



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**PRODUCCIÓN DE SAL Y SU RELACIÓN CON DIVERSAS
CONCENTRACIONES POBLACIONALES DE *Artemia salina* EN EL
SECTOR MONTAÑA BLANCA – SALINAS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de

BIÓLOGO

AUTOR:


WILLIAM GABRIEL SUÁREZ DEL PEZO

TUTORA:

Blga. DADSANIA RODRÍGUEZ MOREIRA, Mgt

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025



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

**PRODUCCIÓN DE SAL Y SU RELACIÓN CON DIVERSAS
CONCENTRACIONES POBLACIONALES DE *Artemia salina* EN EL
SECTOR MONTAÑA BLANCA – SALINAS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de

BIÓLOGO

AUTOR:

WILLIAM GABRIEL SUÁREZ DEL PEZO

TUTORA:

Blga. DADSANIA RODRÍGUEZ MOREIRA, Mgt

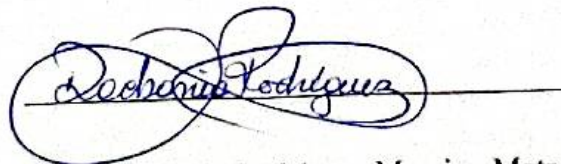
LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

DECLARACIÓN DOCENTE TUTOR

En calidad del Docente Tutor del Trabajo de integración Curricular, "PRODUCCION DE SAL Y SU RELACIÓN CON DIVERSAS CONCENTRACIONES POBLACIONALES DE ARTEMIA SALINA EN EL SECTOR MONTAÑA BLANCA – SALINAS", elaborado por el Sr. WILLIAM GABRIEL SUÁREZ DEL PEZO, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, Mgtr.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0913042008

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “PRODUCCION DE SAL Y SU RELACIÓN CON DIVERSAS CONCENTRACIONES POBLACIONALES DE ARTEMIA SALINA EN EL SECTOR MONTAÑA BLANCA – SALINAS”, elaborado por SUÁREZ DEL PEZO WILLIAM GABRIEL, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'W. Santos S.', is written over a horizontal line.

Blgo. William Santos Sánchez, M. Sc.

C.I. 2400216459

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por las ideas, hechos, investigación y resultados expuestos en este trabajo de titulación, pertenecen exclusivamente al autor, el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



William Gabriel Suárez Del Pezo

CI: 2450012212

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme salud, fuerzas y oportunidades a lo largo de este camino universitario. Le agradezco también por los obstáculos que me ha permitido enfrentar, pues cada uno de ellos ha sido una lección que me ha ayudado a seguir adelante y crecer como persona.

A mis padres, Susana Del Pezo, mi madre, quien siempre me motivó día a día a no dar un paso atrás; y Vicente Suárez, mi padre, gracias a él por los sacrificios que ha hecho para brindarme el sustento en la universidad.

A mi hermana Eloisa y a mi cuñado Tomás, mis inspiraciones y ejemplos a seguir. Esto es para ustedes, quienes también siempre pusieron su granito de arena para que no diera un paso atrás.

A mi sobrina Suzan, la engreída de la familia, cuya presencia ilumina nuestras vidas.

Y, por supuesto, a mi compañera de vida, mi esposa Leny, por su apoyo incondicional y por motivarme constantemente a terminar mis estudios. Su amor y apoyo han sido fundamentales en mi camino, y los valoro enormemente.

A todos ustedes, dedico este logro con gratitud y cariño.

William Gabriel Suárez Del Pezo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a Dios por permitirme completar esta importante etapa universitaria. Le agradezco por brindarme fuerza y salud, lo cual me ha permitido seguir adelante y alcanzar mis metas.

También quiero agradecer a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos y vivir experiencias enriquecedoras durante este período de mi vida.

Mi agradecimiento se extiende a todos los profesores que tuve el privilegio de conocer en cada semestre. Agradezco sus enseñanzas y consejos, los cuales me han permitido crecer tanto personal como profesionalmente.

Mi reconocimiento especial va dirigido a mi tutora, la Bióloga Dadsania Rodríguez Mgt. Agradezco su apoyo incondicional durante el desarrollo de esta investigación, su paciencia y orientación fueron fundamentales para su éxito.

También quiero dedicar unas palabras de agradecimiento al laboratorio Genomar, quien me brindó apoyo con materiales, y equipos necesarios para llevar a cabo mi investigación. Su conocimiento y generosidad fueron de gran ayuda para poder finalizar este proyecto.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por su contribución y apoyo en esta etapa de mi vida académica. Su influencia y colaboración han sido fundamentales y siempre serán recordados con gratitud.


TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Suárez Del Pezo William Gabriel** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 10 de diciembre del 2024



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



Blgo. William Santos Sánchez, M. Sc.
**DOCENTE DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, Mgtr.
**DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



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



Lcdo. Pascual Alejandro Roca Silvestre, Mgtr.
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

ÍNDICE

DECLARACION DOCENTE TUTOR.....	III
DECLARACION DELDOCENTE DE ÁREA.....	IV
DECLARACION EXPRESA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	VIII
INDICE.....	IX
INDICE GENERAL.....	X
INDICE DE CUADROS.....	XIV
INDICE DE GRÁFICOS.....	XV
INDICE DE FIGURAS.....	XVI
INDICE DE FOTOS.....	XVII
GLOSARIO.....	XVIII
SIMBOLOGÍA.....	XIX
ABREVIATURAS.....	XX

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
JUSTIFICACIÓN	6
OBEJTIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
HIPÓTESIS	9
CAPITULO I	10
1. MARCO TEORICO	10
1.1. ARTEMIA SALINA	10
1.1.1. IMPORTANCIA	10
1.1.2. IMPORTANCIA DE LA ARTEMIA ECONOMICAMENTE PARA LOS HUMANOS	12
1.1.3. MORFOLOGÍA.....	13
1.1.4. COMPORTAMIENTO	14
1.1.5 REPRODUCCION	15
1.1.6. TAXONOMÍA.....	17

1.1.7. DESCRIPCIÓN FÍSICA	18
1.1.8. HÁBITOS ALIMENTICIOS	18
1.2. SAL.....	19
1.2.1. PRODUCCIÓN DE SAL	19
1.2.2. MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE SAL.....	19
1.2.3. ECOLOGÍA Y BIODIVERSIDAD EN SALINAS	20
1.2.4. OPTIMIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE SAL.....	20
1.2.5. IMPACTO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD.....	21
CAPITULO II	22
2. MARCO METODOLÓGICO.....	22
2.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	22
2.2. LA SALINA	23
2.2.1. DESCAPSULACION DE ARTEMIA	23
2.2.2. SELECCIÓN DE LOS CRISTALIZADORES	24
2.2.3. ESTUCTURA DEL CIRCUITO EN LA SALINA.....	25
2.2.4. MONITOREO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	27
2.2.5. MUESTREO DE ARTEMIA SALINA.....	28
2.2.6. MÉTODO DE RECOLECCIÓN Y CONTEO DE ARTEMIA SALINA.....	29

2.3. COSECHA DE SAL.....	29
2.3.1. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CRISTALIZACIÓN	30
2.3.2. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	31
2.3.3. RECOLECCIÓN DE LA SAL	31
2.3.4. ALMACENAMIENTO	31
2.3. DESARROLLAR ESTRATEGIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SAL QUE SEAN COMPATIBLES CON PRESERVACIÓN DE LAS POBLACIONES DE ARTEMIA SALINA.	32
CAPITULO IV	34
4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	34
4.1. ANALIZAR LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL SECTOR MONTAÑA BLANCA SALINAS QUE FAVORECEN LA PRODUCCIÓN DE SAL Y EL DESARROLLO DE ARTEMIA SALINA	34
4.2. EVALUAR LA CONCENTRACIÓN POBLACIONAL DE ARTEMIA SALINA EN DIFERENTES ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE SAL.....	42
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	52
CAPÍTULO VI	56
CONCLSUIONES Y RECOMENDACIONES.....	56

6. CONCLUSIONES.....	56
7. RECOMENDACIONES.....	58
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
9. ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Salinidad entre tratamientos y ciclos de producción.....	37
Tabla 2. Correlación de Pearson entre los niveles salinidad y población de A. salina	41
Tabla 3. Evaluación del coeficiente de relación de Pearson entre la población de A. salina y la producción de sal	47
Tabla 4. Producción de sal en los diferentes ciclos de producción por monitoreo	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Tendencia de parámetros fisicoquímicos durante el ciclo de producción	35
Gráfico 2. Tendencia de parámetros fisicoquímicos por tratamiento.....	36
Gráfico 3. Evaluación de la salinidad con relación a los tratamientos utilizados.....	38
Gráfico 4. Comportamiento de A. salina con respecto a los niveles de salinidad.....	39
Gráfico 5. Correlación de Pearson entre los niveles de salinidad y la población de A. salina	40
Gráfico 6. Evaluación de concentración poblacional de A. salina durante las etapas del ciclo de producción.....	43
Gráfico 7. Relación entre población de A. salina vs producción de sal	45
Gráfico 8. Relación entre población de A. salina vs la producción de sal por tratamiento.	46
Gráfico 9. Kilogramos de sal producidos por tratamiento.....	48
Gráfico 10. Kilogramos de sal producidos por tratamiento y ciclo de producción	50
Gráfico 11. Tendencia lineal entre la población de A. salina y los Kg de sal producida por tratamiento	51

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Embrión en estadio 'paraguas' (a la izquierda) y en estadio I de nauplios (a la derecha) (1) ojo de nauplio; (2) anténula; (3) antena; (4) mandíbula (Modificado de Rajoy, 2015).....	12
Figura 2. Larva en estadio V. (1) ojo de nauplio; (2) ojo complejo lateral; (3) antena; (4) labrum; (5) gemación de toracópodos; (6) tracto digestivo (Modificado de Rajoy, 2015).	13
Figura 3. Vista de la cabeza y la región torácica anterior en el estadio XII. (1) ojo de nauplio; (2) ojo complejo lateral; (3) anténula; (4) antena; (5) exopodito; (6) telopoditos; (7) endopoditos (Modificado de Rajoy, 2015).....	17
Figura 4. Mapa del Ecuador y el sector montaña blanca en la provincia de Santa Elena, cantón Salinas con sus coordenadas.	22
Figura 5. Estructura de todo el circuito en el Sector Montaña Blanca. Elaborado por: El autor	25

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Reservorio o calentador de agua	69
Anexo 2: Visualización de los cristalizadores	69
Anexo 3: Las piscianas o cristalizadores	70
Anexo 4: Sal cosechada	70
Anexo 5: Sal en Kilogramos.	71
Anexo 6: Medidor de Oxígeno disuelto.....	71
Anexo 7: Medidor de salinidad.....	72
Anexo 8: Descapsulación de <i>Artemia salina</i>	72
Anexo 9: Aireación de la <i>Artemia salina</i>	72
Anexo 10: Primer conteo de <i>Artemia Salina</i>	72
Anexo 11: Segundo conteo de <i>Artemia Salina</i>	72
Anexo 12: Tercer conteo de <i>Artemia Salina</i>	72
Anexo 13: Cuarto conteo de <i>Artemia Salina</i>	72
Anexo 14: Quinto conteo de <i>Artemia Salina</i>	72
Anexo 15: Sal representada en Kilogramos	72

GLOSARIO

Artemia salina: Crustáceo planctónico de aguas salinas utilizado frecuentemente en estudios de ecosistemas hipersalinos y como recurso en la acuicultura.

Salinidad: Concentración de sales disueltas en el agua, expresada en partes por mil (‰) o gramos por litro (g/L).

Cristalización: Proceso mediante el cual se forman cristales sólidos a partir de una solución salina al reducir el contenido de agua.

Oxígeno disuelto (OD): Cantidad de oxígeno presente en el agua, vital para la respiración de organismos acuáticos.

Evaporación: Proceso de conversión de agua líquida en vapor, que incrementa la concentración de sal en los cuerpos de agua.

Hipótesis nula: Suposición inicial en investigación que plantea que no existe una relación significativa entre las variables estudiadas.

Halófilo: Organismo que prospera en ambientes con altas concentraciones de sal.

Densidad poblacional: Número de individuos de una especie por unidad de área o volumen.

pH: Medida de la acidez o alcalinidad de una solución, donde valores menores a 7 son ácidos, 7 es neutro, y mayores a 7 son alcalinos.

SIMBOLOGÍA

NaCl - Cloruro de sodio, o sal común.

‰ - Partes por mil, utilizado para expresar la concentración de salinidad en el agua.

°C - Grados Celsius, unidad de medida de temperatura.

OD - Oxígeno Disuelto, importante indicador de calidad del agua.

g/L - Gramos por litro, otra medida de concentración utilizada para salinidad.

% - Porcentaje, usado para expresar proporciones en estudios experimentales.

pH - Potencial de hidrógeno, indicador de acidez o alcalinidad del agua.

SD - Desviación estándar, medida de dispersión en un conjunto de datos.

Δ - Diferencia o cambio entre valores de una variable.

μ - Media o promedio de una serie de datos.

ABREVIATURAS

A. salina - Artemia salina

OD - Oxígeno Disuelto

SD - Desviación estándar

n.d. - No disponible, para datos no registrados en un estudio

ppm - Partes por millón, medida para pequeñas concentraciones

DO - Demanda de oxígeno, requerida en estudios de organismos acuáticos

PI - Índice poblacional de Artemia salina en un área específica

DO - Demanda biológica de oxígeno

RQ - Relación de Artemia salina en el contexto de salinidad

EF - Eficiencia de la producción de sal, medida en el estudio

RESUMEN

El presente estudio explora la relación entre la producción de sal y las concentraciones de *Artemia Salina* en la región Montaña Blanca -Salinas, observando como las variaciones en la población de Artemia y los niveles de salinidad afectan la producción de sal. Durante un período de 10 semanas, se monitorearon parámetros ambientales y fisicoquímicos en cristalizadores que contenían cantidades variables de Artemia (0, 0.25, 0.5 y 1 gramo). Los resultados obtenidos evidenciaron un incremento en la salinidad de los cristalizadores con una mayor biomasa de A. salina, aunque esta variación no alcanzó significancia estadística ($p > 0.05$). Sin embargo, el tratamiento que incluía 1 gramo de Artemia registró una mayor producción de sal con un promedio de 16.24 kg. El análisis fisicoquímico reveló una tendencia ascendente en los niveles de salinidad durante el ciclo de producción, mientras que el oxígeno disuelto y el pH exhibieron una disminución progresiva. En los tratamientos, se observaron concentraciones de salinidad ligeramente superiores, acompañadas de una reducción en la densidad poblacional de Artemia a medida que avanza el ciclo de producción. El modelo de regresión lineal mostró que el tratamiento con 1 gr de Artemia presentó el coeficiente de determinación más alto con un R^2 de 0.683, el cual se encuentra en el rango de relación fuerte entre la salinidad y la biomasa de Artemia. Por último, el análisis comparativo indicó que un incremento en la biomasa de Artemia se asocia con una mayor tasa de producción de sal.

Palabras claves: *Artemia salina*, Cristalización, Salinidad y Oxígeno disuelto

ABSTRACT

This study examines the relationship between salt production and *Artemia salina* concentrations in the Montaña Blanca-Salinas region, focusing on how variations in *Artemia* populations and salinity levels impact salt yield. Environmental and physicochemical parameters were monitored over 10 weeks in crystallizers with varying amounts of *Artemia* (0, 0.25, 0.5, and 1 gram). Findings showed a slight increase in salinity in crystallizers with higher *Artemia* concentrations, though this was not statistically significant. However, the 1-gram *Artemia* treatment exhibited the highest average salt production (16.24 kg). Physicochemical analysis indicated a rise in salinity across the production cycle, while dissolved oxygen and pH decreased. Treatments containing *Artemia* displayed slightly higher salinity levels, and a gradual decline in *Artemia* population was observed as the production cycle progressed. Linear regression analysis indicated the 1-gram *Artemia* treatment had the highest determination coefficient (68.3%), suggesting a significant relationship between salinity and *Artemia* population. The comparative analysis showed that increased *Artemia* population correlates with higher salt production, indicating that balancing these variables could optimize the process. These findings support strategies to enhance salt production while preserving *Artemia* populations and environmental conditions.

