

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

CONTROL ESTADÍSTICO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL
PROCESO DE MADURACIÓN DEL CAMARÓN PARA LA DISMINUCIÓN
DE SU TASA DE MORTALIDAD

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Químico

Presentado por:

Angulo Real Sara Eunice
Cox Conforme Carlos Andrés

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a mi abuelito Carlos, el mejor ejemplo de padre y de abuelo que pude tener. A pesar de que no se encuentra físicamente, sé que sus oraciones me acompañan en cada paso de mi vida.

También dedico este trabajo a mi madre, una mujer tan trabajadora, fuerte y que con mucho amor me cuida, me anima y me da apoyo en cada decisión que tomé a lo largo de esta travesía.

A mi hermano, recuerda que el que persevera alcanza. Estás hecho para grandes cosas, nunca lo olvides.

Finalmente, a mi tía Betty y mi familia porque fueron un pilar fundamental en mi crecimiento como persona, estudiante y profesional.

Sara Eunice Angulo Real

A Lucrecia, quien me enseñó a amar y a luchar hasta el final. A mis padres y hermano, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Y a Evan, por motivarme a ser el mejor tío.

Carlos Andrés Cox Conforme

AGRADECIMIENTOS

Primero agradezco a Dios por permitirme finalizar con éxitos esta etapa en mi vida, porque por más difícil que haya sido el obstáculo, sé que él estuvo conmigo en todo momento.

Mi más sincero agradecimiento a ESPOL; a mi tutora, Irina León, por guiarnos a lo largo de este proyecto con las mejores aportaciones durante este proceso, formándonos como profesionales.

A mis mejores amigas, María Emilia gracias por ser mi incondicional, 13 años de amistad y contando. Mafer, mi hermana del alma, a pesar de la distancia siempre pude contar contigo.

Le agradezco a Carlos Cox, más allá de mi compañero de tesis, ha sido un excelente amigo y apoyo en estos últimos años de la carrera.

A mis amigos y compañeros de la carrera que siempre estuvimos ayudándonos para alcanzar esta meta.

Sara Eunice Angulo Real

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Angulo Real Sara Eunice y Cox Conforme Carlos Andrés damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Sara Eunice Real

Sara Eunice Angulo
Real

Carlos A. Cox

Carlos Andrés Cox
Conforme

EVALUADORES

NADIA MAGALY FLORES
MANRIQUE

Firmado digitalmente
por NADIA MAGALY
FLORES MANRIQUE
Fecha: 2022.02.03
20:11:33 -05'00'

Nadia Flores

.....
PROFESOR DE LA MATERIA

Irina León

.....
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La actividad acuícola en el Ecuador ha progresado en base al cultivo del camarón patiblanco (*Litopenaeus vannamei*). El ciclo de reproducción del camarón reproductor puede verse interrumpido debido a las altas mortalidades que puede llegar a presentarse debido a variaciones en los parámetros fisicoquímicos dentro de las salas de reproducción en el proceso de desove. Por este motivo, se busca diseñar un protocolo de acción para la reducción de la tasa de mortalidad mediante el análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos en las salas de reproducción. El proyecto se desarrolló tomando muestras de agua de las salas de control y se evaluó parámetros fisicoquímicos (oxígeno disuelto, calcio, pH, temperatura, alcalinidad, magnesio). Una vez que se aplicó los planes de mejora, se continuó con las guardias durante 8 días más, para obtener mayor volumen de resultados. Una vez realizado el análisis de regresión múltiple, se determinó que los parámetros fisicoquímicos los cuales tuvieron mayor significancia con la disminución de la tasa de mortalidad fueron el oxígeno disuelto, calcio y temperatura. También con la implementación de los planes de acción, se alcanzó una disminución del 81% en la mortalidad de camarones reproductores. Se logra representar el comportamiento de los parámetros críticos del proceso de maduración del camarón, a lo largo del estudio estadístico; se establecen nuevos límites de control con la mejora implementada; finalmente, el estudio llega a ser económicamente rentable para la aplicación de éste en diversos sectores estratégicos como industria camaronera, larvicultura, entre otros.

Palabras Clave: Control Estadístico, Desove camarón, Mortalidad, Regresión Lineal Múltiple.

ABSTRACT

*The aquaculture activity in Ecuador has progressed based on the breeding of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). The breeding cycle of the shrimp can be interrupted due to the high mortality rate that may occur due to variations of the physicochemical parameters inside the breeding rooms during the spawning process. For this reason, we seek to design an action protocol in order to reduce the mortality rate by using statistical analysis of the physicochemical parameters in the breeding rooms. The project was developed by taking samples of the water in the control rooms and physicochemical parameters where evaluated (dissolved oxygen, calcium, pH, temperature, alkalinity, magnesium). Once the improvement plans were implemented, the continued observation during 8 more days in order to obtain a higher volume of results. After performing the multiple regression analysis, it was determined that the physicochemical parameters which higher significance in the mortality rate were the dissolved oxygen, calcium and temperature. Also, with the implementations of the action plans, a decrease of 81% in the mortality of breeding shrimp was achieved. Representing the behavior of the critical parameters of the shrimp's maturation process is accomplished throughout the statistical study; new control limits are set with the implemented improvement; lastly, the study ends up being economically profitable due to its application on several strategic sectors such as the shrimp, and larviculture industry, among others.*

Keywords: Statistical Control, Shrimp Spawning, Mortality, Multiple Linear Regression.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
Índice general.....	9
CAPÍTULO 1	15
1. Introducción	15
1.1 Descripción del problema	15
1.2 Justificación del problema	17
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo General.....	18
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
1.4 Marco teórico	19
1.4.1 Industria camaronera en el Ecuador	19
1.4.2 Cultivo del camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> y control de parámetros físicoquímicos	20
1.4.3 Importancia del control estadístico en el sector acuícola.....	21
1.4.4 Gráficas de control.....	21
CAPÍTULO 2.....	23
2. Metodología	23
2.1 Recolección de información	23
2.2 Diseño de experimento	23
2.2.1 Determinación de los tanques de estudio	23
2.2.2 Descripción del diseño de experimento.....	24
2.3 Experimentación	24
2.3.1 Determinación de iones	24

2.3.2	Determinación de calcio-Dureza cálcica	24
2.3.3	Alcalinidad	25
2.3.4	Magnesio	26
	Medición de parámetros fisicoquímicos.	26
2.3.5	pH.....	26
2.3.6	Oxígeno disuelto y temperatura	26
2.4	Marco Estadístico.....	27
2.4.1	Introducción al diseño de gráficos de estudio.....	27
2.4.2	Gráficos de control de medias y rangos	27
2.4.3	Representación gráfica de la Tasa de Mortalidad	29
2.4.4	Regresión Lineal Múltiple.....	29
	CAPÍTULO 3.....	31
3.	Resultados	31
3.1	Planes de acción	31
3.2	Tasa de Mortalidad Histórico de datos	32
3.3	Tasa de Mortalidad Guardias Nocturnas	34
3.4	Gráficos de Control	35
3.4.1	Parámetro físico químico: Oxígeno Disuelto	35
3.4.2	Parámetro físico químico: Temperatura	38
	Sala A	38
3.4.3	Parámetro físico químico: Calcio.....	41
3.4.4	Parámetro físico químico: pH.....	44
3.4.5	Parámetro físico químico: Magnesio	46
3.4.6	Parámetro físico químico: Alcalinidad	48
3.4.7	Parámetro físico químico: Salinidad	50
3.5	Resultados de la regresión Lineal Múltiple	51

3.5.1	Mortalidad Total vs Parámetros Fisicoquímicos de la Sala A	51
3.5.2	Mortalidad Total vs Parámetros Fisicoquímicos de la Sala B	53
3.5.3	Mortalidad Total vs Parámetros Fisicoquímicos de la Sala K	55
3.5.4	Mortalidad Hembras Sala A vs Parámetros Fisicoquímicos de la Desove 1 57	
3.5.5	Mortalidad Hembras Sala B vs Parámetros Fisicoquímicos de la Desove 1 59	
3.5.6	Mortalidad Hembras Sala K vs Parámetros Fisicoquímicos de la Desove Masivo 61	
3.6	Análisis de Costos	63
CAPÍTULO 4		66
4.	Conclusiones y recomendaciones	66
4.1	Conclusiones.....	66
4.2	Recomendaciones	67
Bibliografía		68
Apéndices		70
Apéndice A: Factores Críticos para la gráfica de control.....		70
Apéndice B: Cálculo Análisis Económico		71
Apéndice C: Resultados de las tablas de medias y rangos de la temperatura (°C) ...		72
Tabla C-1: Rangos y medias de temperatura para la sala A.....		72
Tabla C-2: Rangos y medias de temperatura para la sala B.....		72
Tabla C-3: Rangos y medias de temperatura para la sala K.....		73
Tabla C-4: Rangos y medias de temperatura para el desove 1		73
Tabla C-5: Rangos y medias de temperatura para el desove masivo		74
Apéndice D: Resultados de las tablas de medias y rangos del pH.....		75
Tabla D-1: Rangos y medias de pH para la sala A		75

