, para los ensayos también se utilizó el lector LID-850BT, con el que se registró los datos hasta 70 mm de distancia (Website, 2020).

**Figura 6.**

*Lector y microchip.*



*Nota:* Microchips para camarones de la marca Trovan y Lector de microchip.

### ***7.6.2.3. Monitoreo en tanques con microchips***

Tras la inserción del soporte con microchip (Figura 7), cada hembra fue identificada individualmente mediante su código PIT en formato hexadecimal (10–12 dígitos), registrándose en planillas diarias por tanque para garantizar trazabilidad.

**Figura 7.**

*Microchip en soporte extracorpóreo fijado al pedúnculo ocular.*



*Nota:* soporte O-rings adherido al pedúnculo ocular del organismo.

#### **7.6.2.4. Horarios de evaluación para la frecuencia de cópulas**

De esta manera las hembras con soporte de identificación fueron monitoreadas adaptadas bajo los horarios establecidos por Seminario & Saldarriaga, (2013) y por el laboratorio Genomar para conocer y clasificar el tipo de cópula que presentan, los mismos que se encuentran detallados en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Horarios de evaluación*

<b>Hora</b>	<b>Descripción</b>
	Horarios de pesca para identificar
<b>15:00 pm</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hembras mal copuladas</li></ul>
<b>18:00 pm</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hembras copuladas</li></ul>
<b>20:00 pm</b>	
<b>00:00 am</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cópulas efectivas (espermátforo bien adherido y desove completo)</li><li>• Cópula parcialmente desovada (espermátforo visible, oviposición completa).</li><li>• No desovada (espermátforo caído, hembras sin evidencia de desove.</li></ul>

*Nota:* Los horarios indican las etapas de evaluación del proceso reproductivo de *P. vannamei*, desde la identificación de hembras copuladas hasta la determinación del tipo de cópula (efectiva, parcial o fallida) durante el periodo experimental.

#### **7.6.2.5. Evaluación en tanques control**

En el tanque control (TC), las observaciones se efectuaron en los mismos horarios que en los tanques experimentales (3:00 p.m., 6:00 p.m., 8:00 p.m. y 12:00 a.m.), garantizando así la uniformidad de las condiciones de evaluación durante

todo el estudio. En cada revisión se contabilizó el número de hembras que presentaban espermatozoides visibles diferenciando las copulas y las mal copuladas en pesca, y a la medianoche se registró el tipo de cópula correspondiente, clasificando entre desoves efectivos, desoves parciales y hembras sin evidencia de desove. Estos datos permitieron realizar una comparación grupal entre los tanques con monitoreo individual (T1E–T2E-T3E) y el tanque sin identificación (TC), evaluando si la identificación con soportes influía en la frecuencia y calidad reproductiva observada.

#### **7.6.2.6. Evaluación de variables reproductivas**

Para evaluar el desempeño reproductivo en la Fase 2, se calcularon indicadores que permiten cuantificar la calidad de las cópulas observadas en cada tanque. Las fórmulas para calcular las frecuencias reproductivas se adaptaron de protocolos técnicos utilizados en estudios de maduración de *P. vannamei* (Figueredo et al., 2019; Espín & Wouters, 2000; Lemus Velasco, 2019), incorporando el indicador “hembras mal copuladas” como una categoría adicional para evaluar la calidad de la cópula, como se muestra a continuación:

- **Frecuencia de cópula efectiva (%):**

Indica la proporción de hembras que completaron el proceso reproductivo con desove exitoso. Se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Cópula efectiva (\%)} = \frac{\text{Número de hembras con desove completo}}{\text{Número total de hembras copuladas}} \times 100$$

- **Frecuencia de cópula parcial (%):**

Representa el porcentaje de hembras que presentaron oviposición incompleta, es decir, cópulas con espermátforo visible, pero sin desove total:

$$\text{Cópula parcial (\%)} = \frac{\text{Número de hembras con desove incompleto}}{\text{Número total de hembras copuladas}} \times 100$$

- **Frecuencia de hembras no desovadas (%):**

Corresponde a la proporción de hembras que, pese a copular, no mostraron evidencia de desove (espermátforo caído o ausencia de oviposición):

$$\text{No desovadas (\%)} = \frac{\text{Número de hembras sin evidencia de desove}}{\text{Número total de hembras copuladas}} \times 100$$

- **Frecuencia de hembras mal copuladas (%):**

Son las hembras que no mostraron observaciones de cópulas efectivas.

$$\text{Frecuencia de hembras mal copuladas (\%)} = \frac{\text{Número de hembras mal copuladas}}{\text{Número total de hembras copuladas}} \times 100$$

Estas variables se analizaron por tanque (unidad experimental) y se compararon entre los tratamientos “con soporte” y “sin soporte”, permitiendo evaluar si la implementación del dispositivo influía en la frecuencia y calidad reproductiva.

### ***7.6.2.7. Parámetros fisicoquímicos del agua.***

Durante la segunda fase se realizó un monitoreo diario de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, variables que influyen directamente sobre la actividad reproductiva de *P. vannamei*, como señalan Ren et al. (2020). Las mediciones se hicieron a las 9:00, 14:00 y 22:00 con un multiparámetro calibrado, manteniendo horarios fijos para evitar variaciones asociadas al ciclo diario. Estos datos se registraron para relacionarlos posteriormente con las respuestas biológicas de las hembras.

### ***7.6.2.8 Supervivencia y mortalidad***

La supervivencia se evaluó semanalmente mediante el conteo directo de hembras muertas por tanque. Para expresar este valor se utilizó la fórmula clásica descrita por FAO (2003), que permite determinar la proporción de organismos que permanecieron vivos hasta el final del estudio:

- **Supervivencia (%):**

$$\text{Total de mortalidad (\%)} = \frac{\text{Número de camarones muertos}}{\text{Número de camarones sembrados}} \times 100$$

donde:  $N_i$  = número inicial de hembras en el tanque.;  $N_f$  = número final de hembras vivas al final del periodo.

- **Mortalidad (%):**

$$(\%)S = \left(\frac{N_f}{N_i}\right) \times 100$$

### **7.6.2.9 Análisis de crecimiento**

- Cada 15 días se seleccionaron 15 hembras por tanque para registrar su peso individual con una balanza de 0,01 g de precisión, siguiendo lo propuesto por Arzola González et al. (2008), a partir de estos valores se calculó el peso promedio y la tasa de crecimiento específica, usando la fórmula comúnmente empleada en estudios de acuicultura:

$$TCE (\% \text{ día}^{-1}) = \frac{\ln(W_f) - \ln(W_i)}{t} \times 100$$

donde  $W_i$  y  $W_f$  son los pesos inicial y final del periodo, y  $t$  es el número de días entre muestreos.

## **7.7 Análisis de datos**

Los registros se organizaron en Excel y se analizaron en PAST 4.17 y R (versión 4.3.0). El análisis incluyó estadística descriptiva, pruebas no paramétricas para comparaciones entre tratamientos y análisis de correlación de Spearman, dado que las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) indicaron que los datos no seguían una distribución normal ( $p < 0,05$  en varias variables).

### **7.7.1 Estadística Descriptiva**

Con el fin de comparar el rendimiento de los tres tipos de soportes (bridas plásticas, O-rings y placas plásticas), se calcularon las siguientes métricas de eficiencia para cada uno: tasa de aceptación, tasa de mortalidad y tasa de retención. Los valores se expresaron como porcentajes para permitir una comparación directa y un análisis descriptivo integral.

Además, se elaboraron gráficas estadísticas para proyectar los periodos y las frecuencias de cópulas de las hembras que fueron identificadas durante el periodo experimental en la segunda fase.

### **7.7.2. Comparación de tratamientos (ANOVA o Kruskal- Wallis)**

Con el propósito de evaluar si existían diferencias significativas en el comportamiento reproductivo de las hembras con soporte frente a las que no disponían de él, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis para cada variable reproductiva (frecuencia de cópula efectiva, desove parcial, hembras no desovadas y mal copuladas).

Previamente, se verificaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. Dado que

los datos no cumplieron los supuestos, se descartó el uso de ANOVA y se optó por pruebas no paramétricas.

Cuando la prueba de Kruskal–Wallis mostró diferencias significativas, se realizaron comparaciones múltiples mediante la prueba de Dunn con ajuste de Bonferroni.

### **7.7.3 Análisis de Correlaciones**

Se calcularon coeficientes de correlación de Spearman entre los parámetros fisicoquímicos (temperatura, oxígeno disuelto y salinidad) y las variables biológicas (supervivencia y crecimiento), debido a que los datos no cumplieron los supuestos de normalidad. Las correlaciones se representaron mediante matrices gráficas y diagramas de dispersión, indicando la magnitud ( $\rho$ ) y el signo de la relación.

## **8. RESULTADOS**

Durante el estudio, los resultados se organizaron conforme a los objetivos planteados, de modo que primero se evaluó la eficiencia de los soportes extracorpóreos con microchips, luego se describieron los patrones registrados en la frecuencia de cópulas y, finalmente, se integraron los valores correspondientes a los parámetros fisicoquímicos y la supervivencia de los organismos, estableciendo así un marco general para la interpretación del comportamiento observado.

### **8.1. Análisis de la eficiencia de los soportes extracorpóreos.**

Durante la primera fase del estudio se llevó a cabo la evaluación de los 3 modelos de soporte: placas plásticas, bridas plásticas y O-rings, la cual permitió identificar diferencias notables en los niveles de aceptación, retención y mortalidad. Estos indicadores son esenciales para determinar cuál diseño ofrece una mejor aceptación al organismo y mayor estabilidad del dispositivo.

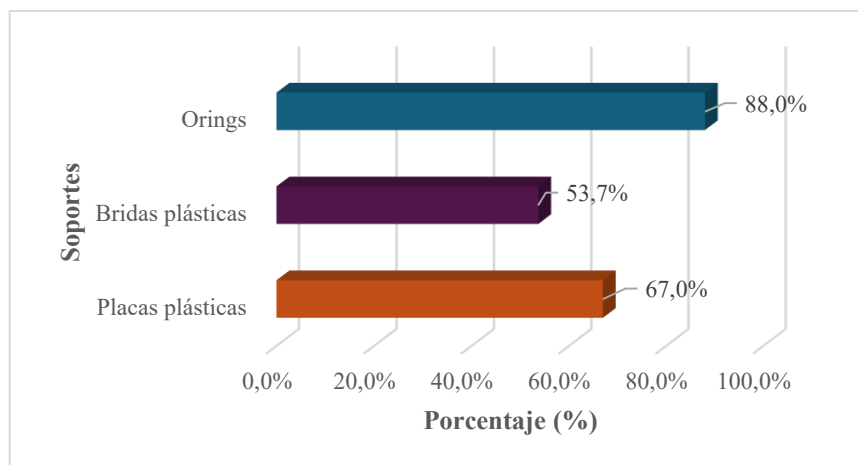
#### **8.1.1. Tasa de aceptación**

Los resultados de aceptación evidenciaron una respuesta variable según el tipo de soporte. El modelo de O-rings obtuvo la mayor aceptación, con un 88.0%, seguido de las placas plásticas con un 60%, y las bridas con un 53.7%.

La mejor respuesta observada en los O-rings podría atribuirse a la flexibilidad del material, que reduce la fricción y el estrés mecánico sobre el pedúnculo ocular. En contraste, las estructuras más rígidas (bridas y placas) mostraron mayor incomodidad y menor adaptación. (Figura 8).

**Figura 8.**

*Comparación de la tasa de aceptación de diferentes soportes extracorpóreos.*



*Nota.* La figura presenta la distribución porcentual de la aceptación según el tipo de soporte evaluado, permitiendo visualizar las diferencias relativas en el desempeño de cada modelo.

El análisis de la tasa de aceptación muestra que los O-rings fueron significativamente más aceptados por las hembras, lo que sugiere que la flexibilidad y adaptabilidad de este soporte mejora la interacción del organismo con el dispositivo. La menor aceptación de las placas y bridas plásticas indica que los camarones prefieren un soporte que no interfiera tanto con su movilidad, lo que podría afectar su comportamiento reproductivo. Este resultado es crucial para determinar la viabilidad de los soportes extracorpóreos en experimentos

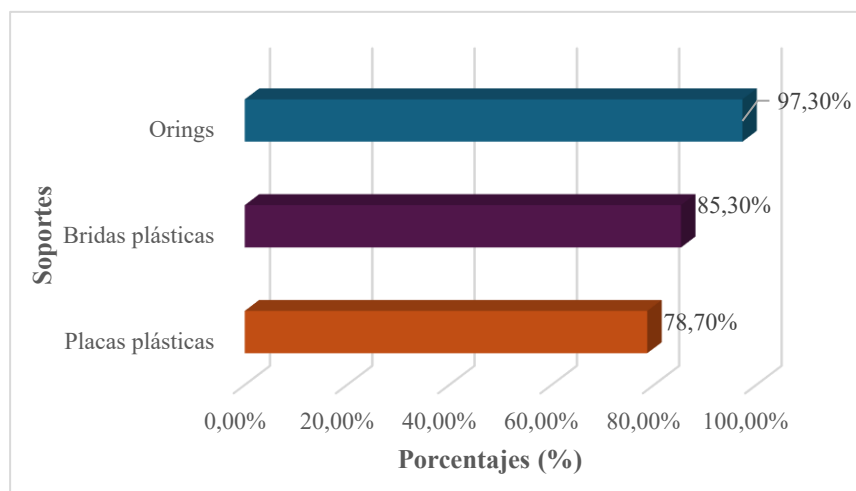
reproductivos y resalta la importancia de elegir materiales que no generen incomodidad en los organismos.

### 8.1.2. Tasa de retención

La retención presentó diferencias marcadas entre tratamientos. El soporte O-ring alcanzó el mayor porcentaje (97,3%), seguido por bridas plásticas (85,3%) y placas plásticas (78,7%). En los tratamientos con placas y bridas se observaron extravíos y pérdidas totales entre 9–12%, mientras que en los O-rings estos valores se redujeron a 1,7%. Esta tendencia representa que los sistemas más flexibles ofrecen mejor estabilidad y se ajustan con mayor facilidad a los movimientos naturales del pedúnculo ocular (Figura 9).

**Figura 9.**

*Comparación de la tasa de retención en diferentes soportes extracorpóreos.*



**Nota:** Se ilustran las diferencias en los porcentajes de retención entre los soportes evaluados, evidenciando la superior estabilidad obtenida con el sistema de O-rings frente a las alternativas plásticas.

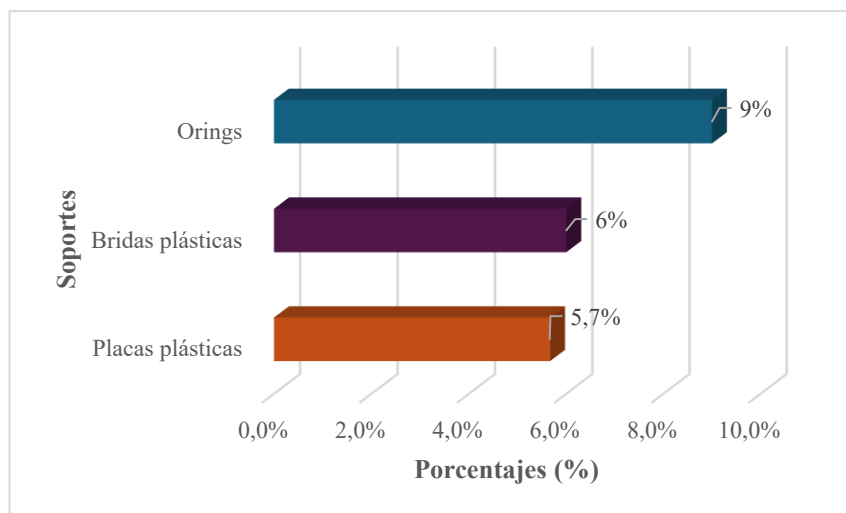
El elevado porcentaje de retención obtenido con los O-rings indica una mayor estabilidad operacional, lo que favorece su uso en procedimientos que requieren un monitoreo continuo y sostenido.

### 8.1.3. Tasa de mortalidad

La mortalidad fue baja en todos los tratamientos, lo que indica que los tres modelos de soporte permitieron mantener la viabilidad de los organismos durante el periodo experimental. Los O-rings presentaron la tasa más alta, con un 9%, mientras que las bridas plásticas alcanzaron un 6%. Por su parte, las placas plásticas mostraron el valor más bajo, con un 5.7% de mortalidad (Figura 10).

**Figura 10.**

*Comparación de la tasa de mortalidad en diferentes soportes extracorpóreos.*



**Nota.** La figura presenta la distribución porcentual de mortalidad asociada a cada tipo de soporte, evidenciando la baja incidencia de este parámetro en todos los tratamientos evaluados.

El análisis de la mortalidad detalló que el uso de los soportes extracorpóreos no tuvo un efecto adverso significativo en la supervivencia de los camarones, lo que indica que los dispositivos fueron tolerados adecuadamente. Las pequeñas diferencias observadas entre los tratamientos se atribuyen a factores como la muda o el proceso de adaptación a un nuevo entorno, más que a los propios soportes. Esto refuerza la idea de que los O-rings, a pesar de ser más flexibles, no generan un estrés adicional que afecte la mortalidad, lo cual es un hallazgo importante para la viabilidad de estos dispositivos en futuras investigaciones.

#### **8.1.4. Análisis comparativo general**

La evaluación global mostró que los O-rings fueron el soporte más eficiente, combinando alta aceptación (88%), retención superior (97,3%) y mortalidad baja (9%). Las bridas presentaron aceptación menor (53,7%) y retención media (85,3%), mientras que el modelo de las placas plásticas alcanzó valores intermedios de aceptación (67%) y la retención más baja (78,7%).

El desempeño superior de los O-rings se atribuye a su flexibilidad y ligereza, que favorecen la biocompatibilidad y reducen desprendimientos, consolidándolos como la alternativa más estable y funcional para la siguiente fase del estudio.

## **8.2. Análisis de la frecuencia de cópulas**

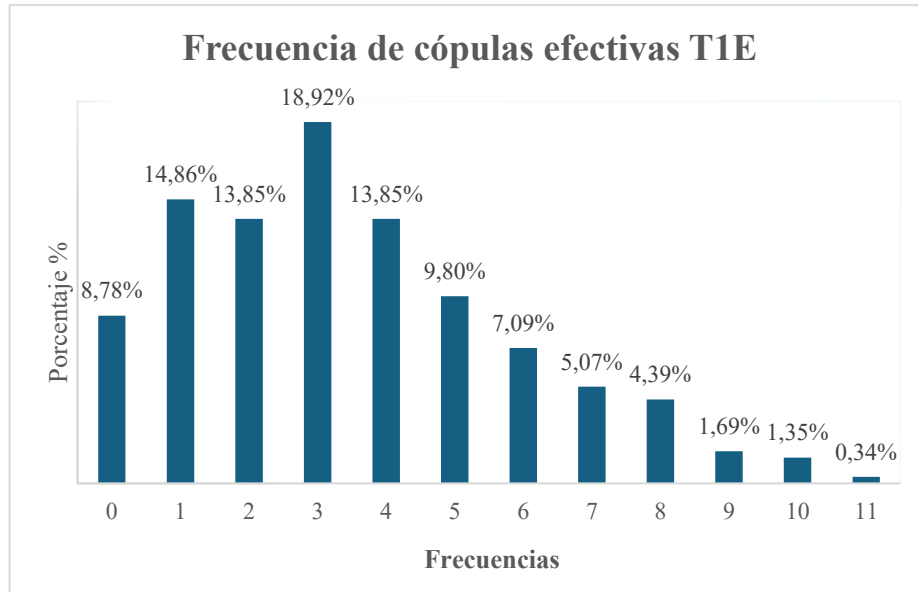
Tras determinar la eficiencia y seleccionar el soporte más adecuado, se dio inicio a la segunda fase de la investigación, correspondiente al análisis de la frecuencia de cópulas, esta etapa se llevó a cabo utilizando hembras de *Penaeus vannamei* identificadas mediante microchips y equipadas con soportes extracorpóreos tipo O-ring. El seguimiento se efectuó diariamente entre el 18 de agosto al 26 de octubre, registrándose cópulas efectivas, parciales, no desovadas y mal copuladas en los tres tanques experimentales (T1E, T2E y T3E). Este monitoreo permitió determinar la distribución de eventos reproductivos y comparar el comportamiento entre unidades experimentales.

### **8.2.1. Frecuencia de cópulas efectivas con soportes extracorpóreos**

En el tanque T1E se registraron 1.202 cópulas efectivas durante el periodo experimental. La distribución mostró una marcada concentración de hembras en los rangos intermedios, especialmente entre una y cuatro cópulas, donde destacaron los valores de tres eventos con el 18,92%, seguidos por uno y dos eventos con 14,86% y 13,85%, respectivamente (Figura 11). Asimismo, un 8,78% de las hembras no presentó actividad reproductiva, mientras que los valores superiores a cinco eventos se registraron con frecuencias progresivamente menores, hasta alcanzar un máximo de once cópulas en una sola hembra (0,34%).

**Figura 11.**

*Distribución porcentual de la frecuencia de cópulas en hembras con soporte Orings (T1E).*



*Nota.* Las frecuencias registradas abarcan desde 0 hasta 11 cópulas efectivas, con una mayor concentración de hembras en los intervalos bajos (1–4 eventos), los cuales representan la mayor proporción del grupo.

