

# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

## TESIS

CULTIVO DE CAMARÓN BLANCO  
(*Penaeus vannamei*) CON AGUA  
SUBTERRÁNEA EN GUASAVE,  
SINALOA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y  
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

PRESENTA

**LEONARDO ROMÁN PALACIOS MÉNDEZ**



Tonalá, Chiapas

Mayo del 2024

# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

## TESIS

CULTIVO DE CAMARÓN BLANCO  
(*Penaeus vannamei*) CON AGUA  
SUBTERRÁNEA EN GUASAVE,  
SINALOA.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y  
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

PRESENTA

**LEONARDO ROMÁN PALACIOS MÉNDEZ**

Director

**DR. JUAN PABLO APÚN MOLINA**

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL-CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN  
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD SINALOA.

Asesor

**DR. FRANCISCO JAVIER TOLEDO SOLÍS**

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS-CENTRO DE INVESTIGACIONES  
COSTERAS.



Tonalá, Chiapas

Mayo 2024



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas  
Dirección de Servicios Escolares  
Departamento de Certificación Escolar  
Autorización de impresión



Lugar: Tonalá, Chiapas  
Fecha: 6 de mayo de 2024

C. Leonardo Román Palacios Méndez

Pasante del Programa Educativo de:

Licenciatura en Biología marina y Manejo integral de cuencas

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

**CULTIVO DE CAMARÓN BLANCO (*Penaeus vannamei*) CON AGUA SUBTERRÁNEA  
EN GUASAVE, SINALOA**

En la modalidad de **TESIS**

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

Mtro. Alexis Fanuel Velasco Ortiz

Dr. Emilio Ismael Romero Berny

Dr. Francisco Javier Toledo Solís

Firmas:

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía espiritual en este largo camino, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, gracias a él supere los momentos difíciles y me levante cada mañana para lograr mi sueño.

A mis padres por siempre creer en mí, por su comprensión, amor, muchas gracias.

A mi director de tesis, el Dr. Juan Pablo Apún molina que aun sin conocerme me brindarme su confianza, su paciencia, su apoyo y por transmitirme de su conocimiento en esta investigación, muchas gracias por estar conmigo desde el inicio y por creer en mí.

A mi asesor de tesis el Dr. Francisco Javier Toledo Solís les agradezco por sus observaciones y recomendaciones, los cuales fueron muy importantes para desarrollar esta investigación.

Un agradecimiento especial a la Dra. Apolinar Santamaria Miranda, por su valiosa compañía en esta aventura, gracias por recibirme en su hogar y hacerme parte de su familia, fue un honor convivir con usted y poder adquirir de su conocimiento, sin duda alguna usted es una persona que causa satisfacción al saber que con esfuerzo y disciplina los sueños pueden volverse realidad, gracias por todo.

Agradezco al laboratorio de Reproducción de Peces Marinos del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. IPN, Unidad Guasave, Sinaloa. Por prestarnos de sus instalaciones para desarrollar esta investigación.

A mis amigos Gabriela Lorenzana Manuel, Alexander Daniel Romero Velazco, Antonio Cruz Arizmendi, por su apoyo durante mi formación cada uno de ustedes se convirtieron parte de mi familia gracias por su amistad, consejos y por compartir todas esas historias y aventuras juntos.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico especialmente a mis queridos padres Leonardo Román Palacios Villatoro y Estela Méndez Ramírez, quienes son mi ejemplo a seguir, les agradezco por el apoyo incondicional que siempre me han brindado desde el primer día que decidí estudiar biología marina, gracias por los consejos que cada día me daban, los cuales me ayudaron a no rendirme y seguir luchando por mis sueños, no me alcanzaré la vida para agradecerles lo que ahora soy.

A mis hermanos Alexander de Jesús Espinoza Méndez, Beatriz Méndez Ramírez, Gema Yadira Palacios Méndez y Adilene de Jesús Palacios Méndez, quienes son la motivación que me hace levantarme cada día, muchas gracias por el apoyo durante mi carrera, ustedes siempre han estado junto a mí en cada momento de mi vida a pesar de la distancia que nos separa siempre estaré agradecidos con ustedes.

A mis sobrinos Giovanni, Jonatan, Sofia, Estrellita, Jaimito, Carlitos y Dalexa.

**Los amo con todo mi corazón.**

## INDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>vi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEORICO .....</b>	<b>3</b>
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE .....	3
2.1.1. Morfología.....	4
2.1.2. Ciclo de vida .....	5
2.1.3. Fases del ciclo de vida del camarón <i>P. vannamei</i> .....	6
2.2. AGUA SUBTERRÁNEA.....	6
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD ACUÍCOLA .....	7
2.3.1. Clasificación de sistemas acuícolas para <i>P. vannamei</i> .....	8
2.3.2. Sistema Extensivo .....	8
2.3.3. Sistemas semi-intensivo .....	8
2.3.4. Sistemas Intensivos .....	8
2.4. CONDICIONES DE CULTIVO .....	9
2.4.1. Temperatura .....	9
2.4.2. pH .....	10
2.4.3. Salinidad .....	11
2.4.4. Oxígeno disuelto .....	12
2.5. CICLO DEL NITRÓGENO .....	13
2.5.1. Amonio.....	13
2.5.2. Nitritos y nitratos .....	14
2.6. PROCESO DE ACLIMATACIÓN EN CULTIVOS DE CAMARÓN <i>P. vannamei</i> .....	14
<b>III. ANTECEDENTES .....</b>	<b>16</b>
<b>IV. OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
4.1. OBJETIVO GENERAL .....	21
4.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....	21
<b>V. HIPÓTESIS.....</b>	<b>22</b>
<b>VI. ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>23</b>
6.1. LOCALIZACIÓN.....	23
<b>VII. METODOS .....</b>	<b>25</b>
7.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
7.1.1. Condiciones del cultivo .....	27
7.2. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL LABORATORIO.....	28
7.3. ABASTECIMIENTO DE POSTLARVAS DE CAMARÓN <i>P. vannamei</i> PARA EL CULTIVO CON AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	30

7.4.	<i>ACLIMATACIÓN DE LOS JUVENILES</i> .....	31
7.5.	<i>BIOMETRIA</i> .....	33
7.5.1.	Alimentación .....	33
7.6.	<i>MONITOREO DE LAS VARIABLES FISICO-QUÍMICAS DEL AGUA</i> ..	35
7.6.1.	Nitrito.....	36
7.6.2.	Nitrato .....	36
7.6.3.	Amonio.....	37
7.6.4.	Potasio.....	38
7.7.	<i>ANÁLISIS DE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS.</i> .....	39
7.7.1.	Tasa específica de crecimiento (TEC) .....	40
7.7.2.	Tasa de crecimiento absoluta .....	40
7.7.3.	Supervivencia .....	40
7.7.4.	Factor de conversión alimenticia (FCA) .....	40
7.8.	<i>ANÁLISIS ESTADÍSTICOS</i> .....	41
<b>VIII.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>42</b>
8.1.	<i>PARÁMETROS FISICO-QUÍMICOS</i> .....	42
8.1.1.	Temperatura .....	42
8.1.2.	Oxígeno disuelto .....	43
8.1.3.	pH .....	44
8.1.4.	Salinidad .....	45
8.1.5.	Nutrientes.....	46
8.2.	<i>VARIABLES PRODUCTIVAS</i> .....	47
<b>IX.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>48</b>
<b>X.</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>54</b>
<b>XI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>56</b>
<b>XII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍAS</b> .....	<b>57</b>
<b>XIII.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>65</b>

## ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA 1. Camarón <i>Penaeus vannamei</i> . .....	3
FIGURA 2. Morfología externa del camarón <i>P. vannamei</i> . Fuente FAO, (1995).....	4
FIGURA 3. Ciclo de vida del camarón <i>P. vannamei</i> (Pérez-Farfante y Kensley, 1997). .....	5
FIGURA 4. Instalaciones del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN), Guasave, Sinaloa. ....	23
FIGURA 5. Mapa de la zona de estudio, representando las etiquetas de cada pozo utilizado para el cultivo de camarón ( <i>P. vannamei</i> ) con agua subterránea en Guasave, Sinaloa, México. ....	24
FIGURA 6. Distribución aleatoria de los tratamientos en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN), CONTROL: agua de mar diluido. T1: LAS PARRITAS, T2: LAS CULEBRAS, T3: EL SACRIFICIO. ....	26
FIGURA 7. Estanque utilizado para el cultivo de camarón <i>P. vannamei</i> con manguera difusora para oxigenar y un comedero. ....	27
FIGURA 8. Análisis de los nutrientes a través de un fotómetro ysi 9500, de las aguas subterráneas para el cultivo de camarón <i>P. vannamei</i> . ....	29
FIGURA 9. Obtención y transportación de las aguas subterráneas utilizadas para el cultivo de camarón <i>P. vannamei</i> , Hacia la zona de estudio donde se utilizó 2,250 litros de agua de cada pozo. ....	30
FIGURA 10. Obtención de postlarvas de camarón <i>P. vannamei</i> de la granja camaronera Zaratajoa, Guasave, Sinaloa. ....	31
FIGURA 11. Biometría inicial realizada a las postlarva de camarón <i>P. vannamei</i> para el bioensayo. ....	32
FIGURA 12. Biometría del peso de una muestra de 10 organismos de cada estanque del cultivo de camarón ( <i>P. vannamei</i> ). ....	33
FIGURA 13. Elaboración e instalación de comederos para cada estanque donde se colocará el alimento diario de los camarones <i>P. vannamei</i> . ....	34
FIGURA 14. Evaluación de parámetros físico-químicos del agua subterránea utilizada para el cultivo de camarón <i>P. vannamei</i> . ....	35
FIGURA 15. Toma de datos de los organismos de camarón <i>P. vannamei</i> del experimento con agua subterránea. ....	39

FIGURA 16. Temperaturas registradas semanalmente para cada tratamiento durante el cultivo con agua subterránea, mostrando una disminución en la segunda semana, y una creciente positiva considerable a partir de la tercera semana para todos los tratamientos. .... 43

FIGURA 17. Valores promedios de la concentración de oxígeno disuelto presentado para cada tratamiento durante el cultivo con agua subterránea de Guasave, Sinaloa. .... 44

FIGURA 18. Variación promedio del PH en los tratamientos durante el cultivo de camarón *P. vannamei* con agua subterránea de Guasave, Sinaloa..... 45

FIGURA 19. Comportamiento de la salinidad durante el cultivo de camarón *P. vannamei* en agua subterránea de Guasave, Sinaloa..... 46

## INDICE DE TABLA

TABLA 1. Influencia del ph en el cultivo de camarón <i>P. vannamei</i> (Boyd, 2001; Ulloa, 2015).....	11
TABLA 2. Concentraciones de iones disueltos encontrados en la salinidad del agua de mar descrita por Boyd, (2001) y Paredes y Rodríguez, (2020). ....	11
TABLA 3. Niveles críticos de oxígeno disuelto para cultivos de camarón (Boyd, 2001).....	13
TABLA 4. Proceso de aclimatación para obtener una mayor supervivencia de los organismos durante la disminución o incrementación de la salinidad.....	15
TABLA 5. Concentraciones de salinidad y potasio presentes en cada tratamiento al inicio y al finalizar el experimento.....	25
TABLA 6. Valores promedios $\pm$ error estándar de las variables físico-químicas de los tratamientos en el cultivo de camarón ( <i>P. vannamei</i> ) con agua subterránea de guasave, sinaloa. letras desiguales indican diferencias significativas ( $p<0.05$ ). ...	42
TABLA 7. Concentraciones de nitritos, nitratos y amonio en el cultivo de camarón <i>P. vannamei</i> con agua subterránea. ....	46
TABLA 8. Valores promedios $\pm$ error estándar de las variables productivas evaluadas en el cultivo de camarón <i>P. vannamei</i> con agua subterránea en guasave, sinaloa. letras desiguales indican diferencias significativas ( $p<0.05$ ).....	47

## RESUMEN

Los cultivos de camarón *Penaeus vannamei* han adquirido gran importancia por sus altos rendimientos en productividad en el noreste del Pacífico mexicano. Al tratarse de una especie de importancia comercial, se buscan alternativas que nos ayuden a mejorar los cultivos para un desempeño productivo. En el presente estudio se evaluó el crecimiento y supervivencia del camarón *P. vannamei* cultivado en tres fuentes de aguas subterráneas a baja salinidad 0.5 ppm durante 60 días comprendiendo del mes de abril-junio del 2022 en Guasave, Sinaloa. Experimentalmente cada fuente de agua presentó un total de tres replicas, donde mediante pruebas de laboratorio se identificó deficiencias de potasio en cada tratamiento y se realizó la corrección quedando para Las Parritas (T1); 39, Las Culebras (T2); 48, El Sacrificio (T3); 47 mg/L.

Los resultados de esta investigación arrojaron mejor crecimiento en el tratamiento control; 0.57 g/semanal, a comparación de los demás, tratamientos 1; 0.51 g/semanal, tratamiento 2; 0.42, tratamiento 3; 0.39 g/semanal, sin presentar diferencia significativa. Obteniendo un factor de conversión alimenticia (FCA) favorable para el tratamiento 1 de 1.49 a comparación de los demás tratamientos, en el control se obtuvo un FCA de 1.35 el mejor entre el cultivo, aunque los valores encontrados en los tratamientos estuvieron cerca de los rangos adecuados.

La supervivencia estuvo por arriba del 70% en todos los tratamientos, al igual que las variables de calidad de agua se mantuvieron dentro de los rangos adecuados.

Estos estudios nos aportan información para conocer si las fuentes de aguas subterráneas de baja salinidad pueden ser utilizadas para desarrollar cultivos de camarón *P. vannamei*, concluyo que los resultados obtenidos en este estudio, las aguas subterráneas tienen potencial para generar cultivos de camarones dado que los crecimientos, supervivencias y FCA, se mantuvieron en rangos adecuados no encontrando diferencia significativa entre los tratamientos.

**Palabras claves:** Rendimiento, potasio, crecimiento, supervivencia, Las Parritas.

# I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura se está expandiendo y desarrollando en cada región del mundo, ocupando porcentajes cada vez más altos en la producción mundial de organismos acuáticos debido a su contribución en la seguridad alimentaria y la nutrición mundial (Hernández- Barraza *et al.*, 2009; FAO, 2022).

Prueba de ello son las producciones mundiales de pescado que ha alcanzado los 214 millones de toneladas en el 2020, proviniendo de cultivos acuícolas y pesqueros. Representando un creciendo más del 60% a lo registrado en la década de 1990, así mismo los cultivos de camarón *Penaeus vannamei* han incrementado de manera exponencial del 2015 al 2020 creciendo de 3 803.6 a 5 812.2 miles de toneladas peso vivo, un aumento de 2 000 toneladas (FAO, 2022).

En México, el cultivo de camarón *P. vannamei* comenzó en la costa del Pacífico a principios de 1960. Desde entonces, ha existido un aumento constantemente, teniendo un incremento en 1999 cerca del 54% por arriba de la producción registrada en 1995, cobrando importancia por producir altos rendimientos en la región del noreste del Pacífico mexicano (Carabias-Lillo, 2000; Páez Osuna *et al.*, 2003). Sin embargo, debido a la cantidad de materia orgánica y sólidos en suspensión que se liberan principalmente por el alimento no consumido de las granjas camaroneras, se ha generado serios problemas en los ecosistemas generando enfermedades y problemas sanitarios en los cultivos (Martínez-Córdova *et al.*, 2009).

Debido a estas problemáticas se plantean alternativas que ayudan aminorar el impacto en zonas costeras. Prueba de ello son los cultivos tierra adentro o con agua subterránea, el cual se considera rentable debido que son cultivos que se pueden generar en zonas marginadas y con fuentes de agua que se pueden aprovechar para generar cultivos de camarón (Saoud *et al.*, 2003; Godínez-Siordia *et al.*, 2011). Además, se plantea como un sistema que ayuda a disminuir la cantidad de contaminación provocado por la acumulación de sedimentos que se liberan a las zonas costeras (Martínez-Córdova *et al.*, 2009).