Keywords: *Artemia salina*, crystallization, salinity and dissolved oxygen.

INTRODUCCIÓN

Las salinas solares son ecosistemas ricos que sostienen una variada y abundante comunidad microbiana, adaptada a las condiciones de alta salinidad. Dentro de estos ecosistemas, los ciliados se destacan como organismos clave, dado que, en general, se presentan en grandes cantidades y actúan como depredadores importantes de bacterias y fitoplancton (Dattilo et al., 2005). Esta situación puede llevar a una sobreexplotación del ecosistema y a un incremento del riesgo de contaminación orgánica en los estanques, lo que genera condiciones adversas para la vida marina, incluyendo a los salmones. Estudios recientes realizados en una laguna hipersalina en España sugieren que la diversidad en estos ambientes puede ser considerablemente alta, no solo por la presencia de especies halófilas y marinas, sino también por la inclusión de organismos de agua dulce que emergen debido a la gradual disminución de la salinidad (Andrade et al., 2024).

La *Artemia salina* es una especie importante para el ambiente, la industria acuícola y la investigación científica, dado que ayuda a los organismos en los lagos salinos a reciclar el nitrógeno, controlar la salinidad y proporcionar alimento a los peces; además, el estudio de esta especie permite comprender mejor los ecosistemas acuáticos. Asimismo, la producción de *Artemia salina* puede contribuir a que los productores de sal diversifiquen sus fuentes de ingresos y aumenten su rentabilidad, debido que, este recurso se puede vender a un precio más alto que la sal común (Costa & Cerletti, 2021).

En este contexto, la producción de sal representa una importante fuente de producción tanto de biomasa como de quistes, que se obtienen como subproducto de la sal. Este estudio considera la *Artemia salina* desde el punto de vista de su posible aprovechamiento como un derivado de la producción en las salinas. El estudio se encuentra enfocado en el sector Montaña Blanca, Velasco Ibarra, Cantón Salinas Provincia Santa Elena, con las coordenadas 2°16'22.3"S 80°54'50.6"W, la cual lleva diversos años dedicada a la producción de sal. En función de esto, se pretende conocer si la producción es la correcta o si hay falencias en ella, además de detectar si los recursos en cuanto al personal, insumos, materiales, máquinas y grupos, que se usan en cada actividad del proceso, son suficientes o no para la organización en cuestión y por ende si contribuyen a tener una buena productividad (Navarro & Torres, 2021).

Las artemias salinas son crustáceos que varían en tamaño entre 10 y 200 mm, que viven en salmueras y por su alto contenido proteico del 50% a 60%, su rango es amplio. Los aminoácidos y ácidos grasos poliinsaturados, comúnmente empleados en actividades de producción son los alimentos vivos más demandados por la industria acuícola. Existen seis especies conocidas de las especies del género *Artemia salina*, (Pais et al., 2020).

Tradicionalmente, la producción de la sal se conoce como un proceso de extraer sal de la naturaleza y procesarla para usos comerciales. Esto puede incluir la extracción de sal de la tierra a través de técnicas como la minería a cielo abierto o la evaporación de agua salada para obtener cristales de sal para luego ser procesados con químicos. Sin

embargo, en la producción de sal, y particularmente del papel benéfico de la *Artemia salina* es muy apreciado, dado que, aporta una gran cantidad de minerales y nutrientes (López & García, 2020).

Cabe mencionar que, la producción de *Artemia salina* depende en gran medida de la producción de sal, debido que este crustáceo vive en agua salada, por lo cual, la sal tiende a proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento de la *Artemia salina*, y también ayuda a controlar los niveles de pH y los niveles de oxígeno en el agua (Bonilla et al., 2020). Asimismo, es destacable mencionar que la producción de esta especie se ha vuelto cada vez más común, debido al aumento de la demanda de alimentos acuáticos para peces, aves y otros animales, representando una forma altamente nutritiva de alimento y demostrando que puede ser producida con éxito en salinas (Fernández & Cabrera 2021).

El objetivo de este estudio es analizar como los rendimientos de sal varían según tres concentraciones distintas de *Artemia Salina* descapsulada con el fin de identificar las condiciones ideales para su extracción. De esta manera se busca mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la actividad en la región. La optimización de estos procesos contribuirá al fortalecimiento de la industria salinera local y fomentará un uso más responsable de los recursos naturales (López & García, 2020).

JUSTIFICACIÓN

El sector de Montaña Blanca - Salinas, históricamente conocido por su producción salina, ofrece un ecosistema único donde interactúan procesos físico-químicos y biológicos que son fundamentales para el desarrollo de la actividad salinera. Entre los organismos presentes en este ambiente, *Artemia salina*, un pequeño crustáceo halófilo, juega un papel esencial no solo en la cadena trófica del ecosistema, sino también en la calidad y eficiencia del proceso de producción de sal.

La producción de sal depende estrechamente de la presencia de *A. salina*, ya que sus diferentes concentraciones pueden afectar la clarificación de las aguas en las salinas, lo que influye directamente en la cristalización de la sal. La capacidad de *Artemia salina* para filtrar microalgas y otros microorganismos en ambientes hipersalinos mejora la transparencia del agua, favoreciendo tanto la evaporación como el depósito de sal. Por lo tanto, una adecuada gestión y monitoreo de la población de *Artemia* podría representar una mejora en la producción salinera en términos de calidad y cantidad.

Este estudio es necesario, pues no solo permitirá comprender mejor la dinámica poblacional de *Artemia salina* en condiciones salinas extremas, sino también su impacto directo en la producción salinera de la región. Además, el estudio podrá proporcionar insumos para futuras investigaciones sobre la relación entre los organismos halófilos y los procesos industriales en otros sistemas salineros. También

se espera que los resultados ayuden a mejorar las prácticas de producción de sal, haciéndolas más eficientes y sostenibles, lo que podría repercutir positivamente en la economía de las comunidades locales dependientes de esta actividad.

La *Artemia salina* también ha sido ampliamente reconocida en la acuicultura por su valor nutritivo, lo que abre una ventana de oportunidad para vincular los resultados de este estudio con la generación de ingresos adicionales para las comunidades locales. En un entorno donde la producción de sal es estacional, la A. salina podría convertirse en un recurso comercial, diversificando las actividades económicas de la región. Este enfoque no solo beneficia a la economía local, sino que también aumenta la resiliencia de la comunidad frente a variaciones en la demanda o cambios climáticos que puedan afectar la producción de sal.

Desde una perspectiva ecológica, investigar la relación entre la producción de sal y las concentraciones de A. salina en el sector Montaña Blanca proporciona una mejor comprensión de los posibles impactos ambientales de la actividad salinera. La producción intensiva de sal puede afectar los hábitats naturales y los ciclos de vida de organismos que dependen de las salinas, como las aves migratorias, cuya dieta incluye a la *Artemia salina*. Comprender esta interrelación será clave para desarrollar estrategias de manejo que equilibren la actividad económica con la conservación de la biodiversidad local.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación entre la producción de sal y tres diferentes concentraciones poblacionales de *Artemia Salina* en el sector Montaña Blanca-Salinas, con el fin de la optimización de los procesos de extracción de sal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las condiciones ambientales del sector Montaña Blanca Salinas que favorecen la producción de sal y el desarrollo de *Artemia salina*.
- Evaluar la concentración poblacional de *A. Salina* en diferentes etapas del proceso de extracción de Sal
- Desarrollar estrategias para la optimización de la producción de sal que sean compatibles con preservación de las poblaciones de *Artemia Salina*.

HIPOTESIS

Ho: "Existe una relación directa entre la producción de sal en el sector Montaña Blanca-Salinas y las diversas concentraciones poblacionales de *Artemia salina*. "

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Artemia salina

Es un crustáceo con caparazón blando y un sistema de filtración no selectivo. Su tamaño varía de 10 a 200 mm, siendo generalmente mayor en cepas partenogenéticas que en aquellas con sexos diferenciados. Habita en aguas salinas y, debido a su alto contenido proteico (entre el 50 y el 60%), además de una amplia variedad de aminoácidos y ácidos grasos poliinsaturados, se utiliza extensivamente como alimento vivo en la acuicultura y otros procesos de producción hidrobiológica (Munteanu & Dumitrascu, 2011).

1.1.1. Importancia

Los camarones en salmuera tienen valores comerciales, científicos y educativos. Las propiedades nutricionales de los camarones de salmuera recién nacidos los hacen particularmente adecuados para venderse como alimento para peces, ya que tienen un alto contenido de lípidos y ácidos grasos insaturados (pero bajos en calcio). Los quistes de *Artemia* se recolectan alrededor de los lagos salados, donde flotan en grandes masas y se incuban para alimentar a las larvas de peces, ya sea para acuicultura o aficionados a los acuarios.

Además, se sabe que los camarones de salmuera mejoran la producción de sal en las piscinas de salmuera y, por lo tanto, se utilizan en la producción comercial de sal (Munteanu & Dumitrascu, 2011).

Las características como su corta vida y su capacidad para permanecer inactivos durante largos períodos, los han hecho invaluable en la investigación científica, incluidos los experimentos espaciales. Debido a que los camarones en salmuera pueden tolerar diferentes niveles de salinidad, un experimento de biología común en la escuela es investigar el efecto de los niveles de salinidad en el crecimiento de estas criaturas. Tienen un sistema nervioso/espinal rudimentario, lo que lleva a los investigadores a creer que pueden usarse en experimentos sin preocuparse por la ética animal.

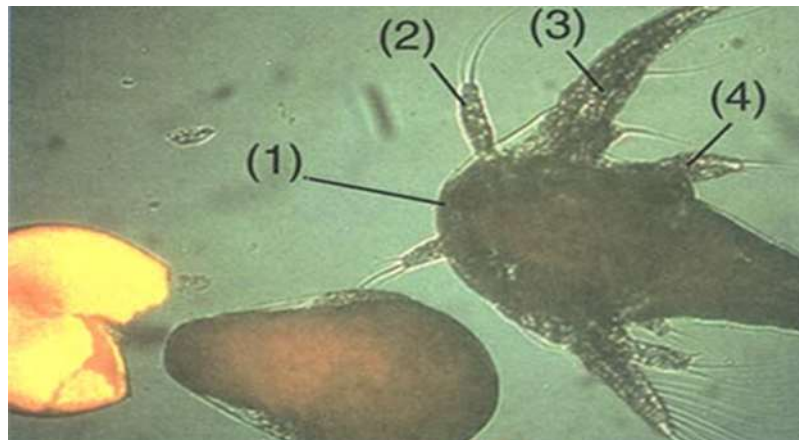
Artemia es un género bien conocido como resultado de una variedad, a veces identificada como una nueva especie o simplemente como una subespecie cultivada de *Artemia salina*. En algunos casos, los camarones en salmuera se utilizan para el consumo humano, como las tribus Dawada en el desierto de Fezzan en Libia (Ghomari & Amat, 2020)

1.1.2. Importancia de la Artemia Económicamente para los humanos

Los camarones de salmuera son útiles en pruebas de toxicidad y con fines educativos porque se reproducen rápidamente y su entorno es fácil de replicar. Se utilizan para enseñar a los estudiantes la técnica adecuada para observar especímenes vivos y cómo diseñar experimentos para determinar el comportamiento, los medios para obtener alimentos y el entorno más óptimo para la reproducción y el desarrollo. Tanto los huevos como los adultos se utilizan como alimento para corales, larvas de peces y otros crustáceos, por su bajo costo y facilidad de uso. Cuestan alrededor de \$ 7 por libra y su mejor momento de venta es de mayo a julio, pero se pueden producir en cualquier época del año en un laboratorio. (Bonilla et al., 2020)

Figura 1

Embrión en estadio 'paraguas' (a la izquierda) y en estadio I de nauplius



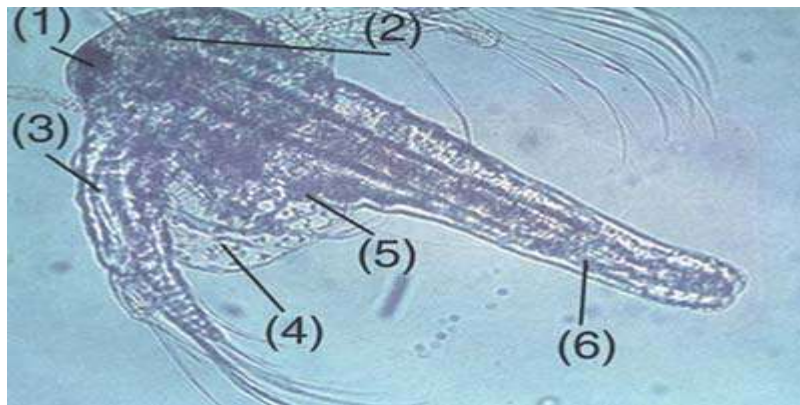
Nota. Estadío I de nauplius (a la derecha) (1) ojo de nauplio; (2) antena; (3) antena; (4) mandíbula. Fuente: Rajoy, 2015

1.1.3. Morfología

En su primer estadio larval, *Artemia salina* presenta un tono marrón anaranjado (Figura 1), un único ojo nauplio de color rojo en la región de la cabeza, y tres pares de apéndices, los cuales incluyen las primeras antenas, las segundas antenas y las mandíbulas (función de captación de alimentos). El lado ventral está cubierto por un gran labrum (absorción de alimentos: transferencia de partículas desde las setas filtrantes hacia la boca). La larva en estadio I no ingiere alimentos ya que su sistema digestivo aún no es funcional; prospera completamente en sus reservas de yema.

Figura 2

Larva en estadio V



Nota: Larva en estadio V. (1) ojo de nauplio; (2) ojo complejo lateral; (3) antena; (4) labrum; (5) gemación de toracópodos; (6) tracto digestivo Autor: Rajoy, 2015)

Después de unas 8 h, el animal muda al segundo estadio larvario (estadio II). Las pequeñas partículas de alimentos que varían en tamaño de 1 a 50 μm son filtradas por la segunda antena e ingeridas en el tracto digestivo funcional.

La larva crece y se diferencia a través de unas 15 mudas (Figura 2). Aparecen apéndices lobulares pares en la región del tronco y se diferencian en toracópodos. A los lados del nauplio se forman ojos laterales de estructura compleja. A partir del estadio 10 en adelante, se están produciendo importantes cambios tanto morfológicos como funcionales: ej. las antenas han perdido su función locomotora y experimentan diferenciación sexual. En los machos se desarrollan en ganchos prensiles, mientras que las antenas femeninas degeneran en apéndices sensoriales. Los toracópodos ahora se diferencian en tres partes funcionales, a saber, los telopoditos y los endopoditos y los exopoditos membranosos (Figura 3).

1.1.4. Comportamiento

La *A. salina* nada boca abajo en comparación con la mayoría de los animales acuáticos. Este es el resultado de la fototaxis positiva, el camarón de salmuera es atraído por la luz, En su entorno natural, el organismo se posiciona con los apéndices orientados hacia arriba, ya que el sol proporciona la luz necesaria. Un espécimen colocado en un endoscopio de disección con una fuente de luz base se voltearía para nadar "normalmente". Además, debido a que los camarones de salmuera se sienten atraídos

por la luz, emergen hacia la superficie durante el día y se sumergen nuevamente por la noche. Sin embargo, las altas intensidades de luz crean una respuesta de fototaxis negativa y ahuyentan a los camarones. Recién eclosionada la *A. salina* demuestran geotaxis positiva, observable cuando los nauplios se sumergen hasta el fondo después de eclosionar, debido al efecto de la gravedad.