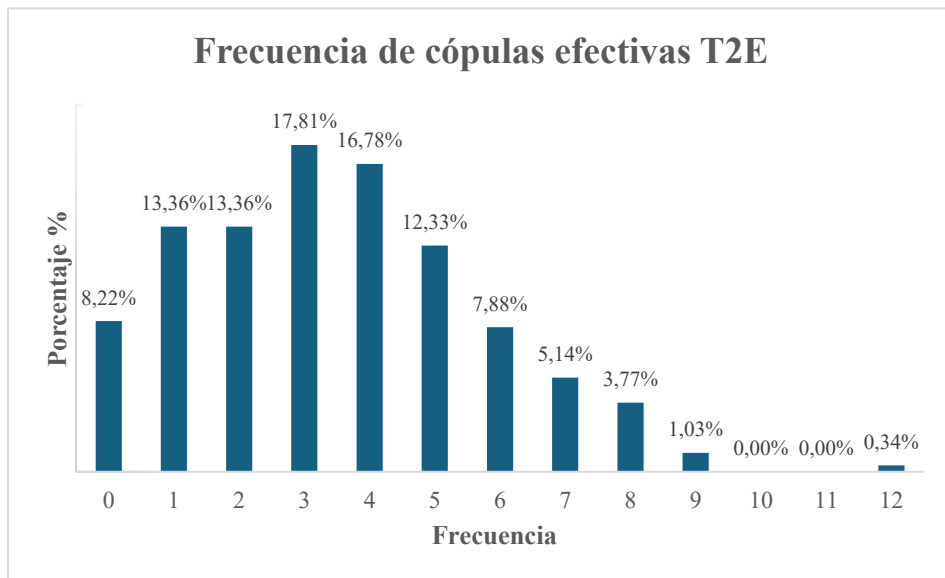
Este comportamiento refleja una distribución estable, con predominio de rangos bajos e intermedios, acorde con las condiciones de maduración controladas.

Asimismo, en el tanque T2E se contabilizaron 1.203 cópulas efectivas. La mayor concentración de hembras se registró en los rangos intermedios, destacando los grupos con tres y cuatro eventos, que alcanzaron el 17,81% y el 16,78%, respectivamente. De manera similar, las hembras con una y dos cópulas representaron cada una el 13,36%, reforzando la tendencia hacia frecuencias moderadas dentro del conjunto. Por otro lado, un 8,22% de los

organismos no presentó actividad reproductiva, mientras que solo una hembra alcanzó doce eventos (0,34%), constituyendo el valor máximo registrado en este tanque. Además, no se observaron individuos con diez ni once cópulas durante el periodo experimental (Figura 12).

**Figura 12.**

*Distribución porcentual de la frecuencia de cópulas en hembras de *P. vannamei* con soporte extracorpóreo (Tanque T2E).*



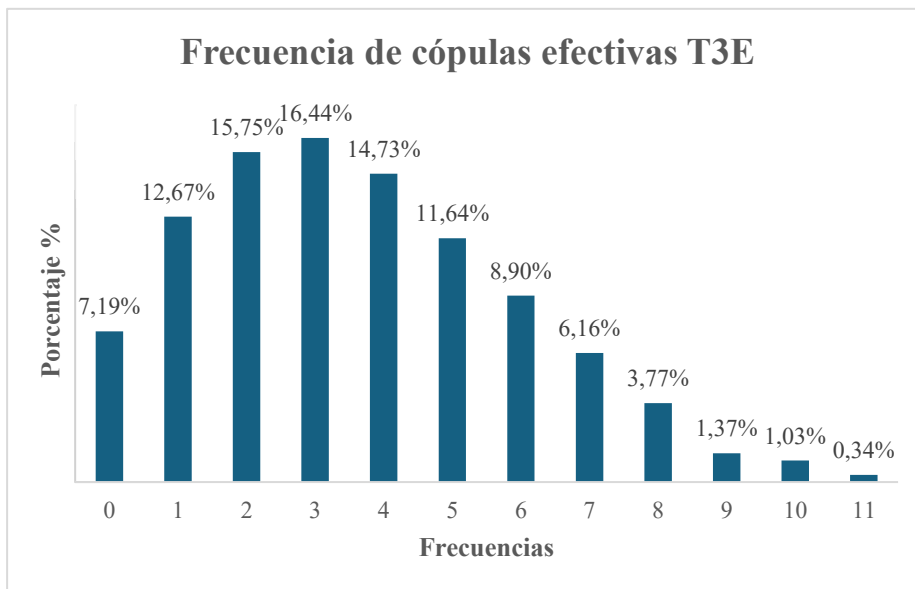
**Nota.** Las frecuencias observadas abarcan de 0 a 12 eventos, con una mayor concentración de hembras en los rangos intermedios (1–4 cópulas), mientras que los valores altos se presentan de forma aislada.

La estructura de frecuencias en T2E evidenció una mayor representación en los rangos intermedios y una presencia limitada de eventos superiores, lo que definió un patrón concentrado y poco disperso.

En el tanque T3E se registraron 1.243 cópulas efectivas, evidenciando una elevada actividad reproductiva durante el periodo experimental. Las proporciones más altas se concentraron en los rangos intermedios, especialmente en los grupos con dos, tres y cuatro eventos, que alcanzaron el 15,7%, 16,4% y 14,7%, respectivamente. En contraste, las frecuencias asociadas a cero y un evento acumularon el 19,86%, lo que indica la presencia de hembras con baja actividad reproductiva dentro del conjunto. A partir de cinco cópulas, la distribución mostró una disminución sostenida, registrándose valores inferiores al 1,5% en los grupos que superaron los nueve eventos. Por último, una sola hembra alcanzó once cópulas (0,34%), constituyendo el valor máximo observado en este tanque (Figura 13).

**Figura 13.**

*Distribución porcentual de la frecuencia de cópulas en hembras de P. vannamei con soporte extracorpóreo (Tanque T3E).*



**Nota.** Las frecuencias registradas en el tanque T3E se distribuyen entre 0 y 11 eventos, con una clara concentración de hembras en los rangos intermedios (2–4 cópulas).

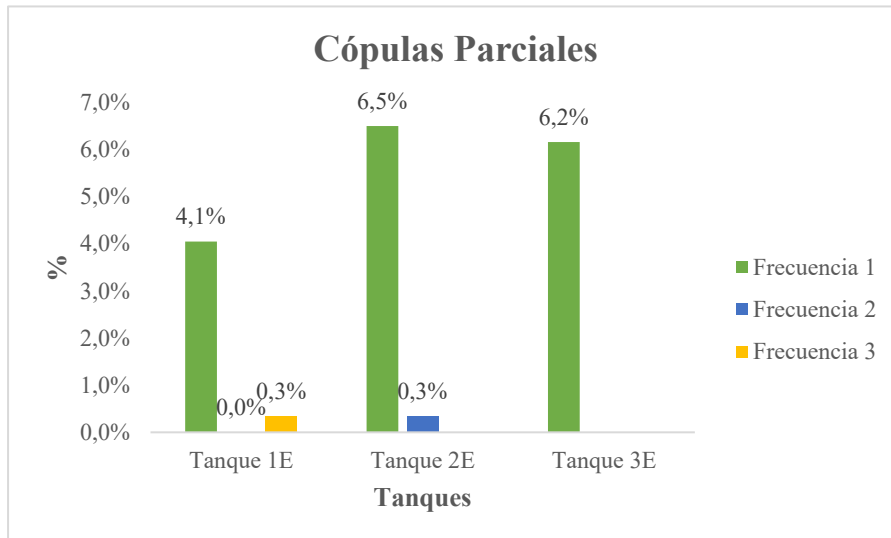
La información obtenida en los tres tanques experimentales permitió delimitar el comportamiento general de las frecuencias efectivas registradas durante el periodo de evaluación. En los tres sistemas, la mayor parte de las hembras se concentró en los rangos intermedios, principalmente entre dos y cuatro cópulas, y los valores elevados aparecieron con baja frecuencia, representando únicamente a uno o pocos individuos.

### **8.2.2. Frecuencia de Cópulas parciales en hembras con soporte extracorpóreos**

Las cópulas parciales, dentro del grupo con soportes extracorpóreos se identificaron 54 organismos con frecuencias que variaron entre uno y tres eventos durante el periodo experimental. En el tanque T1E, la mayoría correspondió a hembras con un solo evento, con 14 registros (4,1%); no se observaron ocurrencias de dos eventos y únicamente una hembra realizó tres cópulas parciales (0,3%). En el tanque T2E prevaleció la misma tendencia, con 20 hembras que registraron un único evento (6,5%) y solo un caso con dos cópulas parciales (0,3%). Por su parte, el tanque T3E presentó 18 hembras con un solo evento (6,2%), sin evidencia de frecuencias superiores en este sistema. Los valores obtenidos permitieron delimitar una distribución dominada por eventos aislados, con escasa representación de ocurrencias múltiples (Figura 14).

**Figura 14.**

*Porcentaje de cópulas parciales en hembras de P. vannamei con soporte extracorpóreo (T1E, T2E, T3E).*



*Nota.* Porcentaje de distribución de las cópulas parciales registradas en los tres tanques, mostrando un patrón uniforme entre ellos y una contribución mínima de eventos de mayor frecuencia.

El caso de cópulas parciales fue baja y se concentró en eventos únicos, sin patrones consistentes entre tanques. Esta distribución uniforme indica que estos episodios ocurrieron de manera esporádica y no estuvieron asociados a factores del soporte o del manejo experimental, reflejando que este tipo de interacción reproductiva no forma parte del comportamiento predominante de las hembras.

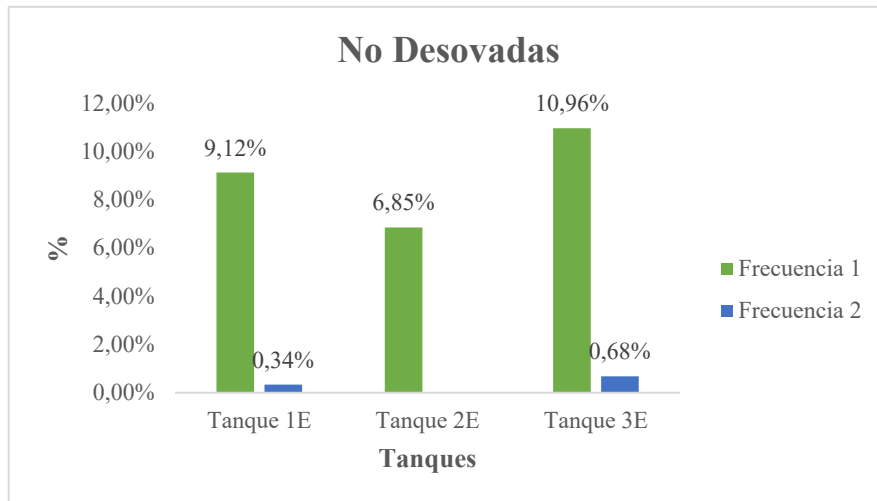
### **8.2.3. Cópulas no desovadas en hembras con soportes extracorpóreos**

La incidencia de cópulas no desovadas fue baja y se presentó principalmente como eventos aislados. En el tanque T1E, 28 hembras registraron un único evento

(9,12%) y solo una alcanzó dos ocurrencias (0,34%). En T2E se contabilizaron 24 hembras con un solo evento (6,85 %), sin repeticiones. El tanque T3E mostró la mayor proporción, con 34 hembras que realizaron una única cópula (10,96%) y dos hembras con dos eventos (0,68%) (Figura 15).

**Figura 15.**

*Porcentaje de cópulas no desovadas en hembras de *P. vannamei* con soporte extracorpóreo (T1E, T2E, T3E).*



*Nota.* Porcentaje de distribución de las cópulas no desovadas en los tres tanques, mostrando predominio de eventos aislados y una baja incidencia de ocurrencias múltiples.

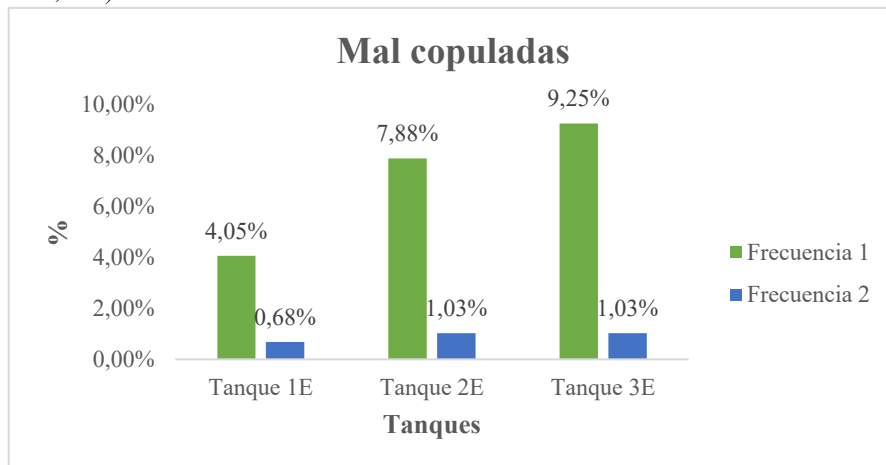
En conjunto, las proporciones fueron reducidas y similares entre tanques, lo que indica que estas cópulas ocurrieron de manera esporádica, sin patrones consistentes asociados al uso del soporte extracorpóreo ni al manejo experimental.

#### **8.2.4. Frecuencia de mal copuladas en hembras con soportes extracorpóreos**

El acontecimiento de cópulas mal copuladas fue moderado y se distribuyó de forma uniforme entre los tres tanques. En T1E, 14 hembras registraron un solo evento (4,05%) y dos hembras presentaron dos ocurrencias (0,68%). En T2E, se contabilizaron 26 hembras con una ocurrencia (7,88%) y tres con dos eventos (1,03%). El tanque T3E mostró la mayor proporción, con 30 hembras que realizaron un único evento (9,25%) y tres hembras con dos eventos (1,03%) (Figura 16).

**Figura 16.**

*Porcentaje de hembras mal copuladas de P. vannamei con soporte extracorpóreo (T1E, T2E, T3E).*



**Nota.** Porcentaje de hembras que presentaron cópulas mal ejecutadas en cada tanque, mostrando una tendencia similar entre los grupos y predominio de eventos únicos sobre repeticiones.

La mayoría de los registros de hembras mal copuladas durante pesca correspondieron a hembras con una sola ocurrencia, mientras que los casos repetidos fueron mínimos en los tres tanques. La distribución muestra que las cópulas: mal copuladas se presentaron como eventos aislados y esporádicos, sin patrones consistentes ni indicios de alteraciones reproductivas asociadas al uso del soporte extracorpóreo.

El análisis general de los resultados obtenidos en los tres tanques experimentales muestra que la actividad reproductiva de las hembras equipadas con soportes extracorpóreos tipo O-ring se mantuvo dentro de los patrones esperados para *P. vannamei* en sistemas de maduración controlada.

Las cópulas efectivas representaron la mayor proporción de eventos, con distribuciones consistentes entre tanques y predominio de hembras con frecuencias entre dos y cuatro eventos, por su parte las cópulas parciales, no desovadas y mal copuladas presentaron una incidencia baja y mayoritariamente asociada a un único evento por hembra, sin repeticiones significativas ni acumulaciones en periodos específicos del experimento.

La similitud entre tanques sugiere que estas variaciones correspondieron a fluctuaciones normales del comportamiento reproductivo y no a efectos atribuibles al uso del soporte extracorpóreo. La estabilidad observada en los diferentes tipos de cópulas indica que el sistema de identificación y soporte implementado no generó alteraciones apreciables en el desempeño reproductivo de las hembras.

### **8.3. Frecuencia de cópulas en el grupo sin soporte (control)**

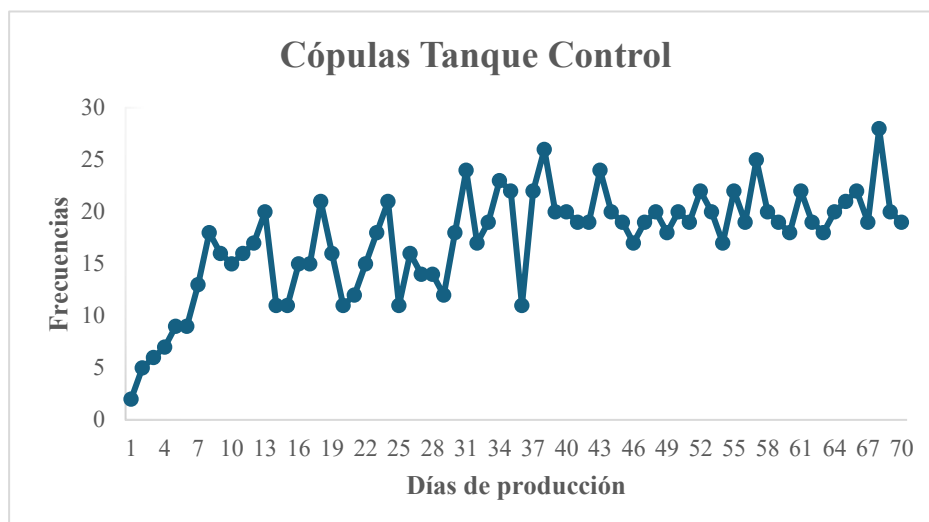
El Tanque control (TC), conformado por hembras sin soporte ni identificación individual, presentó una dinámica reproductiva continua durante los

70 días de observación. En la primera semana se registró un incremento progresivo, pasando de 2 hembras copuladas en el día 1 a 18 en el día 8, correspondiente al periodo de aclimatación. Posteriormente, la actividad aumentó de forma sostenida, alcanzando su mayor intensidad entre los días 30 y 45, con promedios diarios de 24 a 26 hembras copuladas.

En la fase final, la actividad se estabilizó entre 18 y 22 eventos diarios, con un promedio general de 17,9 hembras copuladas por día. Este comportamiento refleja una reproducción estable y acorde con los parámetros esperados para *P. vannamei* en sistemas controlados, sin indicios de alteraciones por factores externos (Figura 17).

**Figura 17.**

*Frecuencia diaria de cópulas en hembras de P. vannamei sin soporte extracorpóreo (Tanque Control).*



*Nota.* Frecuencias diarias de cópulas registradas en el tanque control a lo largo del periodo experimental, evidenciando la variación temporal típica del comportamiento reproductivo en ausencia de soporte extracorpóreo.

### **8.3.1 Distribución general de las frecuencias de cópulas en el grupo control (TC)**

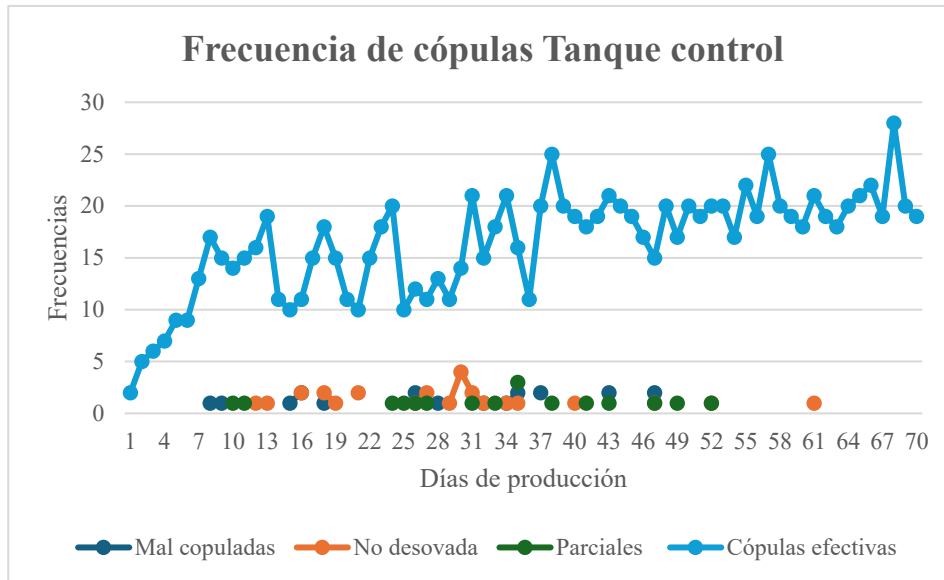
Para complementar el análisis temporal, se evaluó la distribución global de los eventos reproductivos en el tanque control durante los 70 días. A diferencia de los tanques con soportes, este grupo no contó con identificación individual, por lo que los registros fueron grupales, contabilizando cópulas efectivas, parciales, no desovadas y mal copuladas.

En términos generales, se documentaron 1.150 cópulas efectivas (85,9%), constituyendo la categoría dominante. Las cópulas parciales sumaron 17 registros (1,3%), las no desovadas 26 (1,9%) y las mal copuladas 19 (1,4%). Aunque estas últimas categorías fueron bajas, aportan una visión completa del comportamiento reproductivo grupal, evidenciando la predominancia de cópulas efectivas sobre eventos atípicos.

La actividad reproductiva mostró un incremento sostenido desde el día 20, alcanzando su mayor intensidad entre los días 30 y 45 (19–22 hembras copuladas por día). El pico máximo ocurrió en el día 67 con 28 cópulas efectivas, seguido de una fase estable sin descensos abruptos. Este comportamiento confirma una reproducción continua y uniforme, respaldada por condiciones experimentales adecuadas (Figura 18).

**Figura 18.**

*Distribución diaria de los tipos de cópulas observadas en el tanque control (TC).*



**Nota.** Representación de la variación diaria en los distintos tipos de cópulas registradas en el tanque control, mostrando la predominancia de cópulas efectivas y la baja incidencia de eventos reproductivos atípicos a lo largo del ciclo productivo.

En el Tanque control se observó una actividad reproductiva continua durante todo el periodo experimental, y se registró un predominio claro de cópulas efectivas frente a los demás tipos de eventos. También existió una variación temporal marcada, con incrementos definidos entre los días 30 y 45 y una estabilización hacia la fase final. Asimismo, se identificó una baja incidencia de cópulas parciales, no desovadas y mal copuladas, lo que permitió caracterizar la distribución general de los eventos reproductivos en ausencia de soporte extracorpóreo. De esta manera, la información obtenida en el Tanque (TC) permitió disponer de una referencia grupal para su posterior comparación con los tanques que utilizaron soportes extracorpóreos.