Dado que esta alternativa genera ventajas favorables a comparación de los cultivos tradicionales (en bordo y/o esteros), se ha empezado a desarrollar en diversos países como Tailandia, Estados Unidos, Panamá, Brasil, Ecuador y México, tendiéndose a proyectar como estrategia de bioseguridad contra las enfermedades (Boyd y Thunjai, 2003; Godínez-Siordia *et al.*, 2011).

Los cultivos con agua subterránea generan limitantes en los sistemas para cultivar camarón, una de ellas es la composición iónica de la fuente de agua, debido a las concentraciones tanto en calcio, magnesio, potasio y sodio ya que son mínimas, incluso los perfiles iónicos algunos autores mencionan que pueden cambiar en un solo acuífero (Saoud *et al.* 2003; Esparza-Leal *et al.*, 2009; Valenzuela *et al.*, 2010).

Estos perfiles iónicos juegan un papel fundamental en el desarrollo de los organismos, estando presente en el crecimiento, supervivencia y osmorregulación, se trabaja en las concentraciones mínimas de estos iones para el cultivo con salinidades bajas, algunos autores consideran que los camarones pueden sobrevivir y tener un buen crecimiento en concentraciones iónicas comparables a las que se obtienen con agua de mar diluida a la misma salinidad (Boyd y Thunjai, 2003; Davis, Samocha y Boyd, 2004; Roy *et al.* 2010).

Debido a esto, algunos autores han sugerido conocer las concentraciones de iones individuales de las fuentes de agua para determinar si es factible adicionarles ciertos compuestos para mejorar la calidad del agua en los cultivos, manteniendo un crecimiento y supervivencia favorable (Valenzuela-Madrigal *et al.*, 2017).

En esta investigación el objetivo es generar cultivos de camarón *P. vannamei* con tres diferentes fuentes de aguas subterráneas de Guasave, Sinaloa, en donde, se determinó el desempeño biológico del camarón *P. vannamei* evaluando su crecimiento y supervivencia durante 60 días.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

El camarón *Penaeus vannamei* (Figura 1) es una especie que se encuentra ampliamente distribuida en los sistemas estuarinos. Es nativo de la Costa oriental del Océano Pacífico, desde Sonora, México hasta Perú donde la temperatura normalmente se encuentra por arriba de 20°C (FAO, 2014).

De acuerdo con Pérez-Farfante (1997), la clasificación taxonómica de *P. vannamei* es la siguiente:

Phylum: Arthropoda.

Clase: Malacostraca.

Orden: Decapoda.

Suborden: Dendobranchiata.

Superfamilia: Penaeoidea.

Familia: Penaeidae.

Género: *Penaeus*.

Especie: *vannamei*.

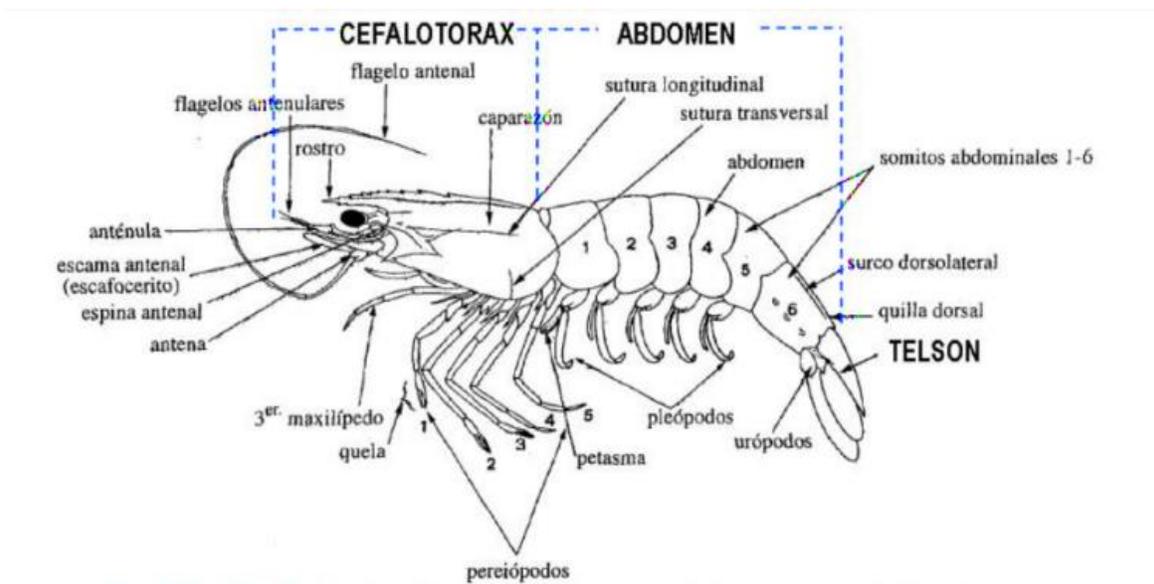


**Figura 1.** Camarón *Penaeus vannamei*.

### 2.1.1. Morfología

La estructura típica del camarón *P. vannamei* se caracterizan por la división de su cuerpo en dos regiones: el cefalotórax y el abdomen. La mayoría de sus órganos, incluido su corazón, sistema digestivo y branquias, están ubicados en el Cefalotórax, mientras que sus músculos están ubicados en el abdomen.

El cefalotórax está compuesto por la fusión de su cabeza y el tórax, los cuales contienen apéndices atenuales, maxilares y cinco pares de pereiópodos, entre otras estructuras (Figura 2).



**Figura 2.** Morfología externa del Camarón *P. vannamei*. Fuente FAO, (1995).

El abdomen se divide en seis segmentos con un par de pleópodos cada uno los cuales son patas nadadoras, formando así el abdomen y su parte posterior formada por el telson y los urópodos. Los apéndices del cefalotórax varían en su morfología y función: Las antenas y anténulas poseen función sensorial, mientras que las mandíbulas maxilas están relacionadas con la toma de alimento (Auro y Ocampo, 2006).

### 2.1.2. Ciclo de vida

Su ciclo de vida del camarón *P. vannamei* se encuentra representado por una serie de estadios, los camarones desovan en aguas oceánicas larvales donde pasan la fase larvaria, nauplio, protozoa y mysis. enseguida el organismo pasa a su etapa de postlarva migrando a los sistemas estuarinos para continuar su desarrollo hasta alcanzar una talla entre 1 y 10 cm, posteriormente, regresan al océano para completar su madurez (Figura 3; Diario Oficial, 2013).

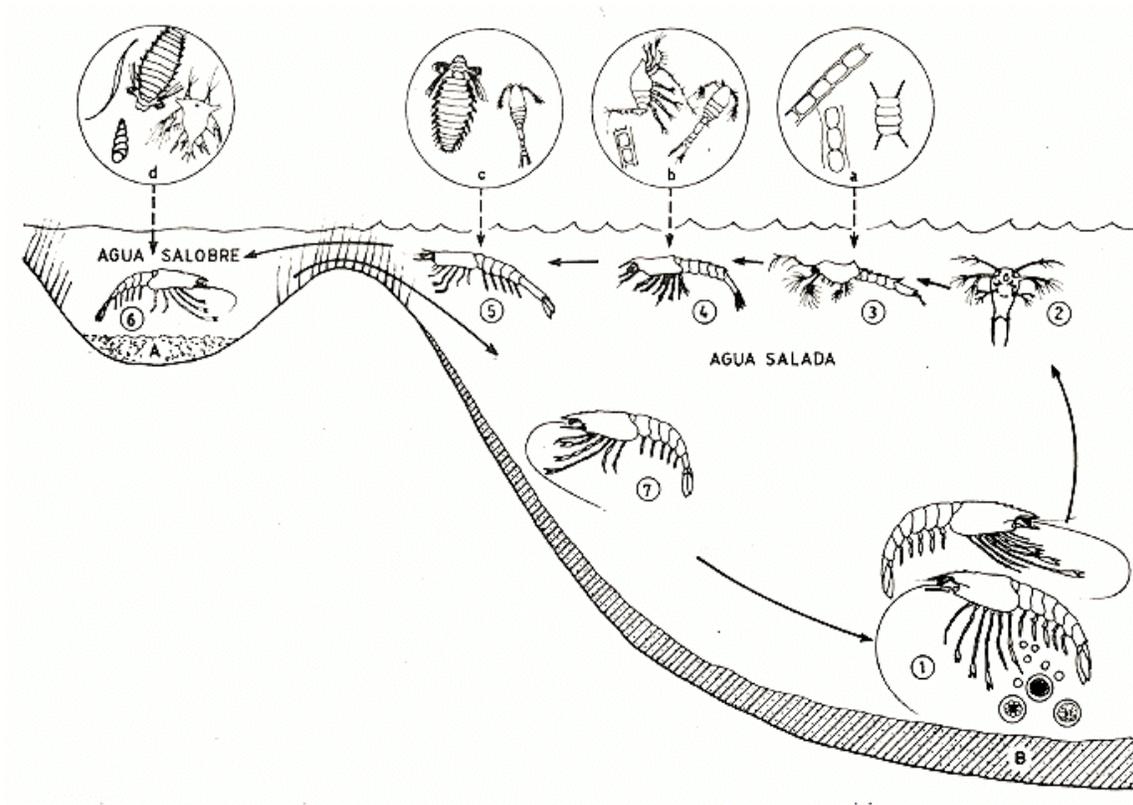


Figura 3. Ciclo de vida del camarón *P. vannamei* (Pérez-Farfante y Kensley, 1997).

### **2.1.3. Fases del ciclo de vida del camarón *P. vannamei***

El ciclo del camarón *P. vannamei* comienza en aguas alejadas de la costa representadas por una serie de estadios larvales, como es Nauplio (I, II, III, IV, V) Zoea (I, II, III) y Mysis (I, II, III). Hasta alcanzar su estadio de postlarva y completar su estado de camarón adulto (Díaz-Palacios y Montes-Rafailano, 2012).

La etapa de huevo inicia cuando los machos depositan en el têtico de la hembra los espermátóforos para posteriormente la hembra expulsar los huevos los cuales serán fecundados al salir de su cuerpo, empezando así la serie de estadios, la eclosión del huevo tiene una duración de 14 a 16 horas. El siguiente estadio se llama nauplio que tiene una duración de 40 a 50 horas aproximadamente todas las fases alimentándose de su saco vitelino (Blandón-Muñoz y Ordoñez-Cruz, 2014). Por consiguiente, se presenta el estadio Zoea el cual aparece al finalizar la quinta metamorfosis del nauplio generando una muda que se caracteriza por la diferenciación del cefalotórax con el abdomen y el nado hacia adelante teniendo una duración de cuatro a seis días dependiendo del manejo y calidad de la larva (García y Reste, 1986; Benítez-Castellón *et al.*, 2005).

Para el estadio Mysis las larvas mudan de Zoea a Mysis, el cual se puede observar un cuerpo encorvado en su región abdominal y nado mediante contracciones abdominales con una duración de tres días. Al finalizar estos estadios se podrá observar una postlarva que se asemeja a un camarón (Montano-Vásquez y Gómez-Grande, 2003).

## **2.2. AGUA SUBTERRÁNEA**

La precipitación de la lluvia nieve o granizo da lugar a formar arroyos y/o ríos lo que se considera escorrentía superficial, otra parte de la lluvia se infiltra en terrenos rellenando poros o fisuras hasta saturarlos provocando que fluyan con gravedad generando las escorrentías subterráneas (Sahuquillo, 2009). Estas filtraciones llegan a una cierta profundidad donde todos los huecos se llenan de agua considerándose como zona de saturación o capa freática, su límite superior se llama

superficie de saturación o superficie freática (Fuentes Yagüe 1993; López-Geta *et al.*, 2009).

El agua superficial y subterránea tienen una gran relación dado que es muy frecuente que las aguas subterráneas tienden a aparecer en fuentes y manantiales para seguir su recorrido superficial, por otro lado, las aguas superficiales tienden a formar parte de las aguas subterráneas por medio de filtración. El territorio que se ocupa entre la superficie de saturación y la superficie del suelo se considera zona de aireación, en el cual el agua que se infiltra hacia abajo y el vapor del agua que tiende a escapar hacia la atmósfera, en la zona de saturación el líquido asciende por medio de capilaridad entre grietas formando una franja capilar (Sahuquillo-Herráiz, 2009).

La captación de aguas subterráneas se puede obtener por medio de pozos y sondeos, los pozos no sobrepasan los 15 o 20 metros de profundidad con un diámetro superior de un metro, en cambio los sondeos manejan un diámetro inferior de 60 centímetros con profundidades que exceden los 20 metros (Fuentes Yagüe 1993).

La utilización de las aguas subterráneas se ha expandido rápidamente en diferentes países, por lo cual utilizarlas para generar cultivos de camarón *P. vannamei* se presenta como una alternativa ya que es una especie que puede adaptarse a salinidades bajas, sin embargo, se sigue investigando las concentraciones físico-químicas adecuadas para cultivar camarón *P. vannamei* con agua subterránea (López-Geta *et al.*, 2009).

### **2.3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD ACUÍCOLA**

En términos generales, la acuicultura es la producción controlada y/o semi-controlada de cualquier ser vivo en el medio acuático abarcando peces, crustáceos, moluscos, algas, y muchos otros organismos de agua dulce, salobre o agua marina, interviniendo la mano del hombre, manteniendo un manejo del agua en aspectos, físicos como químicos (Meyer, 2004; Platas-Rosado y Vilaboa-Arroniz, 2014).

### **2.3.1. Clasificación de sistemas acuícolas para *P. vannamei***

En México el cultivo de camarón se encuentra representado por la especie *P. vannamei*, esta actividad se está desarrollando en forma muy variada utilizando diferentes sistemas de producción clasificándose en extensivo, semi-intensivo e intensivo. La principal diferencia de estos sistemas se basa en la cantidad de organismos por metro cuadrado, es decir, densidades de siembra baja, media y alta (Hernández-Barraza *et al.*, 2009).

### **2.3.2. Sistema Extensivo**

Es ampliamente utilizado para el cultivo de camarón dado que no se requiere controlar los factores que interfieren en el crecimiento y supervivencia, este sistema es común en los países latinoamericanos desarrollándose en zonas inter mareales, donde no hay bombeo de agua ni aireación, estos sistemas generalmente mantienen una densidad de cuatro a 10 postlarvas por m<sup>2</sup> (Benítez *et al.*, 2005).

La alimentación consumida es producida naturalmente y se puede suministrar una alimentación de dietas formuladas bajas en proteína una vez al día, cosechándose entre cuatro o cinco meses obteniendo dos cosechas anuales con camarones entre 11 y 12 g (FAO, 2006).

### **2.3.3. Sistemas semi-intensivo**

Los sistemas semi-intensivo mantiene una densidad más alta que el sistema extensivo, la tasa de recambio de agua es mayor y además de fertilizar como en el caso anterior, se requiere ofrecer alimentación suplementaria pues el alimento natural se hace limitante al aumentar la densidad de camarones que se proyecta entre 10 a 30 camarones por m<sup>2</sup>, realizando recambios de agua del 10 al 20% (Tacón, 2002; FAO, 2006; Tay, 2014).

### **2.3.4. Sistemas Intensivos**

El sistema intensivo utiliza fertilizantes, alimento artificial y aireación dentro de los estanques que permitan mantener condiciones adecuadas de oxígeno en el cultivo. La densidad final esperada de este sistema es entre 60 a 300 organismos por m<sup>2</sup>

teniendo una mortalidad prevista del 25% en los 105 días de cultivo (Benítez *et al.*, 2005; FAO 2011; Tay, 2014).

## **2.4. CONDICIONES DE CULTIVO**

En cultivos con agua subterránea algunos autores consideran indispensable conocer los parámetros físicos y químicos, como las concentraciones iónicas de las fuentes de agua, dado que se pueden presentar deficiencias en algunos iones principalmente potasio y magnesio con respecto a las concentraciones encontradas en el agua de mar, las cuales a una salinidad del 35 ppm el potasio tiene una concentración del 370 mg/L y el magnesio 1450 mg/L concentraciones menores provocarían en los organismos estrés, tasas de crecimiento bajas y menor supervivencia (Díaz *et al.*, 2001; Boyd, 2001).

### **2.4.1. Temperatura**

La temperatura se le considera como la cantidad de energía contenida en el agua y como un factor abiótico que regula los procesos vitales para los organismos vivos. Este parámetro puede afectar las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema.