Tabla D-2: Rangos y medias de pH para la sala B	75
Tabla D-3: Rangos y medias de pH para la sala K	76
Tabla D-4: Rangos y medias de pH para el desove 1	76
Tabla D-5: Rangos y medias de pH para el desove masivo	77
Apéndice E: Resultados de las tablas de medias y rangos del Oxígeno (mg/L)	78
Tabla E-1: Rangos y medias de oxígeno para la sala A	78
Tabla E-2: Rangos y medias de oxígeno para la sala B	78
Tabla E-3: Rangos y medias de oxígeno para la sala K	79
Tabla E-4: Rangos y medias de oxígeno para el desove 1	79
Tabla E-5: Rangos y medias de oxígeno para el desove masivo.....	80
Apéndice F: Resultados de las tablas de medias y rangos de Calcio (mg/L).....	81
Tabla F-1: Rangos y medias de calcio para la sala A	81
Tabla F-2: Rangos y medias de calcio para la sala B	81
Tabla F-3: Rangos y medias de calcio para la sala K	82
Tabla F-4: Rangos y medias de calcio para el desove 1.....	82
Tabla F-5: Rangos y medias de calcio para el desove masivo	83
Apéndice G: Resultados de las tablas de medias y rangos de magnesio (mg/L).....	84
Tabla G-1: Rangos y medias de magnesio para la sala A	84
Tabla G-2: Rangos y medias de magnesio para la sala B	84
Tabla G-3: Rangos y medias de magnesio para la sala K	85
Tabla G-4: Rangos y medias de magnesio para el desove 1.....	85
Tabla G-5: Rangos y medias de magnesio para el desove masivo.....	86
Apéndice H: Resultados de las tablas de medias y rangos de alcalinidad en CaCO ₃ (mg/L)	87
Tabla H-1: Rangos y medias de alcalinidad para la sala A.....	87
Tabla H-2: Rangos y medias de alcalinidad para la sala B.....	87

Tabla H-3: Rangos y medias de alcalinidad para la sala K.....	88
Tabla H-4: Rangos y medias de alcalinidad para el desove 1	88
Tabla H-5: Rangos y medias de alcalinidad para el desove masivo	89
Apéndice I: Resultados de las tablas de medias y rangos de salinidad (ppm).....	90
Tabla I-1: Rangos y medias de salinidad para la sala A	90
Tabla I-2: Rangos y medias de salinidad para la sala B	90
Tabla I-3: Rangos y medias de salinidad para la sala K	90
Tabla I-4: Rangos y medias de salinidad para el desove 1.....	91
Tabla I-5: Rangos y medias de salinidad para el desove masivo.....	91
Apéndice J: Evidencia Fotográfica	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	51
Tabla 3-2: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	52
Tabla 3-3: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	53
Tabla 3-4: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	54
Tabla 3-5: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	55
Tabla 3-6: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	56
Tabla 3-7: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	57
Tabla 3-8: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	58
Tabla 3-9: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	59
Tabla 3-10: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	60
Tabla 3-11: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	61
Tabla 3-12: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A.....	62
Tabla 3-13: Descripción del impacto económico mensualmente por mortalidad.....	64
Tabla 3-14: Descripción del impacto económico mensualmente por mortalidad.....	64
Tabla 3-15: Beneficio económico.....	64

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

La actividad acuícola en el Ecuador ha progresado en base al cultivo del camarón patiblanco (*Litopenaeus vannamei*) y en la tilapia (*Oreochromis mossambicus*) siendo la región costa en donde se presenta la mayor producción acuícola (IPIAP, 2016). Este tipo de actividad, especialmente la camaronicultura, ha sido una gran fuente de empleo y de divisas. De acuerdo con la Cámara Nacional de Acuicultura del Ecuador las exportaciones de camarón alcanzaron su máximo número en el año 1998 en donde se exportaron 11400 toneladas y que por la cuales se percibieron 875 millones de dólares. Pero este éxodo camaronero tocó fondo en el año 2000 debido al impacto del Síndrome del Virus de la Mancha Blanca (WSSV), que fue detectada a mediados del año 1999 en el país. Esta enfermedad, que se presentó por primera vez en Asia en 1992, puede provocar mortalidades de hasta el 100 % en las poblaciones de los camarones.

Para finales del año 2000 se exportaron tan solo 37.7 millones de toneladas (FAO, 2018), una cifra que envió a la quiebra a varias camaroneras produciendo despidos masivos en este sector y afectando aún más la estabilidad económica del Ecuador para el nuevo milenio. El sector camaronero del país tardó más de siete años en adaptarse a la plaga; gracias a los tratamientos y la investigación que recibió la especie, la mortalidad del animal por este virus pasó del 100% por piscina hasta un máximo de 10% (El telégrafo, 2017). Actualmente, las plagas han sido controladas en su mayoría mediante la detección temprana y nuevos estudios que permiten focalizar mejor las estrategias de solución frente a esta y varias enfermedades más.

La producción del camarón consiste en varias etapas, cada una de ellas por lo general, son tratadas en diferentes áreas y por diferentes empresas. La etapa inicial del camarón es el nauplio, que es la primera larva característica y que puede desarrollarse dentro del huevo. La empresa de estudio se encarga de la recepción y aclimatación de camarones adultos hasta la maduración sexual para la reproducción de nauplios.

Uno de los principales problemas que se presenta en este proceso es la mortalidad en las salas de reproducción. Por lo general, los camarones reproductores cumplen un ciclo de 120 días, para asegurarse de que no exista deformidad en los nauplios. Pero este ciclo puede verse interrumpido debido a las altas mortalidades que puede llegar a presentarse. Las causas pueden ser varias, las principales son la presencia de alguna plaga (Virus de la Mancha Blanca, Virus de la Necrosis Infecciosa Hipodérmica y Hematopoyética, Síndrome de Taura, Vibriosis, entre otras); un mal manejo en las salas de reproducción, una mala calidad de agua, variaciones en los parámetros controlados y el estrés que puede llegar a tener el camarón.

La mortalidad de los camarones en la maduración de reproductores representa una pérdida económica importante para el sector acuicultor en general debido a que la inversión para la obtención de nauplios de calidad es muy representativa. Una alta mortalidad genera diariamente pérdidas de recursos tales como el alimento y las dietas que se proveen a los camarones, así como la movilización y la compra de nuevos reproductores.

En la empresa de estudio, la forma de manejo de los datos es de manera empírica. Puesto que, no se lleva un control exhaustivo de los parámetros críticos en cada sala de reproducción; específicamente, en el proceso de desove del camarón. Esto incide a que, si llega a existir una alteración en una de las salas, no se pueda determinar con exactitud las condiciones del medio que se están viendo afectadas. Por ende, no existe un seguimiento correspondiente para evitar que la tasa de mortalidad ascienda.

Por esa razón, es crucial realizar un levantamiento de datos del proceso para poder evaluar las condiciones del medio y brindar planes de acción que sean consecuentes a las necesidades de la empresa. De manera similar, se puede determinar las variables críticas que están íntimamente relacionadas con la tasa de mortalidad del camarón reproductor.

1.2 Justificación del problema

Uno de los principales problemas dentro de la producción de camarones es la mortalidad de estos. Específicamente en el área de maduración, el cual es un proceso para obtener nauplios, la primera larva característica del camarón *Litopenaeus vannamei*, donde se presentan altos niveles de mortalidad. Como resultado, la industria acuícola tiene pérdidas económicas considerables; estas pérdidas vienen dadas por inversiones en alimento, roles de pago del personal a cargo de proceso y demás.

Actualmente la empresa no cuenta con el análisis y monitoreo continuo de parámetros críticos en los diferentes tanques del proceso; tales como las concentraciones en el agua de los principales elementos químicos presentes en una buena calidad de agua salada, como por ejemplo el Magnesio, Potasio y Calcio. Además, se evaluará la alcalinidad, dureza cálcica, pH, temperatura y oxígeno disuelto.