#### **8.4. Frecuencia individual de cópulas en hembras con soporte extracorpóreo**

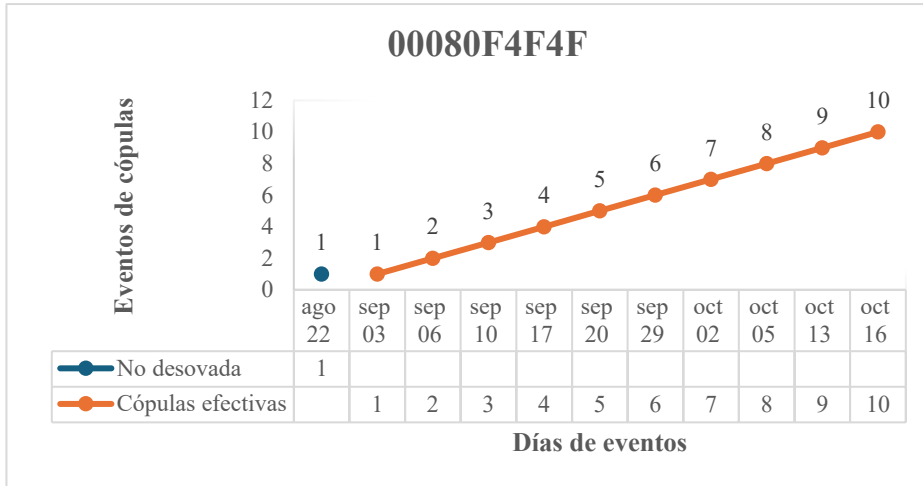
En los tanques con soportes extracorpóreos, además, permitió registrar la frecuencia individual de cópulas en hembras identificadas durante los 70 días de evaluación, lo que hizo posible documentar distintos niveles de actividad reproductiva entre los organismos monitoreados. A partir de estos registros se describieron los perfiles que representaron las variaciones más destacadas dentro del comportamiento observado.

##### **Hembra ID-00080F4F4F**

La hembra ID-00080F4F4F registró un total de 10 cópulas efectivas y un evento no desovado durante los 70 días de seguimiento (Figura 19). Los intervalos entre cópulas fueron variables, con separaciones de 3, 7, 8 y 9 días entre eventos. A lo largo del periodo evaluado no se observaron lapsos prolongados sin actividad reproductiva, y la hembra mantuvo una frecuencia de registros distribuida de manera regular dentro del ciclo de observación, estos datos permitieron documentar uno de los perfiles individuales con mayor número de eventos dentro de los tanques con soporte extracorpóreo.

**Figura 19.**

*Frecuencia de cópulas efectivas y no desovadas en la hembra ID-00080F4F4F.*



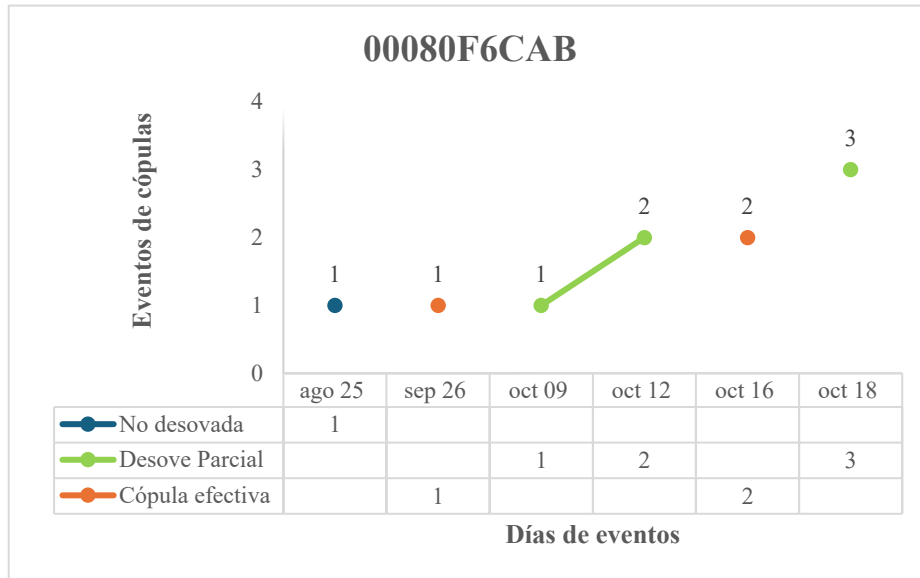
*Nota.* Secuencia temporal de los eventos reproductivos registrados para la hembra ID-00080F4F4F, mostrando la acumulación progresiva de cópulas efectivas y la presencia aislada de un evento no desovado.

### **Hembra ID-00080F6CAB**

Por otra parte, la hembra ID-00080F6CAB presentó un comportamiento más irregular, acumulando seis eventos: tres cópulas parciales, dos efectivas y una no desovada. Los intervalos oscilaron entre 3 y 6 días, aunque las cópulas efectivas se separaron por lapsos prolongados de hasta 20 días. Este comportamiento evidencia alternancia entre cópulas completas y parciales, reflejando una respuesta reproductiva menos estable e influenciada por variaciones internas (Figura 20).

**Figura 20.**

*Patrón de cópulas parciales y efectivas en la hembra ID-00080F6CAB.*



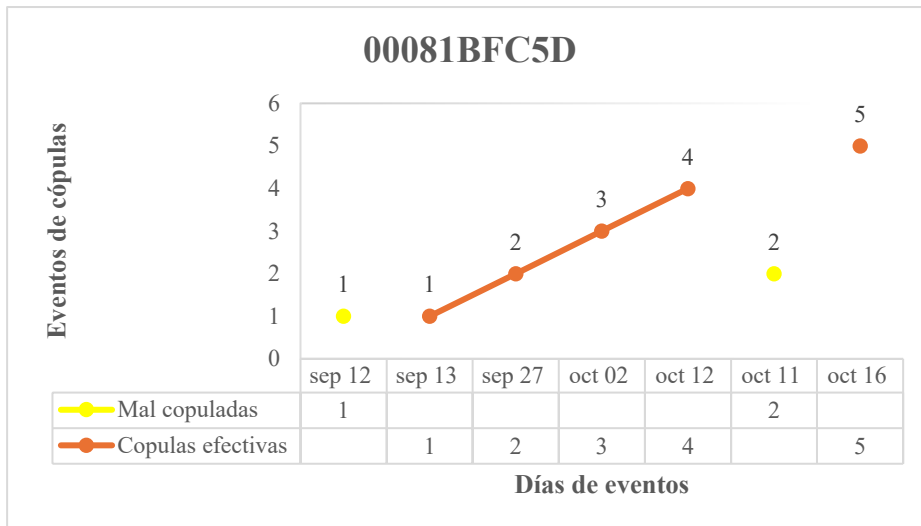
*Nota:* Secuencia cronológica de los distintos tipos de eventos reproductivos registrados para la hembra ID-00080F6CAB.

### **Hembra ID-0081BFC5D**

Otra hembra de interés fue la Hembra ID-0081BFC5D, que acumuló 7 eventos corporativos durante el periodo experimental (Figura 21). De ellos, 5 correspondieron a cópulas efectivas, con intervalos regulares de 5, 10 y 12 días entre eventos, mientras que 2 cópulas fueron clasificadas mal copuladas, ambas registradas con un intervalo de 30 días una de la otra. El registro de esta hembra muestra una actividad constante y predecible, colapso de recuperación regular entre eventos reproductivos.

**Figura 21.**

*Registro de cópulas efectivas y mal logradas en la hembra ID-0081BFC5D.*



*Nota.* Secuencia de los eventos reproductivos registrados para la hembra ID-0081BFC5D, mostrando la acumulación progresiva de cópulas efectivas y la presencia puntual de eventos mal copulados dentro del periodo evaluado.

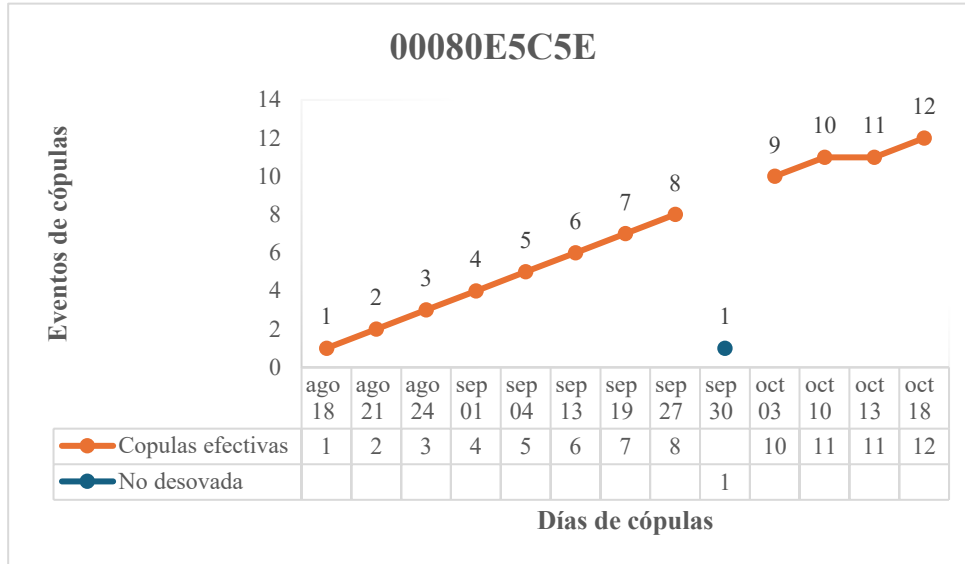
### **Hembra ID-00080E5C5E**

Este organismo destacó por alcanzar la mayor frecuencia copulativa registrada en el ensayo, con 13 eventos reproductivos: 12 cópulas efectivas y un evento no desovado en el día 43. Los intervalos entre apareamientos oscilaron entre 3 y 9 días, reflejando un patrón constante y sostenido.

La elevada continuidad y el número de eventos exitosos posicionan a esta hembra como un ejemplo de máxima capacidad reproductiva bajo condiciones experimentales controladas (Figura 22).

**Figura 22.**

*Secuencia temporal de cópulas efectivas en la hembra ID-00080E5C5E.*



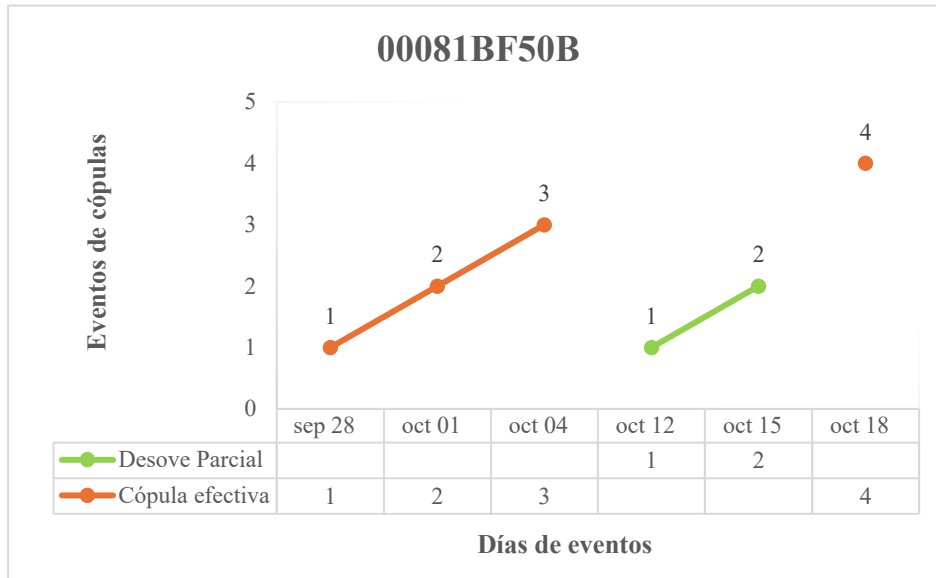
*Nota.* Secuencia acumulativa de los eventos reproductivos registrados para la hembra ID-00080E5C5E, destacando la elevada continuidad de cópulas efectivas y la presencia de un evento no desovado durante el periodo evaluado.

### **Hembra ID-00081BF50B**

La hembra ID-00081BF50B presentó un total de 6 eventos reproductivos, compuestos por cuatro cópulas efectivas y dos parciales (Figura 23). Los intervalos entre los eventos variaron entre 3 y 14 días, observándose una alternancia entre periodos activos y de reposo. Este registro se caracteriza por una actividad moderada y una secuencia reproductiva estable con pequeñas variaciones en los intervalos de apareamiento.

**Figura 23.**

*Actividad reproductiva alternada en la hembra ID-00081BF50B.*



*Nota.* Secuencia temporal de los eventos reproductivos registrados para la hembra ID-00081BF50B, mostrando una alternancia entre cópulas efectivas y parciales a lo largo del periodo evaluado.

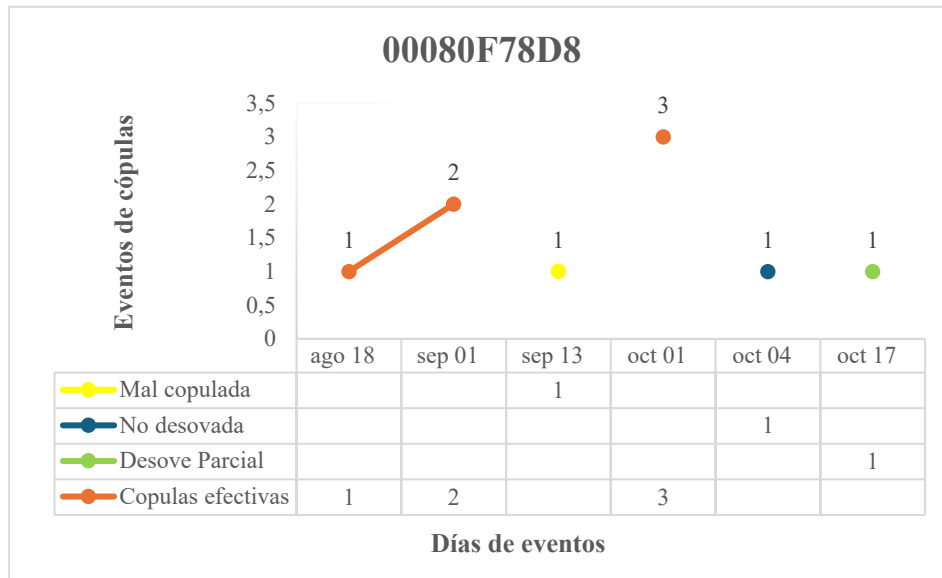
### **Hembra ID-00080F78D8**

Finalmente, la Hembra ID-00080F78D8 registró 6 eventos reproductivos a lo largo del ensayo, distribuidos en 3 cópulas efectivas, una parcial, una no desovada y una mal copulada (Figura 24). En cuanto a la secuencia temporal, las cópulas efectivas se presentaron con intervalos amplios, específicamente a los 15 y 30 días. Posteriormente, la cópula parcial ocurrió 17 días después del último evento exitoso, seguida por la cópula no desovada registrada 3 días más tarde. Finalmente, la cópula mal copulada se observó 12 días después. Este patrón reproductivo, caracterizado por una alternancia de eventos de distinta naturaleza y por variaciones

amplias en los intervalos entre ellos, refleja una actividad intermedia y menos constante en comparación con otros organismos monitoreados.

**Figura 24.**

*Secuencia de cópulas efectivas, parciales y mal logradas en la hembra ID-00080F78D8.*



**Nota.** Secuencia temporal de los distintos tipos de eventos reproductivos registrados para la hembra ID-00080F78D8.

El análisis individual en las hembras permitió identificar diferencias marcadas en la periodicidad y frecuencia de cópulas, aún bajo condiciones experimentales homogéneas. Algunas hembras mostraron una actividad continua irregular, mientras que otras evidenciaron una alternancia entre períodos de cópulas efectivas, parciales o no desovadas. En conjunto, los registros obtenidos aportan información detallada sobre la variabilidad fisiológica y reproductiva individual, constituyendo una base sólida para la comparación entre tratamientos con soporte extracorpóreo y el grupo control.

## 8.5. Resultados del análisis no paramétrico (Kruskal–Wallis) para variables reproductivas

**Tabla 4.**

*Frecuencia acumulada de variables reproductivas por tratamiento.*

<b>Variable</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>Control</b>
<b>Mal copuladas</b>	16	29	33	19
<b>No desovada</b>	29	24	36	26
<b>Parciales</b>	15	21	18	17
<b>Cópulas efectivas</b>	1202	1203	1243	1150

*Nota.* Los valores representan el total acumulado por tratamiento durante el periodo experimental.

La prueba de Kruskal–Wallis aplicada a los datos diarios de cópulas efectivas no mostró diferencias significativas entre tratamientos,  $H(3) = 1.93$ ,  $p = 0.588$  (corrección por empates  $H_c = 1.93$ ). Las comparaciones múltiples mediante Dunn tampoco evidenciaron diferencias ( $p$  ajustadas  $> 0,05$ ), lo que indica que el uso de soportes extracorpóreos no modificó el patrón reproductivo.

De forma complementaria, el ANOVA de un factor confirmó la ausencia de efectos ( $F(3,12) = 0.0017$ ,  $p = 0.9999$ ), la homocedasticidad (Levene,  $p \approx 0.999-1.000$ ) y un factor bayesiano indicativo de evidencia a favor de la igualdad de medias ( $BF = 0.085$ ).

En términos descriptivos, las cópulas efectivas fueron similares entre tratamientos (T1E = 1202; T2E = 1203; T3E = 1243; Control (TC)= 1150), mientras que las hembras mal copuladas oscilaron entre 16 y 33, y las no desovadas entre 24 y 36.

*Tabla 5.*

*Prueba de Kruskal–Wallis para cópulas efectivas por tratamiento.*

**Kruskal-Wallis test for equal medians**

<b><math>H(ch^2)</math>:</b>	1,925
<b><math>H_c</math> (tie corrected):</b>	1,927
<b><math>p</math> (same):</b>	0,5876

There is no significant difference between sample medians

*Nota.* Se usaron los datos diarios de cópulas efectivas por tanque. El análisis se realizó en PAST 4.17. No se observaron diferencias significativas; por tanto, las comparaciones de Dunn no mostraron significancia tras ajuste de Bonferroni.

## **8.6. Parámetros fisicoquímicos del agua**

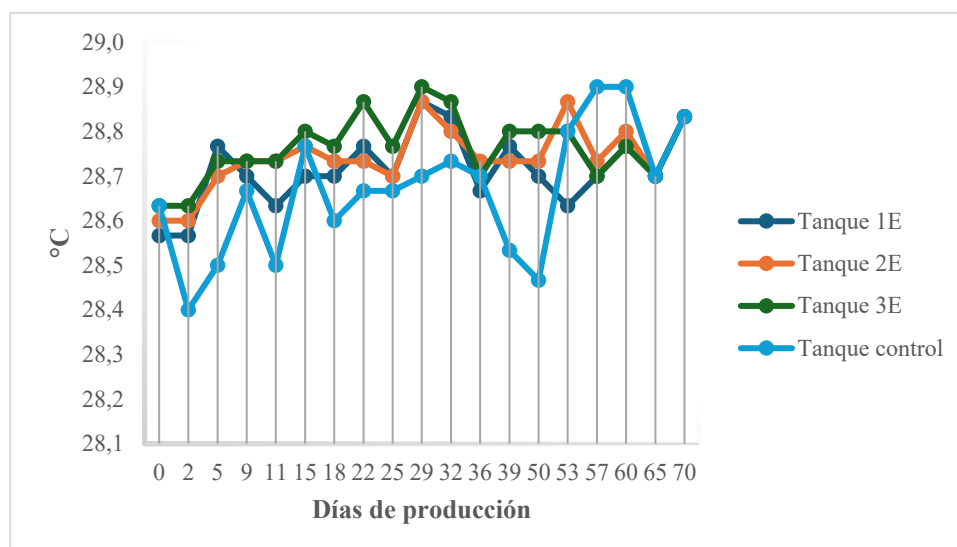
El monitoreo continuo de los parámetros fisicoquímicos durante los 70 días de ensayo permitió evaluar la estabilidad del sistema y la relación con la respuesta biológica de los organismos. Los registros obtenidos muestran que las condiciones ambientales se mantuvieron dentro de los rangos óptimos reportados para esta especie, garantizando un entorno adecuado para la reproducción y supervivencia de los organismos en todos los tratamientos.

## 8.6.1 Temperatura

Las temperaturas registradas oscilaron entre 28,5 y 28,9 °C, un rango estrecho que favorece la estabilidad metabólica y el funcionamiento normal del ciclo reproductivo en *P. vannamei*. El Tanque 1E (azul) presentó fluctuaciones leves entre 28,6 y 28,8 °C, mientras que los tanques 2E (naranja) y 3E (verde) alcanzaron ligeros picos de hasta 28,9 °C. El tanque control (celeste) mantuvo la mayor estabilidad térmica con registros entre 28,4 y 28,7 °C, sin variaciones abruptas durante el período experimental. El mantenimiento de una temperatura uniforme en los cuatro sistemas evidenció un control térmico eficiente y homogéneo, evitando episodios de estrés térmico que pudieran alterar el comportamiento reproductivo o la actividad metabólica de los camarones.