Las *Artemias salinas* usan el mismo movimiento rítmico de sus filopodios, que emplean para acercar su alimento, como medio de locomoción. Mediante el batido de sus apéndices, se impulsan en el agua hacia la comida, sin prestar mucha atención a su entorno (Epole et al., 2020).

1.1.5. Reproducción

Los machos están presentes y la reproducción ocurre cuando un macho abraza a una hembra con su gran segunda antena y fertiliza sus huevos, produciendo cigotos diploides. Luego pone los huevos en un saco de cría en el agua. La partenogénesis, o reproducción sin fertilización, también es común entre *A. salina*, particularmente en Europa. La partenogénesis es común cuando los machos no están presentes. Durante la partenogénesis, una hembra pone huevos no fertilizados que se convertirán en crías hembras. Estos huevos pueden ser diploides, tetraploides u octoploides. Los huevos solo eclosionarán si las condiciones ambientales son las adecuadas.

La temperatura debe ser de alrededor de 30 grados C, el suministro de agua abundante y la concentración de sal no demasiado alta. Si no se cumplen estas condiciones, los óvulos fertilizados se depositan como quistes y permanecen secos y rodeados por una cáscara gruesa hasta que estén listos para desarrollarse, posiblemente hasta los 50 años.

El quiste puede sumergirse en agua varias veces antes de que eclosione y algunos requieren una hidratación sostenida durante al menos 36 horas para garantizar que la población no desaparezca cuando no llueva lo suficiente. Un camarón de salmuera tarda aproximadamente una semana en madurar de una larva de nauplio a un adulto y luego vive durante varios meses y puede reproducir hasta 300 nuevos nauplios cada cuatro días (Munteanu & Dumitrascu, 2011).

1.1.6. Taxonomía

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Branquiópodos

Orden: Anostraca

Familia: Artemiidae

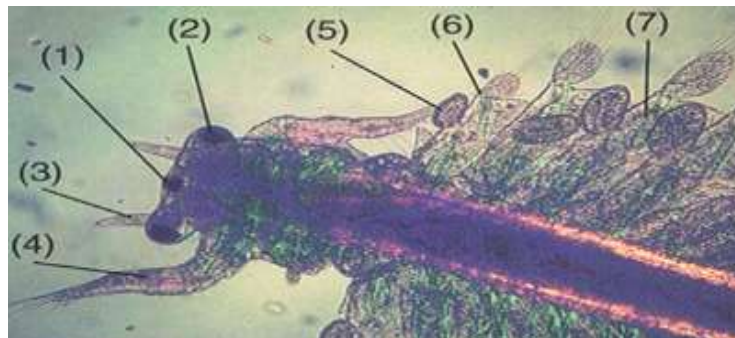
Género: *Artemia*

Especies: *A. salina*

(Linnaeus, 1758)

Figura 3

Vista de la cabeza y la región torácica anterior en el estadio XII.



Nota. Estadío XII. (1) ojo de nauplio; (2) ojo complejo lateral; (3) antenula; (4) antena; (5) exopodito; (6) telopodito; (7) endopodito. Autor: Rajoy, 2015.

1.1.7. Descripción física

Una *Artemia salina* adulta suele medir entre 8 y 10 mm, pero puede alcanzar hasta 15 mm dependiendo de su entorno. Tiene un cuerpo alargado dividido en al menos 20 segmentos y unido a su tronco hay aproximadamente 10 conjuntos de apéndices planos en forma de hoja llamados filopodios que laten a un ritmo regular. Los adultos pueden ser de color blanco pálido, rosa, verde o transparente y suelen vivir unos meses. Tienen ojos compuestos colocados en tallos y piezas bucales reducidas.

Artemia salina pertenece al orden Anostroca, que literalmente significa "sin caparazón", lo que clasifica a los camarones con otras especies que no tienen caparazón (una cubierta exterior dura y ósea). Su subclase Brachiopoda significa literalmente "pie branquial", refiriéndose al hecho de que las branquias están en el lado exterior de las bases de las extremidades (Lim & Wong, 2020).

1.1.8. Hábitos alimenticios

Artemia salina vive de algas verdes fotosintéticas, obtienen alimento filtrando pequeñas partículas con espinas finas y delgadas en las patas mientras nadan o pastando en el lodo del fondo y raspando las algas de las rocas con rápidos movimientos de sus apéndices. Después de que se capturan las algas, una corriente de alimentación las mueve anteriormente a la boca a través de un surco de comida mediano central, utilizando el ritmo regular de los filopodios o apéndices en forma de hoja. (Bonilla et al., 2020)

1.2. SAL

1.2.1. Producción de Sal

La sal, o cloruro de sodio (NaCl), es un recurso de gran importancia en diversas industrias, incluyendo la alimentaria, la química y la farmacéutica. Su producción ha sido clave en la economía de muchas regiones, particularmente en zonas costeras, donde se utiliza la evaporación solar en salinas. Desde un enfoque histórico, se sabe que civilizaciones antiguas, como la egipcia y la romana, ya explotaban este mineral debido a sus propiedades de preservación de alimentos y su valor como moneda de intercambio. En la actualidad, la producción de sal continúa siendo una actividad económica relevante en varios países y se ha modernizado en términos de tecnología y sostenibilidad (Morales y Torres, 2021)

1.2.2. Métodos de Producción de Sal

Los métodos de producción de sal se pueden clasificar en tres categorías principales: salinas, evaporación artificial y minería de sal. En las salinas, que son el método más común, la sal se produce mediante la evaporación natural de agua de mar o de agua de manantiales salados. Este proceso depende de factores climáticos como la temperatura, la radiación solar y el viento, lo cual hace que este método sea más eficiente en regiones cálidas y secas (López & García, 2020). En zonas donde el clima no es adecuado, se

utiliza la evaporación artificial mediante el uso de calentadores o evaporadores industriales que aceleran la cristalización de la sal.

1.2.3. Ecología y Biodiversidad en Pozos Salinos

Los Pozos salinos son ecosistemas hipersalinos que albergan especies adaptadas a altos niveles de salinidad. La *A. salina*, conocida como camarón de salmuera, juega un papel clave en estos ambientes, ya que contribuyen a la estabilidad ecológica y mejora la calidad de la sal producida. Este crustáceo se alimenta de algas y microorganismos, lo que reduce la turbidez del agua y favorece la cristalización de la sal. Además de su utilidad en la producción de sal, su presencia también mantiene el equilibrio de los ecosistemas locales controlando las proliferaciones de algas y bacterias que podrían interferir con el proceso de cristalización (Martínez & Pérez., 2020).

1.2.4. Optimización en la Producción de Sal

La producción de sal puede optimizarse mediante el control de variables como la salinidad, el pH, y la gestión de la biodiversidad en las salinas. La presencia de *Artemia salina* se ha estudiado como un método natural de clarificación de las piscinas de evaporación, favoreciendo una mayor transparencia del agua y un proceso de cristalización más uniforme. Además, la regulación de la concentración de sal en diferentes etapas del proceso puede ayudar a obtener un producto de mayor pureza y calidad. Investigaciones recientes han demostrado que una concentración adecuada de

Artemia contribuye a reducir los costos y mejorar la eficiencia de la producción, lo que representa una estrategia prometedora para salineras en todo el mundo (Fernández y Cabrera, 2021).

1.2.5. Impacto Ambiental y Sostenibilidad

La producción de sal, especialmente en salinas, plantea retos ambientales significativos. La extracción y el mantenimiento de grandes cuerpos de agua salina pueden afectar a las poblaciones locales de fauna y flora, y alterar el equilibrio de los recursos hídricos de las zonas costeras. Sin embargo, muchas empresas salineras han adoptado prácticas sostenibles, como el uso de energía renovable para las bombas de agua y la preservación de humedales aledaños, que funcionan como barreras naturales y refugios de biodiversidad. Además, la implementación de técnicas de manejo ecológico, como el monitoreo de especies clave, contribuye a minimizar el impacto ambiental y asegurar la viabilidad a largo plazo de la producción de sal en estos ecosistemas frágiles (Gómez et al., 2018).

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. SITUACION GEOGRÁFICA

El presente trabajo se realizó en la salina que se explota en “Montaña Blanca” ubicada en el sector Velasco Ibarra de la Parroquia José Luis Tamayo, Cantón Salinas Provincia de Santa Elena (Latitud: 2°15'45.1" S Longitud: 80°54'34.0" W) cuyo territorio es de los mejores para la extracción de sal de suelos arenosos marinos (Figura 4).

Figura 4

Mapa del Ecuador y el sector montaña blanca en la provincia de Santa Elena, cantón Salinas con sus coordenadas Latitud: 2°15'45.1" S Longitud: 80°54'34.0" W.



Nota. Fuente: Google Earth, 2024.

2.2. LA SALINA

2.2.1. DESCAPSULACIÓN DE ARTEMIA

Para realizar la descapsulación de los huevos de Artemia en casa, primero se preparó el ambiente adecuado y se reunieron todos los materiales necesarios. Se llenó un tanque con aproximadamente 1 litro de agua destilada o agua de ósmosis inversa, asegurándose de que estuviera limpia, ya que cualquier impureza podría haber interferido con el proceso. Luego, se colocó un aireador o bomba de aire en el recipiente para asegurar que el agua permaneciera bien oxigenada durante todo el proceso.

Una vez preparado el ambiente, se preparó una solución de descapsulación. En un recipiente pequeño, se disolvieron 5 gramos de bicarbonato de sodio en 500 ml de agua limpia. El bicarbonato ayudó a estabilizar el pH del agua y ablandó las cápsulas de los huevos de Artemia. A continuación, se agregaron los 1 gramos de huevos de Artemia a esta solución y se dejaron hidratar durante unos minutos.

A continuación, se añadió hipoclorito de sodio a la mezcla, con una cantidad de entre 5 y 10 ml. Se tuvo cuidado de no superar esta cantidad, ya que un exceso de cloro podría haber dañado los embriones de Artemia. Los huevos se dejaron en la solución durante 10 – 15 minutos, tiempo suficiente para así actuara sobre la capa externa, lo que ocasiona que se destruya sin dañar los embriones en su interior.

Pasado los 10-15 minutos, los huevos se enjuagaron cuidadosamente para eliminar cualquier residuo de cloro. Usando un colador de malla fina, se transfirieron los huevos y se enjuagaron con agua corriente durante 2-3 minutos. Este paso fue esencial para evitar que el cloro causara daños a las larvas de la artemia.

Después de enjuagar bien, los huevos se volvieron a colocar en el recipiente con agua limpia, asegurándose de que el agua estuviera bien oxigenada con el aireador.

Se mantuvo la temperatura del agua entre 25 y 28°C para favorecer la eclosión. Después de entre 12 y 24 horas, dependiendo de las condiciones, los huevos comenzaron a eclosionar. El oxígeno y la temperatura fueron factores clave durante este proceso, por lo que se prestó especial atención a mantener un ambiente estable.

Finalmente, después de la eclosión, los nauplios (larvas recién nacidas) estuvieron listas para ser recolectadas. Usando un colador 200 micras, se separaron las larvas de las cáscaras no eclosionadas (Sorgelos et al., 2001)

2.2.2. SELECCIÓN DE LOS CRISTALIZADORES

Se seleccionaron cuatro cristalizadores de la salina de Montaña Blanca, cada uno con características físicas similares y condiciones controladas. Estos cristalizadores fueron monitoreados a lo largo del proceso de extracción de sal, evaluando la población de *Artemia salina* en distintas etapas del ciclo de producción. Cada cristalizador fue tratado de manera diferenciada para analizar el impacto de diversas concentraciones de

Artemia salina en el proceso de extracción de sal. El primer cristalizador se utilizó como control, sin la adición de *Artemia salina*. En el segundo cristalizador, se introdujeron 0.25 gramos de *Artemia salina* que fueron descapsulada previamente, en el tercero se añadieron 0.5 gramos de *Artemia salina* descapsuladas, y en el cuarto un gramo de artemia descapsulada. Esta variación en la concentración y el estado de las artemias permitió evaluar y comparar de manera sistemática los efectos de diferentes densidades de *Artemia salina* en las distintas etapas del ciclo de producción de sal.

2.2.3. ESTRUCTURA DEL CIRCUITO EN LA SALINA

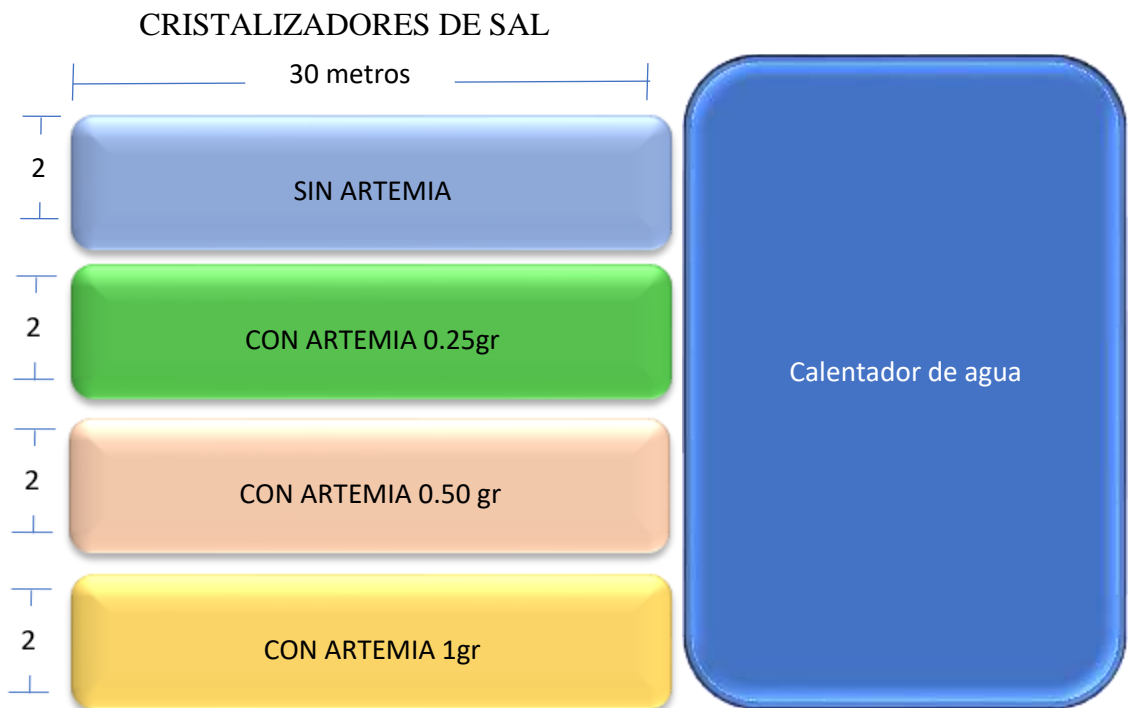
El mapa presenta una descripción detallada de la estructura de la salina, que tiene una extensión de 1,200 metros cuadrados. Esta área está distribuida entre la zona de cristalizadores y el calentador de agua, elementos clave en el proceso de producción de sal. En total, la salina cuenta con 16 cristalizadores, los cuales son pozos salinos destinados a la evaporación del agua para la obtención de sal. Para los fines de esta tesis, se ha seleccionado un conjunto de cuatro cristalizadores que serán utilizados en diferentes condiciones experimentales.