El control estadístico dentro de este proceso es de vital importancia ya que permite predecir el comportamiento de uno o varios parámetros debido a la interpretación de la data recibida, el cual puede ser usado para identificar y aplicar medidas correctivas para el sistema. También brinda un análisis de la data con lenguaje sencillo que es de fácil entendimiento para operadores fijos, eventuales o por entes externos; estos podrán interpretar con sencillez las condiciones de operación de las salas de reproducción.

El análisis estadístico de los parámetros medidos en la camaronera permitirá a la empresa visualizar comportamientos fuera de los límites de calidad de agua previamente establecidos; de manera que, se pueda tomar planes de acción pertinentes ante futuros daños de la matriz productiva. Esto reducirá en gran medida las pérdidas económicas que causan la alta mortalidad de los camarones; como gastos recurrentes en las salas reproductoras que incluyen: las importaciones del alimento y dietas del camarón, nóminas del personal encargado, productos químicos relacionados al tratamiento de agua y la adecuación de nuevas salas cuando la mortalidad es muy alta.

La empresa podrá continuar garantizando que el producto que se está brindando al cliente y/o consumidor cumpla con la normativa medioambiental y de calidad; en este caso el producto es el nauplio del camarón.

Al finalizar el proyecto, este control estadístico podrá ser distribuido a todo sector acuicultor, incentivando a la reactivación económica de pequeños y grandes empresarios; disminuyendo así, la inquietud de los resultados que conlleva fallas en el manejo de parámetros en las salas de reproducción, logrando actuar una vez observado la línea de tendencia del balance iónico dentro de las salas.

De manera similar, las cartas de control incluirán información relevante a los rangos establecidos en los parámetros críticos del proceso. Esto será una ventaja para los operadores ya que su accionar ante irregularidades dentro del proceso serán implementadas con fundamentos estadísticos, técnicos y demostraciones experimentales; garantizando así que la acción correctiva sea la adecuada.

Junto con el análisis de regresión lineal múltiple, se podrá determinar de manera particular la incidencia de los parámetros críticos con respecto a la variable dependiente en nuestro estudio (mortalidad del camarón reproductor). Esto será calculado mediante la herramienta computacional de Minitab 18.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un protocolo para el proceso de reproducción del camarón *Litopenaeus vannamei* para la reducción de la tasa de mortalidad en la población de camarones reproductores, a partir de un control estadístico de parámetros fisicoquímicos recolectados en el periodo de un mes.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos críticos en la etapa de desove del camarón a partir de la data recolectada en las salas de reproducción.
2. Proponer un protocolo de contención y respuesta del proceso de maduración mejorando las condiciones del medio en el que se desarrolla el camarón.
3. Evaluar la factibilidad del procedimiento propuesto basado en la reducción de la mortalidad de los camarones y los costos asociados para su implementación en la reproducción de nauplios.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Industria camaronera en el Ecuador

En los seis primeros meses del 2021, el Ecuador ha tenido un incremento de exportaciones del 8,4% en la economía del país siendo aún crítico el avance debido a la situación de bioseguridad dado por la pandemia. La pesca, dentro del cual incluye las exportaciones de pescado, camarón entre otros, es la tercera industria donde existió un aumento en el desarrollo, siendo del 20,7%. Siendo el camarón, el primer rubro de exportación no petrolera; de manera particular, se registra que, de manera trimestral, el sector de acuicultura y pesca del camarón llegó a incrementarse al 15,8% en producciones y exportaciones (Banco Central del Ecuador, 2021).

Durante 50 años, este sector acuicultor se ha mantenido como la estrategia clave en la economía del Ecuador; siendo solo en el año 2018 el 1,1% del PIB Ecuatoriano. Por esa razón, la calidad del camarón es fundamental y crucial para la exportación de nuestros productos (Ekos, 2019). Tomando como ejemplo, en el 2019 existió un rebrote de la plaga mancha blanca por lo que cesaron la comercialización de 2 empresas camaroneras con China; este país es uno de los 2 principales compradores de nuestros productos con un aproximado de \$900 millones en el primer semestre del 2019 (El Universo, 2019). Debido a la importancia económica que representa este sector, es

necesario analizar condiciones óptimas de desarrollo y producción de la especie *Litopenaeus vannamei*, a fin de garantizar la continuidad del camarón ecuatoriano en el mercado nacional e internacional.

1.4.2 Cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* y control de parámetros fisicoquímicos

Durante el proceso de cultivo del camarón, existen 3 etapas claves, la aclimatación, la siembra y engorde y la cosecha. En cada etapa es importante brindar condiciones óptimas de desarrollo para garantizar que se está llevando una secuencia de pasos asegurando los estándares de calidad de la empresa, del país y del extranjero. En el proceso de cultivo, es importante el tiempo de aclimatación, de esta manera se evita el estrés del camarón reproductor al ser retirado de su hábitat natural a un medio artificial; también, la densidad poblacional en el medio (Cuéllar-Anjel, 2013). En la siembra y engorde es importante los factores como calidad del agua, buena alimentación, buenos niveles de oxigenación y mantenimiento de la piscina. Finalmente, en la cosecha es importante mantener la cantidad y temperatura del agua a menos de 32 grados para evitar el estrés del camarón y por ende la muerte prematura del mismo (El telégrafo, 2017).

La composición iónica, la salinidad, la temperatura, el oxígeno y el pH del agua de mar pueden variar ampliamente entre sitios y estaciones por lo que garantizar una buena calidad de agua con los parámetros óptimos es fundamental para poder utilizar el agua directamente en los cultivos de camarones. En ciertas ocasiones, los niveles de iones de potasio, magnesio y calcio son tan bajos o la composición iónica del agua no es la óptima que limita el desarrollo de los cultivos de camarón. Los iones (Ca, Mg, K) juegan un papel básico en el proceso osmorregulador e intervienen en el mantenimiento de una buena salud en el camarón debido a que estos requieren minerales para mantener el metabolismo y el crecimiento basal. Además, los minerales solubles son constituyentes en los tejidos del camarón, son también cofactores enzimáticos y son muy importantes para el metabolismo de lípidos, proteínas y carbohidratos (Valenzuela-Madrigal et al., 2017).

1.4.3 Importancia del control estadístico en el sector acuícola

El control estadístico de proceso, también conocido por sus siglas en inglés SPC (Statistical Process Control), ha estado presente desde 1920 a raíz de la revolución industrial y llegando a su pico más alto durante la segunda guerra mundial (de Toledo et al., 2017) . El punto principal de este control es mejorar el control de calidad del producto debido a la variabilidad de los parámetros; favoreciendo de este modo a una mayor productividad y menos uso de energía para las actividades de control e inspección.

El control estadístico de procesos es la aplicación de métodos estadísticos para la determinación de la factibilidad de un proceso en base al diseño de un producto o servicio. Mediante herramientas como gráficas de control es posible detectar la elaboración de productos o servicios defectuosos o bien para indicar la modificación o variación en el proceso para poder corregir la situación (Carro Paz & González Gomez, 2010).

Es importante destacar que dentro de la aplicación del control estadístico en los procesos de maduración del camarón se va a necesitar apoyo organizacional y personal dispuesto a cambios. Esto se debe a que será necesaria la comunicación y aprendizaje de los nuevos recursos ofrecidos al operador; por ejemplo, interpretación de resultados e implementación de las cartas de control (Grigg & Walls, 2007).

1.4.4 Gráficas de control

En la estadística de control, un plan de muestreo brinda casi el mismo grado de apoyo que se obtendría en una inspección completa de la calidad de productos o servicios en cada etapa de un proceso. El muestreo es factible cuando los costos de inspección completa son elevados porque requerirían conocimientos o habilidades y procedimientos especiales.

Para determinar si las variaciones observadas son anormales, podemos medir y trazar a grafica de la característica de la calidad tomada de la muestra, en un diagrama ordenado por tiempo, conocido como gráfica de control. La grafica de control tiene un

valor nominal o línea central, que generalmente es el objetivo que los supervisores desearían alcanzar por medio del proceso.