**Figura 25**

*Variación de la temperatura (°C) en los cuatro tanques experimentales durante el periodo de evaluación.*



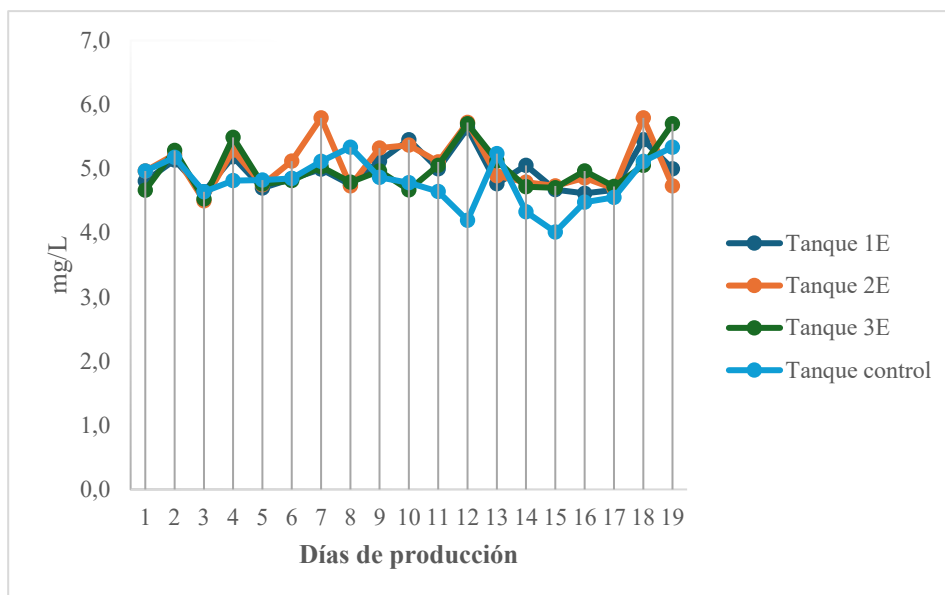
**Nota.** Variación temporal de la temperatura registrada en los cuatro tanques experimentales.

## 8.6.2. Oxígeno disuelto

Los niveles de oxígeno (Figura 26) disuelto se mantuvieron entre 4,3 y 6,0 mg/L, un rango compatible con un funcionamiento estable del sistema y adecuado para mantener la actividad fisiológica normal de los organismos. El tanque 2E (naranja) alcanzó los valores más altos, llegando a 6,0 mg/L, mientras que el tanque control (celeste) registró el mínimo con 4,3 mg/L. Por su parte, los tanques 1E (azul) y 3E (verde) mostraron concentraciones relativamente constantes, entre 4,8 y 5,3 mg/L. La estabilidad observada en los cuatro sistemas refleja un manejo eficiente de la aireación y la recirculación, evitando episodios de déficit que pudieran comprometer el metabolismo o la actividad reproductiva.

**Figura 26.**

*Variación del oxígeno disuelto (mg/L) en los tanques durante el periodo de evaluación.*



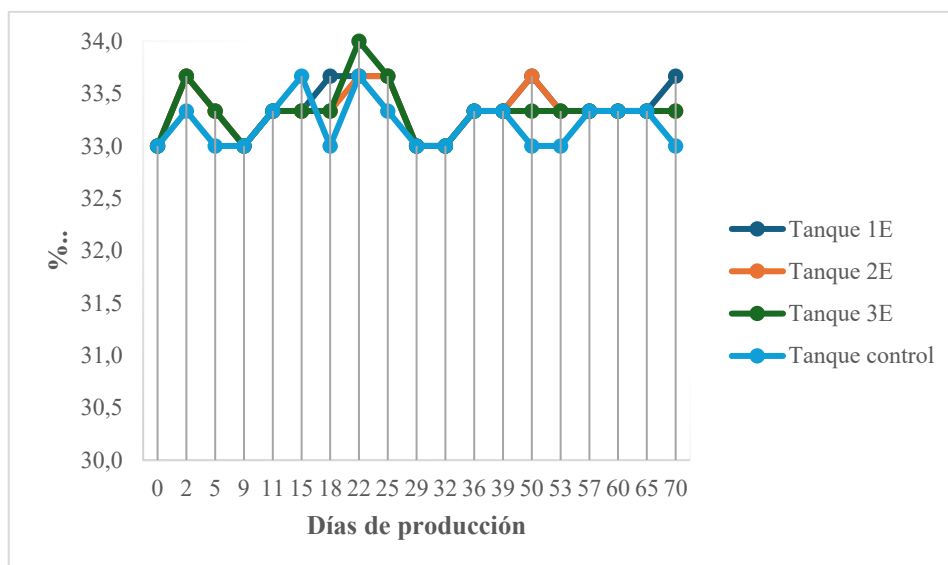
**Nota.** Variación diaria del oxígeno disuelto en los tanques experimentales, mostrando tendencias homogéneas y concentraciones dentro de rangos adecuados.

### 8.6.3. Salinidad

La salinidad se mantuvo dentro de un rango estrecho de 33,0 a 34,0 ‰ a lo largo del ensayo, lo que evidencia un manejo estable del sistema de recirculación. El tanque 1E (azul) registró valores entre 33,0 y 33,7 ‰, mientras que el tanque 2E (naranja) mostró un comportamiento comparable. El tanque 3E (verde) presentó picos moderados que alcanzaron 34,0 ‰, y el tanque control (celeste) destacó por su mayor estabilidad, manteniéndose entre 33,0 y 33,3 ‰. Esta consistencia en la salinidad refleja un adecuado control de la evaporación y la reposición de agua, condiciones esenciales para mantener el equilibrio osmótico y favorecer la respuesta fisiológica durante el periodo reproductivo. (Figura 27)

**Figura 27.**

*Fluctuación de la salinidad (‰) registrada en los tanques experimentales durante el ensayo.*



**Nota.** Variación de la salinidad registrada en los tanques experimentales, mostrando valores estables y dentro de rangos adecuados para el mantenimiento del sistema.

## **8.7. Análisis biológico de los organismos**

Además de los parámetros ambientales, se evaluaron los indicadores biológicos asociados a la supervivencia, el crecimiento y el estado general de los organismos en cada tratamiento. Estos análisis permitieron caracterizar no solo la condición fisiológica y el grado de maduración gonadal, sino también el nivel de adaptación de las hembras al sistema experimental.

Asimismo, la evaluación comparativa entre tratamientos permitió determinar si la presencia del soporte extracorpóreo ejerció algún efecto sobre el desempeño reproductivo o sobre la integridad biológica de los organismos, aportando una visión integral del comportamiento y bienestar de los reproductores durante todo el periodo de ensayo.

### **8.7.1. Evaluación de la supervivencia**

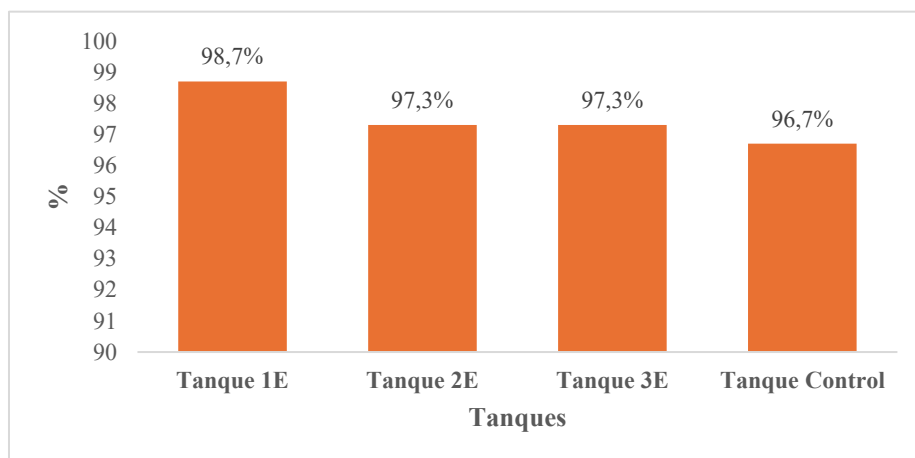
La supervivencia registrada en los cuatro tratamientos fue consistentemente elevada, con porcentajes que fluctuaron entre 96,7% y 98,7%, lo que evidencia una adecuada adaptación de los organismos al sistema experimental (Ver Figura 28). El porcentaje más elevado correspondió al tanque 1E, con 98,7%, seguido de los tanques 2E y 3E, ambos con 97,3%. El tanque control presentó una supervivencia ligeramente menor, pero igualmente elevada, con 96,7%.

La variación observada entre tratamientos fue reducida, con diferencias porcentuales inferiores al 2%, lo que indica un comportamiento homogéneo de la supervivencia durante el periodo experimental, esta tendencia sugiere que las condiciones de cultivo se mantuvieron similares entre los tratamientos, permitiendo una respuesta comparable de los organismos en todos los tanques evaluados.

Durante el ensayo no se observaron episodios de mortalidad masiva ni alteraciones comportamentales relevantes, las pérdidas registradas oscilaron entre 1,3% y 3,3% y correspondieron a eventos puntuales, posiblemente vinculados a mudas incompletas o a variaciones fisiológicas propias del proceso de adaptación. Los resultados indican que el sistema de cultivo mantuvo condiciones estables y que el uso del soporte extracorpóreo no afectó negativamente la vitalidad ni la integridad biológica de los organismos evaluados.

**Figura 28.**

*Porcentaje de supervivencia de *Penaeus vannamei* en los tratamientos experimentales.*



**Nota.** Representación de la variabilidad en los porcentajes de supervivencia entre los tratamientos, mostrando un intervalo estrecho y valores consistentemente altos a lo largo del experimento.

### **8.7.2 Evaluación de crecimiento**

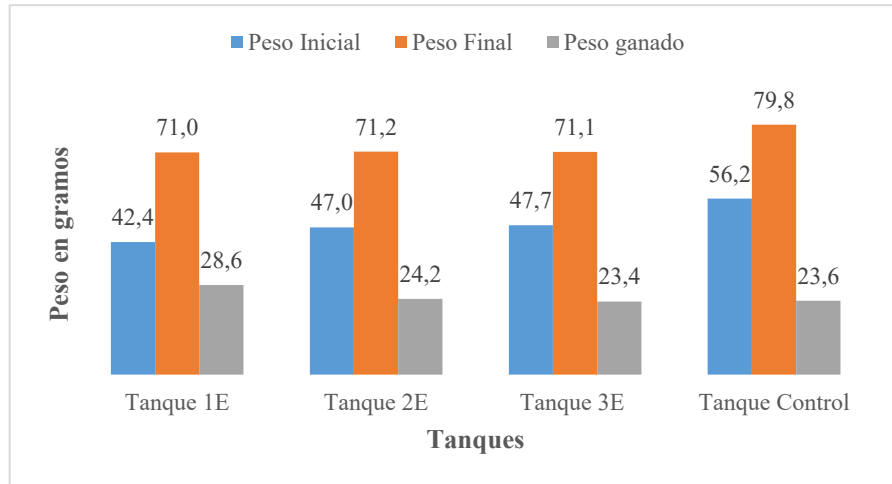
El crecimiento de las hembras reproductoras se analizó de manera quincenal mediante mediciones individuales de peso, lo que posibilitó el registro de la variación del peso inicial y final en cada uno de los tratamientos experimentales (Figura 29). En general, los resultados evidenciaron un patrón de crecimiento consistente entre los tanques, con diferencias moderadas asociadas principalmente al peso inicial de los organismos.

El tanque control presentó el mayor peso final promedio (79,8 g), registrando un incremento significativo respecto a su peso inicial (56,2 g). Sin embargo, al analizar la ganancia neta de peso, el tanque 1E destacó al registrar el mayor incremento promedio (28,6 g), superando a los tanques 2E y 3E, cuyos incrementos fueron de 24,2 g y 23,4 g, respectivamente, así como al tanque control, que presentó una ganancia promedio de 23,6 g.

Estas variaciones en la ganancia de peso demuestran diferencias cuantitativas entre tratamientos, aunque el crecimiento observado en todos los tanques se mantuvo dentro de rangos similares, evidenciando un desempeño homogéneo de las hembras reproductoras bajo las condiciones experimentales evaluadas.

**Figura 29.**

*Peso inicial, final y ganancia promedio de Penaeus vannamei en los tratamientos experimentales.*



*Nota.* Comparación del peso inicial, peso final y ganancia promedio en los distintos tratamientos, mostrando un crecimiento uniforme y diferencias mínimas entre grupos.

## **8.8. Correlaciones entre parámetros fisicoquímicos y desempeño biológico**

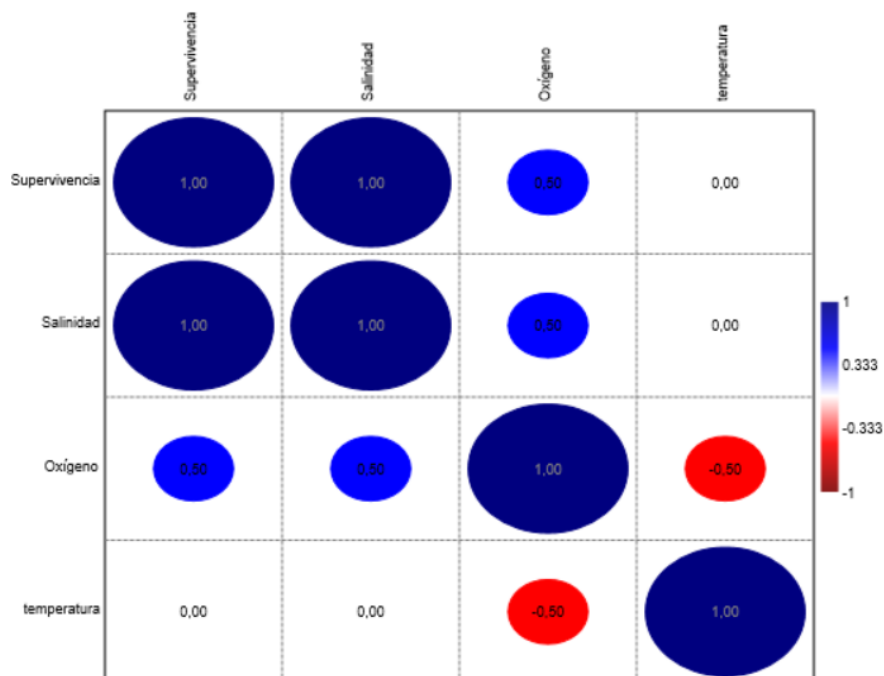
Se realizó un análisis integral de las posibles relaciones entre las variables fisicoquímicas del agua y los indicadores biológicos obtenidos durante el ensayo. Este enfoque permitió identificar qué factores ambientales pudieron influir de manera directa o indirecta en la actividad reproductiva, la supervivencia y el desempeño general de los organismos en cada tratamiento. La evaluación conjunta de ambos tipos de parámetros proporcionó una visión más completa del funcionamiento del sistema, permitiendo determinar el grado de sensibilidad de los reproductores frente a variaciones ambientales y la estabilidad del ambiente experimental a lo largo del periodo de observación.

### 8.8.1. Correlación con la supervivencia

El análisis mostró correlaciones positivas moderadas entre la supervivencia y el oxígeno disuelto ( $\rho = 0,50$ ) y una correlación perfecta con la salinidad ( $\rho = 1,00$ ), atribuible a la baja variabilidad de este parámetro entre tanques. Por su parte, la temperatura no presentó relación con la supervivencia ( $\rho = 0,00$ ). Además, se observó una correlación negativa moderada entre oxígeno disuelto y temperatura ( $\rho = -0,50$ ), consistente con el comportamiento fisicoquímico esperado en sistemas acuícolas (Figura 30).

**Figura 30.**

*Relación entre los parámetros fisicoquímicos y la supervivencia de *Penaeus vannamei* en los tratamientos experimentales: temperatura, oxígeno disuelto y salinidad.*



**Nota.** Matriz de correlaciones de Spearman entre supervivencia, salinidad, oxígeno disuelto y temperatura. El color indica el signo de la correlación (azul = positiva; rojo = negativa) y el tamaño del óvalo representa la magnitud de  $|\rho|$ .

El tanque 1E fue el tratamiento que registró el mayor porcentaje de supervivencia (98,7%) bajo el uso del soporte extracorpóreo, operando con valores de oxígeno disuelto ligeramente superiores (4,9 mg/L) y una salinidad estable de 33‰. Estas condiciones se mantuvieron dentro de rangos similares a los del tanque control, el cual presentó una supervivencia de 96,7%, con valores de oxígeno disuelto de 4,5 mg/L y salinidad de 33‰.

La similitud en los parámetros fisicoquímicos y en los porcentajes de supervivencia entre ambos tratamientos evidencia que, si bien el tanque 1E alcanzó el valor más alto, el tanque control mantuvo un desempeño comparable. En este contexto, las variaciones observadas responden a fluctuaciones ambientales leves y no a efectos atribuibles al uso del soporte extracorpóreo, el cual no generó alteraciones negativas en la supervivencia de los organismos bajo condiciones controladas.

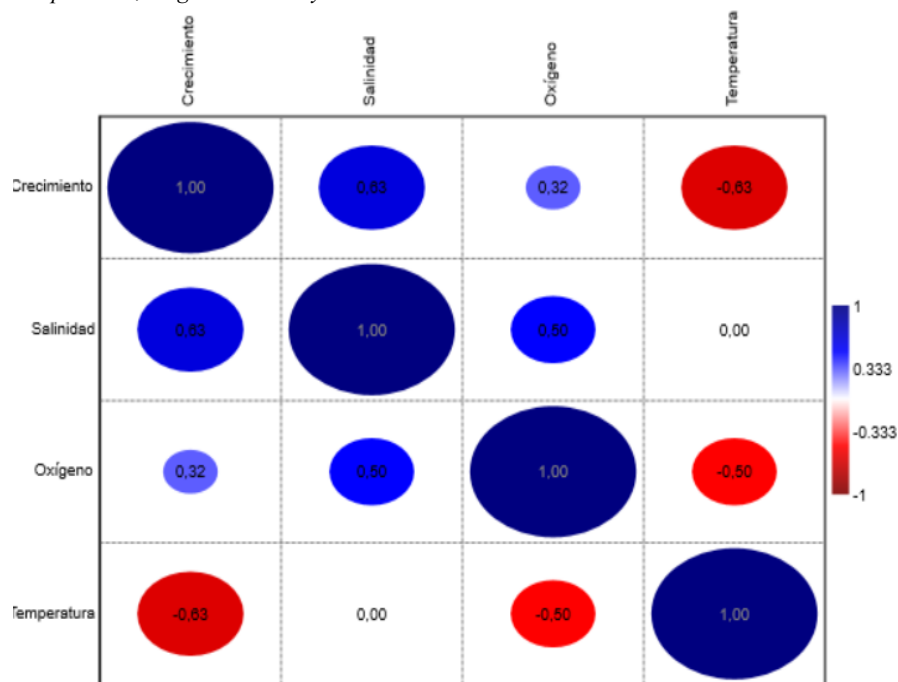
### **8.8.2. Correlación con el crecimiento**

El análisis de correlación de Spearman (Figura 31) mostró que el crecimiento promedio presentó una correlación positiva moderada con la salinidad ( $\rho = 0,63$ ) y una correlación positiva débil con el oxígeno disuelto ( $\rho = 0,32$ ). En contraste, la temperatura exhibió una correlación negativa fuerte con el crecimiento

( $\rho = -0,83$ ), lo que sugiere que incrementos en la temperatura pudieron reducir el desempeño en peso de las hembras.

**Figura 31.**

*Relación entre los parámetros fisicoquímicos y el crecimiento de *Penaeus vannamei*: temperatura, oxígeno disuelto y salinidad.*



*Nota.* El oxígeno disuelto y la salinidad presentaron las correlaciones más altas con el crecimiento, evidenciando su influencia directa en la ganancia de peso.

El tanque 1E, correspondiente al tratamiento con soporte extracorpóreo, registró la mayor ganancia de peso promedio (28,6 g), lo cual es coherente con las tendencias observadas en el análisis de correlación. Durante el periodo experimental, este tanque operó con valores promedio de temperatura de 28,6 °C, oxígeno disuelto de 5,0 mg/L y salinidad de 33 ppt, parámetros asociados

positivamente al crecimiento según los coeficientes obtenidos ( $\rho = 0,63$  para salinidad y  $\rho = 0,32$  para oxígeno disuelto).

Por su parte, el tanque control presentó una ganancia de peso promedio de 23,6 g, bajo condiciones ambientales similares, con valores promedio de temperatura de 28,4 °C, oxígeno disuelto de 4,5 mg/L y salinidad de 33 ppt. La similitud en los parámetros fisicoquímicos registrados entre ambos tratamientos se refleja en diferencias moderadas en el crecimiento, lo que indica un desempeño comparable entre el tanque con soporte extracorpóreo y el control.

Los resultados muestran que, si bien el tanque 1E presentó una mayor ganancia de peso, las diferencias observadas respecto al tratamiento control fueron limitadas y se desarrollaron bajo condiciones ambientales semejantes, evidenciando que el uso del soporte extracorpóreo no alteró de manera significativa el crecimiento de las hembras de *Penaeus vannamei*.

## 9. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la evaluación de la eficiencia de los soportes extracorpóreos permiten establecer criterios técnicos para su aplicación en procedimientos reproductivos de *Penaeus vannamei*, considerando aspectos de biocompatibilidad, rendimiento reproductivo, desempeño zootécnico y trazabilidad genética.

### 9.1. Eficiencia y biocompatibilidad del soporte

El soporte tipo O-ring mostró una aceptación del 88 % y retención del 97,3 %, superando ampliamente los valores reportados por Franco-Chiquito (2021), quien obtuvo una retención del 90% en implantes internos mediante PIT tags en *P. vannamei* bajo condiciones de cultivo industrial. Esta diferencia se explica por la menor invasividad del diseño extracorpóreo, que reduce el estrés mecánico y evita lesiones internas. Estudios sobre bioseguridad y fisiología confirman que dispositivos flexibles y poco invasivos minimizan respuestas de rechazo y mejoran la adaptación fisiológica (Figueredo et al., 2020). En contraste, soportes rígidos como placas y bridas pueden generar incomodidad y abrasiones, lo que coincide con la menor aceptación observada en este estudio (García-Guerrero et al, 2015).