El primer cristalizador será utilizado como punto de control, en el cual no se añadirá *Artemia salina*, con el objetivo de tener una base comparativa sin la presencia de estos organismos. En el segundo cristalizador, se incorporarán 0.25 gramos de *Artemia*

salina descapsulada, permitiendo analizar su efecto en pequeñas cantidades. Por su parte, el tercer cristalizador contará con una dosis mayor, 0.50 gramos de *Artemia salina* descapsulada, para evaluar si la concentración incrementada genera alguna variación significativa en el proceso. Finalmente, en el cuarto cristalizador se adicionará 1 gramo de *Artemia salina* descapsulada, lo que permitirá estudiar el impacto de la mayor cantidad de organismos en el comportamiento del cristalizador y en la formación de sal (Figura 5).

Figura 5

Estructura de todo el circuito en el Sector Montaña Blanca.



Nota. Fuente: El autor

2.2.4. MONITOREO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Para analizar las condiciones ambientales que influyen en la producción de sal y el crecimiento de *Artemia salina*, se realizó un monitoreo sistemático de los siguientes parámetros fisicoquímicos en los cristalizadores, utilizando los instrumentos YSI Pro20i para mediciones de oxígeno disuelto y temperatura, Extech EC150 para la medición de salinidad, y Extech PH110 para la medición de pH (Johnson et al., 2021).

Temperatura: La temperatura influye directamente en el proceso de evaporación y en la actividad metabólica de *A. salina*, por lo que se realizó un monitoreo continuo para registrar las fluctuaciones que se presentaban en días de la semana.

Salinidad: Se midió utilizando un salinómetros donde se obtuvieron datos precisos sobre la concentración de sal en el agua de los cristalizadores, y se tomaron muestras periódicas para registrar los cambios en la salinidad durante el ciclo de producción de sal y crecimiento de *Artemia*.

pH del agua: El pH del agua en los cristalizadores se midió con el fin de determinar el nivel de acidez o alcalinidad del entorno. Dado que el pH puede influir en la solubilidad de algunos minerales presentes en el agua y, en consecuencia, en la calidad de la sal producida, se utilizaron medidores de pH calibrados para realizar mediciones diarias. Un pH adecuado también fue fundamental para el desarrollo óptimo de *Artemia salina*.

Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto, importante para la respiración de organismos acuáticos como *Artemia salina*, fue medido con oxímetros. Este monitoreo se realizó

especialmente en los cristalizadores donde se desarrolló *Artemia*, lo que permitió comprender la calidad del hábitat para su reproducción y desarrollo.

2.2.5. Muestreo de *A. salina*

Se realizaron siete muestreos periódicos en un período de dos semanas antes de la cristalización final de sal, con el objetivo de evaluar la población de *A. salina* en diferentes momentos del ciclo de producción. El proceso se dividió en las siguientes etapas:

Etapa inicial la cual se llevó antes de la evaporación significativa, aquí se realizó el primer muestreo para registrar la concentración inicial de *A. salina* en el cristalizador.

Etapa intermedia que es durante la evaporación del agua, a medida que avanza la evaporación y aumentaba la concentración de sal, se llevaron a cabo muestreos adicionales para medir los cambios en la densidad poblacional.

Etapa final (antes de la cristalización total de la sal): Finalmente, se llevó a cabo un último muestreo justo antes de la cristalización completa, con el objetivo de evaluar cómo la alta salinidad afectó la población de *Artemia salina* (García & Torres, 2020).

2.2.6. METODOS DE RECOLECCION Y CONTEO DE *A. salina*

Para la recolección y el conteo de *A. salina*, se utilizaron frascos de vidrio de un litro, lo cual se utilizó el protocolo descrito y adaptado por técnica por Sorgelos et al. (2001) y Browne & Wanigasekera (2000), donde realizó de la siguiente manera:

Recolección de muestras: Para la recolección de muestras, se utilizó un muestreador con capacidad de un litro, el cual fue empleado para transferir el contenido hacia un recipiente de mayor volumen, específicamente de 15 litros. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a un proceso de filtración mediante un tamiz con una apertura de malla de 200 micras, con el fin de retener los organismos de interés.

Conteo de *A. salina*: los especímenes retenidos fueron colocados sobre una superficie plana y analizados bajo lupa, permitiendo la identificación y cuantificación precisa de los individuos presentes en la muestra.

Se calcularon densidades poblacionales de *A. salina* de cada muestra, expresadas en individuos por litro, a partir del conteo realizado. Este cálculo permitió realizar comparaciones entre las diferentes concentraciones y etapas del proceso de extracción de sal.

2.3 COSECHA DE SAL

Cuando los cristales de sal alcanzaron el tamaño adecuado y la evaporación del agua en los cristalizadores se completó, se inició la cosecha. Este proceso fue fundamental,

ya que determinó tanto la cantidad como la calidad de la sal obtenida, lo que afecta directamente la viabilidad económica del proceso.

2.3.1 Evaluación del Estado de Cristalización:

Antes de iniciar la cosecha, se llevó a cabo una evaluación exhaustiva del estado de los cristales de sal. Se realizaron pruebas visuales y físicas para asegurar que la sal había alcanzado la cristalinidad óptima. Esto es fundamental, ya que la cristalinidad puede variar dependiendo de la variedad de sal que se esté produciendo, ya sea sal marina, sal de roca, o sal para consumo humano. Este proceso de evaluación no solo garantiza la calidad del producto final, sino que también optimiza la eficiencia del proceso de cosecha, evitando la recolección prematura de cristales que aún no están listos (Martínez & López, 2021).

2.3.2. Herramientas y Equipos:

Para la recolección de la sal cristalizada, se utilizaron herramientas manuales como palas y rastrillos, así como maquinaria especializada que facilitó la cosecha en áreas de gran extensión. Estas herramientas fueron seleccionadas en función del tamaño de los cristalizadores y la cantidad de sal a recolectar. La utilización de maquinaria, como cargadoras frontales, permitió realizar la recolección de manera más eficiente, reduciendo el tiempo de trabajo y minimizando la pérdida de material. Además, se consideraron factores de seguridad para los trabajadores, asegurando que las

herramientas y equipos utilizados no solo fueran eficientes, sino también seguros para el personal involucrado (Martínez & López, 2021).

2.3.3. Recolección de la Sal:

La sal cristalizada se recolectó cuidadosamente del fondo de los cristalizadores. En algunos casos, se emplearon técnicas de succión para extraer la sal en grandes cantidades, especialmente en salinas industriales donde la escala de producción es considerable. Durante esta fase, se manejó la sal con especial atención para evitar la rotura de los cristales, ya que esto podría afectar negativamente la calidad del producto final. Además, se implementaron prácticas para maximizar la recolección, como realizar muestreos estratégicos para identificar las áreas con mayor concentración de cristales, garantizando así una cosecha óptima (González & Pérez, 2022).

2.3.4. Almacenamiento

Una vez cosechada, la sal fue trasladada a áreas de almacenamiento donde se tomaron medidas para prevenir la humedad. Se aseguraron condiciones adecuadas en las instalaciones, como ventilación y control de temperatura, ya que son esenciales para mantener la calidad de la sal y evitar la formación de grumos. Una correcta gestión del almacenamiento no solo preserva la calidad del producto, sino que de la misma manera también ayuda a reducir pérdidas y mejorar la rentabilidad del proceso (González & Pérez, 2022).

2.4. DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SAL QUE SEAN COMPATIBLES CON LA PRESENCIA DE POBLACIONES DE *A. salina*.

Para optimizar la producción de sal en el sector Montaña Blanca y asegurar la viabilidad de las poblaciones de *A. salina*, se adaptó un enfoque metodológico que incluyó la revisión de la literatura científica, la evaluación de las condiciones ambientales y el análisis de datos poblacionales

Se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica para identificar las mejores prácticas en la producción de sal y su impacto en *A. salina*. Este análisis abarcó estudios previos que resaltaban la importancia de mantener condiciones óptimas para la reproducción y desarrollo de *Artemia* en entornos hipersalinos (Sorgeloos et al. 2001).

A continuación, se monitorearon de manera sistemática las condiciones fisicoquímicas en los cristalizadores, como temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto. Las mediciones se realizaron en diferentes etapas del ciclo de producción de sal para entender como estos parámetros afectan tanto la cristalización de la sal como la salud de las poblaciones de *A. salina*. La información obtenida fue fundamental para identificar los rangos óptimos que benefician a ambas actividades.

Basándose en los datos obtenidos, se diseñaron estrategias de manejo enfocados en optimizar la producción de sal. Esto incluyó la adopción de técnicas específicas para el control del agua que favorecen la conservación del hábitat de *Artemia* en etapas

cruciales del proceso de extracción de sal. Asimismo, se implementó un programa de monitoreo constante que facilitara la evaluación de la población de Artemia y permitirá ajustar las prácticas de producción de sal según sea necesario

CAPITULO IV

4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

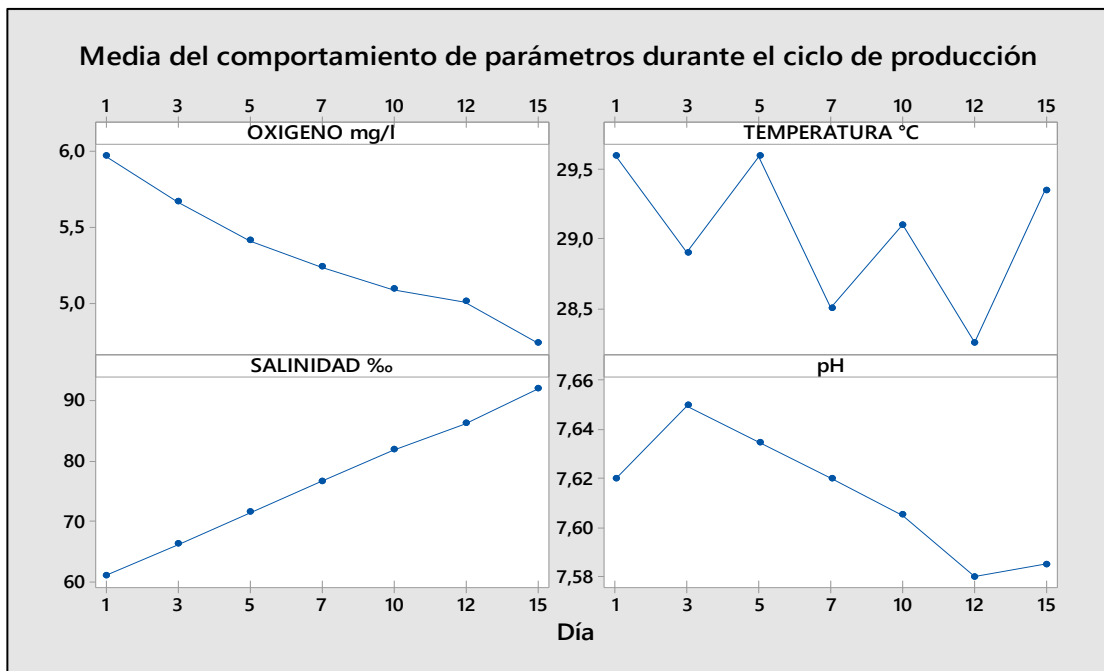
4.1. Analizar las condiciones ambientales del sector Montaña Blanca Salinas que favorecen la producción de sal y el desarrollo de *Artemia salina*.

El ensayo tuvo una duración de 2 meses 15 días (10 semanas), tiempo durante el cual se evaluó la influencia que la población de *Artemia salina* ejerce sobre la producción de sal en las piscinas de producción del Sector Montaña Blanca en el cantón Salinas.

Se evaluaron 5 periodos de producción (15 días=periodo), durante los cuales se monitorearon parámetros físico-químicos como salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y potencial Hidrógeno, mostrándose las tendencias de sus valores medios en el **gráfico 1**, donde se puede apreciar que los valores medios del oxígeno disuelto en el agua medidos en mg/l, presentan una tendencia inversamente proporcional a los días de producción al igual que el pH; mientras que la salinidad del agua aumenta proporcionalmente conforme avanza el ciclo de producción. En cuanto al parámetro de temperatura, se puede evidenciar que este varía de acuerdo con el ambiente, mostrando picos y valles a lo largo de las semanas de producción.

Gráfico 1

Tendencia de parámetros fisicoquímicos durante el ciclo de producción.



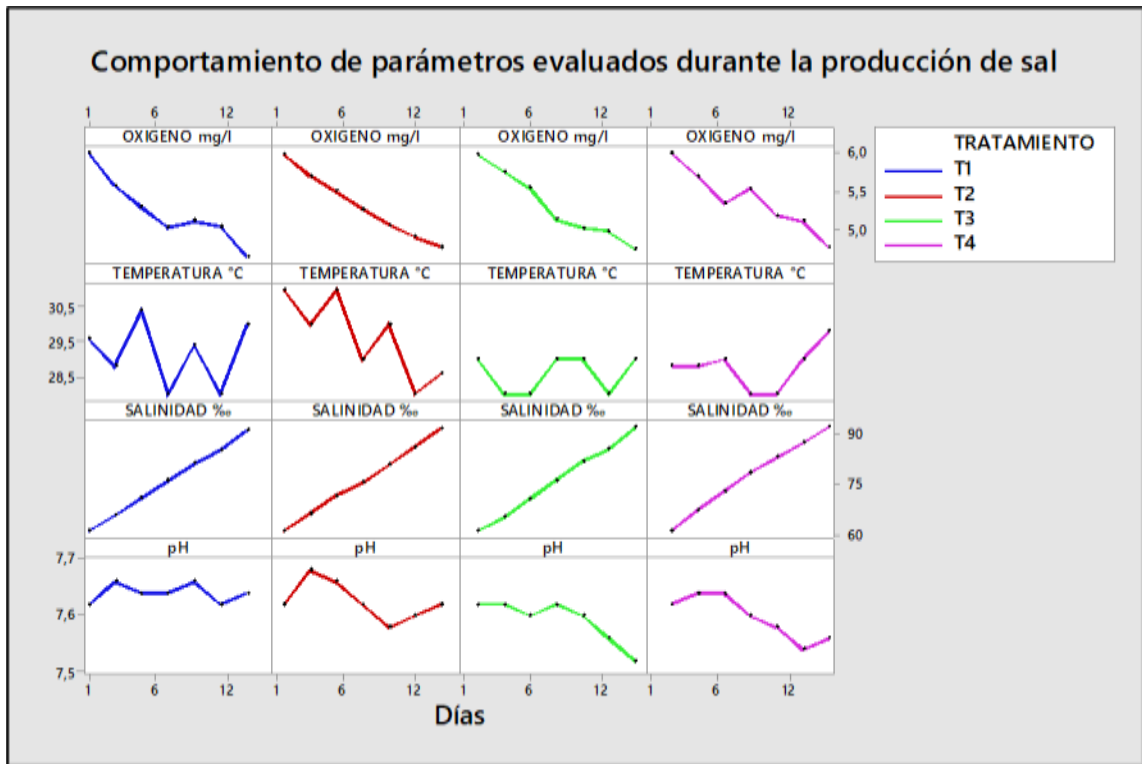
Nota. Fuente: El autor.

Cabe señalar que se trabajó con 4 sistemas de producción homogéneos (cristalizadores), donde el primer cristalizador (T1) fue utilizado como punto de control, en el cual no se añadió *Artemia salina*, mientras que al segundo cristalizador (T2), se incorporó 0.25 gramos de A. salina descapsulada, al tercero (T3) se agregaron 0.50 g y finalmente, en el cuarto cristalizador (T4) se adicionó 1 gramo de artemia.

En el **gráfico 2**, se muestran las tendencias de los parámetros fisicoquímicos evaluados por tratamiento; donde se puede evidenciar que los patrones se asemejan en cada cristalizador evaluado.