La gráfica de control que se analiza es correspondiente a rangos y medias, los cuales indican cuán variable y dispersos se encuentran los resultados obtenidos. Lo que se busca es evitar que el conjunto de datos analizados posea una variabilidad excesiva ya que el proceso deja de ser confiable. La gráfica de medias, indica cuán disperso se encuentran los resultados con respecto a los límites de control (superior e inferior), indicando si el proceso se encuentra dentro o fuera de control. Estos gráficos son esenciales junto con la correcta interpretación de estos para un ajuste efectivo (Pierdant & Rodríguez, 2009).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Recolección de información

Se realizó una investigación acerca de los principales problemas presentados en el sector camaronero, específicamente en el área de maduración. Mediante la revisión bibliográfica y el acercamiento realizado con los encargados del área de la empresa de estudio, se logró identificar los parámetros críticos los cuales fueron analizados a partir de un seguimiento durante aproximadamente 4 semanas.

Los parámetros críticos identificados fueron la alcalinidad, la concentración de calcio, magnesio y potasio, el oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno, el pH y la temperatura. Las mediciones se realizaron antes, durante y después del proceso de desove debido a que en este lapso existe una mayor tasa de mortalidad.

2.2 Diseño de experimento

2.2.1 Determinación de los tanques de estudio

En el transcurso de las 4 semanas, se recolectó datos de guardias de 15 días en intervalos de 3-4 días entre cada guardia. Debido a que existen aproximadamente 150 tanques de reproducción divididas entre tres recirculaciones y 14 salas, se propuso realizar el experimento en tres salas. Se tomaron muestras de agua (aproximadamente 250 mL) en dos tanques por cada sala. Las salas A y B, pertenecientes a la Recirculación 2, fueron las salas problema ya que en un principio presentaban altos niveles de mortalidad durante el proceso de desove del camarón.

Además, se registraron datos de los tanques de desove, en donde las hembras copuladas permanecían desde las 16:30 pm hasta las 12:30 am. El desove 1 pertenece a las salas A hasta la D, mientras que el Desove Masivo pertenece a las todas las salas de la recirculación 3 (K hasta N). Es importante mencionar que el desove Masivo posee bombas de aire, las cuales son encendidas antes de desove y una hora antes de la finalización, con la intención de tener niveles óptimos de oxígeno.

Con esta información recolectada, se observó una visualización general del comportamiento de las piscinas, tomando en consideración, las salas críticas, salas de control y los parámetros con mayor impacto en el proceso.

2.2.2 Descripción del diseño de experimento

Se tomó muestras de los tanques de reproducción y de las tinas de desove paralelamente en horarios definidos. Para la medición de la alcalinidad, concentración, magnesio y calcio, se utilizó el método de fotometría mediante el instrumento YSI. Para los datos de oxígeno disuelto y saturación de oxígeno se empleó el instrumento YSI Pro 20, el cual además arrojaba datos de temperatura.

2.3 Experimentación

2.3.1 Determinación de iones

Para determinación de la concentración de iones se utilizó el fotómetro de la marca YSI, modelo 9300, de lectura directa para la determinación de parámetros claves de la calidad del agua para muestras de agua potable, residuales y otros procesos. La técnica de operación fundamental aplicada a este fotómetro se basa en los principios de absorbancia óptica y dispersión de la luz visible.

Las técnicas de absorbancia óptica se basan en el uso de reactivos (espectro) fotométricos YSI, que promueven la formación de colores visibles mediante la reacción química con analitos específicos. La intensidad del color producido se compara con los datos de calibración almacenados en el fotómetro, para obtener el resultado final. Las técnicas de dispersión óptica producen pequeñas partículas para dispersar el haz fuente, y la cantidad de dispersión proporciona un resultado para la concentración del parámetro bajo prueba.

2.3.2 Determinación de calcio-Dureza cálcica

La prueba de dureza cálcica y calcio se basó en el método del reactivo indicador Calcicol. Los iones de calcio reaccionan específicamente con el indicador Calcicol en una solución alcalina para obtener como resultado una coloración naranja. Esta prueba produce una gama distintiva de colores, dependiendo de los niveles de calcio presente

en el analito, que van desde el color violeta hasta el naranja. El rango de lectura va desde los 0 hasta los 500 mg/L de CaCO₃.

Los reactivos vienen en dos tabletas diferentes, Calcicol 1 y Calcicol 2. Primero se filtró la muestra para obtener una solución clara. Luego, se llenó el tubo Palistest hasta la marca de los 10 mL. Se agregó primero la tableta Calcicol 1 y se maceró hasta disolver por completo. Inmediatamente se agregó la segunda tableta Calcicol 2, se maceró nuevamente y se disolvió. Cronometra dos minutos para permitir el desarrollo de todo el color. Finalmente se colocó el blanco de la muestra en el fotómetro, se seleccionó Phot 12 y pulsó la tecla *Read*; se retiró el blanco y procedió a leer el tubo con los reactivos. El resultado está expresado en mg/L de CaCO₃. Para obtener la concentración de calcio en mg/L se selecciona la tecla inferior.

2.3.2.1 Interferencias

Los niveles altos de hierro (mayor a 10 mg/L) puede causar bajos resultados de Calcio mientras que niveles por arriba de 5 mg/L de Zinc, resultados altos. El pH requerido en la prueba fue controlado mediante una mezcla buffer presente en las tabletas. Sin embargo, para evitar exceder la capacidad del buffer, las muestras fuertemente ácidas o alcalinas debieron ser ajustadas previamente en un rango de pH de 4-10.

2.3.3 Alcalinidad

La prueba de alcalinidad YSI Alkaphot se basó en el método de colorimetría y utiliza una sola tableta como reactivo principal. Una distintiva gama de colores, desde amarillo, verde hasta azul es producido en el rango de 0 a 500 mg/L de CaCO₃. El color obtenido en la prueba es indicativo de la alcalinidad de la muestra analizada. El primer paso fue filtrar la muestra y luego se añadió 10 mL en el tubo Palintest. Agregar una tableta de Alkaphot y se maceró hasta disolver por completo. Se esperó un minuto y luego mezcló nuevamente. Seleccionar Phot 02 en el fotómetro, primero leer el blanco o testigo y después el analito con el reactivo. El resultado obtenido está en mg/L de CaCO₃.

2.3.4 Magnesio

La prueba YSI Magnecol se basa en un procedimiento colorimétrico simple. El magnesio presente en el analito reacciona con un reactivo orgánico, incluido en la tableta Magnecol, para producir un complejo de color naranja. El reactivo en si es amarillo y, por lo tanto, en el rango de la prueba se producen una serie de colores, desde el amarillo hasta el naranja.

El rango de medida del fotómetro para esta prueba está entre 0 a 100 mg/L. Considerando que el agua salada tiene concentraciones mayores a 900 (depende de la salinidad) es necesario realizar dos diluciones. La muestra madre, según lo indica el manual, será 1 mL de la muestra problema y 9 mL de agua desionizada. La primera dilución fue entonces 1 mL de la muestra madre y 9 mL de agua desionizada. La segunda y última dilución se lo realizó de igual manera. Inmediatamente agregar una tableta de Magnecol, se maceró y disolvió por completo. Se cronometraron 5 minutos. Una vez cumplido el tiempo de reacción, se selecciona Phot 21 en el fotómetro, se leyó el primero el blanco y luego el analito. Al resultado obtenido se le multiplica por 100 y estará dado como mg/L de Mg.

Medición de parámetros fisicoquímicos.

2.3.5 pH

Para la medición de pH de las muestras, se empleó el medido de pH LAQUAtwin de la marca Horiba. Este equipo integra un electrodo plano único, que sirvió para ofrecer un análisis rápido y preciso con una mínima cantidad de gotas de la muestra. El procedimiento consistió en encender el equipo, luego agregar unas gotas de la muestra hasta que la pantalla se ilumine, este resultado será el pH del analito.

2.3.6 Oxígeno disuelto y temperatura

La medición de estos parámetros se lo realizó mediante el instrumento PRO20i de la marca YSI, que permitió realizar mediciones de oxígeno disuelto y la saturación en tanques de agua. Este instrumento posee un sensor polarográfico que consiste en un cuerpo de plata, que es el ánodo, y un cátodo circular de oro el cual se encuentra incrustado en el extremo. El oxígeno disuelto se difunde por una membrana

semipermeable, incluida en el sensor, de manera proporcional a la diferencia de presión del oxígeno que la atraviesa.