La retención superior de los O-rings también se alinea con estudios sobre biomecánica en crustáceos, que señalan que los dispositivos que acompañan el movimiento natural reducen desprendimientos durante la natación (Núñez et al., 2023). Las pérdidas registradas en placas y bridas son consistentes con investigaciones que documentan vulnerabilidad durante la muda, cuando el exoesqueleto se encuentra en transición (Medina et al., 2019). La mortalidad observada (9%) fue similar a la descrita por Lombardo González (2023) en cangrejos con PIT tags ( $\approx 22\%$ ), confirmando la biocompatibilidad del material y la ausencia de efectos adversos significativos. Estos resultados evidencian que la elección de materiales flexibles y ligeros es determinante para garantizar la estabilidad del dispositivo y el bienestar animal (Albalat et al., 2022). La biomecánica del soporte es clave: los O-rings, al ser elásticos, reducen fricción y estrés en el pedúnculo ocular, evitando lesiones y desprendimientos, lo que explica su alta retención y baja mortalidad frente a diseños rígidos. Un sistema con alta retención reduce recapturas y manipulación, disminuyendo costos y riesgos, además asegura la identificación individual sin comprometer la salud, lo que es crítico para programas de selección genética y trazabilidad (Vásquez-Quispesivana et al., 2022).

## **9.2. Rendimiento reproductivo y aceptación de la hipótesis**

La prueba de Kruskal–Wallis ( $H(3)=1.93$ ;  $p=0.588$ ) y el ANOVA ( $F(3,12)=0.0017$ ;  $p=0.9999$ ) confirmaron que no hubo diferencias significativas en

la frecuencia de cópulas efectivas entre tratamientos, lo que indica que los soportes extracorpóreos no modificaron el patrón reproductivo. En este estudio los valores acumulados (T1E=1202; T2E=1203; T3E=1243; Control (TC)=1150) son comparables con los reportes de Figueredo et al. (2019), quienes documentaron una tasa diaria de apareamiento del 6,5% y hembras con hasta 10 cópulas por ciclo, mientras que en este estudio se alcanzaron hasta 12 cópulas, lo que sugiere buen estado fisiológico y manejo adecuado. Ren et al. (2020) también encontraron que la infraestructura (tanques vs. estanques) no genera diferencias significativas en la frecuencia reproductiva ( $p>0.05$ ), reforzando que factores como dieta y densidad son más determinantes. La presencia de hembras sin cópulas en este estudio puede explicarse por inmadurez ovárica o estrés, causas señaladas por Lemus Velasco (2019) como limitantes en sistemas intensivos.

En cuanto a la calidad del apareamiento, las hembras con soporte de identificación presentaron proporciones más elevadas de mal copuladas (9,25 %, 7,88 % y 4,05 %), no desovadas (10,9 %, 9,12 % y 6,85 %) y desoves parciales (6,5 %, 6,2 % y 4,1 %) en comparación con el tanque control, donde estos valores fueron considerablemente menores (1,4% mal copuladas, 1,90 % no desovadas y 1,4% cópulas parciales). Aunque estas cifras en los tanques tratamientos superan el rango de 4–5 % reportado por Peixoto et al. (2020) y FAO (2020) para hatcheries comerciales, esta diferencia no implica un desempeño reproductivo deficiente, sino que evidencia la utilidad del soporte para identificar hembras con problemas reproductivos que, en sistemas convencionales, podrían pasar desapercibidas.

Además, la distribución observada, hembras sin cópulas y otras con más de 10 eventos, coincide con la heterogeneidad reproductiva descrita por Zhang et al. (2024), atribuida a factores moleculares y fisiológicos más que a la infraestructura, lo que refuerza la importancia del seguimiento individualizado para optimizar el manejo.

Por otro lado, el seguimiento individual permitió identificar hembras con patrones reproductivos excepcionales, como el caso de la hembra ID-00080E5C5E, que alcanzó la mayor frecuencia copulativa registrada en el ensayo con 13 eventos (12 cópulas efectivas y un evento no desovado en el día 43). Los intervalos entre apareamientos oscilaron entre 3 y 9 días, reflejando un ritmo constante y variabilidad individual en la periodicidad y número de desoves, la posibilidad de documentar estos patrones confirma la ventaja del soporte de identificación para optimizar el manejo reproductivo, ya que permite reconocer hembras de alta capacidad y ajustar estrategias en función de su desempeño.

### **9.3. Supervivencia, crecimiento y calidad del agua**

La supervivencia registrada (96,7–98,7%) indica un desempeño óptimo bajo condiciones controladas, comparable con Bermúdez-Lizárraga et al. (2023), quienes reportaron valores superiores al 95% en sistemas cerrados con manejo adecuado, y con Supriatna et al. (2017), que documentaron 96–99% en cultivos intensivos con parámetros estables. Este resultado se explica por la estabilidad de

los parámetros fisicoquímicos en nuestro estudio (28,5–28,9 °C; oxígeno 4,8–6,0 mg/L; salinidad 33–34 ‰), que redujeron el estrés y garantizaron la respuesta fisiológica esperada, tal como señalan Ponce-Palafox et al. (1997), quienes demostraron que desviaciones térmicas superiores a 30 °C pueden reducir la supervivencia hasta un 15%. El crecimiento promedio (23,4–28,6 g) fue similar al descrito por Arzola González et al. (2008), quienes reportaron pesos entre 22 y 29 g en hembras reproductoras bajo condiciones controladas, lo que confirma que la incorporación de soportes no interfirió en la ganancia de peso. Además, la correlación negativa entre temperatura y crecimiento ( $\rho = -0.83$ ) coincide con Ren et al. (2020), quienes observaron que incrementos térmicos reducen la tasa de crecimiento en un 10–12%, debido al aumento del metabolismo y la menor eficiencia en la conversión alimenticia.

Estos hallazgos significan que el soporte puede incorporarse sin afectar el desempeño biológico, siempre que se mantengan rangos óptimos de calidad de agua. La estabilidad ambiental fue el factor clave para sostener patrones reproductivos normales y altos niveles de supervivencia, lo que coincide con estudios que enfatizan la relación entre calidad del agua y éxito reproductivo en sistemas intensivos (FAO, 2020). En este caso, la ausencia de efectos negativos confirma que la tecnología no introduce estrés adicional, lo que permite su aplicación en programas de reproducción sin comprometer la fisiología del camarón. Esto refuerza la importancia del manejo ambiental como determinante principal del rendimiento zootécnico, por encima de modificaciones estructurales,

y explica por qué los resultados fueron consistentes con los valores reportados en la literatura.

#### **9.4. Implicaciones para trazabilidad y programas genéticos**

La integración de microchips en soportes extracorpóreos representa un avance estratégico para la trazabilidad en hatcheries, permitiendo el seguimiento individual y la reconstrucción de pedigrí, aspectos críticos para el control de consanguinidad y la mejora genética (Pérez-Enríquez & Max-Aguilar, 2016; Max-Aguilar et al., 2025). A diferencia de métodos invasivos como la ablación ocular, esta tecnología se alinea con estándares internacionales de bienestar animal (WOAH, 2024) y certificaciones de sostenibilidad (ASC, 2023; Global Seafood Alliance, 2023). Lombardo-González (2023) reportó retención del 100 % y supervivencia del 77,8 % en cangrejos con PIT tags, reforzando la viabilidad del sistema en crustáceos decápodos. Su implementación facilita la generación de bases de datos robustas para análisis genómicos y fenotípicos, consolidando la acuicultura de precisión y la competitividad en mercados que exigen trazabilidad y prácticas éticas. Esta tecnología reduce costos, mejora la precisión en la selección genética y posiciona a los productores en mercados internacionales con altos estándares de calidad y sostenibilidad.

## 10. CONCLUSIONES

- El diseño tipo O-ring demostró ser el más eficiente, combinando alta aceptación (88 %), retención superior (97,3 %) y baja mortalidad (9 %), lo que confirma su biocompatibilidad y funcionalidad en hembras reproductoras de *Penaeus vannamei*. Estos resultados validan su uso como alternativa segura frente a soportes rígidos.

- No se observaron diferencias significativas en la frecuencia de cópulas efectivas ni en otras variables reproductivas entre hembras con soporte y el grupo control ( $p > 0,05$ ). Esto indica que la implementación del soporte extracorpóreo no alteró el comportamiento reproductivo, respaldando la hipótesis planteada: el uso de soportes extracorpóreos con microchips permite la identificación individual sin afectar la eficiencia reproductiva en condiciones controladas.

- La supervivencia (96,7–98,7 %) y el crecimiento (23,4–28,6 g) se mantuvieron dentro de rangos óptimos, confirmando que el sistema no compromete el bienestar ni el desempeño zootécnico. Además, la integración de microchips en soportes extracorpóreos demostró ser una herramienta viable para la trazabilidad y el control genético, alineada con estándares internacionales (ASC/BAP), lo que refuerza su aplicabilidad en programas de mejoramiento y acuicultura de precisión.

## 11. RECOMENDACIONES

- Adoptar el uso de soportes extracorpóreos tipo O-ring con microchips PIT para la identificación individual de hembras reproductoras, asegurando protocolos de instalación que minimicen el estrés y garanticen la retención durante la muda.
- Realizar evaluaciones periódicas del comportamiento reproductivo, supervivencia y crecimiento en diferentes condiciones de cultivo para confirmar la estabilidad del sistema y ajustar parámetros operativos según la respuesta fisiológica.
- Incorporar esta tecnología en esquemas de trazabilidad y selección genética, complementando con bases de datos robustas para análisis fenotípicos y genómicos, y documentar su uso para cumplir con normativas y certificaciones internacionales de sostenibilidad y bienestar animal.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- (ASC)., A. S. (2023). *Eyestalk ablation and welfare standards for shrimp farming*.  
. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024427>
- Albalat, A., Zacarias, S., Coates, C. J., Neil, D. M., & Planellas, S. R. (2022).  
*Welfare in farmed decapod crustaceans, with particular reference to  
Penaeus vannamei*. *Frontiers in Marine Science*, 9, 886024.  
<https://doi.org/10.3389/fmars.2022.886024>
- Andriantahina, F., Liu, X., Huang, H., Xiang, J., & Yang, C. (2012). *Comparison  
of reproductive performance and offspring quality of domesticated Pacific  
white shrimp Litopenaeus vannamei* *Aquaculture*, 324-325, 194-200.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.10.026>
- Arzola González, J. F., Flores Campaña, L. M., Izabal Ceja, A., & Gutiérrez Rubio.  
(2008). *Crecimiento de camarón blanco (Litopenaeus vannamei) en un  
estanque rústico a baja salinidad*.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4941802600>
- ASC (Aquaculture Stewardship Council). . (2023). *ASC shrimp standard v1.3*.  
*Aquaculture Stewardship Council*.
- Bayot, B. (2009). *Análisis de datos acuícolas: métodos estadísticos y muestreo*.  
*Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM)*.

<https://studylib.es/doc/9362652/muestreo-e-inferencia-estad%C3%ADstica-en-acuicultura>

Bermudes-Lizárraga, J. F., Nieves-Soto, M., Flores-Higuera, F. A., & López-Peraza, D. J. (2023). *Supervivencia, desarrollo y crecimiento de larvas de Penaeus vannamei alimentadas con dietas tradicionales y no-tradicionales*. *Revista MVZ Córdoba*, 28(1).

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682023000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682023000100003&script=sci_arttext)

Birch, J., Burn, C., Schnell, A., Browning, H., & Crump, A. (2021). *Review of the evidence of sentience in cephalopod molluscs and decapod crustaceans*. *London School of Economics and Political Science*.

Coates, C. J., & Söderhäll, K. (2020). *Crustacean immune responses and stress physiology*. *Fish & Shellfish Immunology*, 98, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.01.001>

D'Arcy, J., Kelly, S., McDermott, T., Hyland, J., Jackson, D., & Bolton-Warberg, M. (2020). *Assessment of PIT tag retention, growth and post-tagging survival in juvenile lumpfish, Cyclopterus lumpus*. *Animal Biotelemetry*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40317-019-0190-6>

Espín, M., & Wouters, R. (2000). *Evaluación del efecto de dietas artificiales experimentales en el rendimiento reproductivo de Penaeus vannamei*. *Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)*.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/1816/3612.pdf>

FAO. (2024). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cd0683en> FAOHome+1

Figueredo, A., Patti, J., & de la Fuente, R. (2019). *Evaluación del desempeño reproductivo de una cepa domesticada de Penaeus vannamei en una maduración comercial*. *AquaTIC*, 53, 18–31. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12345.67890>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *Health management and biosecurity maintenance in white shrimp (Penaeus vannamei) hatcheries in Latin America (FAO Fisheries Technical Paper No. 450)*. FAO. <https://openknowledge.fao.org>

Fotedar, R., & Evans, L. H. (2011). *Health management during the grow-out phase of crustacean aquaculture: A review*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 106(1), 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.09.012>

Franco-Chiquito, N. S. (2021). *Implementación de PIT tags en Penaeus vannamei: Evaluación de los efectos en el crecimiento, mortalidad y pérdida de marcas bajo condiciones de cultivo industrial [Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]*. Repositorio UPSE.

Froote, A. R., Stratford, C. N., & Coman, G. J. (2018). *Passive integrated transponder (PIT) tagging black tiger shrimp, Penaeus monodon*:

*Applications for breeding programs. Aquaculture, 491, 321–324.*  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.029>

García-Guerrero, M. R.-V.-J. (2015). *Conservation and aquaculture of native freshwater prawns: the case of the cauque river prawn *Macrobrachium americanum*. . Latin American Journal of Aquatic Research 43(5), 819–827*  
. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue5-fulltext-2>

Global Seafood Alliance. . (2023). *Best Aquaculture Practices (BAP) Standards – Finfish and Crustacean Farm Standard Issue 3.0. Global Seafood Alliance.*

Gómez-Jiménez, J., & Albalat, A. (2019). *Physical support systems and welfare improvement in aquatic organisms. Aquaculture Research, 50(6), 1712-1724.*

González, R. C. (2023). *Efecto de etiquetas PIT en la condición de *Cardisoma crassum* (Brachyura: Gecarcinidae) en cautiverio, de Hicaco, Veraguas, Panamá. Scientia, 33(2), 31–62.*  
<https://doi.org/10.48204/j.scientia.v33n2.a4057>

Håstein, T., Hill, B., & Winton, J. (2001). *Traceability of aquatic animals and products: A review of requirements and practices. FAO Fisheries Technical Paper, 419, 1–36.*  
[https://www.researchgate.net/publication/11797992\\_Traceability\\_of\\_aquatic\\_animals](https://www.researchgate.net/publication/11797992_Traceability_of_aquatic_animals)

Hopkins, C., Luján, M., & Herrera, M. (2024). *Uía para los sistemas de trazabilidad en los productos acuícolas y pesqueros. Aquahoy.*

<https://aquahoy.com/guia-sistemas-de-trazabilidad-productos-acuicolas-pesqueros/>

Kumar, V., Roy, S., Behera, B. K., & Das, B. K. (2022). *Heat shock proteins (Hsps) in cellular homeostasis: A promising tool for health management in crustacean aquaculture.* *Life*, *12*(11), 1777.

[https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=jI3jwx4AAAAJ&citation\\_for\\_view=jI3jwx4AAAAJ:ZuybSZzF8UAC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=jI3jwx4AAAAJ&citation_for_view=jI3jwx4AAAAJ:ZuybSZzF8UAC)

Lemus-Velasco, A. (2019). *Comparación del desempeño reproductivo del camarón (Penaeus vannamei) bajo una dieta fresca vs una dieta peletizada.* Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6608/1/AGN-2019-T021.pdf>

Lombardo-González, R. C. (2023). *Efecto de etiquetas pit en la condición de Cardisoma crassum (Brachyura: Gecarcinidae) en cautiverio, de Hicaco, Veraguas, Panamá.* *Scientia*, *33* (2). pp. 31-62. ISSN 2710 -7647. <https://up-rid.up.ac.pa/6717/>

Low, M., Penalba, V., & Gómez, M. (2021). *Trazabilidad en la cadena de suministro de alimentos: Un modelo teórico para la mejora de la seguridad alimentaria.* *Gente Clave*, *5*(1), 43–59. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9786940>

Max-Aguilar, A., Ibarra, A. M., Robledo, D., & Pérez-Enríquez, R. (2025). *Advances in genetic and genomic resources in Pacific whiteleg shrimp Penaeus vannamei: Towards modern and sustainable shrimp aquaculture.*

*Latin American Journal of Aquatic Research*, 53(1), 1–21.  
<https://www.lajar.cl/index.php/rlajar/article/view/vol53-issue1-fulltext-3254>

Medina, M. E. (2019). Índices gonadosomático y hepatosomático en relación con la maduración y muda del camarón *Cryphiops caementarius* del río Pativilca (Perú). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(3), 1083–1094. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16613>

Moharil, S., Reche, A., & Durge, K. (2023). Polyetheretherketone (PEEK) as a biomaterial: An overview. *Cureus*, 15(8), e44307. <https://doi.org/10.7759/cureus.44307>

Nuñez, J. D., Massone, O., & García, J. A. (2023). Seguimiento automatizado de diferentes crustáceos acuáticos con potencial aplicación a la cuantificación de movimiento de animales. *Ecología Austral*, 33(1), 19-20. <https://doi.org/10.25260/EA.23.33.1.0.1920>

Peixoto, S., Wasielesky, W., & Cavalli, R. O. (2008). Ovarian maturation and spawning of *Litopenaeus vannamei* in captivity: A review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(3), 785–797. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132008000300027>

Pérez-Enríquez, R., & Max-Aguilar, A. (2016). Pedigree traceability in whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using genetic markers: A comparison between microsatellites and SNPs. *Ciencias Marinas*, 42(4), 227–235. <https://doi.org/10.7773/cm.v42i4.2662>

Perez-Enriquez, R., Medina-Espinoza, J. A., Max-Aguilar, A., & Saucedo-Barrón, C. J. (2018). *Genetic tracing of farmed shrimp (Decapoda: Penaeidae) in wild populations from a main aquaculture region in Mexico*. *Revista de Biología Tropical*, *66*(1), 381-393.  
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442018000100381](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000100381)

Pérez-Enríquez, R., Robledo, D., Houston, R. D., & Llera-Herrera, R. (2018). *Genomics SNP markers for the genetic characterization of Mexican shrimp broodstocks*. *Genomics*, *110*(6), 423–429.  
<https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2018.10.001>

Pettoello-Mantovani, M., Pop, T. L., Mestrovic, J., Giardino, I., & Somekh, E. (2022). *Food safety and public health within the frame of the EU “General Food Law” (Regulation (EC) No. 178/2002)*. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, *52*(6), 101146.  
<https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2022.101146>

Ponce-Palafox, J., Martinez-Palacios, C. A., & Ross, L. G. (1997). *The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, Penaeus vannamei*. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00148-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00148-8)

Rahman, L. F., Alam, M. M., Marufuzzaman, M., & Sumaila, U. R. (2021). *Traceability of sustainability and safety in fishery supply chain management*

*systems using RFID technology. Foods, 10(10), 2265.*  
<https://doi.org/10.3390/foods10102265>

Ren, S., Mather, P. B., Tang, B., & Hurwood, D. A. (2020). *Comparison of reproductive performance of domesticated Litopenaeus vannamei females reared in recirculating tanks and earthen ponds. Frontiers in Marine Science, 7, 560.* <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00560>

Seminario, T. E., & Saldarriaga, D. E. (2015). *Efecto de la ablación unilateral del pedúnculo ocular sobre el tiempo de maduración de los ovocitos y fecundidad de Penaeus vannamei. Universidad Politécnica Salesiana.*  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.98765.43210>

Simón, E. (2023). *Evolución de los marcadores genéticos empleados en estudios genéticos de Penaeus vannamei. Revista de Producción Animal, 35(2), 122–138.* <https://www.redalyc.org/journal/7624/762478457008/html/>

Supriatna, S., Ariadi, H., Fadjar, M., & Mahmudi, M. (2017). *The relationships between water quality parameters and the growth rate of white shrimp (Litopenaeus vannamei) in intensive ponds. Romanian Biotechnological Letters, 24(3), 2103–2116.* <https://bioflux.com.ro/docs/2019.2103-2116.pdf>

Trovan. (2025). *Automatización y soluciones para la captura de datos en la acuicultura y la pesquería.*  
<https://www.trovan.com/sp/Acuicultura/TROVAN-Acuicultura>

Vásquez-Quispesivana, W., Inga, M., & Betalleluz-Pallardel, I. (2022). *Inteligencia artificial en acuicultura: fundamentos, aplicaciones y perspectivas futuras.*

*Scientia Agropecuaria*, 13(1), e008.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.008>

Wang, H., Du, X., Zou, J., Wang, M., Lei, Y., Zhang, B., . . . Wang, Q. (2025).

*Taurine Supplementation Enhances the Resistance of Litopenaeus vannamei Postlarvae to Low-Salinity Stress. Biology*, 14(8), 1082.