Es por esto que la solubilidad del oxígeno en el agua puede verse afectado por la temperatura, provocando aumento o disminución en el consumo de los organismos (Herrera, 2012).

Por lo tanto, si la temperatura aumenta 10°C provocará una elevación en los procesos químicos y biológicos de dos a tres veces y el camarón consumirá dos a tres veces más oxígeno, ya que la necesidad de oxígeno disuelto es mucho más crítica en agua caliente, que en agua más fría (Ulloa-Tello, 2015).

Los camarones tropicales o de lugares cálidos, se desarrollan mejor en aguas entre 25-32°C, debajo de 23°C su desarrollo es lento o retardado debido a un descenso en su tasa metabólica (Ulloa-Tello, 2015; Hernández-Gurrola, 2016).

Cuando sobrepasa los 32°C, los camarones tendrán metabolismos muy acelerados, generando un crecimiento rápido, aunque en aguas con temperaturas

altas el oxígeno disminuye su capacidad en solución, por lo cual sería deficiente a largo plazo, afectando el crecimiento y desarrollo del camarón (Meyer, 2004).

Por ello Boyd, (2001) propone un rango de tolerancia para el camarón *P. vannamei* y genera alternativas de soluciones para tener un mejor manejo de la temperatura.

- Temperaturas altas a 35°C: Agregar un aumento de agua al estanque, porque la temperatura del cultivo debe ser más baja.
- Temperaturas bajas a 25°C: Bajar el nivel del agua, para aprovechar el calentamiento del agua por el sol.
- Estratificación: Tratar de romper la estratificación moviendo el agua con la ayuda de un aireador de superficie, tratar de girar el agua con un motor.

#### 2.4.2. pH

Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno ( $H^+$ ):

$$pH = -\log [ H^+ ]$$

Usando una escala de 0 a 14 para expresar que tan acida o básica se encuentra el agua, un pH siete se considera neutro, pero si el pH disminuye de siete a 0 se considera acida y si aumenta el pH de siete a 14 se considera alcalina o básica (Ulloa, 2015; Paredes y Rodríguez, 2020).

Los estanques con agua salobre normalmente mantienen un pH de siete u ocho por la mañana, pero en la tarde suben a ocho o nueve. La fluctuación diaria del pH en los estanques es producto de los cambios en la fotosíntesis del fitoplancton y otras plantas acuáticas. (Herrera, 2012).

Boyd en (2001) menciona que un rango de pH de seis a nueve es considerado como adecuado para el cultivo de camarones ya que tiene una mejor tasa de crecimiento, pero si se encuentra inferior o superior a estos rangos se presenta un crecimiento lento (Tabla 1).

**Tabla 1.** Influencia del pH en el cultivo de camarón *P. vannamei* (Boyd, 2001; Ulloa, 2015).

<b>Condiciones</b>	<b>pH</b>
Punto de acidez letal	4
No reproducción	4 a 5
Crecimiento lento	4 a 6
Mejor crecimiento	6 a 9
Crecimiento lento	9 a 11
Punto de alcalinidad letal	11

### **2.4.3. Salinidad**

La salinidad es la concentración total de los iones disueltos, la cual depende básicamente de siete iones con valor promedio para el agua de mar de 34.5 ppm (Tabla 2), en aguas salobre la concentración de iones varía de acuerdo a la salinidad de la fuente de agua (Rojas *et al.*, 2005).

**Tabla 2.** Concentraciones de iones disueltos encontrados en la salinidad del agua de mar descrita por Boyd, (2001) y Paredes y Rodríguez, (2020).

<b>Iones</b>	<b>Concentraciones</b>
Sodio	10 500 mg/L
Magnesio	1 450 mg/L
Potasio	370 mg/L
Calcio	400 mg/L
Cloruro	19 000 mg/L
Sulfato	2 700 mg/L
Bicarbonato	142 mg/L

Los camarones presentan un amplio rango de tolerancia que va desde 0 hasta 50 ppm, por ello, muchos acuicultores realizan cultivos entre 20 y 25 ppm, teniendo en cuenta que los camarones no pueden soportar cambios bruscos de salinidad (Rayo-Rojas, 2009).

Dado que la salinidad es una variable ambiental que utilizan los organismos marinos para equilibrar su medio osmótico que debe existir entre el organismo y el medio (Arzola González *et al.*, 2008).

#### **2.4.4. Oxígeno disuelto**

El oxígeno es un gas disuelto en el agua, vital para la existencia de la mayoría de los organismos acuáticos, la concentración del oxígeno disuelto se expresa en mg/L.

Cuando el oxígeno disuelto se encuentra a niveles bajos, los organismos tienden a estresarse, disminuir su apetito, provocando un crecimiento lento y en ocasiones la muerte. (Boyd y Hanson, 2010).

El agua de un estanque puede ser considerado como el parámetro más importante en la camaronicultura, los valores mínimos recomendados por expertos oscilan entre 4 y 5 mg/L, presentando las menores concentraciones durante la madrugada y las mayores a última hora de luz del día (Carbajal y Sánchez, 2013).

Las concentraciones pueden variar dependiendo de la profundidad y la ubicación. Normalmente las más bajas de oxígeno se encuentran a mayor profundidad, donde los camarones se encuentran la mayor parte del tiempo. Por ello, es recomendable realizar mediciones en la parte más profunda del estanque y cerca del fondo (Palma y Rostràn, 2012).

A continuación, se presentan afectaciones que podrá sufrir los camarones *P. vannamei* si los niveles de oxígeno disuelto no se encuentran en los rangos adecuados (Tabla 3).

**Tabla 3.** Niveles críticos de oxígeno disuelto para cultivos de camarón (Boyd, 2001).

<b>Concentraciones de oxígeno disuelto</b>	<b>Afectación.</b>
Menor de 1 o 2 mg/L	Letal si la exposición dura más de unas horas.
2-5 mg/L	Crecimiento será lento si la baja de oxígeno disuelto se prolonga.
5 mg/L- saturación	Mejor condición para crecimiento adecuado.
Super saturación	Puede ser dañino si las condiciones existen por todo el estanque. Generalmente no hay problema.

## **2.5. CICLO DEL NITRÓGENO**

El ciclo del nitrógeno es un proceso biogeoquímico importante que se basa el equilibrio dinámico de composición de la biosfera.

### **2.5.1. Amonio**

El amonio ionizado ( $\text{NH}_4^+$ ) y el amoniaco no ionizado ( $\text{NH}_3$ ) se encuentran relacionados por un equilibrio químico que depende de los parámetros como el pH y la temperatura del agua. A medida que los valores de estos parámetros aumenten, la concentración de  $\text{NH}_3$  también lo hará, mientras que la concentración de  $\text{NH}_4^+$  disminuirá. Sin embargo, la elevación del pH es más riesgoso a comparación que la temperatura (Paz-Rivera, 2018).

La concentración de amonio pocas veces tiende a ser letal en los organismos, pero si genera estrés en los organismos a causa de altas concentraciones, pero para evitar el estrés es recomendable mantenerse entre 0.1 a 1.0 mg/L (SENASICA, 2003).

### **2.5.2. Nitritos y nitratos**

El nitrito se presenta en el agua como consecuencia de los desechos alimenticios, en concentraciones por encima de 1.0 mg/L representan un riesgo para el desarrollo de los organismos en cautiverio, en aguas bien oxigenadas la concentración no sobrepasa de <1.0 (SENASICA, 2003; Paz Rivera, 2018).

En la cadena del ciclo del nitrógeno el nitrito se presenta en un estado de oxidación intermedio entre el amoníaco y el nitrato que en concentraciones elevadas reacciona dentro del organismo con aminas y amidas secundarias y terciarias formando nitrosaminas que son tóxicos en animales y cancerígenas para los humanos (Hernández, 2012).

El nitrato para el cultivo de camarón niveles ente 0.2 a 10 mg/L son aceptables para los cultivos de camarón marino (Boyd, 2001).

Los nitratos constituyen uno de los nutrientes esenciales para el desarrollo de los organismos autótrofos fotosintéticos, siendo la forma química de mejor absorción promoviendo el desarrollo, mantenimiento y proliferación de fitoplancton, algas bentónicas y macrófitas, que contribuyen con la eutrofización dentro del ecosistema acuático.

### **2.6. PROCESO DE ACLIMATACIÓN EN CULTIVOS DE CAMARÓN *P. VANNAMEI***

Para mantener un nivel de supervivencia y una mejor adaptación al medio en donde se cultivará los camarones, las postlarvas deben pasar por un proceso de ajuste fisiológico gradual conocido como aclimatación. Por lo tanto, es fundamental considerar las variables temperatura y salinidad, dado que son las más importantes para lograr una buena aclimatación, evitando los cambios bruscos ya que son esenciales para una aclimatación exitosa (Meyer, 2004).

En los cultivos de camarón el promedio de sobrevivencia aceptable es del 85%, si obtienen promedios menores se debe realizar siembras adicionales hasta completar la densidad de siembra planeada (Canales-Machado *et al.*, 2017).

La aclimatación por salinidad Boyd (2001) propone unas tasas de incremento de salinidad para obtener una buena aclimatación (Tabla 4).

**Tabla 4.** Proceso de aclimatación para obtener una mayor supervivencia de los organismos durante la disminución o incrementación de la salinidad.

<b>Salinidad</b>	<b>Tasa (PPT/Min)</b>	<b>Tasa (PPT/Hora)</b>
35-25	1 ppt /30 min	2 ppt/Hora
25-20	1 ppt/30 min	2 ppt/Hora
20-15	1 ppt/30 min	2 ppt/Hora
15-10	1 ppt/40 min	
10-5	1 ppt/45 min	
5-0	1 ppt/60 min	

### III. ANTECEDENTES

Existen escasas investigaciones sobre los rangos adecuados que debe mantener un cultivo de camarón *P. vannamei*, con respecto a las concentraciones de iones presentes en las aguas subterráneas a baja salinidad, algunos estudios se han enfocado en evaluar el crecimiento, supervivencia y producción que presenta el camarón *P. vannamei* con agua de baja salinidad comparando con cultivos con agua de mar con salinidades de 35 ppm o bien con cultivos con agua de mar diluidas a bajas salinidades algunas de ellas son:

Samocha *et al.*, (2004) realizaron pruebas para evaluar la viabilidad de crías de camarón *P. vannamei* en diferentes etapas con bajas densidades 74, 93, 107 camarones/ m<sup>2</sup> y altas densidades 346 camarones/ m<sup>2</sup> en aguas de pozo con baja salinidad 1.8 a 2.6 ppm, cultivado por 107 días, encontrando mejores crecimientos en las densidades bajas 1.36 g/semanal a comparación con la densidad alta 1.03 g/semanal, teniendo un peso inicial de 0.5 g, supervivencias y rendimientos de 86.1% y 4.39kg/m<sup>2</sup> en densidades altas mayor a lo presentado en densidades bajas encontrando supervivencias y rendimientos de 67% y 1.1 kg/m<sup>2</sup> respectivamente, valores promedios para temperatura 28 °C, oxígeno disuelto 6.8 mg/L, pH de 8.2 en densidades bajas y temperatura de 27.75 °C, oxígeno disuelto 6.1 mg/L y pH 8.1 para densidades altas, manteniendo rangos aceptables durante el cultivo.

Arzola González *et al.*, (2008) realizó un cultivo de Camarón *P. vannamei* con agua de pozo a 2 ppm en un estanque rustico con capacidad de 900 m<sup>2</sup> sembrando 20 org/m<sup>2</sup> con un peso inicial de 0.126±0.03 g, donde determino el crecimiento y supervivencia durante 28 semanas, obteniendo un crecimiento de 0.9 g, con un peso final promedio de 17.2 g con supervivencias del 71%.

Esparza-Leal *et al.*, (2010) evaluaron el desempeño del Camarón *P. vannamei* con base a periodos de aclimatación y densidades, aclimatando las postlarvas desde agua de mar 30 ppm a agua de pozo de baja salinidad <1.0 ppm, con periodos de 40, 60, 80 y 100 h, donde la temperatura se mantuvo entre 26 y 27 °C durante la aclimatación, al finalizar la aclimatación se realizó un cultivo con los

organismos aclimatados con un peso inicial de  $0.02 \pm 0.005$  g a densidades de 50, 100, 150 y 200 org/m<sup>2</sup> manteniendo la secuencia de aclimatación durante 12 semanas, encontrando supervivencias de 81-87% en los organismos que se aclimataron a 80 y 100 h, a comparación con las que se aclimataron a 40 y 60 h encontrando supervivencias de 75-80%, con crecimientos favorables cuando se cultiva en densidades de 50, 100 y 150 org/m<sup>2</sup> encontrando pesos finales entre 6.9-8.9 g, a comparación con la densidad de 200 org/m<sup>2</sup> encontrando pesos finales de 6.85 g concluyendo que la supervivencia aumenta significativamente cuando se aclimata a mayor tiempo, la densidad no afecto el porcentaje de supervivencia pero influye en el crecimiento y supervivencia de los camarones.

Esparza-Leal *et al.*, (2010) evaluaron el crecimiento y supervivencia del camarón *P. vannamei* en agua de pozo de baja salinidad 1.0 ppm con diferentes densidades 500, 1 000 y 1 500 camarones/m<sup>2</sup> durante 84 días, iniciando con un peso de  $0.077 \pm 0.009$  g, obteniendo un crecimiento para el tratamiento de 500 org/m<sup>2</sup> de  $0.57 \pm 0.16$  g/semanal y un peso final de  $6.89 \pm 1.8$  g, para el tratamiento de 1 000 org/m<sup>2</sup> se obtuvo un crecimiento de  $0.52 \pm 0.11$  g/semanal con un peso final de  $6.31 \pm 1.14$  g, no presentando diferencias entre el tratamiento de 500 y 1 000 org/m<sup>2</sup> a comparación del tratamiento de 1 500 org/m<sup>2</sup> donde se presentó el crecimiento más bajo con  $0.43 \pm 0.13$  g/semanal y un peso final de  $5.17 \pm 1.22$  g, así mismo, no se presentó diferencias significativas en la supervivencia, los tratamiento de 1500 org/m<sup>2</sup> mantuvo el  $77.6 \pm 5.02\%$ , el tratamiento con 1000 org/m<sup>2</sup> mantuvo el  $81.5 \pm 3.90\%$  y en el tratamiento con 500 org/m<sup>2</sup>  $82.8 \pm 4.69\%$ , los parámetros físico-químicos no presentaron diferencias significativas entre los tratamiento encontrando temperaturas promedios de  $30.90 \pm 1.6$  °C, oxígeno disuelto  $5.3 \pm 0.7$  mg/L, pH  $8.3 \pm 0.17$ . mencionando que el camarón *P. vannamei* puede ser cultivado en altas densidades con agua de pozo a baja salinidad.

Esparza-Leal *et al.*, (2019) realizaron un estudio para determinar los efectos de la salinidad en diferentes concentraciones (1, 10, 15, 25 y 35 g/L) sobre el rendimiento inmunológico, fisiológico y de crecimiento del camarón *P. vannamei* durante 63 días iniciando con un peso de  $3.5 \pm 0.7$  g, al final del estudio el crecimiento

no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, encontrando peso final superiores a 9.7 g, con supervivencias favorables donde no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos 1, 15, 25 y 35 g/L con porcentajes por arriba del 90% a diferencia del tratamiento con salinidad de 10 g/L con el 83.3%, durante el cultivo los parámetros de calidad del agua no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos encontrado temperaturas de 26.9 °C, oxígeno disuelto 6.0 mg/L, pH de 7.9 amoníaco total 0.01 mg/L nitritos de 0.02 mg/L y nitratos con 1.23 mg/L.

Para las concentraciones de iones en el agua a baja salinidad algunas investigaciones han arrojado indicios con los cuales se podría conocer la importancia que llegan a tener en los cultivos con camarón *P. vannamei* como son:

Lucena *et al.*, (2006) determinaron la sobrevivencia y el crecimiento de postlarvas de camarón *P. vannamei* después de aclimatarlo a baja salinidad 4 ppm durante 24 Horas, utilizando tres tratamientos, el T1; agua de mar diluido con agua de lluvia, T2; agua de pozo y T3; agua de pozo con una adicción de cloruro de potasio al 0.04 g/L, obteniendo sobrevivencia para T1; 95.7±1.39%, T2; 81.5±6.4% y T3; 95±1.8%, no encontrando diferencias entre el T1 y T3, a comparación del T2, el cual presento menor sobrevivencia, con respecto al crecimiento en peso fue estadísticamente similar con porcentajes para T1; 39.78%, T2; 39.05%, T3; 47.07%, sin presentar diferencias significativas, concluyendo que las concentraciones de potasio inciden directamente en la sobrevivencia.