Gráfico 2

Tendencia de parámetros fisicoquímicos por tratamiento



Nota. Fuente: El autor.

La salinidad es uno de los parámetros esenciales para el crecimiento poblacional de *A. salina*, por lo cual se realizaron varios análisis de este factor. Los resultados muestran que, la media de la salinidad expresadas en partes por mil, entre cada uno de los periodos de muestreo (ciclos de producción) y tratamientos no presenta variaciones significativas.

En la **tabla 1** se destaca que, el tratamiento 1 el valor más bajo de salinidad; mientras que el cristalizador con el tratamiento 4 presentó un ligero aumento. En cuanto a la desviación estándar, la cual sugiere el grado de dispersión de los datos, se observa que, en el tratamiento 2 existe mayor variabilidad; mientras que en el tratamiento 4 se exhibe una mejor consistencia en las mediciones.

Tabla 1.

Salinidad entre tratamientos y ciclos de producción

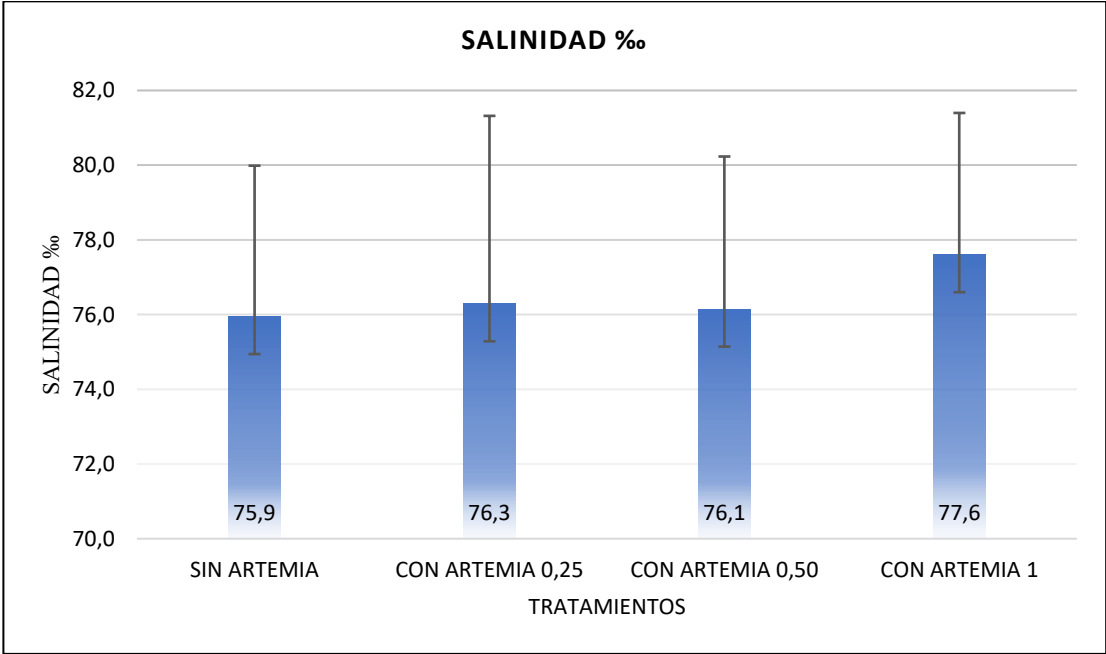
SALINIDAD ‰							
TRATAMIENTO	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.	Desv. Est.
T1 (sin artemia)	77.7	69.0	76.3	77.3	79.4	75.9	±4.04
T2 (artemia 0,25 g)	76.7	67.6	80.0	79.3	77.9	76.3	±5.04
T3 (artemia 0,50 g)	77.9	68.9	78.4	77.4	78.1	76.1	±4.09
T4= (artemia 1 g)	78.0	71.6	82.1	78.1	78.1	77.6	±3.80

Nota. Fuente: El autor.

La adición de artemia parece tener un impacto pequeño, pero perceptible, en la salinidad, siendo los tratamientos con mayor cantidad de artemia (T2, T3 y T4) ligeramente más salinos en promedio, tal cual se observa en el **gráfico 3**.

Gráfico 3

Evaluación de la salinidad con relación a los tratamientos utilizados.

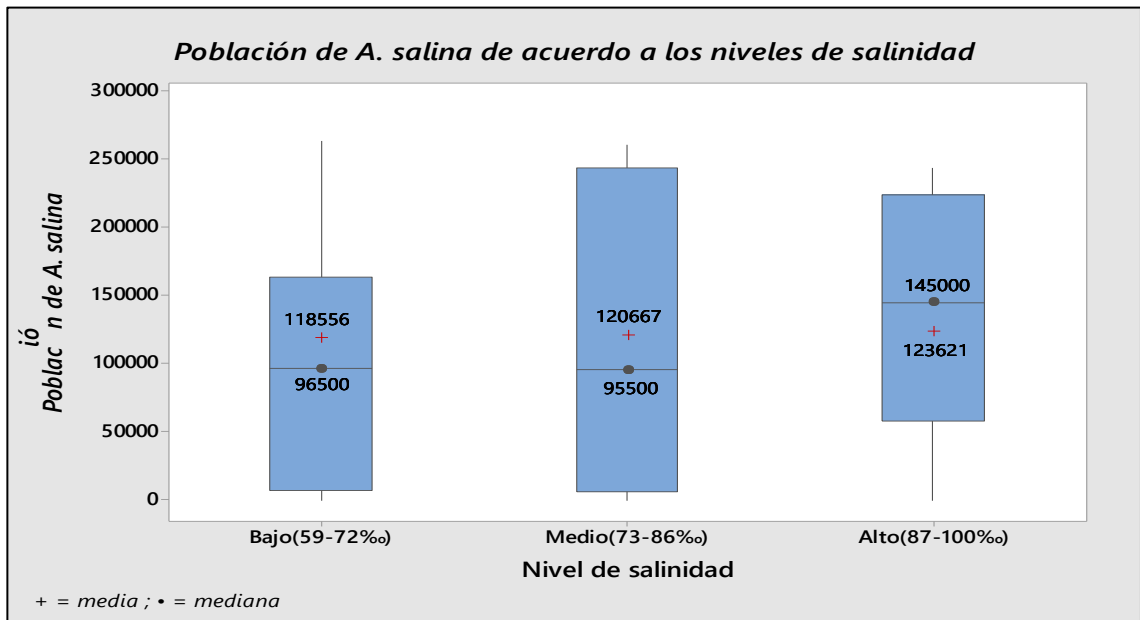


Nota. Fuente: El autor.

Continuando con el análisis, se crearon 3 niveles de salinidad (bajo = 59-72 ‰; medio = 73-86 ‰ y alto = 87-100 ‰) para comparar el comportamiento la población de *A. salina* a distintos gradientes; posteriormente se aplicó un test de normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, dando como resultado un *valor p* $(0.006) \leq \alpha (0.05)$ determinando que los datos no siguen una distribución normal; por lo cual para determinar si existen diferencias significativas entre las medianas de las muestras se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis dando como resultado un *valor p* $= 0.884 > \alpha$ concluyendo que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza, como se muestra en el **grafico 4**.

Gráfico 4

Comportamiento de A. salina con respecto a los niveles de salinidad

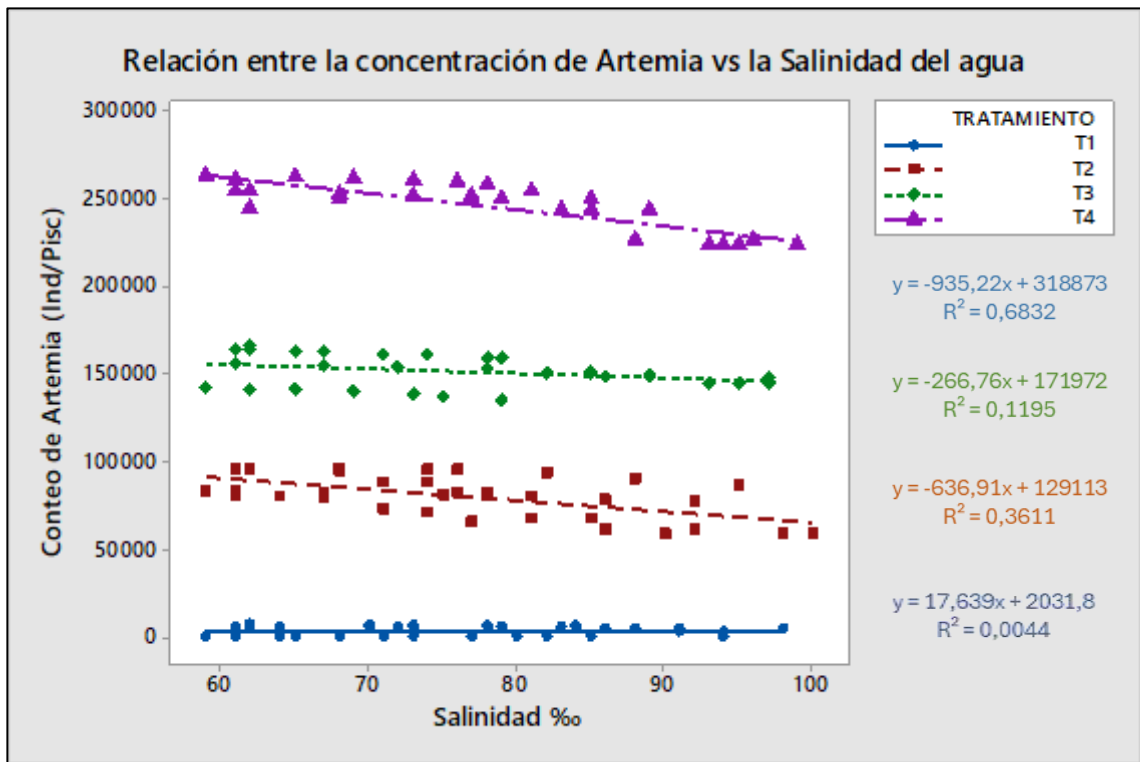


Nota. Fuente: El autor.

Además, se realizó un modelo de regresión lineal entre la salinidad y la población de *A. salina* (**Gráfico 5**) para cada uno de los tratamientos, dando como resultado que el tratamiento 1 presenta valores cercanos a cero, con un coeficiente de determinación del 0.4%; mientras que el tratamiento 2 exhibió valores con un rango intermedio a bajo y un R^2 del 36.1%. En el tratamiento 3 se observa que el coeficiente de determinación presenta un bajo porcentaje del 11.9%, con valores con rangos medios y altos; por último, el tratamiento 4, presenta los valores más altos de los 4 tratamientos; así como el mejor coeficiente de determinación con un 68.3%.

Gráfico 5

Relación entre la concentración de A. salina y la salinidad de agua.



Nota. Fuente: El autor.

Continuando con el análisis y debido a la distribución de los datos (no paramétricos) se utilizó la correlación de Spearman (**Tabla 2**) para determinar la relación entre la salinidad y la población de *A. salina*; dando como resultado que, todos los tratamiento efectuados presentan una relación negativa, es decir que mientras los gradientes de salinidad aumentan, la población de *A. salina* disminuye gradualmente; mencionada correlación es estadísticamente significativa dado que los *valores p* fueron $\leq \alpha$.

Tabla 2

Correlación de Spearman entre los niveles salinidad y población de A. salina

Salinidad ‰ Vs Población <i>A. salina</i>		
TRATAMIENTO	C. Spearman	Valor-p
T1 (sin artemia)	-0.049	0.781
T2 (artemia 0,25 g)	-0.559	0
T3 (artemia 0,50 g)	-0.396	0.019
T4= (artemia 1 g)	-0.819	0

Nota. Fuente: El autor.

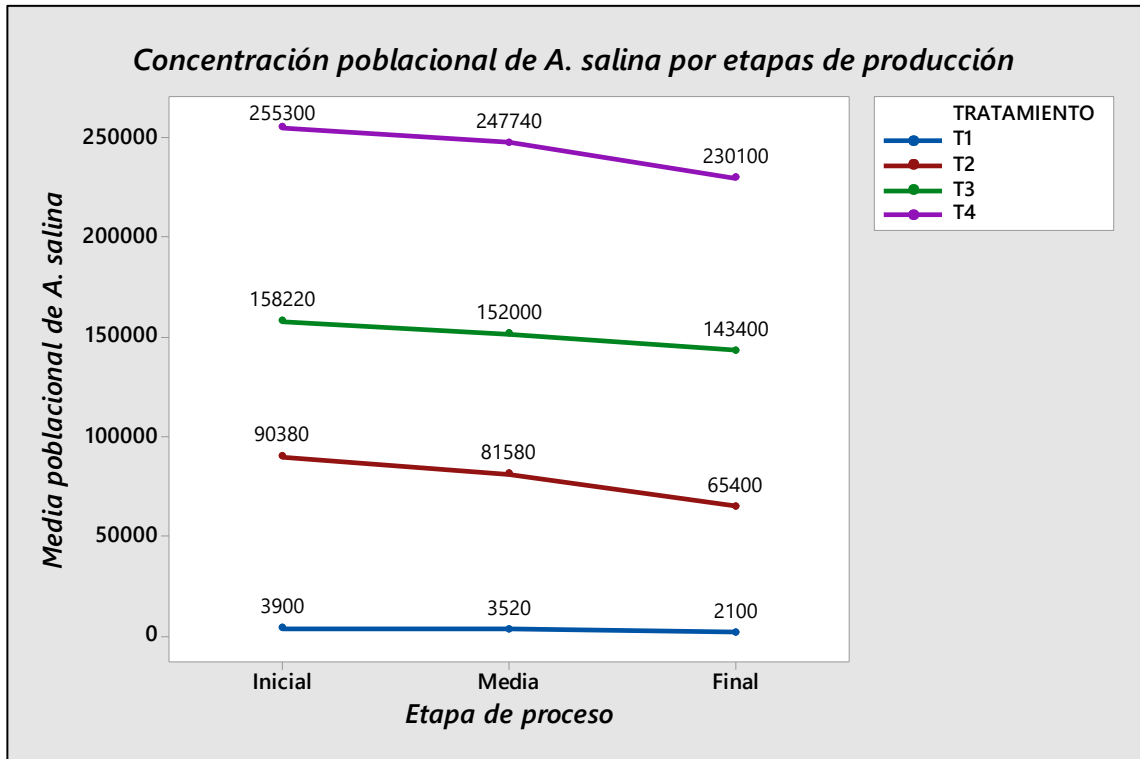
Evaluar la concentración poblacional de *Artemia Salina* en diferentes etapas del proceso de extracción de sal.

Evaluando la concentración poblacional de *A. salina* en los distintos niveles de producción de Sal, se puede evidenciar que existe una tendencia a disminuir la población de este crustáceo conforme avanza el ciclo de producción; observándose en el **gráfico 6**, las diferentes concentraciones poblacionales de acuerdo al tratamiento, siendo T1 el que presenta los valores de media más bajos; mientras que estos suben gradualmente hasta el cristalizador con el tratamiento 4 con un rango de 255300 a 230100 individuos por cristalizador.

Mediante la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis, debido a la distribución de los datos, se determina con un 95% de confianza que no existe diferencia significativa entre los datos de las distintas etapas analizadas, dando un *valor p* de 0.4 el cual es mayor al nivel de significancia.