Para realizar la medición, primero se comprobó que se haya calibrado el instrumento con el fin de garantizar las lecturas más precisas. Se encendió el instrumento y se esperó de 5 a 15 minutos antes de medir. Se colocó la sonda dentro de la muestra a medir y se agitó rápidamente para eliminar toda burbuja de aire que podría estar presente. Luego, se agitó nuevamente la sonda dentro del tanque para la eliminación de la dependencia a la agitación del sensor de OD. Una vez que los valores se hayan estabilizado, se grabó la medición utilizando la tecla de *guardar*. Los resultados fueron dados como oxígeno disuelto (mg/L) y porcentaje de saturación. El instrumento también proporcionó el valor de la temperatura en grados centígrados.

2.4 Marco Estadístico

2.4.1 Introducción al diseño de gráficos de estudio

El diseño de los gráficos estadísticos fue dividido en dos partes. Siendo la primera, la elaboración de gráficos de control de medias y rangos, donde se refleja el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos en los tanques designados para control durante el periodo de 6 semanas. La segunda parte, fue la representación gráfica de la tasa de mortalidad en un histórico de datos que se posee cada tanque, en la empresa de estudio con una duración de tres meses en total. La tercera parte, consistió en encontrar la correlación entre la variable dependiente (tasa de mortalidad en las noches) y las variables independientes (parámetros críticos), en donde se empleó conceptos de regresión lineal simple.

2.4.2 Gráficos de control de medias y rangos

Se dividió la información recolectada de las guardias por parámetros; siendo esta temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad, calcio, magnesio y potasio. Y por cada parámetro se analizará cada tanque de control, empleando la información de las 15 guardias realizadas.

Por cada guardia, tanque y parámetro se determinó los valores de rango y medias del conjunto de datos recolectados en esa guardia. Empleando las siguientes ecuaciones

$$\text{Rango} = \text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}$$

Ecuación 2-1: Cálculo de rangos

$$\text{Media} = \text{Promedio de todos los datos de la guardia}$$

Ecuación 2-2: Cálculo de medias

Una vez obtenido estos dos factores por cada guardia realizada, se forma una tabla para cada control (rango y media)

Siendo la tabla de rangos, la primera columna, el valor de rango calculado en cada guardia, segunda columna el UCLR (Límite máximo) y tercera columna LCLR (Límite mínimo). Dependiendo del tamaño de la muestra se obtienen los coeficientes para calcular el UCL y LCR, en este caso, la muestra se trata de 15 guardias en total.

Para otro número de muestras realizadas, los coeficientes críticos para las gráficas de control se encuentran en el Anexo C.

Como se muestra en la figura siguiente, los coeficientes para la tabla de rangos según el tamaño de la muestra son, $D3=0,348$ y $D4=1,652$.

La ecuación por emplear es la siguiente

$$UCLR = D4 * \text{El Valor promedio de los Rangos}$$

Ecuación 2-3: Límite superior de rangos

$$LCLR = D3 * \text{El Valor promedio de los Rangos}$$

Ecuación 2-4: Límite inferior de rangos

Para la tabla de Medias, tiene un procedimiento similar, la primera columna es el valor calculado de las medias de cada guardia realizada, la segunda columna es el UCLX y la tercera LCLX.

Para calcular los valores de UCLX y LCLX, se emplean los coeficientes $A2= 0,223$.

$$UCLX = \text{Promedio de las medias} + \text{Promedio de los Rangos} * A2$$

Ecuación 2-5: Límite superior de medias

$$LCLX = \text{Promedio de las medias} - \text{Promedio de los Rangos} * A2$$

Ecuación 2-6: Límite inferior de medias

Se procedió a realizar las gráficas, donde los límites máximos y mínimos llegan a comportarse como valores entre los cuales se demuestran un correcto control del proceso durante la reproducción del camarón.

2.4.3 Representación gráfica de la Tasa de Mortalidad

En esta parte de la experimentación, se procedió a llevar la recolección de datos de la tasa de mortalidad de todas las salas de un periodo de 2 meses antes de la toma de datos de los parámetros críticos y finalizó hasta que se realicen los planes de mejora en el proceso.

La tasa de mortalidad fue tomada en dos momentos, al finalizar la primera jornada en el día y de la noche. De esta forma, se reflejó la incidencia de la mortalidad de los camarones dependiendo de la franja horaria. Se empleó también gráficos de dispersión simple para poder reflejar las dos variables (tasa de mortalidad diurna y nocturna) y su comportamiento en cada día del histórico recolectado. Esta información se lo empleó en la tercera parte del marco estadístico.

2.4.4 Regresión Lineal Múltiple

En esta parte, se procedió a emplear la aplicación Minitab 18, la cual nos permitió obtener la regresión lineal múltiple, la ecuación de correlación, el coeficiente de dispersión y la normalidad de los datos con respecto a la distribución normal. Los datos que se tomaron para la evaluación será la tasa de mortalidad, siendo esta la variable dependiente, y los parámetros fisicoquímicos como variables independientes. Al obtener la correlación se analizó cada coeficiente obtenido y la significancia de las variables independientes con respecto a la tasa de mortalidad.

En esta sección se analiza la prueba de significancia, se buscó determinar cuáles parámetros son significativos; se planteó un análisis de ANOVA multifactorial; donde se presenta una prueba de hipótesis, con un supuesto de comportamiento normal de los datos obtenidos. En este análisis, la hipótesis nula (H_0), indica que ningún parámetro

fisicoquímico es significativo y la hipótesis alterna menciona que existe una relación entre ciertos parámetros fisicoquímicos y la tasa de mortalidad del camarón reproductor.

El intervalo de confianza tomado será del 95%; para el cual, el valor p al ser menor a 0,05 se considera una variable significativa la cual rechaza la hipótesis nula, ya que existe una relación entre el parámetro y la mortalidad del camarón reproductor. Este trabajo investigativo analizó cada uno de los resultados de parámetros fisicoquímicos mediante el análisis de regresión lineal múltiple; de manera que, se pueda encontrar las variables las cuales rechacen la hipótesis nula. Es decir, que el parámetro elegido sea significativo con respecto a la disminución de la tasa de mortalidad.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

Luego de obtener las mediciones necesarias para el análisis de resultados, se realizaron las gráficas de control para cada uno de los parámetros observados. Además, se procesó la información de la mortalidad de las salas A, B y K con la finalidad de realizar un análisis multivariado y determinar tanto la correlación y el valor p para la validación de la hipótesis nula. De los parámetros estudiados se escogieron tres para el análisis multivariado, debido a que presentaban una mayor alteración en las gráficas de control y, además, los valores se encontraban por debajo del límite recomendado en los días previos a la implementación de las medidas de solución a estos problemas.

3.1 Planes de acción

Debido a que el oxígeno presentaba niveles críticos en los tanques del área de Desove 1, se propuso la aplicación de oxígeno previamente al proceso de desove. El oxígeno se empezó a aplicar a cada tanque por varios minutos para lograr subir dichos niveles; este proceso se lo realizaba aproximadamente 1 hora antes de la primera pesca de las hembras ya copuladas. Con las mediciones realizadas en las últimas semanas se observó que los niveles de oxígeno en los tanques del desove 1 aumentaron considerablemente, incluso luego de dicho proceso tanto la concentración como el porcentaje de oxígeno disuelto no se redujo hasta niveles críticos, contrariamente a lo que ocurría cuando no se aplicaba oxígeno antes del desove. Además, se limpiaron los sistemas de aireación y se reemplazó el soplador de aire debido a su antigüedad y las falencias que estaba presentando. Con esta implementación también mejoraron los niveles de oxígeno en los tanques de reproducción lo que redujo el estrés de los camarones.

En cuanto al déficit de calcio, se propuso elevarlos con el producto Full Camarón, el cual es una suspensión de óxido de calcio sub hidratado cuya función es mejorar la calidad de los tanques proporcionando una mayor cantidad de Calcio bio-disponible. La

cantidad aplicada a cada recirculación dependía de los niveles de calcio y carbonatos en los que se encontraba el agua y, además, de los controles realizados por los técnicos del área de maduración.