<https://doi.org/10.3390/biology14081082>

WOAH (World Organisation for Animal Health). (2024). *Aquatic Animal Health*

*Code (2024 ed.). World Organisation for Animal Health.*

Würtz, S., & Ausserhofer, D. (2023). *Necesitamos criterios de evaluación del*

*bienestar animal en el cultivo de crustáceos. AquaHoy.*

[https://aquahoy.com/criterios-evaluacion-bienestar-animal-cultivo-de-](https://aquahoy.com/criterios-evaluacion-bienestar-animal-cultivo-de-crustaceos/)

[crustaceos/](https://aquahoy.com/criterios-evaluacion-bienestar-animal-cultivo-de-crustaceos/)

Zhang, J. K. (2024). *Reproductive ability disparity in the Pacific whiteleg shrimp*

*(Penaeus vannamei): Insights from ovarian cellular and molecular levels.*

*Biology*, 13(4), 218. <https://doi.org/10.3390/biology13040218>

## 13. ANEXOS

### *Anexo A.*

*Elaboración de soportes extracorpóreos para camarones de maduración.*



### *Anexo B.*

*Modelo 1 Soportes con Placas plásticas.*



**Anexo C.**

*Modelo 2 Soportes con Bridas plásticas.*



**Anexo D.**

*Modelo 3 Soportes con Orings.*



**Anexo E.**

*Preparación de tanques para pruebas de soportes extracorpóreos.*



**Anexo F.**

*Colocación de soportes con placas plásticas en camarones.*



**Anexo G.**

*Colocación de soportes con bridas plásticas en camarones.*



**Anexo H.**

*Colocación de soportes con Orings en camarones.*



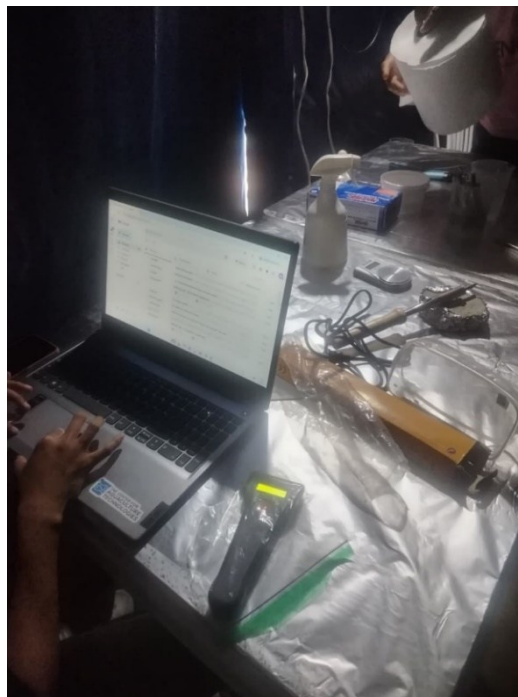
***Anexo I.***

*Preparación de tanques para iniciar la segunda fase con pruebas de soportes orings.*



***Anexo J.***

*Preparación de equipos (computadoras, lectores, pinzas, soportes orings).*



***Anexo K.***

*Preparación de camarones para incorporación de soportes.*



***Anexo L.***

*Colocación de soportes con Orings en segunda fase.*



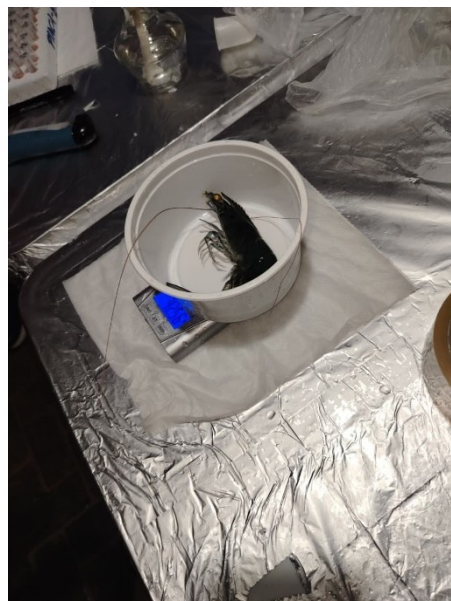
*Anexo M.*

*Lectura de código en el soporte extracorpóreo.*



*Anexo N.*

*Peso de camarones durante el muestreo.*



**Anexo O.**

*Toma de parámetros fisicoquímicos.*



**Anexo P.**

*Pesca de camarones.*



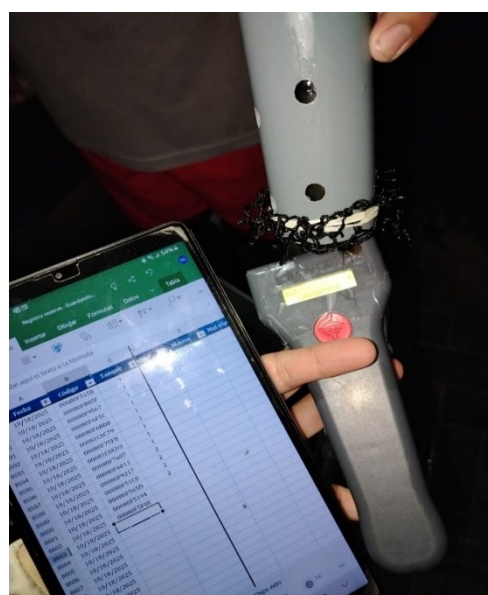
**Anexo Q.**

*Camarones pescados.*



**Anexo R.**

*Lectura de códigos en camarones colocados en tubos durante la pesca.*



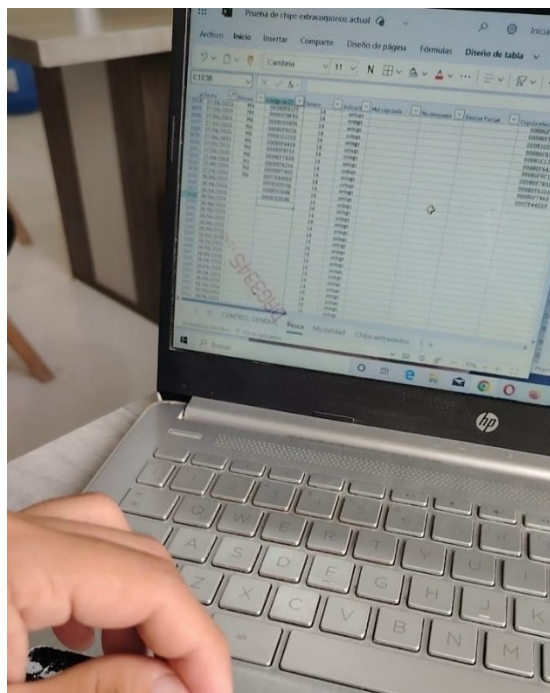
**Anexo S.**

*Camarones colocados en tubos durante la pesca.*



**Anexo T.**

*Registro de información de códigos en Excel.*



**Anexo U.**

*Muestra de individuo con cópula efectiva.*



**Anexo V.**

*Muestra de individuo con desove parcial.*



*Anexo W.*

*Muestra de individuo no desovada.*



*Anexo X.*

*Muestra de individuo mal copulada.*



***Anexo Y.***

*Mortalidad por branquias sucias asociadas al medio.*



***Anexo Z.***

*Mortalidad por muda sin afectación de soportes.*



***Anexo AA.***

*Peso promedio de organismos.*



***Anexo BB.***

*Registro y Análisis de datos.*



**Anexo CC.**

*Tabla de comparación de soportes.*

PRUEBA	PLACAS PLÁSTICAS		BRIDAS PLÁSTICAS		ORINGS	
	1		2		3	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
<b>Mortalidad</b>	17	5,7%	18	6,0%	27	9,0%
<b>Comportamiento normal</b>	201	67,0%	161	53,7%	264	88,0%
<b>Alteración leve</b>	18	6,0%	77	25,7%	1	0,3%
<b>Extravíos encontrados</b>	35	11,7%	17	5,7%	3	1,0%
<b>Soportes perdidos</b>	29	9,7%	27	9,0%	5	1,7%
<b>Total de camarones</b>	300	100%	300	100%	300	100%

**Anexo DD.**

*Detalle del Tanque 1E con microchips, identificando Códigos, Frecuencia de eventos reproductivos y Mortalidad.*

Tanque 1	Códigos	Peso Núcleo Genético (g)	Sexo	Desoves efectivos	Desove Parcial	No desovada	Mal copuladas
R1	00080f5c27	62,05	H	6			
R1	00080f5861	56,47	H	4			
R1	00080f7f14	55,1	H	2			
R1	00080f804b	46,23	H	6			
R1	00081c0ff7	59,63	H	6			
R1	00080f71eb	56,28	H	4			
R1	00080f6f2f	47,18	H	1			1
R1	00080f7fd4	51,42	H	4			
R1	00080f6ef0	54,38	H	3			
R1	00080f6988	59,5	H	7			
R1	00080f4acf	51,79	H	2			
R1	00080f6a85	43,01	H	1			1
R1	00080f7985	49,17	H	3		1	
R1	00080f6783	49,1	H	0			1
R1	00080f73fc	58,5	H	3	1		
R1	0007E58E45	58,15	H			Mortalidad	
R1	00080f5356	53,85	H	4			
R1	00080f5d14	49,5	H	0			1
R1	00080f5840	48,72	H	0			1
R1	00080f60a6	64,3	H	1			
R1	00080f7e37	57,28	H	1			
R1	00080f7ae9	56,9	H	4			
R1	00080f55ab	53,16	H	8		1	
R1	00080f9163	50,22	H	2			
R1	00080f5fee	66,74	H	5			
R1	00080f70a8	55,04	H	6			
R1	00081c03cc	52,24	H	6		1	
R1	00081c0799	54,89	H	4			
R1	00080f92a3	58,64	H	1			

R1	00081bfa8c	52,95	H	5			
R1	00080f566d	46,73	H	1			
R1	00080f6696	63,35	H	5			
R1	00080f95d5	50,4	H	5			
R1	00080f69bc	41,53	H	8			
R1	00080f89c9	48,03	H	10	1		
R1	00080f72da	59,64	H	1			
R1	00080f510e	47,34	H	3			
R1	00080f662b	47,74	H	3			
R1	00080f57b1	51,12	H	9			
R1	00081c03bb	49,9	H	7			
R1	00080F6200	52,72	H	7			
R1	00080f51d8	53,54	H	5			
R1	00080f631a	45,33	H	8			
R1	00080f73d6	54,7	H	5	1		
R1	00080f61f3	36,66	H	4			
R1	00080f672a	52,71	H	7			
R1	00080f501c	55,43	H	3			
R1	00081c0de6	43,93	H	5	1		
R1	00081c06cf	53,03	H	3			
R1	00081c1157	46,72	H	1			
R1	00080f89a7	59,76	H	1			
R1	00081c0a17	56,38	H	7			
R1	00080F6035	55,65	H			Mortalidad	
R1	00080f6939	43,62	H	1			
R1	00080f6007	54,36	H	0			
R1	00080f60e2	51,26	H	3			
R1	00080f74a3	49,33	H	1			
R1	00080f912f	54,08	H	2			
R1	00081c0f42	50,05	H	0			
R1	00081c03c4	48,3	H	2			
R1	00080f6349	54,41	H	3		1	
R1	00081bff1e	49,61	H	5			
R1	00080f6bd8	53,17	H	3			
R1	00080f768f	46,11	H	6			
R1	00081bfc5d	53,39	H	5			2
R1	00080f6a5f	48,82	H	2			
R1	00080F4B46	54,65	H			Mortalidad	
R1	00080f6857	58,31	H	0			
R1	00080f6fc9	44,51	H	1	1		
R1	00080f6c15	48,57	H	2			
R1	00080f54d7	54,54	H	0			
R1	00081c0be1	52,78	H	5			
R1	00080f57ae	57,2	H	7		1	
R1	00080f6805	49,55	H	3		1	
R1	00080f7619	49,83	H	5			
R1	00080f54dc	42,64	H	1			
R1	00080f85e3	60,47	H	8			
R1	00080f50ad	49,4	H	3			
R1	00080f77d4	49,69	H	1			
R1	00081c02bd	50,65	H	6			
R1	00080f803b	50,51	H	6			
R1	00081c0bac	47,94	H	4			
R1	00080f8472	54,6	H	5			
R1	00080f5db6	54,25	H	1			
R1	00080f6d28	54,63	H	2			
R1	00080f5dc3	66,77	H	2			
R1	00081bff85	41,7	H	3			
R1	00080f68af	53,29	H	3			
R1	00080f6425	51,52	H	3			
R1	00080f64b0	55,18	H	0			
R1	00081c10f9	48,76	H	3			
R1	00080f5b43	51,18	H	9			
R1	00081c1069	54,15	H	1			
R1	00080f7fef	48,35	H	3			
R1	00080f63bd	53,96	H			Mortalidad	

R1	00080f6f5c	57,63	H	6			
R1	00081be373	57,23	H	3			
R1	00080f5d1d	57,03	H	5			
R1	00081c0ed3	49,78	H	5			
R1	00080f5d1b	44,81	H	1			
R1	00080f6e83	56,72	H	3			
R1	00080f7cc4	41,71	H	1			
R1	00080f74c1	46,71	H	5			
R1	00081c152a	51,63	H	1			
R1	00081bf5a0	52,98	H	3			
R1	00080f8200	58,14	H	1		1	
R1	00080f6e42	52,01	H	4			
R1	00080f7348	49,95	H	0			
R1	00080f7fd1	50,06	H	4			
R1	00081c1615	54,69	H	3			
R1	00080f6058	50,54	H	6		1	
R1	00080f7e6c	37,95	H	0			
R1	00080f6470	48,54	H	0			
R1	00080f6042	52,8	H	2			
R1	00080f6d29	56,92	H	2			
R1	00080f5323	50,14	H	3			
R1	00081c016b	51,69	H	3			
R1	00080f6ebe	48,55	H	3			
R1	00080f7bc9	58,87	H	0			
R1	00080f6261	46,75	H	2		1	
R1	00081be4d6	51,66	H	2			
R1	00080f70af	55,45	H	4			
R1	00080f9801	59,31	H	3			
R1	00080f5b98	55,19	H	4			2
R1	00081be937	52,35	H	0			
R1	00080f51ec	52,98	H	2			
R1	00080f697c	47,5	H	4			
R1	00080f87af	53,03	H	4			
R1	00080f93ad	51,22	H	3			
R1	00080f6691	41,55	H	9			
R1	00080f508e	47,5	H	8			
R1	00080f62a5	49,11	H	10		1	
R1	00081c0ebd	56,92	H	5		1	
R1	00081bf3d0	55,47	H	4			
R1	00081c1067	52,15	H	3			
R1	00080f5297	64,61	H	2			
R1	00081c0dd1	45,75	H	6			
R1	00080f9876	44,15	H	2			
R1	00080f7ba7	56,64	H	6			
R1	00080f7e23	56,32	H	3			
R1	00081c07dd	52,59	H	1			
R1	00080f6d91	55,55	H	3			
R1	00081c0c79	49,12	H	4			
R1	00081bfe4f	53,23	H	2			
R1	00080f60c8	51,88	H	1			
R1	00080f5b33	53,7	H	7			
R1	00080f7980	52,54	H	7			
R1	00080f885f	52,01	H	5			
R1	00081bfeda	49,24	H	6			
R1	00080f6d60	59,05	H	2			
R1	00080f9567	54,33	H	2		1	
R1	00080f6b00	55,2	H	2			
R1	00080f555e	60,07	H	4			
R1	00080f6ac3	52,99	H	0			
R1	00080f7652	57,35	H	2			
R1	00080f600d	53,43	H	3			1
R1	00080f5a70	49,23	H	6			
R1	00080f82d0	50,59	H	1			
R1	00080f69e1	58,98	H	5			
R1	00081c156f	52,77	H	3			
R1	00080f793d	51,55	H	3			

R1	00080f778c	51,02	H	6			
R1	00081c0fc0	57,88	H	4			
R1	00080f9405	49,79	H	3			
R1	00080f6ab5	46,5	H	8	1		
R1	00080f6575	47,33	H	7			
R1	00081beb8a	46,37	H	8			
R1	00080f6b39	55,94	H	7			
R1	00080f7203	53,06	H	4			
R1	00080f701b	46,53	H	7			
R1	00081c15cc	53,23	H	5			
R1	00080f9191	55,7	H	1			
R1	00080f7810	58,54	H	3			
R1	00080f76ec	48,06	H	8			
R1	00080f73b5	54,24	H	3			
R1	00080f86f2	55,5	H	4			
R1	00080f9989	60,47	H	1		1	
R1	00081be2b3	45,13	H	7	1		
R1	00080f8626	55,16	H	11			
R1	00080f7f71	55,49	H	4			1
R1	00080f6f43	53,44	H	5			
R1	00080f3a4c	49,63	H	8			
R1	00080f7c30	57,94	H	2			
R1	00080f4b20	48,21	H	0			
R1	00081c113e	48,47	H	9			
R1	00080f9b7e	47,18	H	0			
R1	00080f6a9c	54,59	H	5			1
R1	00080f765d	54,5	H	1			
R1	00080f7c37	52,35	H	0			
R1	00080f8054	55,76	H	10			
R1	00080f73df	54,31	H	3			
R1	00080f79f8	53,78	H	6			
R1	00080f6b08	50,4	H	4			
R1	00080f730b	54,15	H	1			
R1	00081c07c7	51,81	H	8			
R1	00081c0174	57,24	H	4			
R1	00080f6cab	55,41	H	2	3	1	
R1	00080f6346	42,84	H	3	1		
R1	00080f8956	55,13	H	2	1		
R1	00080f8c44	51,53	H	1			
R1	00081c0cba	54,12	H	0			
R1	00080f800b	48,12	H	5			
R1	00080f78f4	63,11	H	2			
R1	00080f74c9	50,06	H	4			
R1	00080f715a	53,61	H	6			
R1	00080f7b45	59,02	H	1			
R1	00080f6bca	47,4	H	4			
R1	00080f881e	51,12	H	2			
R1	00080f7ab4	48,08	H	3			
R1	00080f7a62	45,44	H	4	1		1
R1	00081bfa8b	45,58	H	5			
R1	00080f931d	51,04	H	0			
R1	00080f9c06	47,67	H	0			
R1	00081c0d6e	53,94	H	5			
R1	00080f6a23	41,93	H	0		1	
R1	00081bf97c	56,18	H	3			
R1	00080f51a8	47,57	H	1			
R1	00081bf2de	45,27	H	8			
R1	00080f733d	56,64	H	1		1	
R1	00080f5d20	51,63	H	3			
R1	00080f7199	57,27	H	2			
R1	00080f8033	51,43	H	2			
R1	00081c143c	46,3	H	0			
R1	00080f7c5c	55,59	H	2		1	
R1	00080f6b7c	52,2	H	3			
R1	00080f981d	55,76	H	6			1
R1	00081c1249	58,86	H	5			

R1	00080f75ff	51,56	H	2		2	
R1	00080f998f	40,56	H	3			
R1	00080f6a54	47,07	H	6		1	
R1	00080f7b15	59,48	H	3			
R1	00080f6276	54,33	H	4			
R1	00080f4fee	44,41	H	3			
R1	00080f4edb	53,1	H	0			
R1	00080f6a75	46,03	H	3			
R1	00080f6a8e	45,1	H	1			
R1	00080f8d22	51,02	H	2			
R1	00081c0003	54,68	H	1			
R1	00080f6f0f	59,36	H	1			
R1	00080f6aa7	48,38	H	8		1	
R1	00080f802d	46,14	H	4			
R1	00080f7787	48,43	H	9		1	
R1	00080f6828	53,32	H	4			
R1	00081bfb8d	54,72	H	1			
R1	00080f5355	79,85	H	0			
R1	00080f9028	58,63	H	3			
R1	00081bf5b1	45,32	H	8			
R1	00080f86be	50,39	H	4			
R1	00080f77db	59,28	H	3	1		
R1	00080f75fb	48,05	H	6			
R1	00080f63ab	61,45	H	3			
R1	00080f51c2	51,73	H	7			
R1	00081c112b	54,64	H	0			
R1	00081c179e	51,97	H	1			
R1	00081c1659	49,24	H	3			
R1	00080f7ac3	48,36	H	4			
R1	00080f7596	57,19	H	1		1	
R1	00080f62eb	42,76	H	1			
R1	00080f84c7	60,5	H	2			
R1	00080f5339	55,74	H	3		1	
R1	00081c0278	54,45	H	0			
R1	00080f5315	57,01	H	1			
R1	00080f7e91	58,37	H	2		1	
R1	00080f7e27	50,3	H	4			
R1	00080f6f46	60,63	H	4			
R1	00080f8223	51,13	H	2		1	
R1	00081c0d03	47,37	H	1			
R1	00080f5b77	51,86	H	4			
R1	00081c0950	57,09	H	2			
R1	00081c15b2	51,39	H	2			
R1	00080f7863	46,55	H	2			
R1	00080f4ff7	47,83	H	4			
R1	00080f62f0	46,37	H	5			
R1	00080f89b2	45,51	H	4		1	
R1	00080f7607	55,98	H	5			
R1	00080f6d2c	46,48	H	5			
R1	00080f7dca	51,14	H	5		1	
R1	00080f58ea	53,61	H	4			
R1	00081c0ef0	55,73	H	4			
R1	00080f92f4	49,36	H	3			
R1	00080f515b	45,58	H	10			
R1	00081c104d	54,38	H	3			
R1	00081c0344	49,34	H	3			
R1	00080f50fa	53,17	H	7			
R1	00080f50a2	56,62	H	1			
R1	00080f5e0c	48,33	H	2			
R1	00081bfbd9	58,8	H	4			
R1	00081c0bce	50,27	H	4			
R1	00080f523e	52,75	H	2			
R1	00080f7cce	53,4	H	1			
R1	00081b9b08	57,78	H	4			1
R1	00080f8a54	57,13	H	2		1	
R1	00080f58d1	42,29	H	1			

R1	00080f73d8	61,14	H	3			
R1	00080f7bd9	50,09	H	2			
R1	00080f5aa6	57,04	H	7			
R1	00080f5a47	47,53	H	1			1
R1	00080f5f15	53,02	H	3			
R1	00080f4fc5	55,73	H	3		1	
R1	00080f636f	45,58	H	6			

### **Anexo EE.**

*Detalle del Tanque 2E con microchips, identificando Códigos, Frecuencia de eventos reproductivos y Mortalidad.*