Esparza-Leal *et al.*, (2009) realizaron un cultivo de camarón *P. vannamei* para determinar los efectos que generan las concentraciones iónicas en el crecimiento y supervivencia de los camarones con una densidad de siembra de 200 org/m<sup>2</sup> durante 84 días con un peso inicial de 0.2±0.03 g, salinidades de T1; 0,52±0.09, T2; 0,88±0.12, T3; 0,52±0.08, T4; 0,72±0,08, y el control con agua de mar 35±0.5 ppm, con concentraciones de potasio bajas en los tratamientos T1; 3.2±1.5, T2; 4.7±2.1, T3; 0,58±0.19, T4; 1.58±0.5 a diferencia del control 520±2, donde el crecimiento, supervivencia, producción y el factor de conversión alimenticia no mostraron diferencias significativas entre los tratamiento, pero si cuando se compararon con el

agua de mar, encontrando un peso final  $7.58 \pm 1.53$  g, crecimiento de  $0.63 \pm 0.16$  g/semanal, una supervivencia de  $78.36 \pm 3.7\%$  y producción  $1.19 \pm 0.28$  kg/m<sup>2</sup> para los tratamientos y para el control un peso final  $8.85 \pm 1.11$  g, crecimiento  $0.74 \pm 0.08$  g/semana, supervivencia  $85.55 \pm 4.13\%$  y producción  $1.51 \pm 0.18$  kg/m<sup>2</sup>.

Valenzuela-Quiñones *et al.*, (2010) realizaron un estudio en el municipio de Guasave, Sinaloa para determinar el potencial que tienen cuatro fuentes de aguas subterráneas con diferentes salinidades (T1:  $0.52 \pm 0.09$ , T2:  $0.88 \pm 0.12$ , T3:  $0.52 \pm 0.08$ , T4:  $0.72 \pm 0.08$  ppm), para cultivar camarón *P. vannamei* comparando el crecimiento y sobrevivencia con el control a 34.0 ppm durante 84 días, con un peso inicial de  $0.02 \pm 0.005$  g, encontrando peso final de  $8.75 \pm 1.11$  g, crecimiento  $0.74 \pm 0.08$  g/semanal, supervivencias  $85.55 \pm 4.13\%$  y producción de  $1.51 \pm 0.18$  kg/m<sup>2</sup> en el control a diferencia de los tratamientos donde se presentó un peso final  $6.78 \pm 1.65$  g, crecimiento  $0.62$  g/semanal, supervivencia  $76.35 \pm 3.69\%$  y producción de  $1.08 \pm 0.15$  kg/m<sup>2</sup>, no se presentaron diferencia significativa entre los tratamientos, pero si al compararlo con el control. Así mismo mencionan que es posible cultivar camarón con agua subterránea de baja salinidad, aun se requiere estudios con el fin de conocer las proporciones óptimas de los iones mayores para mantener el mayor crecimiento y sobrevivencia de este crustáceo, dado que encontraron concentraciones bajas en potasio 0.58 a 4.74 mg/L, en los tratamientos donde se presentó menores tasas de crecimiento.

Valenzuela-Madriral *et al.*, (2017) llevo a cabo un estudio de Camarón *P. vannamei* por 133 días con cuatro aguas de pozo de baja salinidad  $1.2 \pm 0.5$  ppm, con diferentes concentraciones iónicas y un control con agua de mar a  $34 \pm 1.4$  ppm, donde evaluaron el crecimiento y supervivencia, con densidades de 150 org/m<sup>2</sup> en cada tratamiento, con un peso inicial de  $0.012 \pm 0.004$  g, encontrando concentraciones de bicarbonato mayores en los tratamientos  $296.0 \pm 30.5$  mg/L a comparación del control 142 mg/L, pero en las demás concentraciones iónicas se presentaron inferiores en los tratamientos a lo encontrado en el control, en los tratamientos las concentración mayor fue para calcio  $198.5 \pm 46.4$  mg/L, magnesio  $137.9 \pm 27.6$  mg/L, sodio  $159 \pm 27.6$  mg/L, sulfato  $196.1 \pm 33.4$  mg/L y potasio  $6.8 \pm 3.1$

mg/L, encontrando proporciones iónicas en el T1, similares al control presentando peso final promedio 11.2 g para el T2, T3, T4, a diferencia del T1 y el control con un peso final 13.05 g, existiendo diferencia entre el tratamiento 1 con el resto de los tratamientos, con supervivencia del 77% en los tratamientos no existiendo diferencia significativa, pero si al compararlo con el control donde presento  $84.6 \pm 4.1\%$ , las variables de calidad no presentaron diferencias entre tratamientos a excepción de la salinidad, encontrando temperaturas de 28.5 °C, oxígeno disuelto 5.9 mg/L y pH 8.0, la salinidad vario entre 1.5 a 1.7 ppm en cada tratamiento mientras que en el control mantuvo un promedio de 34.0 ppm, concluyendo que las proporciones iónicas juegan un papel importante para obtener un mayor desempeño y crecimiento en los cultivos.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el desempeño biológico del camarón (*P. vannamei*) cultivado en tres diferentes fuentes de aguas subterráneas de Sinaloa, México.

### **4.2. OBJETIVO ESPECIFICO**

Evaluar el crecimiento y supervivencia del camarón (*P. vannamei*) cultivado con aguas subterráneas de Guasave, Sinaloa, México.

Conocer la influencia de las variables físico-químicas de aguas subterráneas en el cultivo de camarón (*P. vannamei*).

## V. HIPÓTESIS

Si el camarón blanco (*P. vannamei*) cultivado en aguas subterráneas presenta un desempeño productivo igual o mejor a los cultivos tradicionales, entonces el agua subterránea puede ser utilizada para cultivar dicha especie.

### **Pregunta de investigación**

¿Se puede utilizar las aguas subterráneas para desarrollar cultivos de camarón blanco *P. vannamei*?

## VI. ÁREA DE ESTUDIO

### 6.1. LOCALIZACIÓN

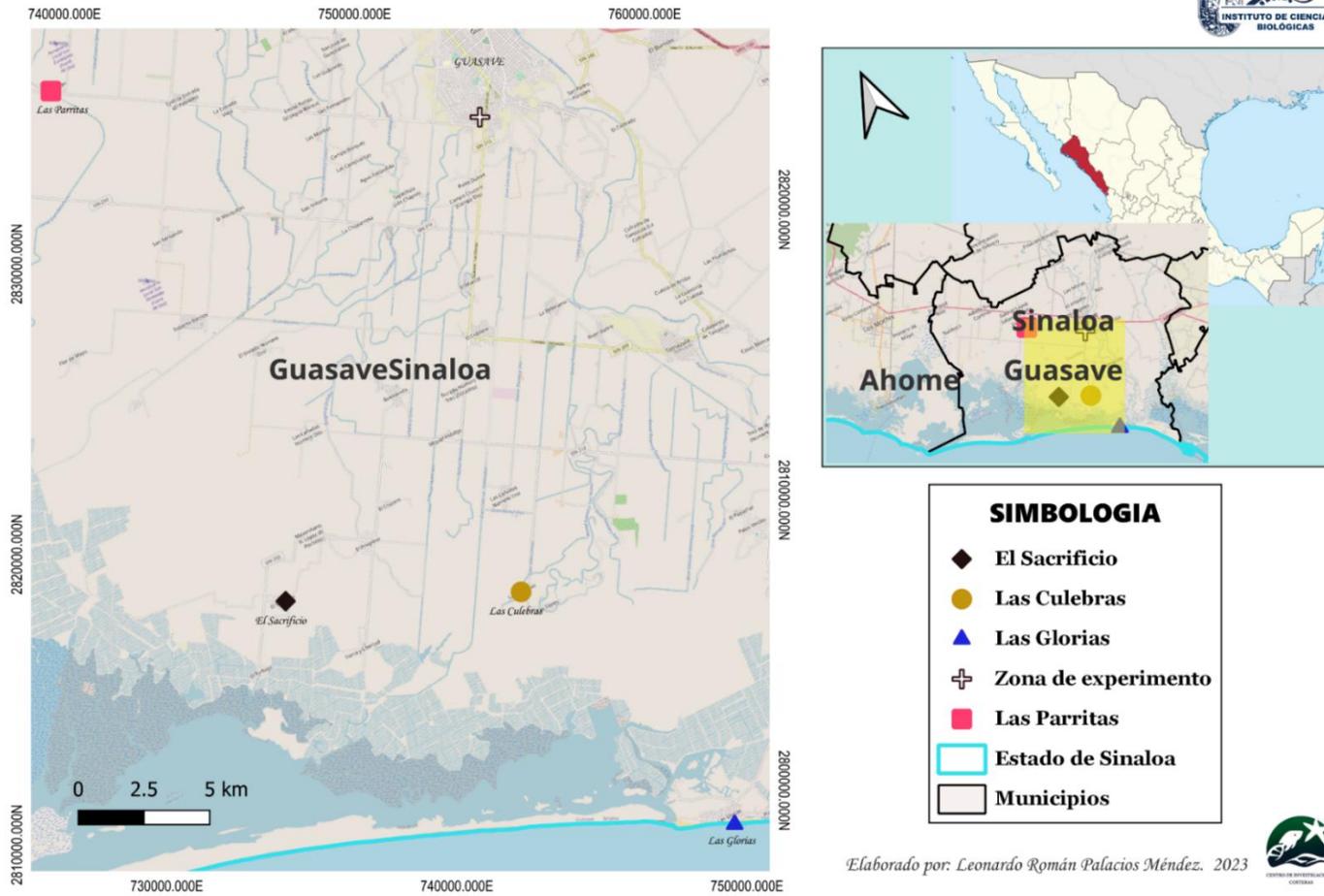
El desarrollo del experimento se realizó dentro de las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional Unidad Sinaloa (Figura 4), ubicado en el municipio de Guasave, Sinaloa con una latitud  $28^{\circ}32'48''$  N y longitud  $108^{\circ}28'53''$  O, a una elevación de 15 msnm.



**Figura 4.** Instalaciones del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN), Guasave, Sinaloa.

Las fuentes de aguas subterráneas serán recolectadas en comunidades del municipio de Guasave, Sinaloa, la obtención de agua de mar se extrajo de la costa del mismo municipio en la comunidad de Las Glorias (Figura 5).

## LOCALIZACIÓN AGUAS SUBTERRANEAS Guasave, Sinaloa, México.



**Figura 5.** Mapa de la zona de estudio, representando las etiquetas de cada pozo utilizado para el cultivo de Camarón (*P. vannamei*) con agua subterránea en Guasave, Sinaloa, México.

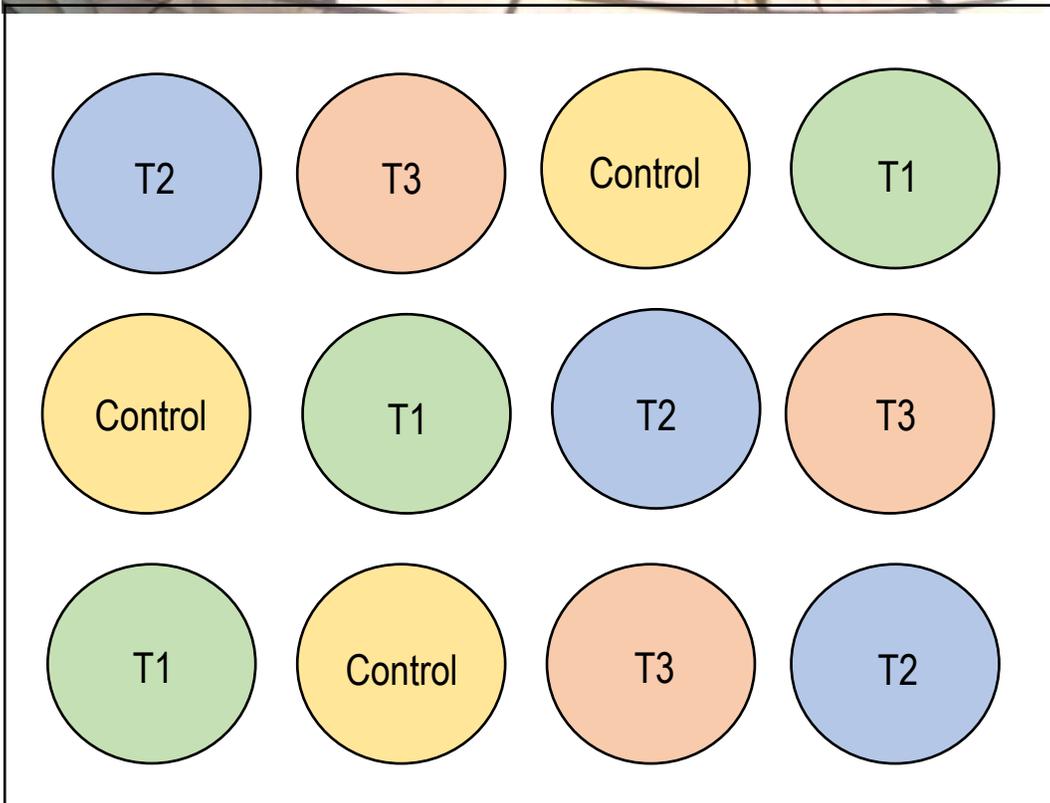
## VII. METODOS

### 7.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

En esta investigación se evaluaron tres fuentes de aguas subterránea de pozo activos recolectado en diferentes localidades, como control se utilizó agua de mar diluido con agua potable para obtener a una salinidad similar a los tratamientos (Tabla 5). El proyecto se realizó en una infraestructura que contaba con un techo de lamia, en donde se instalaron los estanques distribuyendo los tratamientos de manera aleatoria completamente al azar, la distribución se puede observar en la (Figura 6).

**Tabla 5.** Concentraciones de salinidad y potasio presentes en cada tratamiento al inicio y al finalizar el experimento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Localidad</b>	<b>Potasio inicial</b>	<b>Salinidad inicial</b>	<b>Potasio final</b>	<b>Salinidad final</b>
Control (Agua de mar)	Las Glorias	53.5 mg/L	5.0 ppm	52.0 mg/L	5.8 ppm
Tratamiento 1 (Agua subterránea)	Las Parritas	7.9 mg/L	4.9 ppm	39.6 mg/L	4.7 ppm
Tratamiento 2 (Agua subterránea)	Las Culebras	2.4 mg/L	4.8 ppm	48.0 mg/L	4.8 ppm
Tratamiento 3 (Agua subterránea)	El Sacrificio	3.9 mg/L	4.9 ppm	47.0 mg/L	5.2 ppm



**Figura 6.** Distribución aleatoria de los tratamientos en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN), control: Agua de mar diluido. T1: Las Parritas, T2: Las Culebras, T3: El Sacrificio.

### 7.1.1. Condiciones del cultivo

Los organismos de camarón *P. vannamei* se cultivaron en el laboratorio de bioensayos del Departamento de Acuicultura del CIIDIR-IPN, utilizando 12 estanques circulares color negro de 1.8 m<sup>2</sup> de área con capacidad de 1000 L.

Cada estanque mantuvo 750 litros de agua y se sembraron 50 organismos por estanque de un peso inicial de  $0.52 \pm 0.12$  g. El bioensayo se mantuvo durante 60 días de cultivo con oxigenación continua, el cual se implementó con base a un aireador de tipo Blower y para la condición del aire se instaló con tubos PVC y manguera difusora. (Figura 7).



**Figura 7.** Estanque utilizado para el cultivo de camarón *P. vannamei* con manguera difusora para oxigenar y un comedero.

## 7.2. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL LABORATORIO.

La zona de estudio para esta investigación se tomó como referencia un estudio realizado anteriormente por Espinoza Ortiz *et al.*, (2021), donde evaluó la porción sur del acuífero río de Sinaloa mediante características de suelo, subsuelo y agua subterránea para determinar la viabilidad del uso de agua para desarrollar acuicultura continental. Además, midió las concentraciones de nutrientes ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$ ), composición iónica ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ) y metales pesados (Fe, Mn).