Gráfico 6

Evaluación de concentración poblacional de A. salina durante las etapas del ciclo de producción



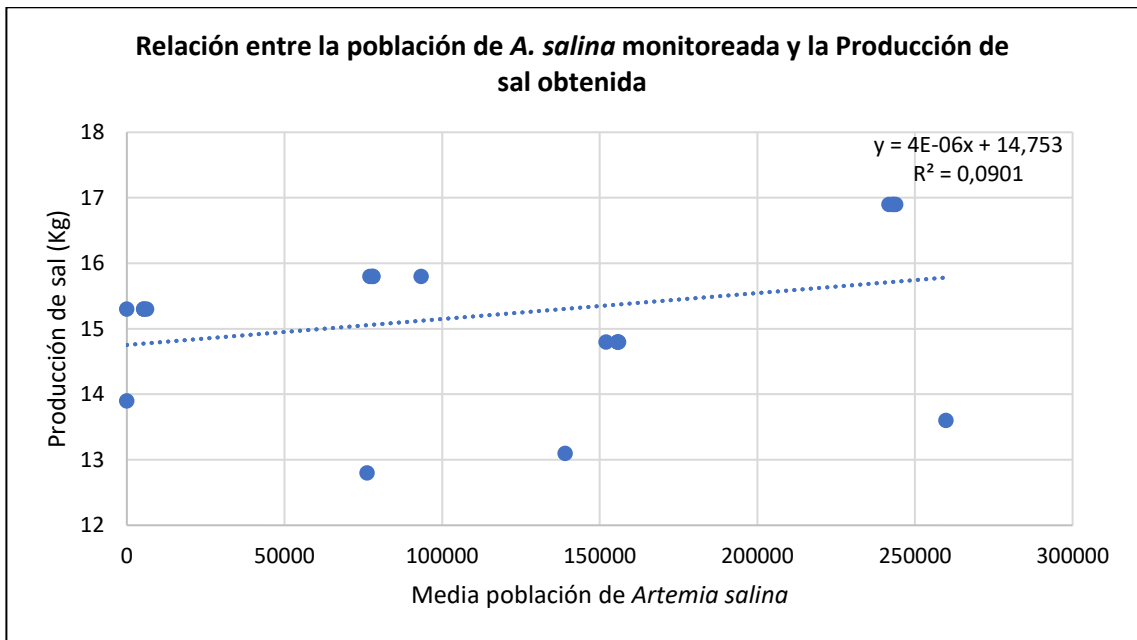
Nota. Fuente: El autor.

Posteriormente se realizó un análisis de regresión lineal (**gráfico 7**) entre los datos de la media poblacional de *A. salina* y la producción de sal, el cual presentó una relación débil entre las variables analizadas, dado que solo el 9.01 % de la variabilidad de la variable dependiente se podría explicar mediante la variable independiente; esto se puede apreciar en el siguiente gráfico, donde se observa que los datos se encuentran alejados de la línea de tendencia.

Por otra parte, mediante el coeficiente de correlación de Spearman se obtuvo un valor de 0.26 el cual indica una relación moderada entre las dos variables analizadas con tendencia positiva, a razón de que el aumento de la población de *A. salina* conlleva a una mejor producción de sal; esta relación no es estadísticamente significativa al presentar un valor p (0.27) mayor al nivel de significancia (0.05).

Gráfico 7

Relación entre población de A. salina vs producción de sal

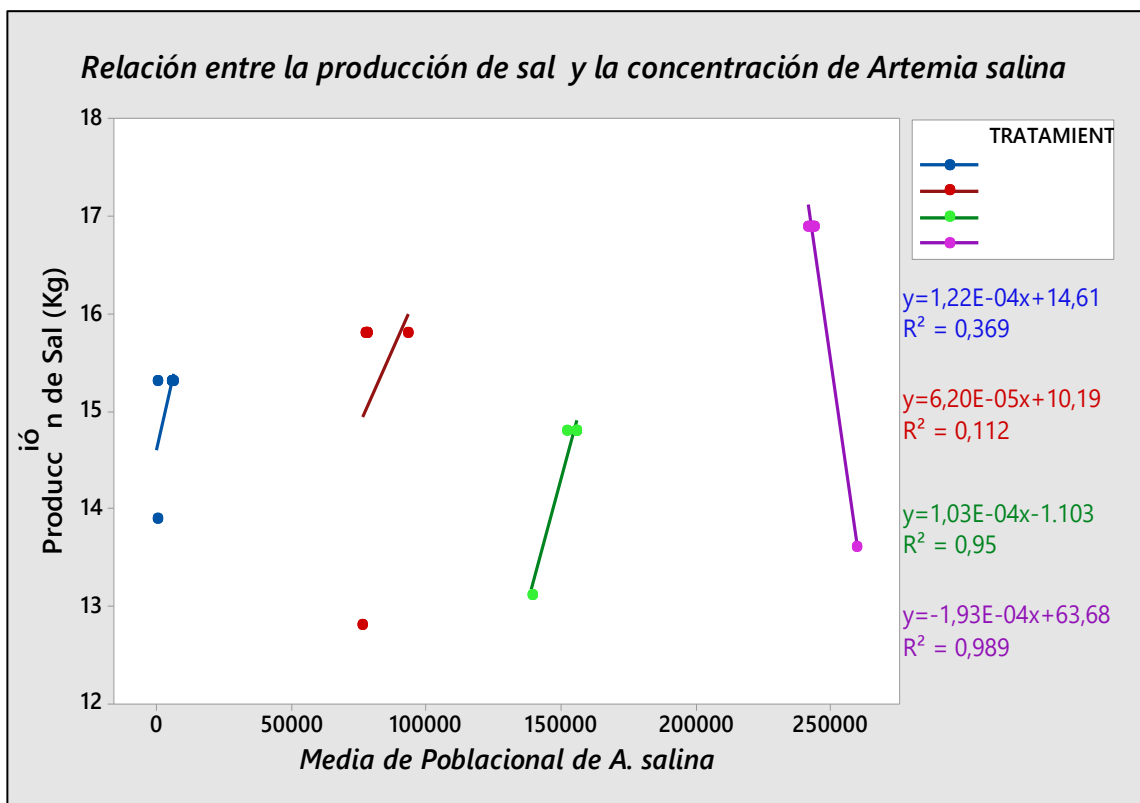


Nota. Fuente: El autor.

Analizando de manera individual el comportamiento de la media poblacional de *A. salina* y la producción de sal entre cada uno de los tratamientos se puede observar en el **gráfico 8** que, la mejor relación se presenta en el tratamiento 4; el cual obtuvo un coeficiente de determinación del 98.9%, seguido del tratamiento 3, con un R^2 de 95%; mientras tanto el tratamiento control y el tratamiento 2 obtuvieron valores de 36 y 11% respectivamente.

Gráfico 8

Relación entre población de A. salina vs la producción de sal por tratamiento



Nota. Fuente: El autor.

Mediante el coeficiente de relación de Spearman se puede evidenciar que los tratamientos no muestran una relación estadísticamente significativa dado que presentaron valores p mayores al nivel de significancia de la prueba; en cuanto a la tendencia de los datos únicamente en el tratamiento 4 se evidencia una correlación negativa fuerte; dado que los tratamientos 1, 2 y 3 se mostraron con tendencias positivas; siendo el tratamiento 1 quien presentó la relación más débil con un coeficiente de 54%, tal cual se puede observar en la siguiente **tabla 3**.

Tabla 3

Evaluación del coeficiente de relación de Spearman entre la población de *A. salina* y la producción de sal

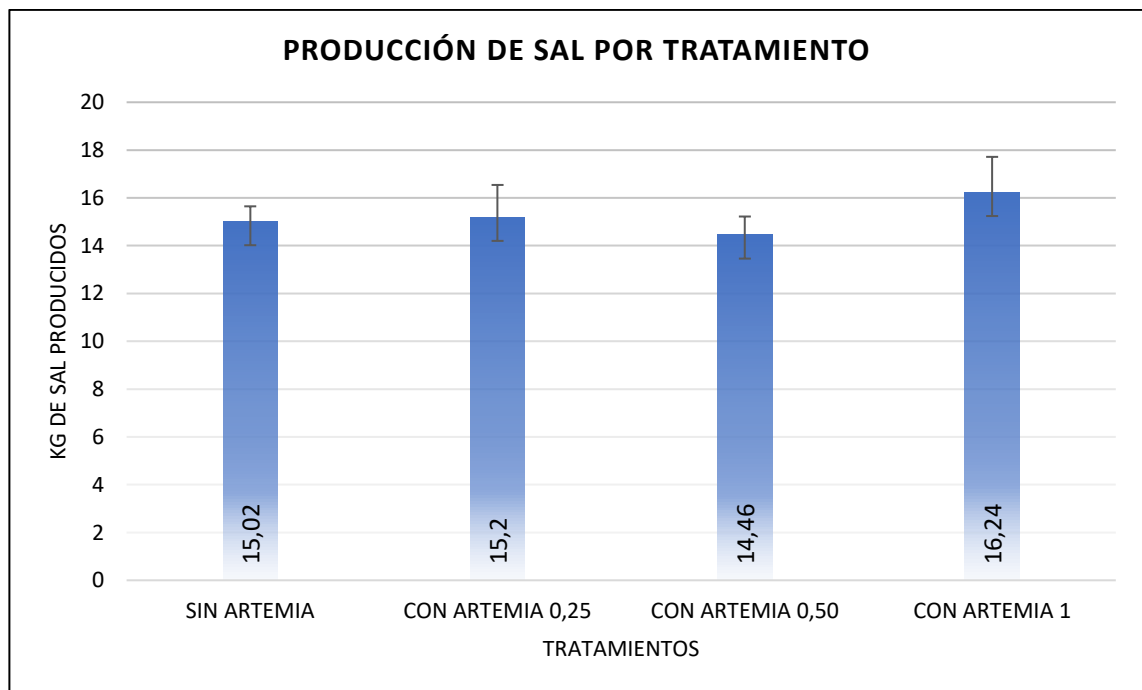
Producción de Sal Vs Población <i>A. salina</i>		
TRATAMIENTO	C. Spearman	Valor-p
T1 (sin artemia)	0.544	0,456
T2 (artemia 0,25 g)	0.725	0,165
T3 (artemia 0,50 g)	0.725	0,165
T4= (artemia 1 g)	-0.707	0,182

Nota. Fuente: El autor.

En cuanto a la cantidad de sal producida en cada uno de los cristalizadores a prueba se evidencia en el **gráfico 9**, que el tratamiento al cual se le agregó 1 gramo de *A. salina* descapsulada presentó un mayor promedio de sal producida (16.24 Kg) entre los 5 periodos de prueba; mientras que el valor más bajo lo presentó el tratamiento 3 con un promedio de producción del 14.46 Kg de sal. En cuanto a la desviación estándar de los datos se observa en la **tabla 4** que presentan un rango corto de dispersión, siendo los tratamientos 1 y 3 los que presentan datos más concisos, mientras que el tratamiento 4 presentó mayor variabilidad en la producción de sal.

Gráfico 9

Kilogramos de sal producidos por tratamiento



Nota. Fuente: El autor.

Tabla 4

Producción de sal en los diferentes ciclos de producción por monitoreo.

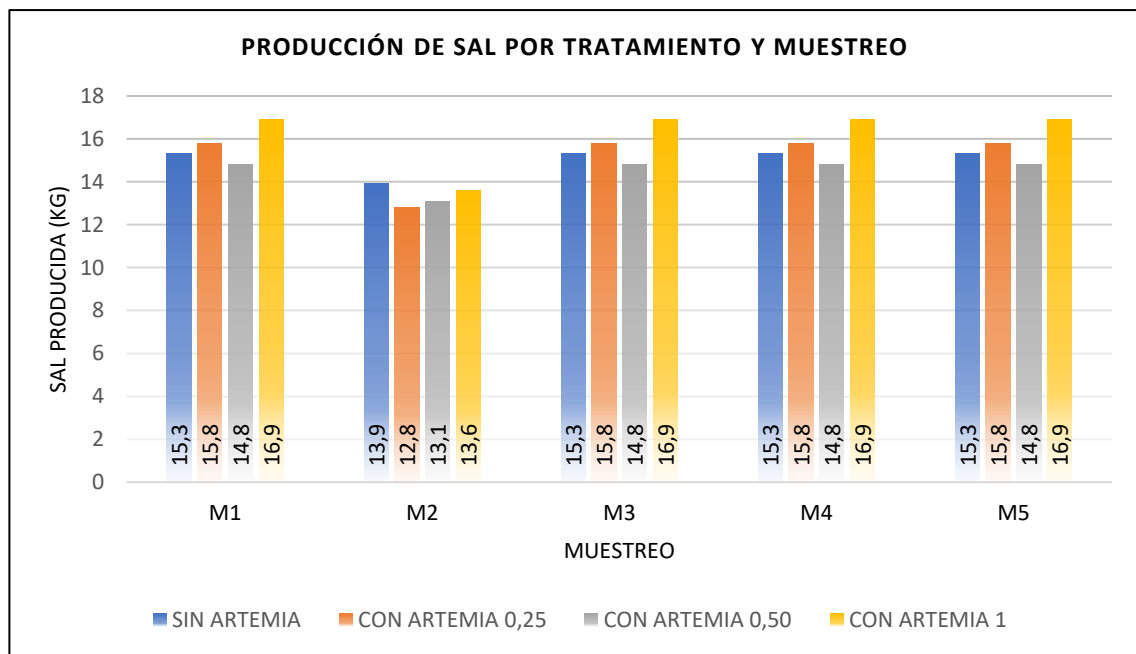
PRODUCCIÓN DE SAL (KG)							
TRATAMIENTO	M1	M2	M3	M4	M5	\bar{x}/tratamiento	Desv. Est.
T1 (sin artemia)	15,3	13,9	15,3	15,3	15,3	15,02	$\pm 0,63$
T2 (artemia 0,25 g)	15,8	12,8	15,8	15,8	15,8	15,20	$\pm 1,34$
T3 (artemia 0,50 g)	14,8	13,1	14,8	14,8	14,8	14,46	$\pm 0,76$
T4= (artemia 1 g)	16,9	13,6	16,9	16,9	16,9	16,24	$\pm 1,48$
PRO/monitoreo	15,7	13,35	15,7	15,7	15,7	-	-

Nota. Fuente: El autor.

Observando el comportamiento de los datos de producción de sal por monitoreos se observa que durante el segundo ciclo de producción se obtuvo menos Kg de Sal con un promedio de 13.35 entre los cuatro cristalizadores a prueba, mientras que la producción se mantuvo estable en los 4 ciclos restantes con la generación de media de 15.7 Kg de sal, tal cual se puede apreciar en el **gráfico 10**; donde además se puede evidenciar la tendencia de los datos por los tratamientos aplicados.

Gráfico 10

Kilogramos de sal producidos por tratamiento y ciclo de producción

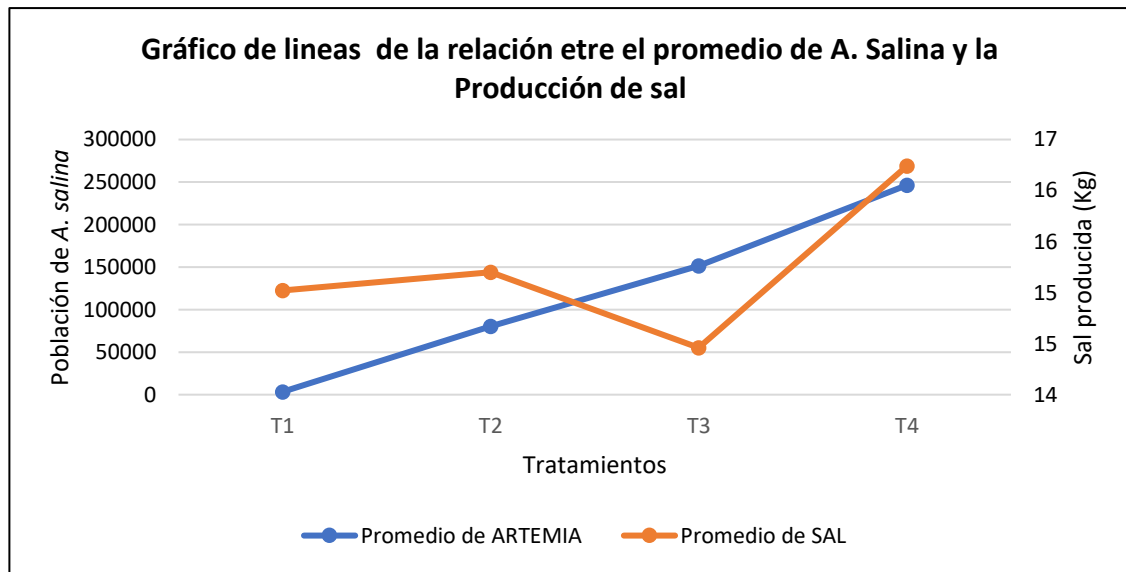


Nota. Fuente: El autor.