Tanque 2	Códigos	Peso Núcleo Genético (g)	Sexo	Desoves efectivos	Desove Parcial	No desovada	Mal copuladas
R2	00080f652b	53,35	H	1			
R2	00080f56c4	54,19	H	5			
R2	00081bf50b	49,16	H	4	2		
R2	00080f5b1e	55,69	H	1			
R2	00080f5b24	56,03	H	2			
R2	00080f5482	57,84	H	6			
R2	00080f7ee1	57,09	H	5			
R2	00080f6911	53,6	H	7			
R2	00080f5ae2	52,34	H	3			
R2	00080f50d7	45,82	H	1			
R2	00080f58ca	53,91	H	8			2
R2	00080f654c	48,14	H	3			
R2	00081c0c7a	51,56	H	0			1
R2	00080f5963	53,45	H	6			
R2	00080f6a41	57,17	H	2			1
R2	00080f5f6f	48,06	H	3			
R2	00080f9b98	51,59	H	6			
R2	00080f4f4f	54,78	H	12		1	
R2	00080f6bde	59,09	H	8			
R2	00080f715d	57,56	H	6			
R2	00080f5139	52,3	H	1			
R2	00081bfc9	52,25	H	3			
R2	00080f542c	52,24	H	4			
R2	00080f617c	53,18	H	3			2
R2	00080f4fbc	50,29	H	2			
R2	00080f9517	45,02	H	2			
R2	00080f56b6	53,65	H	1			
R2	00081b9d0f	47,44	H	3			
R2	00080f5267	53,09	H	6			
R2	00080f74df	50,76	H	0			
R2	00080f564d	51,08	H	8			
R2	00080f5740	51,71	H	0			
R2	00080f545b	55,57	H	2		1	
R2	00080f87f0	51,08	H	3			
R2	00080f51f6	52,76	H	0			
R2	00080f4a6f	47,38	H	6			
R2	00080f52ce	46,5	H	5			
R2	00080f6388	51,25	H	7			
R2	00080f7706	49,31	H	3			
R2	00080f5967	54,06	H	3			
R2	00080f63c6	50,69	H	5			

R2	00080f4ad5	50,01	H	5			
R2	00080f9102	57,77	H	4			
R2	00080f4b37	50,45	H	4			1
R2	00081c02b2	47,53	H	3			
R2	00080f616b	49,57	H	1			
R2	00080f5004	53,06	H	1			
R2	00080f57d4	46,03	H	4			
R2	00080f5ed0	58,54	H	1			
R2	00080f7f07	51,82	H	5			
R2	00080f5190	52,2	H	7			
R2	00080f9340	52,28	H	4			
R2	00080f643c	59,17	H	0			
R2	00080f61c3	56,08	H	2			
R2	00080f4b6a	46,83	H	4			
R2	00080f513d	49,55	H	2			
R2	00081bf5ef	49,15	H	0			
R2	00080f5e57	41,45	H	3			1
R2	00081c0b35	51,68	H	3			
R2	00080f657b	48,42	H	2			
R2	00080f5d95	42,82	H	4			
R2	00080f5703	53,4	H	4	1	1	1
R2	00080f7618	47,38	H	3			
R2	00080f5d65	52,31	H	1			
R2	00080f6d95	48,26	H	7		1	
R2	00080f54f8	58,18	H	3			
R2	00080f5b7a	50,18	H	6			
R2	00080f5aad	46,49	H		Mortalidad		
R2	00080f4b47	50,15	H	2			
R2	00080f512b	45,09	H	3		1	
R2	00080f6b3e	52,79	H	5			
R2	00080f79fd	54,67	H	8			
R2	00081c12a5	55,31	H	1			
R2	00080f9894	49,09	H	3			
R2	00080f512d	51,31	H	3			
R2	00080f67f7	50,97	H	7			1
R2	00080f7650	39,25	H	4			
R2	00080f5fd8	57,89	H	3			
R2	00080f4fa5	55,47	H	3			
R2	00080f4ee2	52,2	H	4			
R2	00081c0098	50,09	H	8			
R2	00080f6315	38,36	H	1			
R2	00080f799c	53,57	H	1			
R2	00080f4eff	43,78	H	4	1		
R2	00080f4b2f	54,91	H	7			
R2	00080f7a8a	47,73	H	4			
R2	00080f534f	51,12	H	4			
R2	00080f653b	56,18	H	0			
R2	00080f4f88	49,34	H	2			
R2	00080f765b	54,66	H	5			
R2	00080f6d00	51,02	H	4			
R2	00081c042d	54,83	H	1		1	
R2	00080f718d	57,33	H	4			
R2	00080f80bd	49,5	H	5			
R2	00080f561c	57,59	H	4			
R2	00080f5f65	53,09	H	3			
R2	00080f91f9	54,01	H	1			
R2	00080f870f	50,56	H	3			1
R2	00081bfc25	52,88	H	2			
R2	00080f80d2	51,81	H	4		1	
R2	00080f511f	52,65	H	4			
R2	00080f72ff	48,28	H		Mortalidad		
R2	00080f5b99	51,26	H	4			
R2	00080f6589	53,61	H	4		1	
R2	00080f6404	52,3	H		Mortalidad		
R2	00080f8898	49,34	H	3			
R2	00081beb69	54,3	H	6			

R2	00080f5991	52,88	H	5			
R2	00080f5234	50,83	H	1			
R2	00080f9217	57,4	H	1	1		
R2	00080f502b	49,6	H	6			
R2	00080f65af	54,47	H	3			
R2	00080f91a1	53,31	H	6			
R2	00080f6700	47,67	H	5	1		
R2	00080f9312	61,23	H	3			
R2	00080f4a7e	47,79	H	3			
R2	00080f91eb	53,7	H	2			
R2	00080f5b40	52,91	H	6			
R2	00080f98f9	62,3	H	3			
R2	00080f529a	47,35	H	7			
R2	00080f4ee4	55,11	H	1			
R2	00080f5d99	51,63	H	2			
R2	00080f67fb	56,95	H	3		1	
R2	00080f65c7	57,43	H	2			
R2	00081c01a9	57,91	H	1			
R2	00080f59f1	55,82	H	7			
R2	00080f89c1	50,57	H	5			
R2	00080f58b5	44,39	H	1			
R2	00080f513f	49,5	H	0			
R2	00080f5c02	49,68	H	1			
R2	00080f5ece	52,45	H	3			
R2	00080f955b	47,1	H	4			
R2	00080f601d	49,83	H	0			
R2	00080f5a57	52,33	H	6			
R2	00080f5c7e	57,44	H	4			
R2	00080f5a55	49,75	H	7			
R2	00081bfedf	49,26	H	2			
R2	00080f5fd3	57,51	H	6			
R2	00080f654d	51,92	H	1			
R2	00080f5a98	56,03	H	1	1	1	
R2	00080f5a11	47,21	H	4			
R2	00080f5eda	55,81	H	5			1
R2	00080f6039	52,49	H	6			
R2	00080f5354	51,21	H	3			
R2	00080f50dd	51,94	H	4			
R2	00080f6116	53,15	H	4			
R2	00080f5b6d	52,07	H	2			
R2	00080f535d	50,24	H	2			1
R2	00080f6c12	57,21	H	3			
R2	00080f500c	63,97	H			Mortalidad	
R2	00080f5fa5	52,79	H	5			
R2	00080f650d	47,99	H	5			
R2	00080f52b1	47,96	H			Mortalidad	
R2	00080f5778	60,01	H	5			
R2	00081c0088	51,94	H	8			
R2	00080f9592	52,01	H	1			
R2	00080f4ee8	45,09	H	1			
R2	00080f693a	51,63	H	5	1		
R2	00080f59e1	52,72	H	4			
R2	00080f87fe	50,01	H	3		1	1
R2	00080f675f	56,7	H	1	1		
R2	00080f7940	52,25	H	6			
R2	00080f5794	52,97	H	5			
R2	00080f4f57	47,32	H	6			
R2	00080f891c	55,24	H	4			
R2	00080f4f63	48,4	H	3			
R2	00080f63b9	55,24	H	3			
R2	00080f954d	60,37	H	5			
R2	00080f5c11	54,37	H	3			
R2	00080f6dbd	53,31	H	2			
R2	00080f56f6	52,45	H	0	1		
R2	00081c0213	51,49	H	9			
R2	00080f4ac0	46,39	H	5			

R2	00080f4b32	48,6	H	3			
R2	00081bf2e3	45,12	H			Mortalidad	
R2	00080f9342	46,31	H	6			2
R2	00080f58ce	60,78	H	3			
R2	00081c0999	54,48	H	6			
R2	00081bff90	53	H	5			
R2	00080f589c	55,43	H	5			
R2	00080f7e49	55,01	H	0			1
R2	00080f66e3	49,81	H	5			
R2	00080f7ffe	51,04	H	4			
R2	00080f4c75	24,19	H	2			
R2	00080f568b	51,24	H	5		1	
R2	00080f6814	43,02	H	9			
R2	00080f6002	49,17	H	4			
R2	00080f65b0	47,77	H	2			
R2	00081c15a3	61,39	H	0			
R2	00081c0791	51,72	H	4			
R2	00080f5ad9	50,36	H	7			
R2	00080f5b0f	58,78	H	2			
R2	00080f5c04	50,16	H	4			
R2	00080f5f8b	52,78	H	4		1	
R2	00081c03f3	57,06	H	4			
R2	00080f6d82	52,58	H	4	1		
R2	00080f6811	49,87	H	3			1
R2	00080f67fa	51,16	H	8			
R2	00080f72cf	46,73	H	6			1
R2	00081bfd3f	64,39	H	0			
R2	00080f78d8	52,58	H	3	1	1	1
R2	00080f61e4	50,8	H	5			
R2	00080f63f3	50,95	H	1			
R2	00080f660d	47,37	H	1			
R2	00080f5b64	58,37	H	5			1
R2	00080f5181	44,15	H	0			
R2	00080f7067	51,12	H	4			
R2	00080f7451	52,94	H	1			
R2	00080f8a92	57,45	H	3			
R2	00080f68ec	62,29	H	0			
R2	00080f72d0	56,28	H			Mortalidad	
R2	00080f6977	52,58	H	3			
R2	00080f4c73	50,95	H	2	1		
R2	00080f4a5d	46,24	H	0			
R2	00081c0b27	51,71	H	1			
R2	00080f6698	62,04	H	4			
R2	00080f565d	54,93	H	5			1
R2	00080f5b1a	52,02	H	3			
R2	00080f577f	42,98	H	2			
R2	00080f6005	48,6	H	4			1
R2	00081c03b4	53,45	H	2			
R2	00080f640e	51,5	H	4			
R2	00080f662a	45,07	H	5			
R2	00080f7c7d	49,72	H	3	1		
R2	00080f550f	57,34	H	7			
R2	00080f5fa4	36,81	H	9			
R2	00080f65c2	42,9	H	2			
R2	00080f5fea	48,49	H	1			
R2	00080f65eb	44,44	H	3			
R2	0007e4570b	63,32	H	2	1		
R2	00081c071b	54,02	H	4			
R2	00080f56fc	47,64	H	4			
R2	00080f54f4	46,98	H	2			
R2	00080f5146	55,69	H	8			
R2	00080f87b0	42,09	H	5			1
R2	00081bf899	48,68	H	3			
R2	00080f56e2	48,07	H	4			
R2	00080f70f2	49,83	H	4			
R2	00080f7c57	60,55	H	3			

R2	00080f5e93	48,4	H	2			
R2	00080f8578	59,55	H	2			
R2	00080f51c0	43,41	H	7			
R2	00080f89a0	56,34	H	5			
R2	00081be71b	51,7	H	7			
R2	00080f5a1f	56,54	H	2			
R2	00080f4aaf	49,35	H	5			
R2	00080f5b0a	54,77	H	0			
R2	00080f511c	55,16	H	1			
R2	00080f5efe	49,73	H	5			
R2	00080f526d	49,45	H	2			
R2	00080f9a18	47,24	H	0			
R2	00080f55e3	49,58	H	3		1	
R2	00080f521c	56,3	H	6			
R2	00080f5c9a	58,77	H	1			
R2	00080f714f	51,19	H	4			1
R2	00080f5d8e	59,28	H	0		1	
R2	00081c0586	60,69	H	4			

**Anexo FF.**

*Detalle del Tanque 3E con microchips, identificando Códigos, Frecuencia de eventos reproductivos y Mortalidad.*

Tanque 3	Códigos	Peso Núcleo Genético (g)	Sexo	Desoves efectivos	Desove Parcial	No desovada	Mal copuladas
R3	00081bf75c	50,13	H	4			
R3	00081bf974	42,4	H	9			
R3	00081be6e4	43,49	H	1			1
R3	00081bf6cc	50,15	H	6			
R3	00080f7710	50,66	H	0			
R3	00080f7541	50,53	H	1			
R3	00080f952a	54,85	H	1			
R3	00080f7e7c	45,2	H	8			
R3	00081bf9d7	51,14	H	2	1	1	
R3	00080f7da6	52,47	H	5			
R3	00081be656	49,08	H	4		1	
R3	00080f596b	50,87	H	4			1
R3	00081bf04b	51,86	H	1			
R3	00081be247	45,05	H	1			1
R3	00080f7de6	56,86	H	2			
R3	00081bede1	52,82	H	4			
R3	00081bf712	45,82	H	0			
R3	00081bf2fd	56,69	H	5	1		
R3	00080f9a90	50,7	H	5			
R3	00080f7f9c	50,23	H	2			
R3	00081becd4	57,51	H	2			
R3	00080f784d	43,03	H	6		1	
R3	00080f8b23	54,27	H	4			
R3	00080f88ca	46,33	H	2			
R3	0007e5a109	62,61	H	2			
R3	00081bf6a3	57,06	H	3			
R3	00081be466	47,32	H	2			
R3	00081be496	52,15	H	5			
R3	00080f8779	50,27	H			Mortalidad	
R3	00080f8a78	45,23	H	1			
R3	00081bf2fc	44,6	H	3			

R3	00081bf49e	49,86	H	3			
R3	00080f6280	59,32	H	5			
R3	00081beb3b	54,22	H	6			
R3	00080f7540	50,06	H	5			
R3	00080f9650	53,09	H			Mortalidad	
R3	00081bf30e	50,48	H	3			
R3	00081be716	50,98	H	4			1
R3	00080f93dd	46,89	H	7			1
R3	00080f7fff	51,23	H	2			
R3	00081bf3e1	43,66	H	8			
R3	00080f7408	49,82	H	2			1
R3	00080f985c	43,17	H	1			
R3	00081bf95d	61,67	H	0			1
R3	00080f724a	51,82	H	2			
R3	00081bfa3c	44,49	H	5			
R3	00081be269	51,9	H	4			1
R3	00081bf6df	58,82	H	1			
R3	00080f4ef2	54,95	H	3		1	
R3	00081be538	48,94	H	3			
R3	00081bf3e9	58,45	H	0			
R3	00081bf53e	52,84	H	2			1
R3	00081bf48c	56,77	H	1	1		1
R3	00080f7745	49,78	H	1			
R3	00080f4f12	47	H	4			
R3	00081bf786	51,1	H	2			
R3	00081bf706	46,41	H	2			
R3	00081be605	53,87	H	1			
R3	00081bf95b	40,15	H	3			
R3	00080f86c4	46,27	H	1			
R3	00081be385	56,51	H	1			
R3	00080f9acc	50,29	H	6			
R3	00080f7c97	51,47	H	6			
R3	00080f98c4	40,12	H	8	1		
R3	00080f70f8	52,39	H	5			
R3	00081be9c2	40,34	H	4		1	
R3	00080f9890	46,83	H	5	1		
R3	00081beac5	45,65	H	6			
R3	00081be245	51,01	H	3			1
R3	00081bed4c	57,03	H	0			
R3	00081bf2aa	46,67	H	5			
R3	00080f915d	50,17	H	5			
R3	00081bf8f9	46,66	H	5			1
R3	00080f94e4	49,89	H	4		1	
R3	00080f5bc2	54,29	H	5		1	
R3	00081be957	53,47	H	3			
R3	00081bfafd	52,71	H	2			
R3	00080f9844	54,55	H	4			
R3	00081be916	60,56	H	2			
R3	00081be2ea	45,42	H			Mortalidad	
R3	00081bf42d	52,48	H	2			
R3	00081be2f7	55,16	H	6			1
R3	00081be33c	49,66	H	0			
R3	00080f6025	48,09	H	2			
R3	00081be422	48,24	H	7			
R3	00081bea7f	57,81	H	3			
R3	00080f52d7	52,23	H	5			1
R3	00080f6a22	42,34	H	3	1		
R3	00080f8723	48,07	H			Mortalidad	
R3	00080f949d	62,88	H	2	1	1	
R3	00081be524	45,85	H	7			
R3	00081bf22e	49,72	H	3			
R3	00080f9a9a	52,59	H	9			
R3	00081befbb	48,33	H	4			
R3	00080f967a	39,77	H	4			
R3	00081bf1fd	53,29	H	3			
R3	00080f7804	58,54	H	2			

R3	00081bfaca	39,66	H	4			
R3	00081c0934	40,98	H	4			
R3	00080f600c	52,83	H	4			
R3	00080f7ba1	49,96	H	4			
R3	00081bf2d1	52,45	H	0			
R3	00081bf063	54,41	H	3			
R3	00081be23a	50,58	H	1			
R3	00080f94e1	57,62	H	3			
R3	00081be862	46,93	H	7			1
R3	00080f7a54	54,44	H	1			
R3	00081be349	58,55	H	2			
R3	00080f97ca	46,64	H	3			
R3	00080f7223	48,53	H	3			
R3	00080f87a5	46,48	H	4			
R3	00081be2d9	49,93	H	7			
R3	00080f7c0a	48,16	H	4			
R3	00080f8831	49,73	H	2			
R3	00081bf93f	50,12	H	2			
R3	00080f4c80	54,22	H	6			1
R3	00080f65e3	52,72	H	4			
R3	00080f4f14	50,79	H	0			
R3	00081bf859	53,65	H	5			
R3	00081bf01a	52,65	H	9			
R3	00081bf678	42,36	H	0			
R3	00080f550d	49,78	H	8			
R3	00080f5388	52,04	H	2			
R3	00081be240	55,67	H	8			
R3	00080f7a10	52,3	H	2			1
R3	00080f7c19	50,48	H	1	1		
R3	00081be85c	57,69	H			Mortalidad	
R3	00080f51f8	53,76	H	10			
R3	00080f96f6	47,54	H	0			
R3	00081bf3e	42,33	H	6			
R3	00080f7616	41,91	H	8			
R3	00081beaa6	56,94	H	5			
R3	00081be18f	55,1	H	3			
R3	00080f9503	54,89	H	5			
R3	00080f73dc	46,92	H	2			
R3	00080f926b	51,93	H	2			
R3	00081bd427	43,62	H	3	1		
R3	00080f662d	41,5	H	7			
R3	00081be5dc	45,82	H	5			
R3	00081bf16a	57,17	H	1		1	2
R3	00081bf62c	57,04	H	3			1
R3	00080f7673	58,02	H	3			
R3	00081bf0a8	45,81	H	5			
R3	00080f96cf	44,52	H	3		2	
R3	00080f7292	45,4	H	6			
R3	00081be221	51,63	H	4		1	
R3	00080f7f6d	50,27	H	0		1	
R3	00081be3dc	45,7	H	1			
R3	00080f8cfd	50,78	H	0			
R3	00080f61e3	54,17	H	2			
R3	00080f9994	49,75	H	4			
R3	00081bf94b	48,6	H	3			
R3	00080f8687	47,5	H	6			
R3	00081beef2	50,36	H	3			
R3	00080f7a49	41,63	H	2			
R3	00080f8778	49,96	H	0			
R3	00081bf284	53,34	H	2			1
R3	00081be4ac	50,39	H	7		1	
R3	00081be4ea	46,15	H	0		1	
R3	00080f945b	45,76	H	0			
R3	00081be5f1	49,38	H	6			
R3	00081bf0f9	47,01	H	7		1	
R3	00081be9ce	52,32	H	2			

R3	00081be6a9	43,6	H	10			1
R3	00080f4f76	52,11	H	4			
R3	00081bed0c	49,35	H			Mortalidad	
R3	00080f7195	57,33	H	0		1	
R3	00081be678	50,14	H	5			1
R3	00081bf932	46,77	H	2			
R3	00080f9326	50,42	H	4			
R3	00081be48d	45,12	H	5			
R3	00081be990	43,85	H	7		1	
R3	00080f97ed	45,88	H	6			
R3	00080f7f3c	49,28	H	5	1		
R3	00081bed6a	58,76	H	2			
R3	00081bf96c	48,33	H	4		1	
R3	00081beb00	52,88	H	7			
R3	00081bee46	47,98	H	1			
R3	00081be80a	48,27	H	1			2
R3	00081beb7c	55,75	H	1			
R3	00080f77ce	47,82	H	2			
R3	00081be1ba	45,33	H	11			
R3	00081bf2e1	44,43	H	5			
R3	00081bec1e	54,27	H	4			
R3	00080f52d9	53,84	H	4			
R3	00081bef50	53,99	H	8			
R3	00081bee1c	50,13	H	8			
R3	00080f8799	48,79	H	4			
R3	00080f98ab	45,14	H	2			
R3	00081bf603	45,22	H	2			
R3	00080f92ae	54,44	H	3			
R3	00081bed83	50,71	H	5			
R3	00080f9867	52,43	H	5			1
R3	00080f94d9	58,01	H	2			
R3	00081be9a7	51,03	H	1			
R3	00081be2e4	55,98	H	4			
R3	00081bf18a	49,82	H	6		1	
R3	00080f9264	49	H	2			
R3	00080f6bf8	50,79	H	3			
R3	00081beff3	51,61	H	6		1	
R3	00081c0702	51,12	H	2			
R3	00081bf2d9	45,48	H	6			
R3	00081bf6e7	49,65	H	7			1
R3	00081be6b0	51,12	H	4			
R3	00080f5df5	54,18	H	10			
R3	00080f69fd	50,32	H	7			1
R3	00081be0e2	49,52	H	5			
R3	00080f7990	52,35	H	4			
R3	00081bf954	52,32	H	6		1	
R3	00081bf692	47,75	H	4			
R3	00081beba7	51,61	H	4			1
R3	00081c0a64	43,83	H	3			
R3	00080f75d3	50,23	H	8			
R3	00080f88f9	45,84	H	5			
R3	00080f92eb	54,93	H	1			
R3	00081bf6a6	54,8	H	3			
R3	00081bf3e6	41,7	H	2	1		
R3	00080f95db	46,22	H	1			
R3	00081be0fc	45,58	H	0	1		
R3	00080f6bb2	51,93	H	3			
R3	0007e59c75	60,24	H	4			
R3	00081b9d3f	53,9	H	1			
R3	00081bf201	47,33	H	6			
R3	00081befe1	52,87	H	5			
R3	00081bee4f	55,46	H	1			
R3	00080f982e	43,58	H	5			
R3	00080f870b	48,2	H	3	1		
R3	00080f86fd	60,28	H	6			
R3	00081be99e	48,62	H	6		1	