Con base a su investigación se tomaron tres pozos que presentan características esenciales requeridas para el cultivo de camarón *P. vannamei*. Por ello las aguas de cada tratamiento al inicio de la investigación se les tomó una muestra para su almacenamiento en el laboratorio de Diagnostico Patológico-Fisiológico y de Calidad Reproductiva de Peces, Moluscos y Crustáceos del CIIDIR-IPN, seguido del análisis correspondiente donde se comprobó la presencia de nutrientes ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ) y la deficiencia de potasio ( $\text{K}^+$ ), mediante técnicas colorimétricas con un fotómetro YSI 9500 (Yellow Springs, Ohio OH, USA; Figura 8).

Con respecto al potasio las aguas subterráneas presentaron al inicio deficiencias en los tres tratamientos, en comparación del agua de mar diluida a la misma concentración de salinidad, por lo cual se optó por adicionarle cloruro de potasio para mejorar la concentración igualándolo a la del agua de mar diluida.

Para la adición de sales se calculó la concentración de potasio recomendada para cada pozo mediante la ecuación propuesta por Boyd y Thunjai (2003) y se suplementó cloruro de potasio (KCl 99.0% Faga Lab®, México).

Esto para mejorar la composición iónica de las aguas subterráneas dado que los camarones necesitan diferentes minerales presentes en el agua, una deficiencia de estos puede afectar el crecimiento, supervivencia y osmorregulación, por ello

algunos autores proponen agregar minerales solubles a las aguas con baja salinidad para poder utilizarla en cultivos acuícolas (Valenzuela-Madrigal *et al.*, 2017).



**Figura 8.** Análisis de los nutrientes a través de un fotómetro YSI 9500, de las aguas subterráneas para el cultivo de camarón *P. vannamei*.

Todas las aguas fueron trasladadas en un tinaco de 2500 litros al área experimental, el llenado de los estanques se hizo utilizando un filtro de tela para poder eliminar residuos que podrían traer el agua a la hora de ser bombeada del pozo (Figura 9). En comparación de los tratamientos, el agua de mar fue diluida a una concentración similar que las aguas subterráneas 5 ppm, esto para generar una comparación de iones entre el agua de mar diluida con el agua subterránea, dado que algunas investigaciones mencionan que para obtener un buen crecimiento y

supervivencia en cultivos de camarón con agua dulce o de baja salinidad las concentraciones de iones deben ser similares a las concentraciones presentes en agua de mar diluida a la misma salinidad (Roy *et al.* 2010).



**Figura 9.** Obtención y transportación de las aguas subterráneas utilizadas para el cultivo de camarón *P. vannamei*, hacia la zona de estudio donde se utilizó 2,250 litros de agua de cada pozo.

### **7.3. ABASTECIMIENTO DE POSTLARVAS DE CAMARÓN *P. VANNAMEI* PARA EL CULTIVO CON AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Las postlarvas de camarón se obtuvieron por medio de la Empresa de producción de camarón “ZARATAJOA” ubicado en la colonia El Tortugo, municipio de Guasave, Sinaloa. Zaratajoa nos brindó su apoyo donándonos los organismos necesarios para realizar el proyecto, las postlarvas de camarón *P. vannamei* fueron transportadas en un contenedor con la misma agua donde se extrajeron hacia el laboratorio de acuacultura del CIIDIR-IPN, Sinaloa. Esto para mantener la misma salinidad y temperatura del agua para posteriormente en el laboratorio realizar la

aclimatación correspondiente hasta obtener la salinidad que mantienen las aguas subterráneas (5 ppm) y generar una alta supervivencia y adaptación de las postlarvas (Figura 10).



**Figura 10.** Obtención de postlarvas de camarón *P. vannamei* de la granja camaronera Zaratajoa, Guasave, Sinaloa.

#### **7.4. ACLIMATACIÓN DE LOS JUVENILES**

Al iniciar la aclimatación se colocaron las postlarvas en un estanque con oxigenación con la misma agua con la cual fue transportada, esto para poder mantener la salinidad y temperatura del medio donde se encontraban, se midió y se anotaron los parámetros físico-químicos para mantener un manejo adecuado.

Las postlarvas fueron aclimatadas a la salinidad de 5 ppm que fue la salinidad que presentaron las aguas subterráneas, este proceso se realizó con base a Treece (2001). En el cual nos proporciona información para generar una adaptación de las

postlarvas y obtener supervivencias favorables, para bajar la salinidad se utilizó agua potable en un periodo de 2 g/L/H, este proceso se realizó lentamente para que los organismos puedan ajustarse fisiológicamente a las nuevas condiciones.

Cuando el agua donde se encontraban los organismos obtuvo la salinidad de 5 ppm, se prosigió a realizar biometrías para conocer el peso de cada organismo y poder llevar un control adecuado antes de iniciar el cultivo (Figura 11).



**Figura 11.** Biometría inicial realizada a las postlarva de camarón *P. vannamei* para el bioensayo.

## 7.5. BIOMETRIA

Semanalmente se evaluó la tasa de crecimiento con una balanza digital portátil Scout® Pro modelo SP602, OHAUS, con capacidad de 600 g (precisión de  $\pm 0.001$  g, tomando de cada estanque 10 organismos aleatoriamente para conocer el peso en gramos y determinar la ración de alimento que se les suministrara con base al crecimiento obtenido en la semana, entre otros parámetros que se describen en el apartado 7.7 (Figura 12).



**Figura 12.** Biometría del peso de una muestra de 10 organismos de cada estanque del cultivo de camarón (*P. vannamei*).

### 7.5.1. Alimentación

La alimentación que presentó el cultivo de camarón *P. vannamei*, fue con alimento paletizado, obteniendo la alimentación diaria con base al porcentaje de biomasa de alimento por la biomasa presente en el estanque, alimentando 3 veces por día.

La alimentación durante el experimento se realizó con alimentadores (comederos) para tener un control sobre la cantidad de alimento que consumen por estanque, en

la mayoría de los casos esta técnica ha demostrado ser un buen indicador de ración de alimento consumido, por ello se crearon 12 comederos para que cada estanque tuviera un comedero para introducir el alimento (Figura 13).



**Figura 13.** Elaboración e instalación de comederos para cada estanque donde se colocará el alimento diario de los camarones *P. vannamei*.

## 7.6. MONITOREO DE LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA

Los parámetros evaluados diariamente durante todo el ciclo fue la salinidad (g L<sup>-1</sup>) con un refractómetro (SRS-E), el pH con un potenciómetro OHAUS ST20, la temperatura (°C) en conjunto con el oxígeno disuelto (mg/L) se midieron con un multiparámetro (YSI 55).

El monitoreo del agua se realizó quincenalmente del fondo de cada estanque, el cual se procesaron con un espectrofotómetro YSI 9500 (Yellow Springs, OH, USA), en donde se evaluó los nitritos totales, nitratos totales, amonio total y potasio (Figura 14).



**Figura 14.** Evaluación de parámetros físico-químicos del agua subterránea utilizada para el cultivo de camarón *P. vannamei*.

El procedimiento utilizado en las muestras de agua en el laboratorio de diagnóstico patológico-fisiológico y de calidad reproductiva, se basó en el manual del espectrofotómetro YSI 9500 el cual se describe a continuación:

#### **7.6.1. Nitrito**

Los nitritos en solución de ácido reaccionan con el ácido sulfanílico. Las parejas del compuesto diazo resultante con N-(1-naftil) etilendiamina forman un tinte rojizo.

El fotómetro YSI 9500 método Nítrico cuenta con un solo reactivo comprimido que contiene ambos reactivos en una formulación ácida. La prueba se llevó a cabo simplemente mediante la adición de una tableta a una muestra del agua bajo prueba. La intensidad del color producido en la prueba es proporcional a la concentración de nitrito, el procedimiento es el siguiente:

- 1.- Se llenó el tubo de ensayo redondo con la muestra hasta la marca de 10 ml.
- 2.- Se añadió una tableta Nítricol, se trituro y se mezcló hasta disolver.
- 3.- Se dejó reposar durante 10 minutos para permitir el desarrollo total.
- 4.- Se seleccionó Phot 24 del fotómetro para el resultado en mg/L.
- 5.- Finalmente, se tomó lectura del fotómetro de la forma habitual.

#### **7.6.2. Nitrato**

Los nitratos se analizaron mediante el método colorimétrico, donde el Nitratest se reduce primero a nitrito, el nitrito resultante se determina entonces por una reacción de diazonio para formar un tinte rojizo. La etapa de reducción se llevó a cabo utilizando el único Nitratest polvo a base de zinc y tableta Nitratest que ayuda a una floculación rápida después del contacto. Enseguida, se proporciona una tableta Nítricol que es simplemente añadido a la solución decantada en el tubo de ensayo.

La prueba se llevó a cabo en un tubo especial Nitratest, una muestra graduada contenida en la parte inferior de la tolva para facilitar la liquidación y la decantación de la muestra.

El nitrito resultante de la etapa de reducción se determinó por reacción con ácido sulfanílico en presencia de N-(1-naftil)-etilendiamina para formar un tinte rojizo.

La intensidad del color producido en la prueba es proporcional a la concentración de nitrato y se midió usando un fotómetro YSI 9500, el procedimiento de la prueba es el siguiente:

- 1.- Se lleno el tubo Nitratest con la muestra hasta la marca de 20 ml.
- 2.- Se agrego una cucharada de Nitratest polvo y una tableta Nitratest.
- 3.- Se dejo el tubo en reposo durante aproximadamente un minuto y luego se agito suavemente tres o cuatro veces para ayudar a la floculación. El tubo quedara en reposo durante dos minutos o más para asegurar la solución completa.
- 4.- Se removió el tapón de rosca y se limpió alrededor de la parte superior del tubo con un pañuelo limpio. Posteriormente, se decantó con cuidado la solución clara en un tubo de ensayo redondo, llenando a los 10 ml.
- 5.- Se añadió una tableta Nitricol, triturándolo y mezclándolo hasta disolverse.
- 6.- Se dejo reposar durante 10 minutos para permitir el desarrollo a todo color.
- 7.- Se selecciono Phot 23 de fotómetro para el resultado en mg/L.

### **7.6.3. Amonio**

El análisis del amoníaco se basó en un método de indofenol. El amoníaco reacciona con salicilato alcalino en la presencia de cloro para formar un complejo indofenol-verde-azul. Los catalizadores se incorporarán para garantizar el desarrollo de color rápido y completo.

Los reactivos se proporcionan en forma de dos comprimidos para obtener la máxima conveniencia. La prueba se llevó a cabo simplemente mediante la adición de uno de cada comprimido a una muestra del agua.

La intensidad del color producido en la prueba será proporcional a la concentración de amoníaco y se midió usando el fotómetro, la prueba se realizó bajo el siguiente procedimiento:

- 1.- Se lleno el tubo de ensayo con la muestra hasta la marca de 10 ml.
- 2.- Se agrego una tableta de amoníaco No1 y una tableta amoníaco No2, triturándolo y mezclándolo hasta disolverse.
- 3.- Se dejo reposar durante 10 minutos para permitir el desarrollo del color.
- 4.- Se selecciono Phot 4 del fotómetro para medir amoníaco.
- 5.- Finalmente, se tomó la lectura del fotómetro de la forma habitual.

#### **7.6.4. Potasio**

La prueba de potasio de YSI 9500 se basó en un solo reactivo de una sola tableta que contiene tetrafenilborato de sodio. Las sales de potasio reaccionan con tetrafenilborato de sodio para formar un complejo blanco soluble. A los niveles de potasio encontrados en la prueba esto se observó como una turbidez en la muestra de prueba, el grado de turbidez es proporcional a la concentración de potasio y se midió con un fotómetro de YSI 9500, mediante el siguiente procedimiento:

1. Se llenó el tubo de ensayo con la muestra hasta la marca de 10 ml.
2. Agregando una tableta de potasio K, donde se trituro y se mezcló hasta disolver. Una solución turbia indicara la presencia de potasio.
3. Se selecciono Phot 30 en el fotómetro.
4. Se tomo lectura del fotómetro de manera habitual.
5. El resultado se muestra como mg/L K.

## 7.7. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS.

El análisis de las variables productivas se realizó de los datos obtenidos en las biometrías semanales, realizadas a 10 organismos por estanque, en donde se calculó el crecimiento, peso ganado, supervivencia y factor de conversión alimenticia de los organismos (Figura 15). Los cálculos de los análisis se realizaron de acuerdo a lo descrito por Apún-Molina *et al.*, (2015).



**Figura 15.** Toma de datos de los organismos de camarón *P. vannamei* del experimento con agua subterránea.

### **7.7.1. Tasa específica de crecimiento (TEC)**

La tasa específica de crecimiento expresa que tanto ha crecido un organismo en un periodo de tiempo determinado y se calculó con base en la siguiente formula:

$$TEC= 100*(Ln. Y2 - Ln. Y1) / \text{Días de cultivo}$$

Donde:

Ln = Logaritmo natural.

Y1: Peso de los organismos al inicio del experimento.

Y2: Peso de los organismos al final del experimento.

### **7.7.2. Tasa de crecimiento absoluta (TCA)**

El peso ganado por día expresa que tanto peso ha ganado un organismo a lo largo del ciclo productivo y se calculó con base en la siguiente formula:

$$TCA= (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Días de cultivo}$$

### **7.7.3. Supervivencia**

La supervivencia expresa cuantos organismos han sobrevivido del número inicial de organismos sembrados y se calculó con base en la siguiente formula:

$$\% \text{ Supervivencia} = (\text{Número final de organismos} / \text{Numero inicial de organismos}) * 100$$

### **7.7.4. Factor de conversión alimenticia (FCA)**

La tasa de conversión alimenticia expresa cuanta biomasa se ha producido (Kg) con base al alimento suministrado (Kg) y se calculó con base en la siguiente formula:

$$FCA = F / (\text{Biomasa final} - \text{Biomasa inicial})$$

Donde:

F = Cantidad de alimento suministrado durante el experimento en Kg.

## **7.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.**

Para cada uno de los objetivos planteados se generó una base de datos empleando el programa Excel, los datos obtenidos fueron sometidos a un ANOVA de una vía, como prueba posterior se aplicó Tukey para determinar si existía diferencia significativa entre tratamientos, en ambas pruebas el nivel de significancia fue de  $p < 0.05$  y se utilizó el paquete estadístico STATISTICA 7 (StatSoft, Tulsa, OK, USA).

## VIII. RESULTADOS

### 8.1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.

Los valores de los parámetros físico-químicos del agua de los distintos tratamientos para el cultivo de camarón *P. vannamei* se presentan en la Tabla 6, mostrando valores promedios para cada tratamiento.