Como uno de los últimos análisis se comparó las tendencias entre la población de artemia y la producción de sal (**gráfico 11**) donde de manera general se observa que a medida que aumenta la población de artemia, se incrementan los kg de sal extraídos; salvo el caso del tercer tratamiento, donde se observa la menor producción de sal durante el periodo de estudio.

Gráfico 11

Tendencia lineal entre la población de A. salina y los Kg de sal producida por tratamiento



Nota. Fuente: El autor.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El aumento progresivo en la salinidad observado en el periodo de estudio los valores de salinidad aumentan proporcionalmente conforme avanza el ciclo de producción, es consistente con estudios previos que señalan que los ciclos de evaporación en ambientes hipersalinos tienden a concentrar minerales en el agua, generando un incremento gradual de la salinidad con el tiempo (Smith, 2015). Este fenómeno es particularmente relevante en el contexto de la producción de sal, dado que niveles altos de salinidad contribuyen a la eficiencia y viabilidad de este proceso. Además, la salinidad tiene un efecto directo en el crecimiento y supervivencia de *A. salina*, que requiere condiciones salinas específicas para un desarrollo óptimo (Smith, 2015). Las fluctuaciones de temperatura parecen estar directamente relacionadas con las condiciones climáticas y ambientales del entorno, en concordancia con estudios en sistemas abiertos donde la temperatura depende de factores estacionales y climáticos (Johnson & Ward, 2012). La estabilidad relativa en el pH y en los niveles de oxígeno disuelto es también significativa, ya que estos factores afectan el metabolismo de *A. salina* y, en consecuencia, su capacidad de impactar la producción de sal a través de la modificación del ecosistema del cristalizador.

Según los datos conforme al comportamiento de la *Artemia salina* con relación a los niveles de salinidad estos resultados son consistentes con estudios anteriores, como los de Van Stappen et al. (2002), que han demostrado que ciertas concentraciones de *A. salina* no siempre experimentan cambios significativos en comportamiento o

supervivencia ante variaciones de salinidad. Además, el uso de pruebas no paramétricas, como Kruskal-Wallis, asegura la precisión en el análisis cuando los datos no siguen una distribución normal, como menciona Zar (2010).

El Análisis de la Relación entre salinidad y Población de *A. salina* es consistente con lo observado por Lim y Wong (2016), quienes encontraron que a altas densidades de *A. salina*, la salinidad influye de manera significativa en la población, alcanzando un R^2 de hasta 70%. En contraste, el tratamiento 1, con baja densidad de *A. salina*, presentó un coeficiente de determinación de 0,4%, lo que refleja una débil correlación, similar a los hallazgos de Chen y Chen (2013), quienes indicaron que, en condiciones de baja densidad, la salinidad no tiene un impacto claro sobre la población. Estos resultados destacan la importancia de mantener una densidad adecuada de *A. salina* para que la salinidad influya eficazmente en su crecimiento y adaptación en ambientes salinos.

El análisis de correlación de Spearman mostró que todos los tratamientos presentan una relación negativa y estadísticamente significativa. Estos resultados tienen mucha concordancia con investigaciones previas de Browne & Wanigasekera (2000) quienes concluyeron que la salinidad, en ausencia de organismos vivos, no influyen en la supervivencia. Van Stappen (2002) observó que a altas salinidades la supervivencia de *A. salina* disminuye, especialmente con alta densidad, lo que respalda la correlación negativa en los tratamientos con mayor densidad de organismos.

Evaluando la concentración poblacional de *A. salina* en los distintos niveles de producción de sal, se observó una tendencia a disminuir la población conforme avanzaba el ciclo de producción, con los tratamientos 1 y 4 presentando los valores más bajos y más altos de concentración poblacional, respectivamente. La Prueba que revela que no existe diferencia significativa es consistente con lo encontrado por Pala & Gomes (2007). Destacaron que la *Artemia salina* tiene una tolerancia variable a la salinidad, adaptándose progresivamente a los cambios en los ambientes de producción de sal.

Según lo que menciona Boeck & Sorgeloos (2009), la *Artemia salina* podría colaborar en el equilibrio ecológico de las piscinas de evaporación o cristalizadores, pero su impacto en la producción de sal no siempre resulta tan relevante, esto coincide con nuestra correlación lineal encontrándose débil con solo 9.01% de variabilidad.

Según la Evaluación del coeficiente el tratamiento 1 presentó la relación más débil (54%) donde Gómez et al. (2017) destacan que la salinidad y los nutrientes son cruciales para el rendimiento de *A. salina*, lo que coincide con el alto coeficiente de determinación en el tratamiento 4. Martínez & Pérez (2019) también encontraron que la deficiencia de nutrientes reduce la eficiencia en la producción de *A. salina*.

Los kilogramos de sal producidos por cada tratamiento de artemia se asocia, a excepción del tercer tratamiento, donde se observó la menor producción de sal. Este comportamiento es consistente con los hallazgos de Martínez y Pérez (2019), quienes indican que factores como la competencia por recursos y la acumulación de desechos

pueden limitar el rendimiento en sistemas de alta densidad. En línea con esto, los estudios de López y García (2020) sugieren que la relación entre la densidad de *A. salina* y la producción de sal puede ser optimizada cuando el sistema de cristalización mantiene un equilibrio adecuado, evitando problemas como la saturación que podrían afectar negativamente el proceso de cristalización.

El trabajo de Gajardo & Beardmore (2012) subraya la capacidad de *Artemia salina* para adaptarse a condiciones extremas, destacando su papel como un componente biológico clave en ecosistemas hipersalinos. Según estos autores, *A. salina* no solo sobrevive, sino que también desempeña un rol fundamental en la regulación de procesos biogeoquímicos, lo que la convierte en un elemento indispensable en la gestión de salinas. Esta perspectiva es particularmente relevante para la investigación desarrollada en el sector Montaña Blanca. En el contexto de este estudio, el enfoque metodológico adoptado busca optimizar la producción de sal mientras se mantiene la estabilidad de las poblaciones de *A. salina*. Este objetivo está alineado con las ideas de Gajardo & Beardmore, quienes enfatizan que cualquier estrategia en ambientes hipersalinos debe considerar la resiliencia biológica de este crustáceo y su interacción con parámetros fisicoquímicos como la salinidad, la temperatura y el oxígeno disuelto.

CAPITULO VI

CONCLSUIONES Y RECOMENDACIONES

6. CONCLUSIONES

Este estudio concluye que durante las 10 semanas de investigación en el sector Montaña Blanca Salinas, se evidenció que las condiciones ambientales, evaluadas a través de los parámetros físico-químicos de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y potencial hidrógeno (pH), mantienen una dinámica favorable para la producción de sal y el desarrollo de *Artemia salina*. El incremento progresivo de la salinidad a lo largo del ciclo de producción se ajusta al fenómeno de evaporación en ambientes hipersalinos, un proceso crítico para la concentración de minerales que facilita la cristalización de la sal, mientras que la estabilidad en los niveles de pH y oxígeno disuelto provee un ambiente adecuado para el metabolismo de la *Artemia salina* la cual forma parte fundamental para la cristalización.

El proceso de incorporación de *Artemia salina* en diversas concentraciones en los pozos salinos demostró una interacción moderada entre su densidad y sus niveles de parámetros tomando como primordial la salinidad. Este hallazgo es consistente con estudios previos que identifican la *A. salina* como un componente clave en la regulación de la biogeoquímica en ambientes hipersalinos, donde su actividad biológica puede influir en la distribución y concentración de sales disueltas.

Los análisis estadísticos realizados, incluyendo la prueba de Kruskal-Wallis y la regresión lineal, mostraron que no existe una relación estadísticamente significativa entre las medianas de los niveles de salinidad en los diferentes tratamientos.

Los datos obtenidos de regresión lineal muestran una correlación positiva, aunque moderada, entre la población de la artemia y producción de sal. El tratamiento con 1 gramo presentó mayor coeficiente sugiriendo que una mayor densidad poblacional puede mejorar el rendimiento en producción de sal esto sugiere una posible sinergia entre la actividad de *A. salina* y el proceso de cristalización en los cristalizadores, sugiriendo que un control poblacional óptimo de este organismo podría favorecer un ambiente propicio para la precipitación de sales sin alterar significativamente la estabilidad de los parámetros físicos del sistema.

CAPITULO VI

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda optimizar la concentración de *Artemia salina* en los cristalizadores que para que así exista un aumento de salinidad de forma controlada lo que sugiere un potencial para mejorar la cristalización sin que comprometa la estabilidad del proceso

Se puede implementar un monitoreo continuo donde se provee distintos parámetros físicos químicos, los cuales son esenciales para la salud metabólica de la *Artemia salina*, para que así influya en los distintos ciclos de producción de sal.

Estudio de ciclos temporales óptimos de producción los datos sugieren que la salinidad y la densidad poblacional de *Artemia salina* se ven influenciadas por la duración de los ciclos de producción se recomienda analizar a fondo estos ciclos para determinar su periodicidad ideal permitiendo así maximizar la presencia y función de *Artemia salina* sin comprometer la estabilidad salina o la salud de la población.

Ampliación de rangos de concentración de *Artemia salina* para obtener resultados más detallados sobre el impacto de la artemia en la producción de sal sería beneficioso experimentar con una gama más amplia de concentraciones esto permitiría identificar el nivel poblacional óptimo de *Artemia salina* en relación con los ciclos de producción y ajustar el sistema para maximizar el rendimiento sin exceder la capacidad de soporte ambiental del cristalizador.

El establecimiento de un sistema donde se tome control de la población de *Artemia salina* y un avanzado proceso de parámetros físico químicos, lo cual requiere una inversión significativa. Donde previamente se tiene que realizar un análisis de costos para así evaluar la viabilidad económica de estas prácticas, sin antes considerar beneficioso de la producción de sal

Experimentación con la interacción de otras especies de animales con mayor tolerancia a salinidad extrema o variabilidad ambiental. Este enfoque se podría alterar para así aumentar la eficiencia en la producción de sal

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amat, F., Hontoria, F., Ruiz, O., Green, AJ, Sánchez, MI, Figuerola, J. y Hortas, F. (2005). La artemia americana como especie exótica invasora en el Mediterráneo occidental. *Biol. Invasiones* 7, 37–47.
- Andrade, E., Cornejo, M. & Salavarría, E. (2024). Fitoplancton y zooplancton con relación a gradiente salino de una planta productora de sal en mar bravo, Santa Elena. INCYT.
- Avise, J. & Ayala, F. (2009). A la luz de la evolución III: dos siglos de Darwin. *Proc. Nacional Academia Ciencia EE. UU.* 106, 9933–9938.
- Ayala, F. (2009). Darwin y el método científico. *Proc. Nacional Academia Ciencia Estados Unidos* 106, 1033–1039.
- Bardo, J. (2010). Una visión de la biología de sistemas de la genética evolutiva. *Bioensayos* 32, 559–563.
- Baxevanis, A., Kappas, I. y Abatzopoulos, T. (2006). Filogenética molecular y asexualidad en el camarón de salmuera *Artemia*. *Mol. Filogeneta. Evol.* 40, 724–738.
- Beristain, P., Gajardo, G. y Bossier, P. (2010). Patrón de RFLP específico de la especie en el gen de la proteína de choque térmico 26 (Hsp26): una herramienta de locus único para la identificación de especies y pruebas experimentales de

- aislamiento inducido por el hábitat en las especies de *Artemia* del nuevo mundo. *Mol. Ecol. Recurso* 10, 229–231.
- Berkes, F., Colding, J. y Folke, C. (2003). *Navegando Sistemas Socio-Ecológicos: Construyendo Resiliencia para la Complejidad y el Cambio*. Cambridge: Prensa de la Universidad de Cambridge.
- Bonilla, J., González, E., Iglesias, S. & Vergara, M. (2020). Efecto inhibitorio in vitro del extracto líquido de "*Musa acuminata*" frente a "*Staphylococcus aureus*" resistente a meticilina y evaluación de la toxicidad en "*Artemia salina*". *Medicina Naturista*, 14(1), 95–100.
- Boeck, G. & Sorgeloos, P. (2009). Population dynamics and salinity tolerance of *Artemia salina* during the culturing of brine shrimp. *Aquaculture*, 288(3-4), 168–174.
- Browne, R. & Wanigasekera, G. (2000). Combined effects of salinity and temperature on survival and reproduction of five species of *Artemia*. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 244(1), 29-44.
- Chen, H., & Chen, C. (2013). Ecophysiological responses of *Artemia salina* to salinity variations. *Marine Biology Research*, 10(7), 189–196.
- Chen, WH, Ge, XM, Wang, WW, Yu, J. y Hu, SN (2009). Un catálogo de genes para el desarrollo posterior a la diapausa de un artrópodo anhidrobiótico *Artemia franciscana*. *BMC Genomics* 10, 52.

- Clegg, JS y Gajardo, G. (2009). Dos especies de *Artemia* del nuevo mundo altamente divergentes, *A. franciscana* y *A. persimilis* de hábitats hipersalinos contrastantes expresan un complemento de proteína de estrés conservado. *Compensación Bioquímica Fisiol.* 153, 451–456.
- Clegg, JS y Trotman, C. (2002). “Aspectos fisiológicos y bioquímicos de la ecología de *Artemia*”, en *Artemia Basic and Applied Biology*, eds TJ Abatzopoulos, JA Beardmore, JS Clegg y P. Sorgeloos (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers), 129–170.
- Costa, M., & Cerletti, M. (2021). Halófilos: la vida en la sal. *Ciencia Hoy*, 30(176), 38-43.
- Darimont, CT, Carlson, SM, Kinnison, MT, Paquet, PC, Reimchen, TE y Wilmers, CC (2009). Los depredadores humanos superan a otros agentes de cambio de rasgos en la naturaleza. *Proc. Nacional Academia Ciencia EE. UU.* 106, 952–954.
- Dattilo, A., Bracchini, L., Carlini, L., Loiselle, S. & Rossi, C. (2005). Estimate of the effects of ultraviolet radiation on the mortality of *Artemia franciscana* in naupliar and adult stages. *International Journal of Biometeorology*, 49, 388-395.
- Dean, AM y Thorton, JW (2007). Enfoques mecanicistas para el estudio de la evolución: la síntesis funcional. *Nat. Rev. Genet.* 8, 675–688.