3.2 Tasa de Mortalidad Histórico de datos

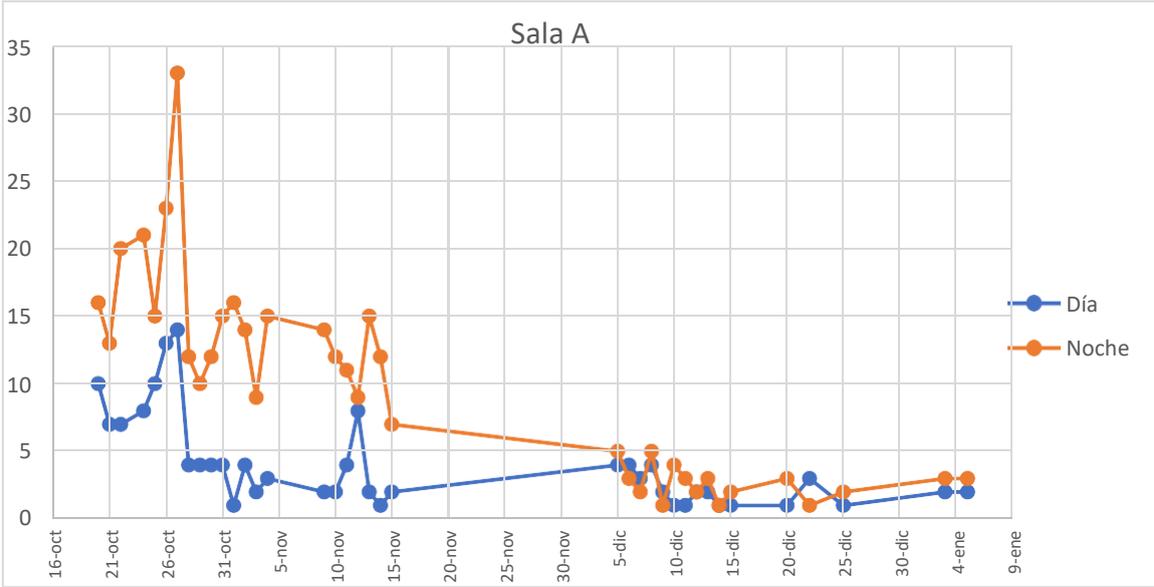


Figura 1: Histórico de datos de mortalidad diurna y nocturna de la Sala A

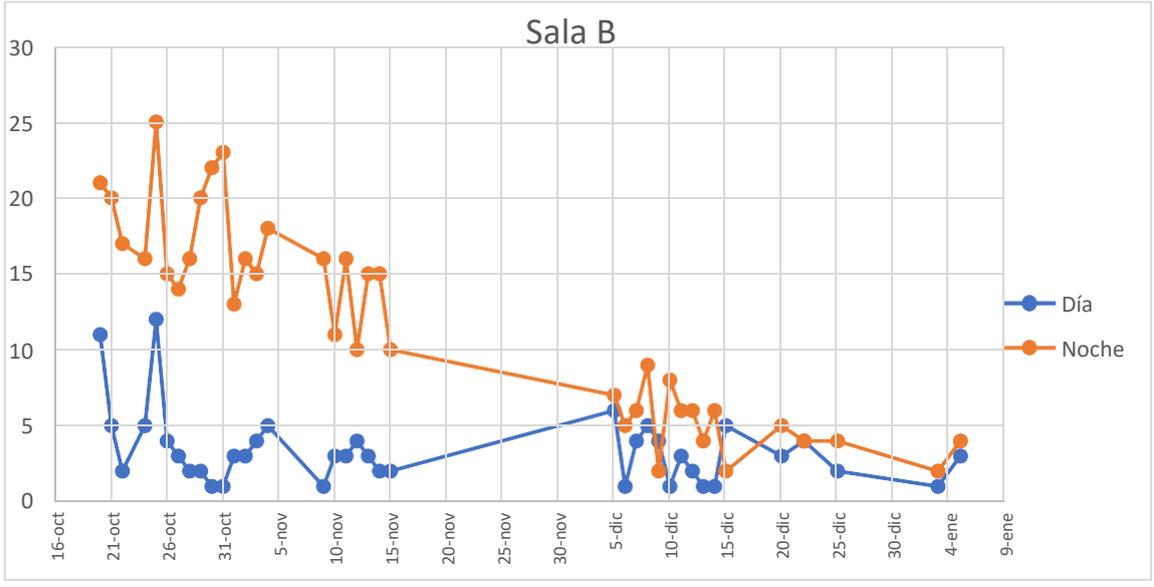


Figura 2: Histórico de datos de mortalidad diurna y nocturna de la Sala B

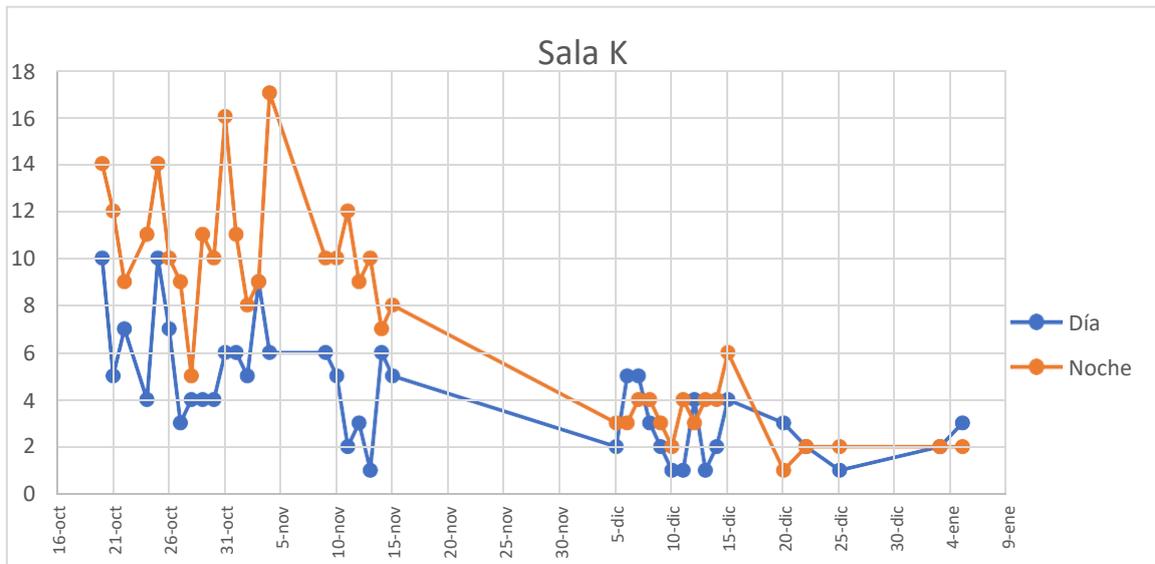


Figura 3: Histórico de datos de mortalidad diurna y nocturna de la Sala K

Porcentaje de mortalidad por género

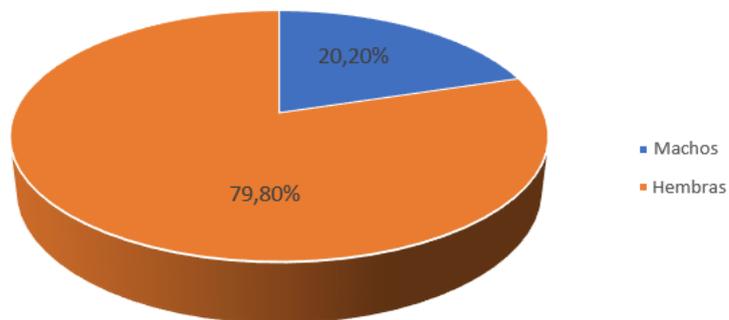


Figura 4: Porcentaje de mortalidad por género de las salas de estudio

En las figuras 1,2 y 3 de la mortalidad de las salas A, B y K, resulta notorio que hubo un alto índice en las primeras semanas del muestreo y que existía una mayor mortalidad en la noche. Cabe destacar que la mortalidad fue mayor en la población de las hembras que en los machos, en donde el porcentaje promedio de muertes de hembras fue del 79.8% en las salas de estudio, como se muestra en la figura 4.