**Tabla 6.** Valores promedios  $\pm$  error estándar de las variables físico-químicas de los tratamientos en el cultivo de camarón (*P. vannamei*) con agua subterránea de Guasave, Sinaloa. Letras desiguales indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

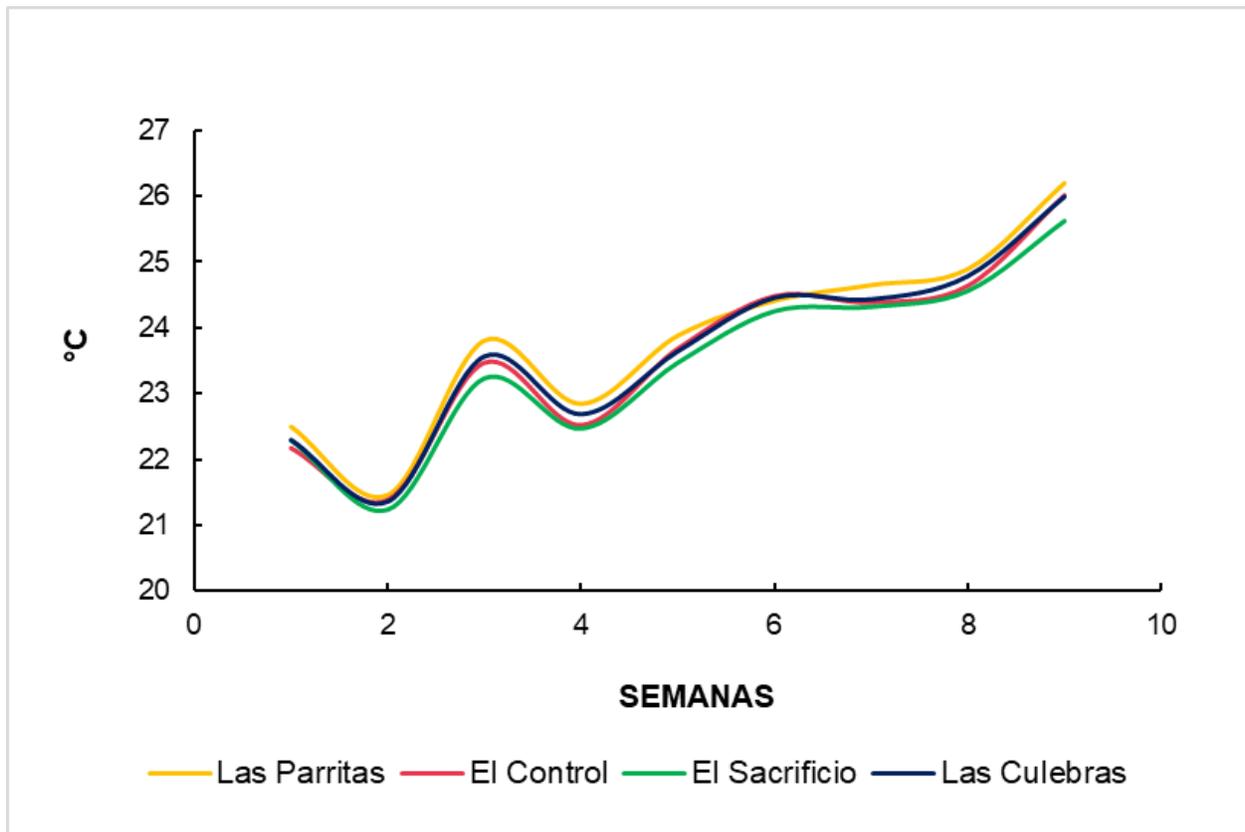
Variables	TRATAMIENTOS			
	Control	Las Parritas	Las Culebras	El Sacrificio
Ph	8.55 $\pm$ 0.045 <sup>a</sup>	8.52 $\pm$ 0.050 <sup>a</sup>	8.89 $\pm$ 0.43 <sup>b</sup>	8.63 $\pm$ 0.030 <sup>a</sup>
Temperatura °C	23.64 $\pm$ 0.48	23.85 $\pm$ 0.47	23.70 $\pm$ 0.47	23.50 $\pm$ 0.45
Oxigeno disuelto mg/L	7.03 $\pm$ 0.088	7.04 $\pm$ 0.098	7.05 $\pm$ 0.069	7.09 $\pm$ 0.084
Salinidad ppm	5.84 $\pm$ 0.250 <sup>b</sup>	4.75 $\pm$ 0.071 <sup>a</sup>	4.87 $\pm$ 0.050 <sup>c</sup>	5.29 $\pm$ 0.083 <sup>ab</sup>

#### 8.1.1. Temperatura

Dentro de un cultivo de camarón *P. vannamei* uno de los principales parámetros a considerar para controlar la alimentación y el crecimiento es la temperatura.

Durante los 60 días del cultivo se registró en cada tratamiento los mínimos y máximos de temperatura, en donde El control tiene un mínimo de 21.39 °C y un máximo de 26.02 °C, Las Parritas tiene un mínimo de 21.47 °C y un máximo de 26.20 °C, en el tratamiento Las Culebras mantuvo 21.37 °C y un máximo de 26 °C y El Sacrificio presento un mínimo de 21.23 °C y un máximo de 25.63 °C.

En la Figura 16 se muestra como fue elevándose gradualmente la temperatura conforme avanzo el experimento, mostrando que los datos encontrados no presentan diferencia significativa entre tratamientos ( $p < 0.05$ ).

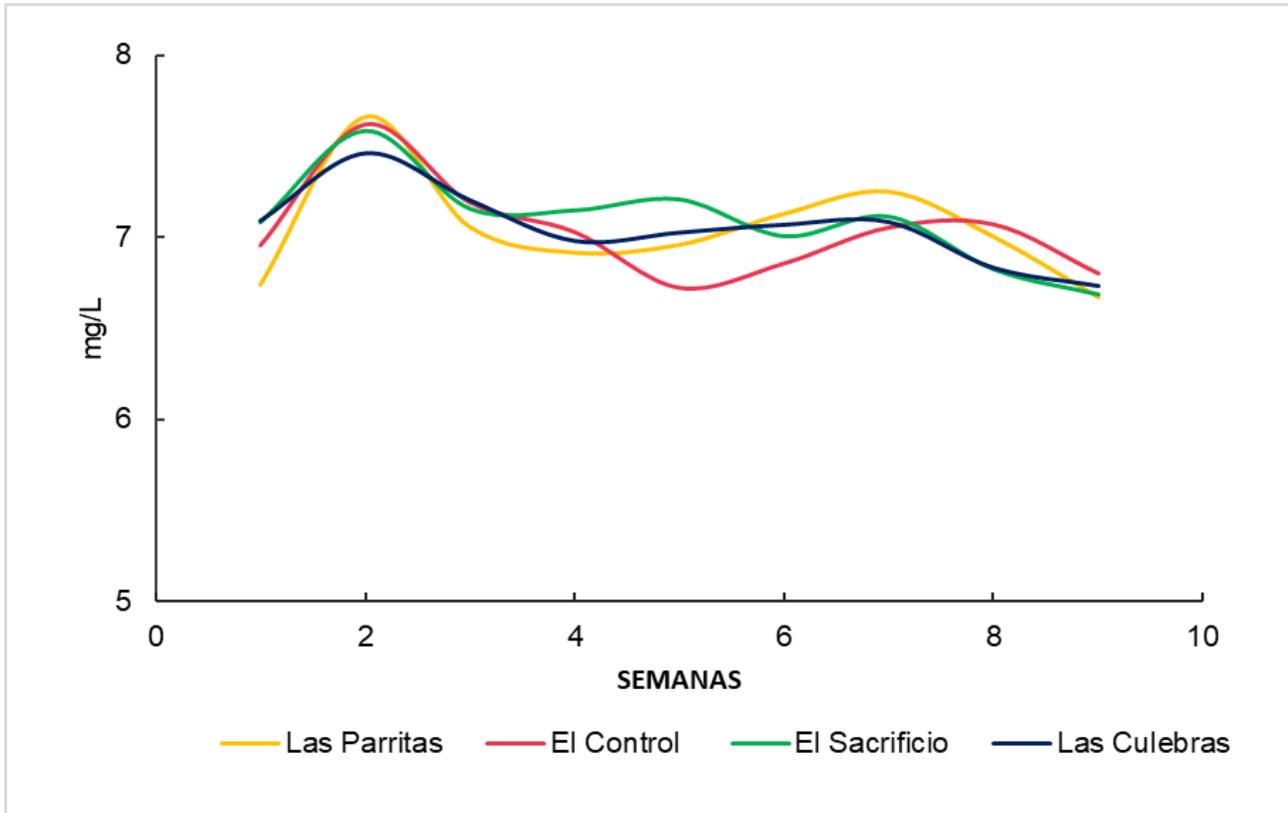


**Figura 16.** Temperaturas registradas semanalmente para cada tratamiento durante el cultivo con agua subterránea, mostrando una disminución en la segunda semana, y una creciente positiva considerable a partir de la tercera semana para todos los tratamientos.

### 8.1.2. Oxígeno disuelto

Durante el cultivo con agua subterránea en esta investigación (que se mantuvieron con aireación) los niveles de oxígeno disuelto en los estanques se presentaron de la siguiente manera:

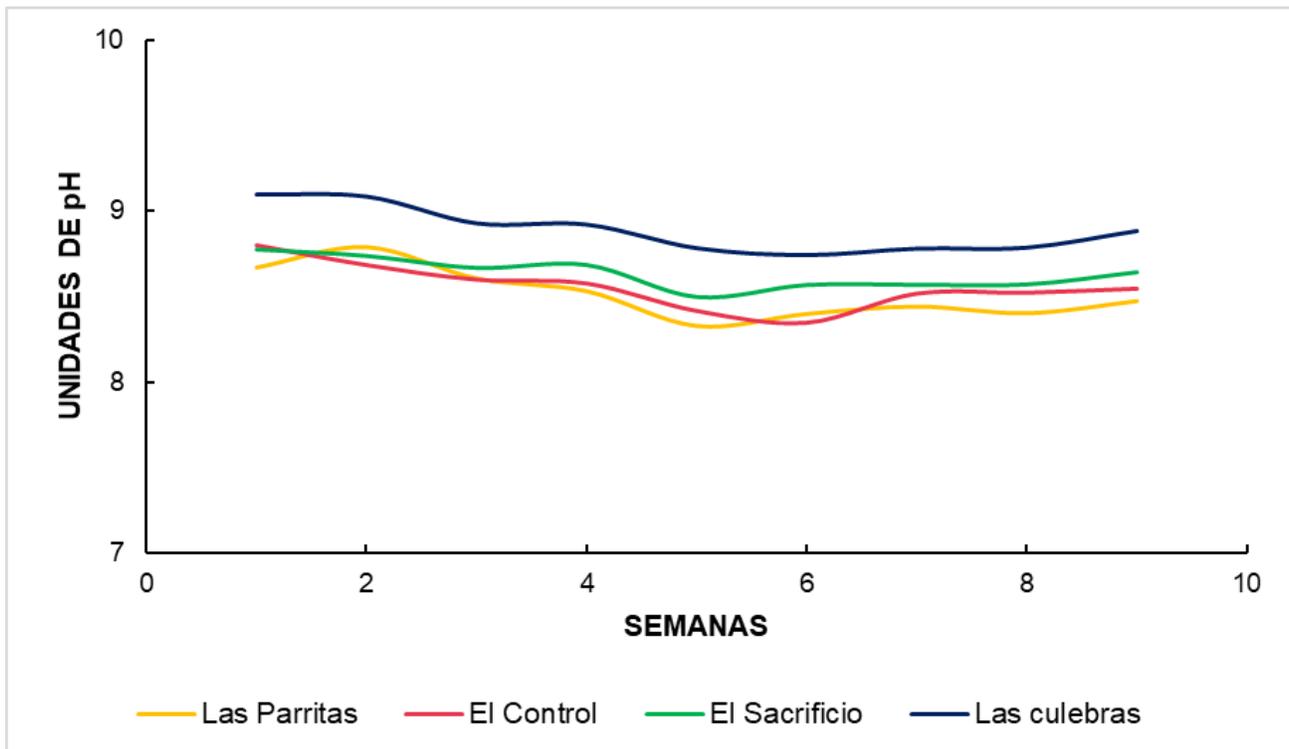
Para el control se obtuvo un mínimo de 6.72 mg/L, un máximo de 7.62 mg/L, Las Parritas obtuvo un mínimo de 6.67 mg/L, un máximo de 7.66 mg/L, Las Culebras un mínimo de 6.74 mg/L y un máximo de 7.46 mg/L y para El Sacrificio presentó una concentración mínima de 6.68 mg/L y un máximo de 7.58 mg/L, en la Figura 17 se muestra como el oxígeno se comportó durante el experimento.



**Figura 17.** Valores promedio de la concentración de oxígeno disuelto presentado para cada tratamiento durante el cultivo con agua subterránea de Guasave, Sinaloa.

### 8.1.3. pH

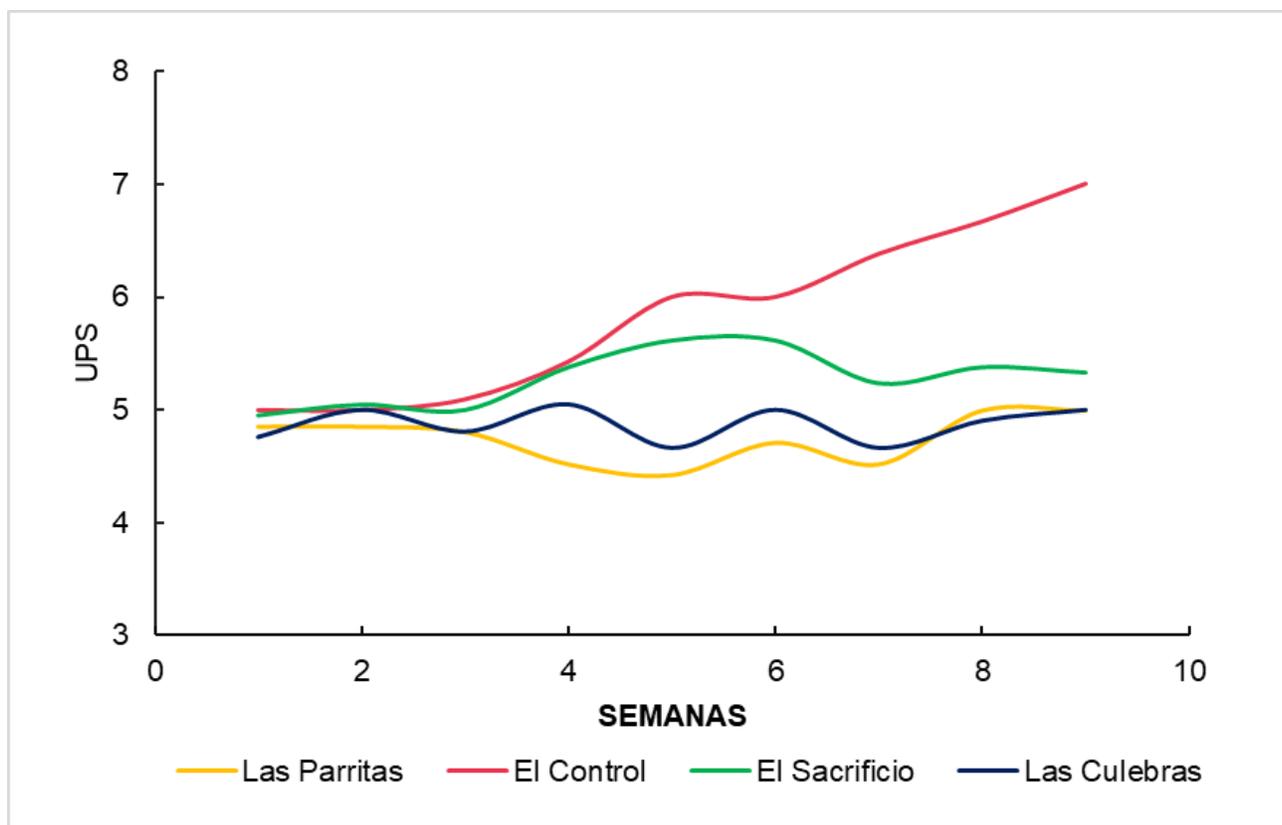
Los resultados obtenidos presento una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento Las Culebras a comparación de los demás, obteniendo en el control un mínimo de 8.35 con un máximo de 8.80, Las Parritas un mínimo de 8.33 y un máximo de 8.79, para Las Culebras un mínimo de 8.74 y un máximo de 9.09, para El Sacrificio un mínimo de 8.50 con un máximo de 8.77, en la Figura 18 se presenta la tendencia del pH durante las semanas de cultivo.



**Figura 18.** Variación promedio del pH en los tratamientos durante el cultivo de camarón *P. vannamei* con agua subterránea de Guasave, Sinaloa.

#### 8.1.4. Salinidad

Los resultados arrojados en este estudio nos reflejan que durante los días de cultivo la salinidad presento diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos existiendo un aumento gradual durante el cultivo, presentando una salinidad para el control mínima de 5 ppm y un máximo de 6 ppm, para Las Parritas una salinidad mínima de 4.43 ppm y una máxima de 5 ppm, para Las Culebras se presentó un mínimo de 4.67 ppm y un máximo de 5.05 ppm y para el tratamiento El Sacrificio se obtuvo un mínimo de 4.95 ppm y un máximo de 5.62 ppm. En la Figura 19 se muestran la creciente que se generó en los tratamientos con respecto a la salinidad.