R3	00081beaa7	44,26	H	9			
R3	00080f9310	41,86	H	3			
R3	00080f93e1	46,92	H	1			
R3	00080f7118	49,29	H	3			
R3	00080f8b8a	41,78	H	6			
R3	00080f6b6b	46,58	H	6			
R3	00080f5f03	38,64	H	3			
R3	00080f70c0	47,86	H	3			
R3	00080f736a	49,64	H	4			
R3	00080f7301	51,63	H	3			
R3	00080f7724	56,15	H	0			
R3	00080f9779	51,82	H	2			
R3	00080f8a00	51,38	H	2			
R3	00081be5f5	51,87	H	7			
R3	00081be17d	49,76	H	1	1		
R3	00080f6e9c	49,33	H	7			
R3	00081c0fe9	43,96	H	6		1	
R3	00080f7fe5	47,08	H	1			
R3	00080f7489	46,2	H	1			
R3	00080f7bb0	47,89	H	2			
R3	00081bf165	49,3	H	4		2	
R3	00080f8a1d	48,93	H	5		1	
R3	00081be7d9	51,19	H	5			
R3	00081be416	44,59	H	1			
R3	00081bf63b	48,92	H	4	1	1	
R3	00080f5e96	46,33	H	7			
R3	00080f70b8	49,12	H	2			
R3	00080f5987	57,16	H	8			
R3	00081bf904	50,18	H	0		1	
R3	00080f7ff6	46,43	H	4			
R3	00080f9176	50,83	H	4			
R3	00081bebe2	47,53	H	3			
R3	00081bf9a9	52,3	H	3		1	
R3	00081be319	48,63	H	5			
R3	00081bf721	46,71	H	3			
R3	00081bf516	54	H	2			
R3	00081bf23c	48,22	H	7		1	
R3	00081be788	50,95	H	1			
R3	00080f5bc5	46,31	H	6	1		
R3	00080f9954	47,73	H	4		1	
R3	00080f94c6	45,7	H	0			
R3	00080f96ea	52,22	H	4			
R3	00080f52f9	53,85	H	3			
R3	00081be853	47,99	H	8			
R3	00080f4c5e	45,89	H	6			
R3	00080f6f77	54,2	H	1	1		2
R3	00081bf9a8	48,37	H	1			
R3	00080f96f4	54,52	H			Mortalidad	
R3	00081bf385	45,98	H			Mortalidad	
R3	00081c091a	59,74	H	1			
R3	00081be57f	54,82	H	3			
R3	00080f4af0	51,72	H	1			
R3	00081beb79	49,1	H	3			
R3	00081bf03c	46,24	H	1			
R3	00081bf29c	47,44	H	3			
R3	00080f590a	52,7	H	3			
R3	00080f9973	46,61	H	3		1	
R3	00081bed98	44,4	H	7			
R3	00081be3c6	49,76	H	2			
R3	00080f678f	48,82	H	2		1	
R3	00080f7140	52,85	H	3	1		
R3	00081be115	49,04	H	5			
R3	00080f97e6	49,18	H	0			1
R3	00080f4ad8	48,68	H	3		1	
R3	00081c178c	61,64	H	6			
R3	00080f74bf	56,45	H	4			

R3	00080f8237	60,78	H	4			1
R3	00081c1639	56,58	H	3			1
R3	00080f77da	57,74	H	3			
R3	00080f7460	63,02	H	5			
R3	00081c0b70	58,52	H	7			

## **Anexo GG.**

### *Registro de eventos reproductivos individuales en hembras.*

Fecha	Código	Tanque	Mal copulada	No desovada	Desove Parcial	Copula efectiva
18/8/2025	00081C10F9	1				00081C10F9
18/8/2025	00080F7199	1				00080F7199
18/8/2025	00080F6F46	1				00080F6F46
19/8/2025	00080F672A	1				00080F672A
19/8/2025	00081BEB8A	1				00081BEB8A
19/8/2025	00080F981D	1			00080F981D	
20/8/2025	00080F55AB	1				00080F55AB
20/8/2025	00080F803B	1				00080F803B
20/8/2025	00080F778C	1				00080F778C
20/8/2025	00081BF97C	1				00081BF97C
20/8/2025	00080F7E91	1				00080F7E91
21/8/2025	00080F70A8	1				00080F70A8
21/8/2025	00080F89C9	1				00080F89C9
21/8/2025	00080F57B1	1				00080F57B1
21/8/2025	00081C03BB	1				00081C03BB
21/8/2025	00080F73D6	1				00080F73D6
21/8/2025	00081C0DE6	1				00081C0DE6
21/8/2025	00080F76EC	1				00080F76EC
21/8/2025	00080F50FA	1				00080F50FA
22/8/2025	00081C02BD	1				00081C02BD
22/8/2025	00081C10F9	1				00081C10F9
22/8/2025	00080F62A5	1		00080F62A5		
22/8/2025	00081BFCD A	1				00081BFCD A
22/8/2025	00080F6575	1				00080F6575
22/8/2025	00080F701B	1				00080F701B
22/8/2025	00080F7F71	1				00080F7F71
23/8/2025	00080F6696	1				00080F6696
23/8/2025	00080F51D8	1				00080F51D8
23/8/2025	00080F57AE	1				00080F57AE
23/8/2025	00080F697C	1				00080F697C
23/8/2025	00081C0EBD	1				00081C0EBD
23/8/2025	00081BFE4F	1				00081BFE4F
23/8/2025	00080F9405	1				00080F9405
23/8/2025	00080F6828	1				00080F6828
24/8/2025	00080F55AB	1				00080F55AB
24/8/2025	00080F70A8	1				00080F70A8
24/8/2025	00080F6200	1				00080F6200
24/8/2025	00080f6a5f	1				00080f6a5f
24/8/2025	00080F5A70	1				00080F5A70
24/8/2025	00080F778C	1				00080F778C
24/8/2025	00081C0FC0	1				00081C0FC0
24/8/2025	00080f6f43	1				00080f6f43
24/8/2025	00081C0174	1				00081C0174
24/8/2025	00080F6BCA	1				00080F6BCA
24/8/2025	00081BF97C	1				00081BF97C
24/8/2025	00080F7787	1				00080F7787
24/8/2025	00080F515B	1				00080F515B

24/8/2025	00080F73D8	1				00080F73D8
24/8/2025	00080F636F	1				00080F636F
25/8/2025	00080F804B	1				00080F804B
25/8/2025	00080F89C9	1				00080F89C9
25/8/2025	00081C0A17	1				00081C0A17
25/8/2025	00080F60E2	1				00080F60E2
25/8/2025	00081C02BD	1				00081C02BD
25/8/2025	00080F6E83	1				00080F6E83
25/8/2025	00081C0C79	1				00081C0C79
25/8/2025	00080F5B33	1				00080F5B33
25/8/2025	00080F6AB5	1				00080F6AB5
25/8/2025	00080F6CAB	1		00080F6CAB		
25/8/2025	00080F8033	1				00080F8033
25/8/2025	00080F7AC3	1				00080F7AC3
25/8/2025	00080F58EA	1				00080F58EA
25/8/2025	00080F5AA6	1				00080F5AA6
26/8/2025	00080F6988	1				00080F6988
26/8/2025	00080F6349	1				00080F6349
26/8/2025	00080F57AE	1				00080F57AE
26/8/2025	00080F85E3	1				00080F85E3
26/8/2025	00080F70AF	1				00080F70AF
26/8/2025	00080F9801	1				00080F9801
26/8/2025	00081BFE4F	1				00081BFE4F
26/8/2025	00080F6B39	1				00080F6B39
26/8/2025	00080F7C30	1				00080F7C30
26/8/2025	00081C113E	1				00081C113E
26/8/2025	00080F8054	1				00080F8054
26/8/2025	00080F730B	1				00080F730B
26/8/2025	00081C0D6E	1				00081C0D6E
26/8/2025	00080F50FA	1				00080F50FA
26/8/2025	00081B9B08	1				00081B9B08
27/8/2025	00081C0FF7	1				00081C0FF7
27/8/2025	00080F6805	1				00080F6805
27/8/2025	00080F7BA7	1				00080F7BA7
27/8/2025	00080F6B00	1				00080F6B00
27/8/2025	00080F8626	1				00080F8626
27/8/2025	00080F765D	1				00080F765D
27/8/2025	00080F74C9	1				00080F74C9
27/8/2025	00081BF2DE	1				00081BF2DE
27/8/2025	00080F7787	1				00080F7787
28/8/2025	00080F5861	1				00080F5861
28/8/2025	00080F5356	1				00080F5356
28/8/2025	00080F631A	1				00080F631A
28/8/2025	00080F5D1D	1				00080F5D1D
28/8/2025	00080F3A4C	1				00080F3A4C
28/8/2025	00080F7A62	1		00080F7A62		
28/8/2025	00080F6276	1				00080F6276
28/8/2025	00080F6AA7	1				00080F6AA7
28/8/2025	00080F58EA	1				00080F58EA
28/8/2025	00080F636F	1				00080F636F
29/8/2025	00080F6988	1				00080F6988
29/8/2025	00080F4ACF	1				00080F4ACF
29/8/2025	00080F7AE9	1				00080F7AE9
29/8/2025	00081C0A17	1				00081C0A17
29/8/2025	00080F6349	1				00080F6349
29/8/2025	00080F6D28	1				00080F6D28
29/8/2025	00081C0C79	1				00081C0C79
29/8/2025	00080F701B	1				00080F701B

**Anexo HH.**

*Registro de cópulas diarias generales en Tanque Control.*

<b>CONTROL</b>					
<b>Día</b>	<b>Mal copuladas</b>	<b>No desovada</b>	<b>Cópulas Parciales</b>	<b>Cópulas efectivas</b>	<b>Cópulas Totales</b>
18/8/2025				2	2
19/8/2025				5	5
20/8/2025				6	6
21/8/2025				7	7
22/8/2025				9	9
23/8/2025				9	9
24/8/2025				13	13
25/8/2025	1			17	18
26/8/2025	1			15	16
27/8/2025			1	14	15
28/8/2025			1	15	16
29/8/2025		1		16	17
30/8/2025		1		19	20
31/8/2025				11	11
1/9/2025	1			10	11
2/9/2025	2	2		11	15
3/9/2025				15	15
4/9/2025	1	2		18	21
5/9/2025		1		15	16
6/9/2025				11	11
7/9/2025		2		10	12
8/9/2025				15	15
9/9/2025				18	18
10/9/2025			1	20	21
11/9/2025			1	10	11
12/9/2025	2	1	1	12	16
13/9/2025		2	1	11	14
14/9/2025	1			13	14
15/9/2025		1		11	12
16/9/2025		4		14	18
17/9/2025		2	1	21	24
18/9/2025	1	1		15	17
19/9/2025			1	18	19
20/9/2025	1	1		21	23
21/9/2025	2	1	3	16	22

22/9/2025				11	11
23/9/2025	2			20	22
24/9/2025			1	25	26
25/9/2025				20	20
26/9/2025		1		19	20
27/9/2025			1	18	19
28/9/2025				19	19
29/9/2025	2		1	21	24
30/9/2025				20	20
1/10/2025				19	19
2/10/2025				17	17
3/10/2025	2	1	1	15	19
4/10/2025				20	20
5/10/2025			1	17	18
6/10/2025				20	20
7/10/2025				19	19
8/10/2025		1	1	20	22
9/10/2025				20	20
10/10/2025				17	17
11/10/2025				22	22
12/10/2025				19	19
13/10/2025				25	25
14/10/2025				20	20
15/10/2025				19	19
16/10/2025				18	18
17/10/2025		1		21	22
18/10/2025				19	19
19/10/2025				18	18
20/10/2025				20	20
21/10/2025				21	21
22/10/2025				22	22
23/10/2025				19	19
24/10/2025				28	28
25/10/2025				20	20
26/10/2025				19	19
TOTAL	19	26	17	1150	

## Anexo II.

### Registro de cópulas diarias en los tanques experimentales y tanque control.

	TANQUE 1				TANQUE 2				TANQUE 3				CONTROL				Cópulas Totales
	Mal copuladas	No desovada	Parciales	Cópulas efectivas	Mal copuladas	No desovada	Parciales	Cópulas efectivas	Mal copuladas	No desovada	Parciales	Cópulas efectivas	Mal copuladas	No desovada	Parciales	Cópulas efectivas	
ago 18 2025				3				4				4				2	2
ago 19 2025			1	2				2				1				5	5
ago 20 2025				5	1			6				5				6	6
ago 21 2025				8				7				5				7	7
ago 22 2025		1		6	1		2	10		1		8				9	9
ago 23 2025				8				6	1	1		10				9	9
ago 24 2025				15		1		11	1			7				13	13
ago 25 2025		1		13	1	1		12		1		13	1			17	18
ago 26 2025				15				10	1	1		19	1			15	16
ago 27 2025				9	1			14		1		11			1	14	15
ago 28 2025			1	9				10	1		1	11			1	15	16
ago 29 2025				13				12	1			9				16	17
ago 30 2025				17				7		1		9			1	19	20
ago 31 2025				15	1			7		1		10				11	11
sep 01 2025		1		10			1	15	1			9	1			10	11
sep 02 2025				14			1	7				14	2			11	15
sep 03 2025		1		18		1	1	19	2	1		16				15	15
sep 04 2025		1		14	1	1		22	1	1		18	1	2		18	21
sep 05 2025				16				19		1		13		1		15	16
sep 06 2025		1		13		1		8	2			9				11	11
sep 07 2025				9			1	12		1	1	11		2		10	12
sep 08 2025		1		17	1			17	1		1	10				15	15
sep 09 2025				9	1	1		17	2	1		22				18	18
sep 10 2025		1		17		1	1	20	1	1	1	23			1	20	21
sep 11 2025		1		7				9		1	1	14			1	10	11
sep 12 2025	1	1		17		1		14		2		17	2	1	1	12	16
sep 13 2025	1			9	1		1	15				9		2	1	11	14
sep 14 2025				11	1			16	1			19	1			13	14
sep 15 2025		1		13	1			2	1	1		14		1		11	12
sep 16 2025		1		16		1	1	12	1	1		16		4		14	18
sep 17 2025				23		1	1	20	1			20		2	1	21	24
sep 18 2025		1		7	2	1	1	21		1		16	1	1		15	17
sep 19 2025		2	1	22				21	1		1	16			1	18	19
sep 20 2025				20				18				27	1	1		21	23
sep 21 2025	2	1	1	11	1			11	1	1		24	2	1	3	16	22
sep 22 2025		1		7	1			9		1		18				11	11
sep 23 2025				27				26				16	2			20	22
sep 24 2025			1	33		1		21				26			1	25	26
sep 25 2025				19	2			12			1	29				20	20
sep 26 2025				20		1		24				20		1		19	20
sep 27 2025		1		27		1		24		1		21			1	18	19
sep 28 2025	2	1	1	18	1		1	14	1	2		25				19	19
sep 29 2025		1	1	21		1	1	28		1		22	2		1	21	24
sep 30 2025		1		15		1	1	24				14				20	20
oct 01 2025				24	1			25			1	24				19	19
oct 02 2025				21		1		20			1	18				17	17
oct 03 2025				22				27	1	1		17	2	1	1	15	19
oct 04 2025		1		14		1		27		1		17				20	20
oct 05 2025				25		1		21	1			19				17	18
oct 06 2025				16	1			25	1			21				20	20
oct 07 2025			1	19			1	18		1		27				19	19
oct 08 2025				25	1		1	23	1			22		1	1	20	22
oct 09 2025			1	12	1	1		31		1		29				20	20
oct 10 2025		1	1	14		1	1	14	1	1	1	20				17	17
oct 11 2025	3			30	1			19	1		1	29				22	22
oct 12 2025	5	1	1	23	2		1	23	1	1	1	20				19	19
oct 13 2025		1		23		1		27	1		1	38				25	25
oct 14 2025		1	1	28	1	1		23	1	1	1	23				20	20
oct 15 2025		1		17		1	1	21		1	1	25				19	19
oct 16 2025	1		3	22			1	21			1	20				18	18
oct 17 2025				22	1		1	25		1	1	26			1	21	22
oct 18 2025	1	2		28	1		1	14	1	1	1	23				19	19
oct 19 2025				23	1			24	1	1		22				18	18
oct 20 2025				24				21				23				20	20
oct 21 2025				25				24				23				21	21
oct 22 2025				28				25				25				22	22
oct 23 2025				22				24				22				19	19
oct 24 2025				25				22				21				28	28
oct 25 2025				25				21				20				20	20
oct 26 2025				27				23				19				19	19
TOTAL	16	29	15	1202	29	24	21	1203	33	36	18	1243	19	26	17	1150	

**Anexo JJ.**

*Registro de Temperatura.*

<b>TEMPERATURA</b>				
<b>Día de producción</b>	<b>Tanque 1</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 3</b>	<b>Tanque control</b>
0	28,6	28,6	28,6	28,6
2	28,6	28,6	28,6	28,4
5	28,8	28,7	28,7	28,5
9	28,7	28,7	28,7	28,7
11	28,6	28,7	28,7	28,5
15	28,7	28,8	28,8	28,8
18	28,7	28,7	28,8	28,6
22	28,8	28,7	28,9	28,7
25	28,7	28,7	28,8	28,7
29	28,9	28,9	28,9	28,7
32	28,8	28,8	28,9	28,7
36	28,7	28,7	28,7	28,7
39	28,8	28,7	28,8	28,5
50	28,7	28,7	28,8	28,5
53	28,6	28,9	28,8	28,8
57	28,7	28,7	28,7	28,9
60	28,8	28,8	28,8	28,9
65	28,7	28,7	28,7	28,7
70	28,8	28,8	28,8	28,8

**Anexo KK.**

*Registro de Oxígeno.*

<b>OXÍGENO</b>				
<b>Día de producción</b>	<b>Tanque 1</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 3</b>	<b>Tanque control</b>
0	4,8	5,0	4,7	5,0
2	5,1	5,2	5,3	5,2
5	4,6	4,5	4,5	4,6
9	5,2	5,3	5,5	4,8

11	4,7	4,8	4,8	4,8
15	4,8	5,1	4,8	4,8
18	5,0	5,8	5,0	5,1
22	4,8	4,7	4,8	5,3
25	5,1	5,3	5,0	4,9
29	5,5	5,4	4,7	4,8
32	5,0	5,1	5,1	4,6
36	5,6	5,7	5,7	4,2
39	4,8	4,9	5,1	5,2
50	5,1	4,8	4,7	4,3
53	4,7	4,7	4,7	4,0
57	4,6	4,9	5,0	4,5
60	4,7	4,7	4,7	4,6
65	5,5	5,8	5,1	5,1
70	5,0	4,7	5,7	5,3

*Anexo LL.*

*Registro de Salinidad.*

<b>SALINIDAD</b>				
<b>Día de producción</b>	<b>Tanque 1</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 3</b>	<b>Tanque control</b>
0	33,0	33,0	33,0	33,0
2	33,7	33,7	33,7	33,3
5	33,3	33,3	33,3	33,0
9	33,0	33,0	33,0	33,0
11	33,3	33,3	33,3	33,3
15	33,3	33,3	33,3	33,7
18	33,7	33,3	33,3	33,0
22	33,7	33,7	34,0	33,7
25	33,7	33,7	33,7	33,3
29	33,0	33,0	33,0	33,0
32	33,0	33,0	33,0	33,0
36	33,3	33,3	33,3	33,3
39	33,3	33,3	33,3	33,3
50	33,7	33,7	33,3	33,0
53	33,3	33,3	33,3	33,0

57	33,3	33,3	33,3	33,3
60	33,3	33,3	33,3	33,3
65	33,3	33,3	33,3	33,3
70	33,7	33,3	33,3	33,0

**Anexo MM.**

*Pesos promedios iniciales, finales y ganado al final del experimento.*

TANQUES	Peso Promedio Inicial	Peso Promedio Final	Peso ganado
Tanque 1E	42,4	71,0	28,6
Tanque 2	47,0	71,2	24,2
Tanque 3	47,7	71,1	23,4
Tanque Control	56,2	79,8	23,6

**Anexo NN.**

*Pruebas de normalidad de los parámetros, aplicadas con el software Past versión*

*4.17.*

Tests for normal distribution					
	Supervivencia	Crecimiento	Salinidad	Oxígeno	Temperatura
<b>N</b>	4	4	4	4	4
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,8747	0,7452	0,9447	0,8949	0,7729
<b>p(normal)</b>	0,3164	0,03478	0,683	0,4064	0,06185
<b>Anderson-Darling A</b>	0,3933	0,5868	0,2839	0,361	0,5629
<b>p(normal)</b>	0,1838	0,04311	0,4099	0,2343	0,05162
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,2155	0,0375	0,5108	0,2723	0,0483
<b>Lilliefors L</b>	0,3432	0,3699	0,25	0,3287	0,394
<b>p(normal)</b>	0,102	0,05505	0,5188	0,1388	0,03017
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,1039	0,0588	0,5643	0,1343	0,0249
<b>Jarque-Bera JB</b>	0,5067	0,8793	0,1667	0,4193	0,8204
<b>p(normal)</b>	0,7762	0,6443	0,92	0,8109	0,6635
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,4119	0,0369	1	0,6393	0,0657