3.3 Tasa de Mortalidad Guardias Nocturnas

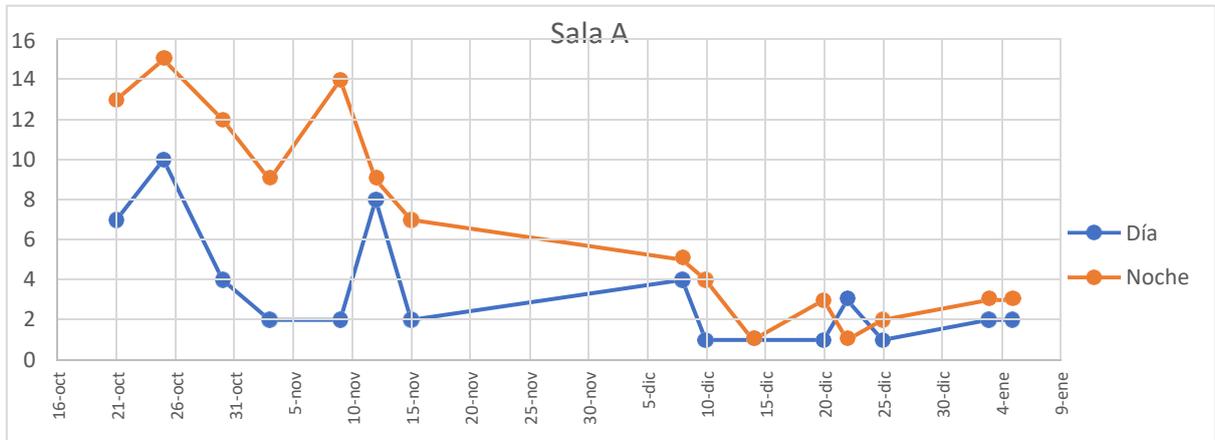


Figura 5: Datos de mortalidad diurnos y nocturnos de la Sala A durante las guardias

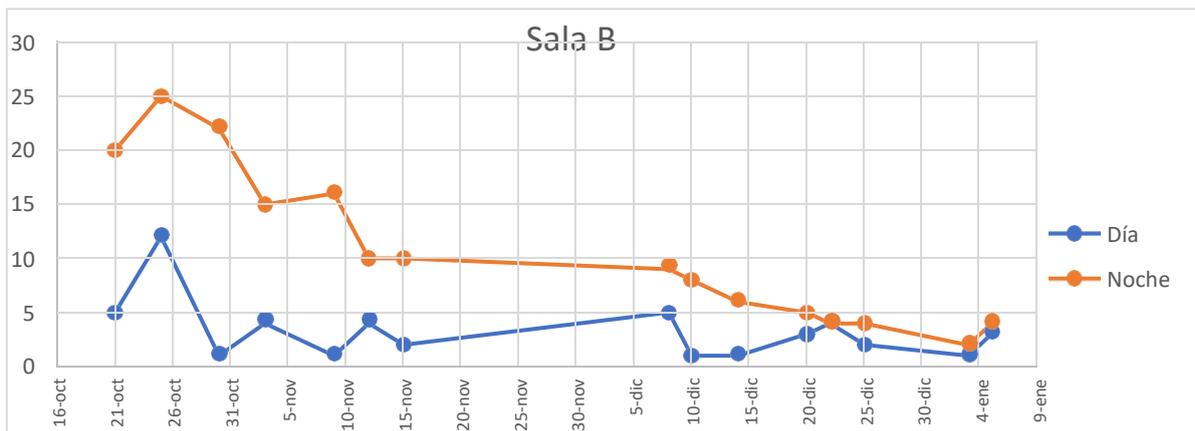


Figura 6: Datos de mortalidad diurnos y nocturnos de la Sala B durante las guardias

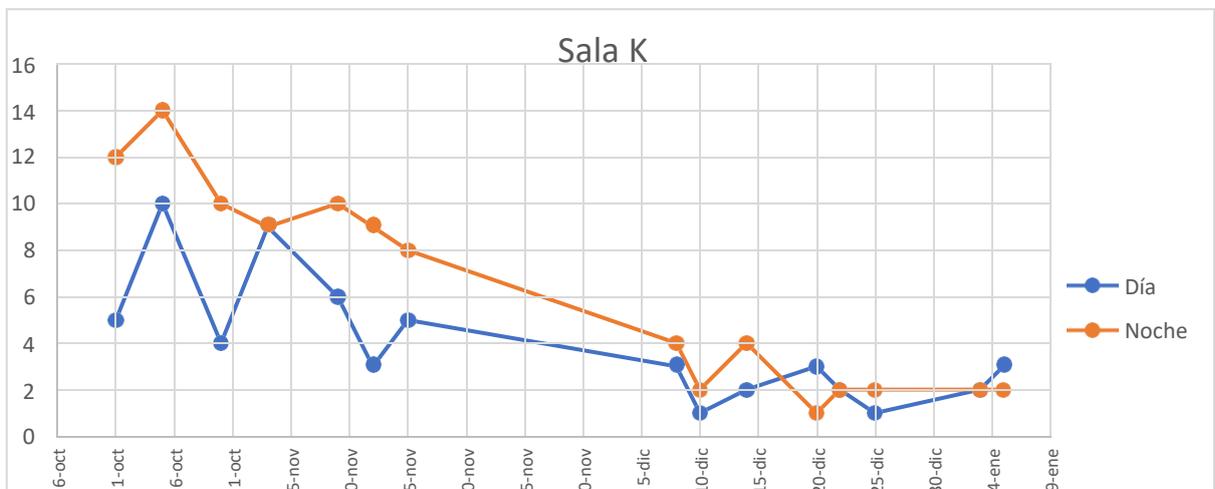


Figura 7: Datos de mortalidad diurnos y nocturnos de la Sala K durante las guardias

En las figuras 5, 6 y 7 se observó que en los días en los que se realizó la guardia nocturna la mortalidad era más alta en la noche que en el día. Además, se mantuvo la tendencia de un alto índice de mortalidad en las hembras. Estos resultados insinuaban que probablemente existía una anomalía en el proceso de desove, debido a que, únicamente las hembras de cada sala permanecían en esta área por aproximadamente 7 horas.

El índice de mortalidad se redujo considerablemente luego de la aplicación de *acciones de mejoras para la calidad del agua*, como se observa en las figuras anteriormente mencionadas, en donde en las últimas semanas de muestreo el nivel de mortalidad fue relativamente bajo.

3.4 Gráficos de Control

3.4.1 Parámetro físico químico: Oxígeno Disuelto

Sala A

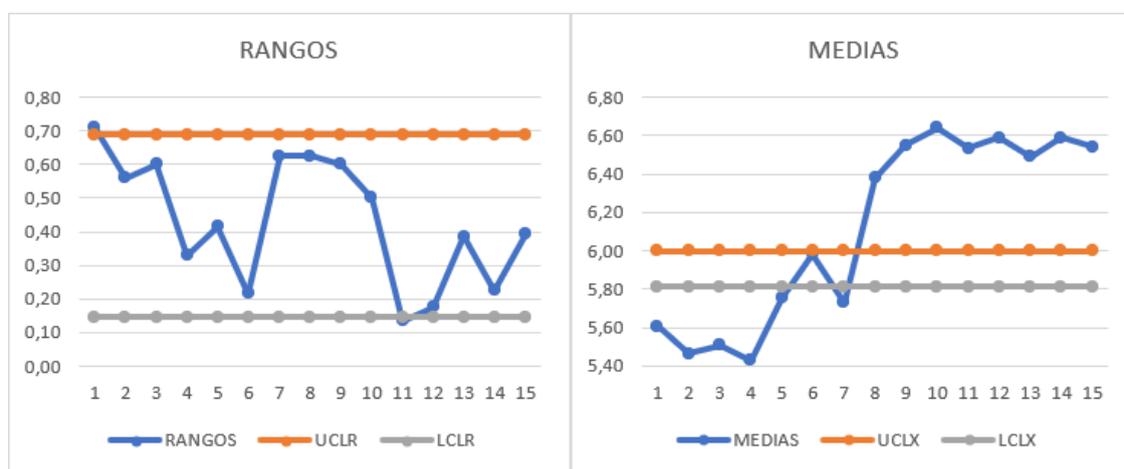


Figura 8: Representación estadística del comportamiento del Oxígeno Disuelto en la Sala A, mediante Rangos y Medias

Como se observa en la figura 8, entre las guardias del día 7 y 8 existe una variabilidad debido a la implementación de las medidas correctivas relacionadas al oxígeno, pero todos los rangos se encuentran dentro de los límites de control. Sin

embargo, esta variabilidad se aprecia mejor en la gráfica de medias de la figura 8, en donde los primeros días de guardia existía niveles bajo el límite inferior de oxígeno, y luego los niveles son crecientes con un promedio de 6,6.