**Figura 19.** Comportamiento de la salinidad durante el cultivo de camarón *P. vannamei* en agua subterránea de Guasave, Sinaloa.

### 8.1.5. Nutrientes

Durante el cultivo de camarón *P. vannamei* se tomaron muestras quincenalmente en cada tratamiento para conocer las concentraciones de nitrito, nitrato y amonio. En la tabla 7 se presentan las concentraciones obtenidas durante el experimento.

**Tabla 7.** Concentraciones de nitritos, nitratos y amonio en el cultivo de camarón *P. vannamei* con agua subterránea.

Variables	Control	Las Parritas	Las Culebras	El Sacrificio
Nitritos mg/L	0.411	0.852	0.508	0.990
Nitratos mg/L	1.699	1.452	2.247	2.051
Amonio mg/L	0.550	0.193	0.137	0.170

## 8.2. VARIABLES PRODUCTIVAS

Los resultados obtenidos de las variables productivas durante el cultivo de camarón *P. vannamei* con agua subterránea se observa en la tabla 8, obteniendo el mejor crecimiento en el tratamiento control con un factor de conversión alimenticia de  $1.35 \pm 0.25$  más bajo dentro del cultivo. La supervivencia mayor se presentó en el tratamiento Las culebras no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos.

**Tabla 8.** Valores promedios  $\pm$  error estándar de las variables productivas evaluadas en el cultivo de camarón *P. vannamei* con agua subterránea en Guasave, Sinaloa. Letras desiguales indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

<b>Variables productivas</b>	<b>Control</b>	<b>Las Parritas</b>	<b>Las Culebras</b>	<b>El Sacrificio</b>
Días de cultivo	60	60	60	60
Peso Inicial (g)	0.543 $\pm$ 0.024	0.537 $\pm$ 0.029	0.478 $\pm$ 0.006	0.523 $\pm$ 0.012
Peso Final (g)	5.05 $\pm$ 0.33	4.62 $\pm$ 0.47	3.87 $\pm$ 0.40	3.62 $\pm$ 0.39
TEC (%)	2.345 $\pm$ 0.0631	2.291 $\pm$ 0.0821	2.371 $\pm$ 0.165	2.155 $\pm$ 0.0704
TCA (g)	0.080 $\pm$ 0.006	0.052 $\pm$ 0.008	0.061 $\pm$ 0.007	0.057 $\pm$ 0.007
Supervivencia (%)	80.0 $\pm$ 5.03	79.0 $\pm$ 7.86	93.0 $\pm$ 2.90	87.0 $\pm$ 2.40
Biomasa Final (g)	203.57 $\pm$ 29.22	178.2 $\pm$ 25.18	181.17 $\pm$ 19.34	158.43 $\pm$ 13.02
Alimento Final (g)	272.73 $\pm$ 34.32	264.33 $\pm$ 22.88	270.37 $\pm$ 23.01	250.10 $\pm$ 21.52
FCA	1.35 $\pm$ 0.25	1.49 $\pm$ 0.09	1.51 $\pm$ 0.12	1.6 $\pm$ 0.17
Producción por hectárea	2035.67 $\pm$ 292.25	1782 $\pm$ 251.76	1811.33 $\pm$ 193.38	1584.33 $\pm$ 130.22

## IX. DISCUSIÓN

El presente estudio representa un análisis sobre la adaptabilidad que obtienen los camarones *P. vannamei* al cultivarse con aguas subterráneas de diferentes sitios del municipio de Guasave, Sinaloa. Existen algunos estudios de carácter similar en donde se han enfocado en el crecimiento y supervivencia de los camarones *P. vannamei* Valenzuela-Quiñones, (2005) cultivados con aguas de baja salinidad Samocha *et al.*, (2004), o nula salinidad (Valencia-Castañeda *et al.*, 2017; Esparza-Leal *et al.*, 2019).

La supervivencia en este estudio durante los 60 días del cultivo en cada tratamiento se presentó mayor a 70%, obteniendo una mayor supervivencia en el tratamiento “Las Culebras” en comparación del control (agua de mar diluida). El rango de salinidad de los tratamientos se mantuvo de 4 a 6 ppm, esto se atribuye a la posible evaporización que se presentó por el incremento de la temperatura que se generó durante el experimento. El camarón *P. vannamei* puede ser cultivado exitosamente en salinidades con rango de 1 y 50 ppm, se recomienda superior a 5 ppm para una mejoría dentro de los cultivos, las aguas subterráneas que se utilizaron en esta investigación presentaron una salinidad promedio de 5 ppm, por lo que se optó por mantener el agua control a la misma concentración, dado que Boyd, (2001), nos menciona que las postlarvas de camarón pueden crecer sin presentar problemas al disminuir la salinidad del agua de mar manteniendo las concentraciones ideales de idoneidad en las aguas, se pueden obtener supervivencia y crecimiento favorables, recordando que debemos evitar los cambios bruscos de salinidad.

Adema Saoud *et al.*, (2003) nos menciona que la supervivencia de los camarones en aguas con baja salinidad se debe a la composición iónica. Por ello, Roy *et al.*, (2010) y Valencia Castañeda *et al.*, (2017), proponen adicionar sales cuando existe una deficiencia del ion potasio y magnesio en las aguas subterráneas, hasta obtener concentraciones equivalentes al agua de mar diluida, para poder incrementar la supervivencia y crecimiento. Esto con cuerda con lo obtenido por Espinoza-Ortiz, *et al.*, (2021), donde al adicionarle sales de potasio y magnesio

incrementaron la supervivencia de los camarones *P. vannamei* con agua subterránea.

En los resultados obtenidos en este estudio al adicionar potasio mediante la ecuación propuesto por Boyd y Thunjai, (2003), los tratamientos mejoraron su concentración de potasio y por ende se esperaba mejores supervivencias y crecimiento en el cultivo.

Lo anterior es comparable con lo obtenido por Lucena *et al.*, (2006), en donde la supervivencia de un tratamiento con adición de potasio no presenta diferencias con el control, a comparación de un tratamiento sin adicción de potasio donde presenta supervivencias menores que el control.

Como nos menciona Lucena *et al.*, (2006) la deficiencia de potasio es muy común en las aguas de baja salinidad, por lo cual algunos autores proponen adicionarles potasio para mejorar sus concentraciones evitando una menor supervivencia dado que la deficiencia del potasio afecta en el proceso de muda en donde los camarones se retira su cutícula de la epidermis para poder absorber agua a través de sus branquias y poder desprender el viejo esqueleto, si este proceso se lleva en concentraciones bajas de potasio, conlleva a un hinchamiento celular desmedido por la entrada de agua, lo cual tiende a provocar la muerte del organismo.

Por lo tanto, en los cultivos de camarón *P. vannamei* se sigue desarrollando una mejor comprensión de la influencia que ejerce la composición iónica del agua de pozo en la fisiología de los camarones. En cuanto el crecimiento, se determinó semanalmente, para cada tratamiento manteniendo las mismas estrategias de manejo. Este estudio los tratamientos obtuvieron un crecimiento semanal, para el control crecieron 0.57 g, para Las Parritas 0.51 g, Las Culebras 0.42 g y El Sacrificio 0.39 g. por otra parte, las tallas finales de los tratamientos son para el control  $5.05 \pm 0.033$  g, Las Parritas  $4.62 \pm 0.47$  g, Las Culebras  $3.87 \pm 0.40$  g y El Sacrificio  $3.62 \pm 0.39$  g.

Similar a lo reportado por Valenzuela-Quiñones *et al.*, (2010), quienes reportaron crecimientos para sus tratamientos de  $0.57\pm 0.13$  g y para el control  $0.74\pm 0.08$  g encontrando mejor crecimiento en el control a comparación de sus tratamientos, parecidos a los resultados obtenidos en este estudio.

Por consiguiente, Esparza-Leal *et al.*, (2009) obtuvieron tasas bajas en sus tratamientos con baja salinidad a comparación de agua de mar, en sus tratamientos el crecimiento semana menor fue de 0.57 g y la mayor de 0.63 g, en su control reporto un crecimiento semanal de 0.74 g, con un peso final de 8.85 g, durante 85 día, en este estudio los resultados estuvieron por debajo de lo reportado por Esparza-Leal *et al.*, (2009), sin embargo la sobrevivencia en sus tratamientos fueron menores a lo reportado en este estudio que duro 60 días.

Tal como obtuvo Yambay Rueda y Álvarez Alvarado en el (2017), donde realizo un cultivo de camarón *P. vannamei* en sistemas cerrados con circulación a una salinidad de 5 ppm obteniendo crecimiento de 0.57 g/semanal.

En cuanto al factor de conversión alimenticia en este estudio se obtuvieron para el control  $1.35\pm 0.25$ , para Las Parritas  $1.49\pm 0.09$ , Las Culebras  $1.51\pm 0.12$  y para El Sacrificio  $1.6\pm 0.17$ , obtenido en el control el menor FCA a comparación con los demás tratamiento, sin embargo no se encontró diferencias significativa  $p < 0.05$ , Talavera *et al.*, (1997) recomienda que el FCA no debe ser mayor a 1.5 dado que si sobre pasa el límite una parte del alimento no se estaría aprovechando y se estaría utilizando como fertilizante, lo cual provocaría un aumento en materia orgánica, este estudio siendo un cultivo diferente al tradicional los resultados obtenidos se encuentra en el rango adecuado, aun cuando la temperatura al principio no se encontraba en los rangos óptimos, los resultados obtenidos nos indica que el alimento que se suministro fue aprovechado y transformado en biomasa de manera exitosa.

Las variables físico-químicas del agua en los cultivos acuícolas son cruciales para poder obtener rendimientos en las producciones, evitando enfermedades patológicas que provoquen mortalidades dentro de los cultivos (García Sánchez *et al.*, 2018). Por ello las variables estudiadas en este estudio se mostraron normales

a excepción de la temperatura que presentó un leve cambio, registrando bajas temperaturas al inicio del cultivo en diferencia a los rangos de 25 °C a 32 °C, mencionado en Hernández-Gurrola, (2016) para obtener crecimientos y supervivencia favorables.

Al presentar rangos inferiores dentro de un cultivo la temperatura se puede considerar como el parámetro que generara crecimientos lentos y supervivencia menores, dado que la temperatura tiene un efecto directo sobre la alimentación y metabolismo afectando directamente la eficiencia en el crecimiento de los camarones (Kumlu *et al.*, 2010).

Abdelrahman *et al.*, (2018) realizaron un estudio para determinar la Influencia de la temperatura del agua en la supervivencia, crecimiento y rendimiento de *P. vannamei* en cultivos de baja salinidad, encontrando un mejor crecimiento semanal cuando se presentaban temperaturas entre 26 y 27.5 °C, considerando que el rendimiento de los camarones en los cultivos entre mayor sea la temperatura, mayor es la ganancia en peso, sin sobrepasar el rango óptimo, de lo contrario el crecimiento será rápido, pero se provocara metabolismos alto y el oxígeno disuelto se limitara al no mantener su capacidad en solución (Meyer, 2004).

A diferencia del oxígeno disuelto en este estudio no se presentaron diferencias significativas entre tratamiento y control presentando concentraciones mayores a 7.0 mg/L. estas concentraciones de oxígenos disueltos son similares a lo presentado por Lucena *et al.*, (2006), en donde rangos de oxígeno disuelto se mantienen entre 5.69 y 7.81 mg/L, estos valores los consiguió implementando aireación constante durante el estudio. Por otra parte, los valores del estudio están en línea con los valores mencionados por Boyd., (2001), quien recomienda concentraciones de oxígeno disuelto cerca de los 5 mg/L, ya que tales concentraciones son aceptables dentro de los cultivos de camarón. Estas concentraciones de oxígeno disuelto en los estanques los camarones no tienen a presentar estrés, por lo tanto, no deben presentarse disminución de apetito, crecimiento lento y bajas supervivencia (Boyd y Hanson, 2010).

Los valores del pH encontrados en este estudio se mantuvieron en los rangos óptimos para el cultivo de *P. vannamei*. De acuerdo a Boyd (2001), para cultivar *P. vannamei*, recomienda valores de 6 a 9 para obtener un mejor crecimiento, evitando estrés en los organismos bajo cultivo, aunque existieron leves variaciones durante el cultivo, los camarones pueden sobrevivir en periodos cortos sin ocasionar efectos negativos (Carbajal y Sánchez, 2013) normalmente las aguas salobres mantienen un rango de 7 a 8 durante la mañana, el cual aumenta durante el día (Paz-Rivera, 2018).

En este estudio el amonio se mantuvo en los tratamientos en 0.13 a 0.19 mg/L, y el control presentó concentraciones de 0.55 mg/L manteniéndose en los rangos reportado por Senasica, (2003) donde mencionan que para evitar estrés en los organismos en cautiverio la concentración de amonio total debe mantenerse entre 0.1 a 1.0 mg/L, similar a lo reportado por Valenzuela-Quiñones *et al.*, (2010) quienes encontraron concentraciones mínimas de 0.26 y máximas de 0.31 mg/L de amonio.

Por otra parte, Hernández-Gurrola (2016), nos menciona que a concentraciones de baja salinidad puede afectar la calidad del agua al aumentar la excreción del amonio por ende se esperarían tasas de crecimiento bajas debido a la cantidad de energía utilizada para realizar el proceso de osmorregulación. Sin embargo, durante el estudio las concentraciones se mantuvieron bajas, esto puede deberse a que durante el estudio se utilizó una técnica de succión de materia orgánica, la cual consistió en retirar la mayor cantidad de excremento del fondo por medio de una manguera pasando una parte del agua por un filtro.

Las concentraciones de nitrito en este estudio se presentaron para el control 0.41 mg/L, Las Parritas 0.85 mg/L, para Las Culebras 0.50 mg/L y para El Sacrificio presento 0.99 mg/L, se propone concentraciones menores a 1.0 mg/L para conseguir una mayor supervivencia en los organismos en cautiverio (Senasica, 2003). Tal como lo menciona Gross *et al.*, (2004) quien recomienda mantener concentraciones inferiores a 0.5 mg/L, por lo que en este estudio las

concentraciones de nitrito se mantuvieron en los rangos adecuados durante el cultivo.

Las concentraciones en nitrato para el experimento se presentaron en control 1.69 mg/L, Las Parritas 1.45 mg/L, Las Culebras 2.24 mg/L y para El Sacrificio 2.051 mg/L, manteniéndose en los rangos adecuados según Boyd, (2001) al estar en los rangos de 0.2-10 mg/L, similar a lo obtenido por Hernández-Gurrola, (2016) quien obtuvo concentraciones de nitrato entre 1.52 mg/L y 4.5 mg/L.

## X. CONCLUSION

La presente investigación sobre cultivos de camarón (*Penaeus vannamei*) con diferentes fuentes de agua subterránea ha demostrado mantener un desempeño favorable durante el experimento, evaluado mediante la supervivencia y crecimiento que obtuvieron los camarones.

Encontrando en este estudio cultivos en aguas subterráneas con factores de conversión alimenticia adecuados, los cuales se encuentran en los rangos óptimos similares a lo encontrado con cultivos con agua de mar diluida, además presento un buen aprovechamiento del alimento suministrado a los camarones.

El peso final se observó ligeramente mayor en el tratamiento control en comparación con los tratamientos con aguas subterráneas, aunque no se presentaron diferencias estadísticas significativas, este crecimiento mejoró conforme la temperatura fue aumentando en este bioensayo.

En cuanto a la supervivencia la mejor se observó en el tratamiento de Las culebras por arriba del 70% aunque sin diferencias significativas, esto indica que las aguas subterráneas en cuestión potencialmente, podrían sostener un cultivo piloto-comercial.

Las concentraciones de los nutrientes amonio, nitrito y nitrato evaluados en los cultivos no presentaron problemas al encontrarse concentraciones adecuadas que no afectaron a los tratamientos esto nos indica que el manejo del cultivo experimental fue el adecuado.

Es conocido por varios autores que las aguas subterráneas presentan una deficiencia en las concentraciones iónicas, por ello, después de realizar un análisis previo de las concentraciones iónicas en las aguas subterráneas encontramos que el ion Potasio se presentaban en una concentración muy baja y entendimos que teníamos que realizar una aportación como se muestra en la tabla 5 , en este trabajo el éxito se debió a que las concentraciones de este ion se trataron de adecuar a la misma concentración del agua de mar diluida (control) y claro al buen manejo del cultivo experimental.