- Demergasso, C., Casamayor, EO, Chong, G., Galleguillos, P., Escudero, L. y Pedrós-Alió, C. (2004). Distribución de la diversidad genética procariótica en lagos atalasoalinos del desierto de Atacama, norte de Chile. *FEMS Microbiol. Ecol.* 48, 57–69.
- Dhont, J. y Sorgeloos, P. (2002). “Aplicaciones de Artemia”, en *Artemia: Biología básica y aplicada*, eds TJ Abatzopoulos, JA Beardmore, JS Clegg y P. Sorgeloos (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers), 251–277.
- Ditchkoff, SS, Saalfeld, ST y Gibson, CJ (2006). Comportamiento animal en ecosistemas urbanos: modificaciones debidas al estrés inducido por el hombre. *Ecosistema Urbano.* 9, 5–12.
- Dowell, RD, Ryan, O., Jansen, A., Cheung, D., Agarwala, S., Danford, T., Bernstein, DA, Rolfe, PA, Heisler, LE, Chin, B., Nislow, C. , Giaever, G., Phillips, PC, Fink, GR, Gifford, DK y Boone, C. (2010). Genotipo a fenotipo: un problema complejo. *Ciencia* 328, 469.
- Eads, B. (2004). Supervivientes salados. *Exp. J. Biol.* 207, 1757–1758.
- Epole, N., Dominguez, E., Roberto, A., Tavarez, R., Vera, I., Paula, P., Cebola, J & Rijo, P. (2020). Artemia species: An important tool to screen general toxicity samples. *Current Pharmaceutical Design*, 26(24), 2892–2908.
- Fernández, M., & Cabrera, S. (2021). Effect of environmental factors on the production of Artemia salina in saline ponds. *Journal of Aquatic Research*, 32(4), 189-200.

- Gajardo, G., Abatzopoulos, TJ, Kappas, I. y Beardmore, J. (2002). “Evolución y especiación”, en *Artemia Basic and Applied Biology*, eds TJ Abatzopoulos, JA Beardmore, JS Clegg y P. Sorgeloos (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers), 225–250.
- Gajardo, G., Beardmore, JA y Sorgeloos, P. (2001). Estudio internacional sobre *Artemia*. LXII: relaciones genómicas entre *Artemia franciscana* y *Artemia persimilis*, inferidas a partir del número de cromocentros. *Herencia* 87, 172–177.
- Gajardo, G., Sorgeloos, P. y Beardmore, JA (2006). Los lagos hipersalinos interiores y el camarón de salmuera *Artemia* como modelos simples para el análisis de la biodiversidad a nivel de población. *Sistema Salino* 2:14. doi: 10.1186/1746-1448-2-14.
- Gajardo, G., & Beardmore, J. A. (2012). *The brine shrimp Artemia: Adapted to critical life conditions*. *Frontiers in Physiology*, 3, 185.
- García de Leaniz, C., Gajardo, G. y Consuegra, S. (2010). De lo mejor a la plaga: perspectivas cambiantes sobre el impacto de los salmónidos exóticos en el hemisferio sur. *Sistema. Biodiversos*. 8, 447–459.
- García, M., & Torres, P. (2020). Evaluación de *Artemia* salina en sistemas de producción de sal: un análisis de densidad poblacional en ciclos de

- cristalización. *Revista Internacional de Acuicultura y Recursos Salinos*, 18(3), 45-59.
- Ghomari, M. & Amat, F. (2020). Estudio de la biometría y los parámetros de eclosión de quistes de *Artemia* recogidos en diferentes salinas de Argelia. *AquaTIC*, (56), 1–14.
- Gómez, M., Jiménez, L., & Torres, C. (2018). Impacto de la densidad de *Artemia* salina en la producción de sal en sistemas de cristalización. *Revista de Ciencias Acuáticas*, 14(1), 55–64.
- González, R., & Pérez, L. (2022). Técnicas avanzadas en la recolección y procesamiento de sal cristalizada. *Revista Internacional de Producción Salinera*, 15(2), 45-57.
- Gutierrez, L., Marquez, E., & Ortiz, P. (2014). Salinity Gradients and *Artemia* salina Growth: Examining Environmental Factors in Salt Production Facilities. *Aquatic Ecology*, 45(2), 143–151.
- Hayden, CE (2010). La vida es complicada. *Naturaleza* 464, 664–667.
- Hebert, PDN, Remigio, EA, Colbourne, JK, Taylor, DJ y Wilson, CC (2002). Evolución molecular acelerada en crustáceos halófilos. *Proc. Nacional Academia Ciencia EE. UU.* 99, 1420–1425.

- Horta, L. y Amat, F. (1985). Producción de quistes de *Artemia* en sistemas de agua hipersalina. *Ciencias Naturales* 22, 34–41.44
- Johnson, D., Smith, R., & Lee, K. (2021). Aquaculture water quality monitoring: Essential parameters and instrumentation. *Aquatic Sciences Journal*, 78(4), 435-450.
- Johnson, L., & Ward, E. (2012). Climate impacts on salt production: Seasonal variability and aquatic life. *Environmental Chemistry Reports*, 19(2), 110-119.
- Lim, J. & Wong, M. (2016). *Artemia salina* Population Dynamics in Varying Salinity Levels: A Study of Population Response to Environmental Stressors. *Journal of Marine Science*, 8(5), 375-382.
- Linnaeus, C. (1758). *Systema Naturae per Regna Tria Naturae, Secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis* (10^a ed., Vol. 1). Holmiae: Laurentii Salvii.
- López, J., & García, S. (2020). Optimización de la producción de sal mediante el control de la densidad de *Artemia salina* y condiciones ambientales. *Journal of Salt Production*, 12(2), 40-53.
- Marcillo, F. (2010). Estadios larvarios. Tesis de Acuicultura, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

- Martínez, A., & López, J. (2021). Procesos y tecnologías en la cosecha de sal: Una revisión técnica y económica. *Revista de Ciencia y Tecnología Salinera*, 12(3), 112-128.
- Martínez, P., & Pérez, R. (2019). Limitaciones en la producción de sal por efectos de densidad en sistemas de cristalización. *Aqua Processes Journal*, 16(2), 82-92.
- Morales, F., & Torres, J. (2021). Avances tecnológicos en la producción sostenible de sal: Un enfoque global. *Revista de Economía y Sostenibilidad*, 12(3), 45-60.
- Munteanu, C. & Dumitraşcu, M. (2011). Artemia salina. *Balneo-Research Journal*, 2(4).
- Navarro, P., & Torres, J. (2021). Relación entre densidad de Artemia salina y rendimiento de sal en cristalizadores de producción industrial. *Salt and Marine Studies*, 18(4), 99-107.
- Pais, A., Sánchez, M., Viera, N., Green, A, Marques, J. & Haro, M. (2020). Effect of acute exposure of Hg and Zn on survival of native and invasive Artemia from wild populations exposed to different degrees of environmental contamination. *Ecological Indicators*, 118, 106739.
- Pala, I., & Gomes, M. (2007). Effect of salinity on the growth and reproductive success of Artemia species. *Hydrobiologia*, 582(1), 101-108.

- Smith, R. (2015). Brine shrimp and their role in saline ecosystems. *Salt Ecology Studies*, 12(4), 89-99.
- Sorgeloos, P., Dhert, P., & Candreva, P. (2001). Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture*, 200(1-2), 147-159.
- Stappen, G., Sui, L., Hoa, V., Tamtin, M., Nyonje, B., Rocha, R. & Gajardo, G. (2020). Review on integrated production of the brine shrimp *Artemia* in solar salt ponds. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 1054-1071.
- Ward, J., Smith, B., & Anderson, M. (2019). Environmental parameters in salt production and saline systems. *Journal of Aquatic Production*, 15(3), 203-215.
- Van Stappen, G. (2002). "Zoogeografía", en *Artemia: Biología básica y aplicada*, eds Th. J. Abatzopoulos, JA Beardmore, JS Clegg y P. Sorgeloos (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers) 171–224.
- Zar, J. (2010). *Biostatistical analysis* (5th ed.). Pearson Education.

9. ANEXOS

Anexo 1

Reservorio o calentador de agua



Nota: Visualización del Reservorio (Calentador de agua)

Anexo 2

Visualización de los Cristalizadores



Nota: Se presencia los cristalizadores que se encuentran en el Sector Montaña Blanca

Anexo 3

Las piscianas o cristalizadores



Nota: Visita de la tutora en el sector Montaña Blanca

Anexo 4

Sal cosechada



Nota: Sal obtenida de uno de los cristalizadores en las 2 semanas de muestreo

Anexo 5

Sal en Kilogramos



Nota: Sal envasada en sacos de 1 kilogramo, lista para su distribución y venta.

Anexo 6

Medidor de Oxígeno disuelto



Nota: Multiparamétrico YSI Pro20i para la toma de muestras

Anexo 7

Medidor de salinidad



Nota: Extech EC150 para la medición de salinidad

Anexo 8

Descapsulación de la Artemia salina



Nota: Se presentan los 3 lugares en que se decapsularon los individuos con los gramos mencionados respectivamente

Anexo 9

Aireación de la Artemia salina



Nota: Se tuvo que ambientar el medio respectivo para que puedan descapsular la *Artemia salina*

Anexo 10

Primer conteo de Artemia Salina

SIN ARTEMIA - MUESTRO 1														
	SEMANA 1							SEMANA 2						
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1 gr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artemia en varid	6000		6000		6000		5500		5500		5000			3000
CON ARTEMIA 0.25gr - MUESTRO 1														
	SEMANA 1							SEMANA 2						
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0.25 gr	90000		189		176		163		135		122			117
artemia en varid	5000		94500	0	88000	0	81500	0	67500	0	61000	0	0	58500
CON ARTEMIA 0.50 gr - MUESTRO 1														
	SEMANA 1							SEMANA 2						
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0.50 gr	160000		325		321		318		300		297			290
artemia en varid	4000		162500	0	160500	0	159000	0	150000	0	148500	0	0	145000
CON ARTEMIA 1gr - MUESTRO 1														
	SEMANA 1							SEMANA 2						
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1 gr	250000		504		503		500		487		453			448
artemia en varid	4500		252000	0	251500	0	250000	0	243500	0	226500	0	0	224000

Nota: Se presentan los datos del primer monitoreo donde se hace el conteo de la *Artemia salina*

Anexo 11

Segundo conteo de Artemia Salina

SIN ARTEMIA - MUESTREO 2														
	SEMANA 3						SEMANA 4							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1 gr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artemia en v	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CON ARTEMIA 0.25gr - MUESTREO 2														
	SEMANA 3						SEMANA 4							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0.25 gr	80000		162		161		158		146		143			131
artemia en v	3000													
	83000		81000	0	80500	0	79000	0	73000	0	71500	0	0	65500

CON ARTEMIA 0.50 gr - MUESTREO 2														
	SEMANA 3						SEMANA 4							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0.50 gr	140000		283		282		280		276		273			269
artemia en v	2000													
	142000		141500	0	141000	0	140000	0	138000	0	136500	0	0	134500

CON ARTEMIA 1gr - MUESTREO 2														
	SEMANA 3						SEMANA 4							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1 gr	260000		525		522		521		519		516			509
artemia en v	3000													
	263000		262500	0	261000	0	260500	0	259500	0	258000	0	0	254500

Nota: Se presentan los datos del segundo monitoreo donde se hace el conteo de la Artemia salina

Anexo 12

Tercer conteo de Artemia Salina

SIN ARTEMIA - MUESTREO 1														
	SEMANA 5						SEMANA 6							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1 gr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artemia en v	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CON ARTEMIA 0.25gr - MUESTREO 3														
	SEMANA 5						SEMANA 6							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0.25 gr	82000		164		162		160		156		155			117
artemia en v	4000													
	82400		82000	0	81000	0	80000	0	78000	0	77500	0	0	58500

CON ARTEMIA 0.50 gr - MUESTREO 3														
	SEMANA 5						SEMANA 6							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0.50 gr	155000		310		307		305		302		299			295
artemia en v	1000													
	155100		155000	0	153500	0	152500	0	151000	0	149500	0	0	147500

CON ARTEMIA 1gr - MUESTREO 3														
	SEMANA 5						SEMANA 6							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1 gr	250000		500		503		500		487		453			448
artemia en v	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	254500		250000	0	251500	0	250000	0	243500	0	226500	0	0	224000

Nota: Se presentan los datos del tercer monitoreo donde se hace el conteo de la Artemia salina

Anexo 13

Cuarto conteo de Artemia Salina

SIN ARTEMIA - MUESTREO 1														
	SEMANA 7						SEMANA 8							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1 gr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artemia en v	6000		6000		6000		5500		5500		5000			3000

CON ARTEMIA 0.25gr - MUESTREO 4														
	SEMANA 7						SEMANA 8							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0.25 gr	90000		189		176		163		135		122			117
artemia en v	95000		94500		88000		81500		67500		61000			58500

CON ARTEMIA 0.50 gr - MUESTREO 4														
	SEMANA 7						SEMANA 8							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0.50 gr	160000		325		321		318		300		297			290
artemia en v	164000		162500		160500		159000		150000		148500			145000

CON ARTEMIA 1gr - MUESTREO 4														
	SEMANA 7						SEMANA 8							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1 gr	25000		504		503		500		487		453			448
artemia en v	244500		252000		251500		250000		243500		226500			224000

Nota: Se presentan los datos del cuarto monitoreo donde se hace el conteo de la Artemia salina

Anexo 14

Quinto conteo de Artemia Salina

SIN ARTEMIA - MUESTREO 1														
	SEMANA 9						SEMANA 10							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1 gr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
artemia en v	7500		7000		7000		6500		6500		5000			4500

CON ARTEMIA 0.25gr - MUESTREO 5														
	SEMANA 9						SEMANA 10							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0.25 gr	92000		193		191		191		187		180			172
artemia en v	96500		96500		95500		95500		93500		90000			86000

CON ARTEMIA 0.50 gr - MUESTREO 5														
	SEMANA 9						SEMANA 10							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0.50 gr	163000		325		321		318		300		297			290
artemia en v	166000		162500		160500		159000		150000		148500			145000

CON ARTEMIA 1gr - MUESTREO 5														
	SEMANA 9						SEMANA 10							
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1 gr	240000		504		503		500		487		453			448
artemia en v	244500		252000		251500		250000		243500		226500			224000

Nota: Se presentan los datos del quinto monitoreo donde se hace el conteo de la Artemia salina

Anexo 15

Sal representada en Kilogramos

SIN ARTEMIA - MUESTREO 1	SIN ARTEMIA - MUESTREO 2	SIN ARTEMIA - MUESTREO 3	SIN ARTEMIA - MUESTREO 4	SIN ARTEMIA - MUESTREO 5
15,3 kg	13,9 kg	15,3 kg	15,3 kg	15,3 kg
CON ARTEMIA 0.25gr - MUESTREO 1	CON ARTEMIA 0.25gr - MUESTREO 2	CON ARTEMIA 0.25gr - MUESTREO 3	CON ARTEMIA 0.25gr - MUESTREO 4	CON ARTEMIA 0.25gr - MUESTREO 5
15,8 kg	12,8 kg	15,8 kg	15,8 kg	15,8 kg
CON ARTEMIA 0.50 gr - MUESTREO 1	CON ARTEMIA 0.50 gr - MUESTREO 2	CON ARTEMIA 0.50 gr - MUESTREO 3	CON ARTEMIA 0.50 gr - MUESTREO 4	CON ARTEMIA 0.50 gr - MUESTREO 5
14,8 kg	13,1 kg	14,8 kg	14,8 kg	14,8 kg
CON ARTEMIA 1gr - MUESTREO 1	CON ARTEMIA 1gr - MUESTREO 2	CON ARTEMIA 1gr - MUESTREO 3	CON ARTEMIA 1gr - MUESTREO 4	CON ARTEMIA 1gr - MUESTREO 5
16,9 kg	13,6 kg	16,9 kg	16,9 kg	16,9 kg

Nota: Se presentan los datos de los monitoreos donde se presentan pesados los kilogramos de sal.