Los resultados de este trabajo nos muestra el potencial que podrían tener algunas fuentes de agua subterránea en el Municipio de Guasave Sinaloa y presentan una alternativa real para el desarrollo de una acuacultura rural o para zonas vulnerables donde solo se cuenta con aguas subterráneas y con un manejo sostenible de los recambios de agua del cultivo tratando de minimizar su uso o potenciar la integración de cultivos agrícolas con especies de plantas con cierta capacidad de tolerar bajas salinidades.

## XI. RECOMENDACIONES

- Es importante un previo análisis de las fuentes de agua destinadas para los cultivos acuícolas, en las aguas subterráneas el componente iónico es preponderante debido a que en los crustáceos juega un papel muy importante en los procesos fisiológicos y metabólicos como en el crecimiento, muda y osmorregulación.
- La medición de los parámetros fisicoquímicos y registros controlados permitirá conocer las variaciones que presenta el cultivo de camarón, por lo cual tener un seguimiento apropiado marcará una gran diferencia en los resultados de la producción.
- En próximas investigaciones se recomienda incluir una comparación de los costos de producción respecto a los ingresos de la comercialización del producto final.
- Se debe promover estas investigaciones en diferentes estados del país para poder generar un mejor panorama sobre el potencial que generaría estas alternativas en los cultivos acuícolas.
- El crecimiento y supervivencia del camarón *P. vannamei* en cultivos con agua de baja salinidad y recambio limitado, representa un panorama de producción rentable para pequeños y medianos productores de comunidades rurales.

## XII. BIBLIOGRAFÍAS

- Abdelrahman, H. A., Abebe, A. Y Boyd, C. E. 2018. Influence of variation in water temperature on survival, growth and yield of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in inland ponds for low-salinity culture. *Aquaculture Research*. 50: 658–672.
- Apún-Molina, J. P., Santamaría-Miranda, A., Luna-González, A., Ibarra-Gámez, J. C., Medina-Alcantar, V. R. 2015. Growth and metabolic responses of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* and Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in polyculture fed with potential probiotic microorganisms on different schedules. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 43(3): 435-445.
- Arzola-González, J. F., Flores-Campaña, L. M., Izabal-Ceja, A. Y Gutiérrez-Rubio, Y. 2008. Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. *AquaTIC*. núm. 28. pp. 8-15.
- Auró, A. Y Ocampo, L. 2006. El libro del camarón.
- Benítez Castellón, FA; Pérez Vásquez, M; Saravia Gutiérrez, FM. 2005. Proyecto sobre la prefactibilidad en la integración de la cadena productiva del camarón marino en la bahía de Jiquilisco”. Tesis de Licenciatura. Universidad de el Salvador. El Salvador.
- Blandón-Muñoz, L. A. y Ordoñez-Cruz, J. J. 2014. Comparación del crecimiento de postlarvas de *Litopenaeus vannamei* (120 ind/m<sup>2</sup>) aplicando alimento comercial con flóculo vs el mismo alimento sin flóculo. Tesis de ingeniero. Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León.
- Boyd, C. E, Y Hanson, T. 2010. Dissolved-Oxygen Concentration in pond Aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*. 40-41p.
- Boyd, C. E. 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. En: Boyd, C.E. (eds.). Métodos para Mejorar la Camaronicultura en Centroamérica. Editorial-Imprenta UCA, Managua, Nicaragua. 01-29p.

- Boyd, C. E. y Thunjai, T. 2003. Concentrations of major ions in waters of inland shrimp farms in China, Ecuador, Thailand and United States. *Journal of the World Aquaculture Society*. 34: 524-532.
- Canales-Machado, M. L., Cáceres-Quiroz, O. J. Y Flores-Romero, J. J. 2017. Comparación del crecimiento del Camarón Blanco *Litopenaeus vannamei*, en dos condiciones de estudio, salinidad óptima y salinidad cercana a cero. Tesis de Licenciatura. Departamento de Acuicola. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. UNAN- León.
- Carabias-Lillo, J. 2000. Estado de salud de la acuicultura. En: Álvarez-Torres, M. Marco Institucional del Desarrollo Acuicola en México. SEMARNAP. Instituto nacional de la pesca. D.F. México. Pp. 1-17.
- Carbajal-Hernández, J.J, Y Sánchez-Fernández, L.P. 2013. Diagnóstico y predicción del hábitat en la camaronicultura. Computación y Sistemas Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, México. Vol. 17 No.3. Pp. 435-455.
- Davis, D. A., Samocha, T. M. Y Boyd, C. E. 2004. Acclimating Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, to Inland, Low-Salinity Waters. *Southern Regional Aquaculture Center*.
- Diario Oficial. 2013. Camarón Blanco del Pacifico *Litopenaeus vannamei*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/308082/02camaron\\_blanco\\_pacifico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/308082/02camaron_blanco_pacifico.pdf). Consultado en junio de 2023
- Diaz, F., Farfan, C., Sierra, E., y Re, A. (2001). Effects of temperatura and salinity fluctuation on the ammonium excretion and osmoregulation of juveniles of *Penaeus vannamei*, Boone. *Marine and Freshwater Behavior and Physiology*. 34:2 93-104. DOI: [10.1080/10236240109379062](https://doi.org/10.1080/10236240109379062)
- Diaz-Palacios, M. A. y Montes-Rafailano, M. G. 2012. Efecto de probiótico a base de *bacillus sp.*, *enterococcus sp.*, *pediococcus sp.* y *lactobacillus sp.*, en la sobrevivencia y crecimiento larval del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en la estación de maricultura LOS CÓBANOS, SONSONATE.

Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agronomicas. Universidad de el Salvador. San Salvador.

- Esparza-Leal, H. M., Ponce-Palafox, J. T., Aragón-noriega, E. A., Arredondo-Figueroa, J. L., García-Ulloa, M. Y Valenzuela-Quiñonez, W. 2010. Growth and performance of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* (Boone) cultured in low-salinity water with different stocking densities and acclimation times. *Aquaculture Research*. 41: 878-883.
- Esparza-Leal, H. M., Ponce-Palafox, J. T., Cervantes-Cervantes, C. M., Valenzuela-Quiñonez, W., Luna-González, A., López-Álvarez, E. S., Vázquez-Montoya, N., López-Espinoza, M. Y Gómez-Peraza, R. L. 2018. Effects of low salinity exposure on immunological, physiological and growth performance in *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*. 00:1– 7.
- Esparza-Leal, H. M., Ponce-Palafox, J. T., Valenzuela, W., Cabanillas, H., Arredondo, J.L. 2009. The effect of low salinity water with different ionic composition on the growth and survival of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in intensive culture. *Journal of Applied Aquaculture*. 21:215-227.
- Esparza-Leal, H. M., Ponce-Palafox, J. T., Valenzuela-Quiñonez, W., Arredondo-Figueroa, J. L. Y García-Ulloa, M. 2010. Effects of Density on Growth and Survival of Juvenile Pacific White Shrimp, *Penaeus vannamei*, Reared in Low-salinity Well Water. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol. 41, No. 4.
- Espinoza-Ortiz, M., Apún-Molina, J. P., Peinado-Guevara, H. J., Herrera-Barrientos, J., Belmonte-Jiménez, S. I., Ladrón de Guevara-Torres, M. d. I. A. Y Delgado-Rodríguez, O. 2021. Evaluation of Groundwater in the Coastal Portion of Guasave, Sinaloa for White Shrimp Farming (*Penaeus vannamei*) through VES, Chemical Composition, and Survival Tests. *Journal Marine Science and Engineering*. 9: 276. <https://doi.org/10.3390/jmse9030276>.

- FAO 2011. Desarrollo de la Acuicultura, enfoque ecosistémico. (en línea) Consultado el 03 de febrero de 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i1750s/i1750s.pdf>.
- FAO, 2006. Cultured Aquatic Species Information Programme *Penaeus vannamei* (Boone, 1931). Fisheries and Aquaculture Department. Pp. 1-14.
- FAO, 2014. Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura, oportunidades y desafíos. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. Roma. Pp.253.
- FAO. 2022. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. Pp. 30-40 <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Fuentes-Yagüe. 1993. Aguas subterráneas. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid. Pp. 1-32.
- García, S. y Le-Reste. L. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. FAO Documento Técnico Pesca, (203):180 p. <https://www.fao.org/3/AD015S/AD015S00.htm>
- García-Sánchez, S., Juárez-Agis, A., Oliver-Salome, B., Rivas-González, M. Y Zeferino-Torres J. 2018. Variables fisicoquímicas ambientales que inciden en el cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*, en Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 5(2): 135-155.
- Godínez-Siordia, D., Chávez-Sánchez, M. Y Gómez-Jiménez, S. 2011. Acuicultura epicontinental del camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14(1): 55-62.
- Gross, A., Abutbul, S. y Zilberg, D. 2004. Acute and Chronic Effects of Nitrite on White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, Cultured in Low-Salinity Brackish Water. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol. 35, No. 3.
- Hernández-Barraza, C. A., Aguirre-Guzmán, G. A. y López-Cantú, D G. 2009. Sistemas de producción de acuicultura con recirculación de agua para la

región norte, noreste y noroeste de México. *Revista mexicana de agronegocios*. Volumen 25: 117-130.

Hernández-Gurrola, J. A. 2016. Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur. México.

Herrera, C. 2012. Factores físicos y químicos del agua de los estanques camaroneros. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias y Tecnología. Carrera de Ingeniería Acuícola. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN- LEÓN.

Kumlu, M., Kumlu, M., Turkmen. 2010. Combined effects of temperature and salinity on critical thermal minima of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Penaeidae). *Journal of Thermal Biology* 35: 302–304.

López-Geta, J. A., Fornés-Azcoiti, J. M., Ramos-González, G., Villarroya-Gil, F. 2009. Las aguas subterráneas: Un recurso natural del subsuelo. Instituto Geológico y Minero de España. 4ª ed.- Madrid.

Lucena, A., Leonardi, G., Pichardo, G. Y Farci, G. 2006. Sobrevivencia de las larvas de camarón a baja salinidad. *Educare*. Volumen 10 (1). ISSN: 1316-6212.

Martínez-Córdova, L.R., Martínez-Porchas, M., Cortés-Jacinto, E. 2009. Camaronicultura Mexicana y mundial: ¿Actividad sustentable o industria contaminante? *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 25:181-196.

Meyer, D. E. 2004. Introducción a la Acuicultura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Montano-Vásquez, H. Y. y Gómez-Grande, S.O. 2003. Determinación de la sobrevivencia de larva de camarón marino (*Litopenaeus vannamei*) a

diferentes periodos de adaptación en agua dulce. Tesis. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de el Salvador. San Salvador.

Páez-Osuna, F., Gracia, A., Flores-Verdugo, F., Lyle-Fritch, L. P., Alonso-Rodríguez, R., Roque, A. y Ruiz-Fernandez, A. C. 2003. Shrimp aquaculture development and the environment in the Gulf of California ecoregion. *Marine Pollution Bulletin*. 46: 806–815.

Palma-Cadenas, G. A. Y Rostràn-Benavidez, K. J 2012. Crecimiento de camarones *Litopenaeus vannamei* en etapa de postlarvas cultivados en dos densidades de siembra 100 y 150 pls/m<sup>2</sup>. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Biología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN – León.

Paredes-Mendoza, J. R. Y Rodríguez-Romero, J. S. 2020. Monitoreo de los parámetros de temperatura y pH para evaluar su efecto en la producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) en San Luis La Herradura, La Paz. Tesis de Licenciatura. Facultad Multidisciplinaria Paracentral. Universidad del Salvador. San Vicente, Salvador.

Paz-Rivera, L. F. 2018. Comparación de los parámetros físico-químicos del agua, en dos sistemas intensivos de producción de camarón marino *Penaeus vannamei* en la finca camaronera San José, Retalhuleu, Guatemala (Ciclo 1, 2014). Tesis de Licenciatura. Centro De Estudios el Mar y Acuicultura. Universidad De San Carlos De Guatemala. Guatemala.

Platas-Rosado, D. E., Vilaboa-Arroniz, J. 2014. La acuicultura mexicana: potencialidad, retos y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Vol. 35. pp. 1065-1071.

Rayo-Rojas, F. M. 2009. Comparación de dos tipos de sistema de cosecha de camarones de cultivo empleado en nicaragua y valorado en planta de proceso. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. UNAN-León. Nicaragua.

- Rojas, A. A. Haws. y Cabanillas, J. A. 2005. Buenas Prácticas de Manejo para el cultivo de camarón. The David and Lucile Packard Foundation. United States Agency for International Development. Cooperative Agreement No. PCE-A-00-95- 0030-05.
- Roy, L. A., Allen-Davis, D., Saoud, I. P., Boyd, C. A., Pine, H. J. Y Boyd, C. E. 2010. Shrimp culture in inland low salinity Waters. *Reviews in Aquaculture*. 2:191–208. doi: 10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x
- Sahuquillo-Herráiz, A. 2009. La importancia de las Aguas Subterráneas. *Revista. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Esp)*. Vol. 103, N.1, Pp 97-114.
- Samocha, T. M., Lawrence, A. L., Collins, C. A., Castille, F. L., Bray, W. A., Davies, C. J., Lee, P. G., Wood, G. F., 2004, Production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in high density greenhouse enclosed raceways using low salinity groundwater. *Journal of Applied Aquaculture* 15:3-4, 1-19. [http://dx.doi.org/10.1300/J028v15n03\\_01](http://dx.doi.org/10.1300/J028v15n03_01)
- Saoud, I. P., Allen-Davis, D. Y Rouse, D. B. 2003. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*. 217. 373 – 383.
- SENASICA, 2003. Manual de buenas prácticas de producción acuícola de camarón para la inocuidad alimentaria. Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental.
- Tacón, A.G.J. 2002. Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. Pp.69.
- Tay, C. 2014. La camaronicultura en la costa Sur de Guatemala, contexto, avance 2005- 2012 y su perspectiva de expansión futura. Tesis Maestro en Ciencias. Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Ulloa-Tello, R. F. 2015. El efecto de dos porcentajes de recirculación de agua en el cultivo de camarón (*Litopenaeus vannamei*). Tesis de Licenciatura. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Técnica de Machala.
- Valencia-Castañeda, G., Millán-Almaraz, M. I., Fierro-Sañudo, J. F., Fregoso-López, M. G. Y Páez-Osuna, F. 2017. Monitoring of inland waters for culturing shrimp *Litopenaeus vannamei*: application of a method based on survival and chemical composition. *Environmental Monitoring and Assessment*. 189: 395.
- Valenzuela-Madrigal, I. E., Valenzuela-Quiñónez, W., Esparza-Leal, H. M., Rodríguez-Quiroz, G. y Aragón-Noriega, E. A. 2017. Effects of ionic composition on growth and survival of white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture at low-salinity well wáter. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. vol. 52. (1): 103-112.
- Valenzuela-Quiñónez, W. 2005. Cultivo hiperintensivo de camarón blanco en invernadero con agua subterránea de baja salinidad en Guasave, Sinaloa (clave cgpi- 20050472). Centro Interdisciplinario de Investigación Para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa Instituto Politécnico Nacional (IPN). Guasave, Sinaloa. Pp. 1-12.
- Valenzuela-Quiñónez, W., Rodríguez-Quiroz, G., Esparza-Leal, H. M. 2010. Cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone) en agua de pozo de baja salinidad como alternativa acuícola para zonas de alta marginación. *Revista Ra Ximhai*. 6(1):1-8.
- Yambay-Rueda, R. E. Y Álvarez-Alvarado, M. E. 2017. Cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en sistemas cerrados de recirculación. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Ecuador.

### XIII. ANEXOS



Limpieza de los estanques antes de iniciar el cultivo de Camarón *P. vannamei*



Colocación de los estanques en el sitio de experimentación CIDIIR-IPN.



Extracción de las aguas subterráneas de pozos activos en las comunidades seleccionadas.



Pruebas de laboratorio para evaluar las concentraciones de los nutrientes durante el experimento en el Laboratorio de Acuicultura.



Camarones obtenidos al finalizar el experimento A: Agua subterránea y B: Agua de mar diluido.