Sala B

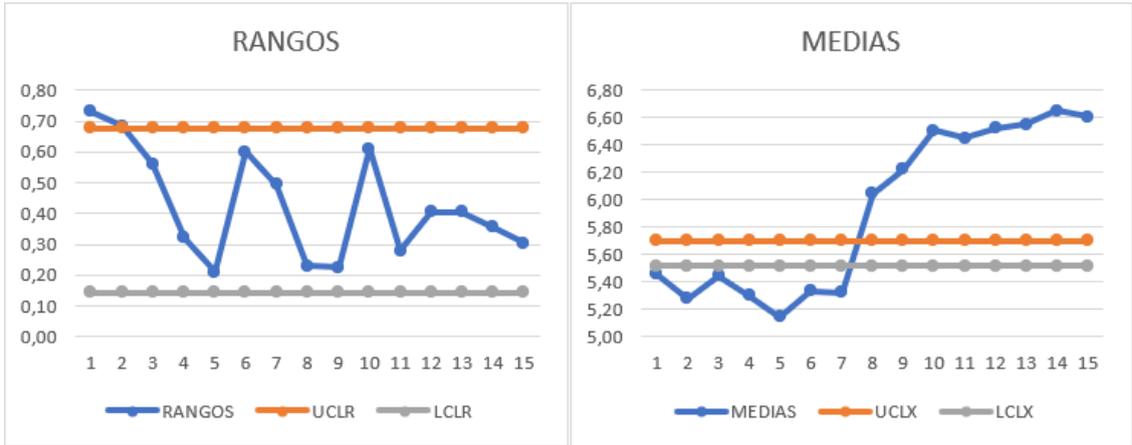


Figura 9: Representación estadística del comportamiento del Oxígeno Disuelto en la Sala B, mediante Rangos y Medias

En la figura 9, se observa una variabilidad de datos hasta la guardia del día 11, donde el cambio es mínimo, pero se mantienen dentro de los límites. En la gráfica de medias, se observa que existe una mejoría en los niveles de oxígeno disuelto de la Sala B, ascendiendo a unas 6,5 unidades.

Sala K

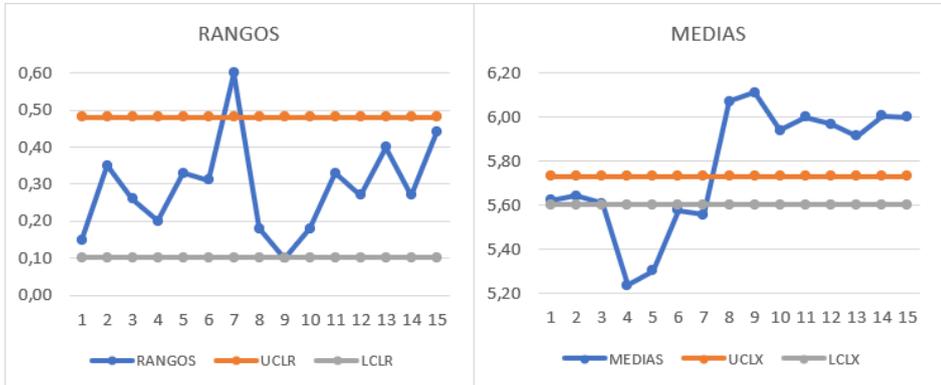


Figura 10: Representación estadística del comportamiento del Oxígeno Disuelto en la Sala K, mediante Rangos y Medias

A diferencia de las primeras gráficas de rangos, aquí se presenta un pico de variabilidad en el día 7, fuera de los rangos límites de control, donde concuerdan con la gráfica de medias, donde existe un incremento brusco de niveles de oxígeno, pasando de un punto bajo del límite inferior de medias hacia uno superior.

Desove 1

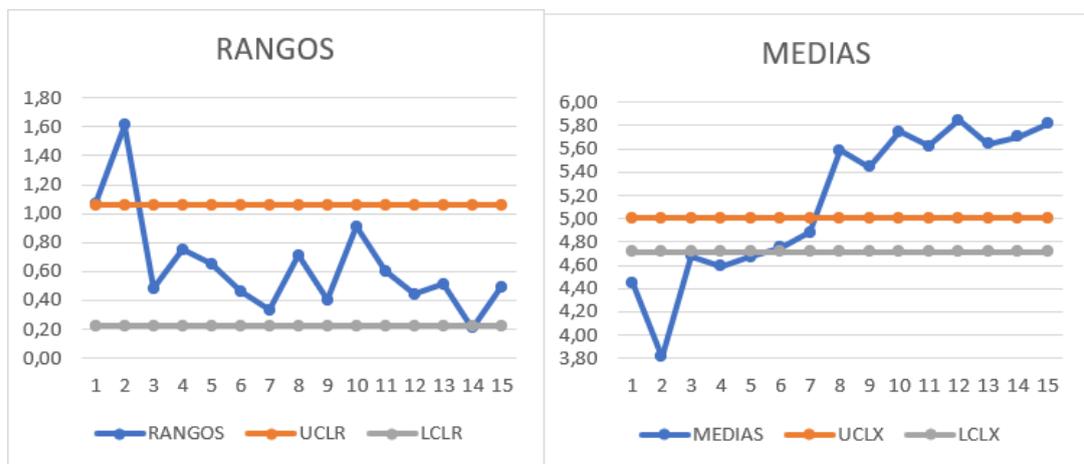


Figura 11: Representación estadística del comportamiento del Oxígeno Disuelto en el Desove 1, mediante Rangos y Medias

Uno de los centros críticos de estudio fueron las salas de desove 1, donde los niveles de oxígeno como se observa en la figura 11, están muy por debajo del límite inferior, lo cual tiene relación con las altas tasas de mortalidad que se presentaron en los primeros días de control. Una vez que se aplicó las medidas correctivas de los planes de acción, los niveles de oxígeno no tan solo ascendieron, sino que la variabilidad de los resultados obtenidos empezó a disminuir.

Desove Masivo

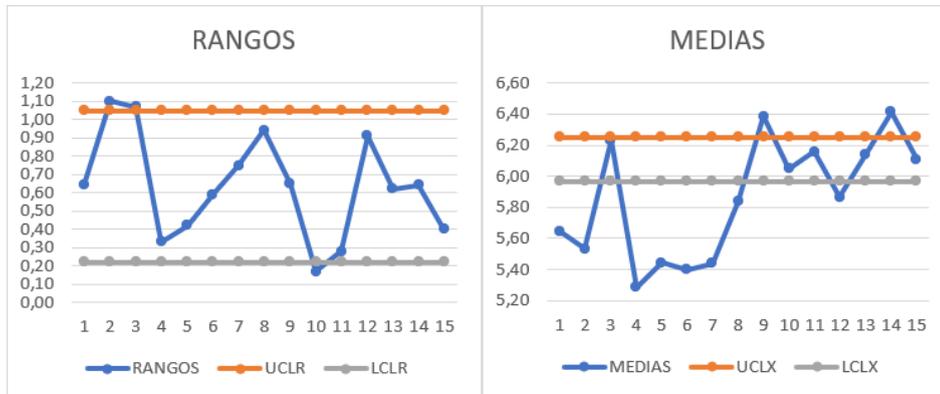


Figura 12: Representación estadística del comportamiento del Oxígeno Disuelto en el Desove 1, mediante Rangos y Medias

En el Desove Masivo, mostrado en las gráficas de medias y rangos, de la figura 12, se presentan variabilidad en los datos dentro de los límites calculados. Por otro lado, en la figura de medias, se observa que en los días de control 4, 5, 6, 7 y 8, alcanzan los picos más bajos registrados de oxígeno. Una vez con el cambio en las condiciones del oxígeno disuelto, dado por los planes de acción, los resultados se estabilizan a partir del 8vo día de guardia.

3.4.2 Parámetro físico químico: Temperatura

Sala A

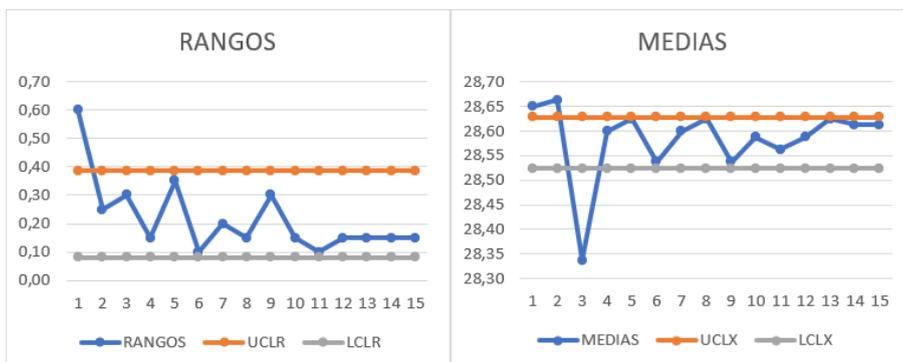


Figura 13: Representación estadística del comportamiento de la Temperatura en la Sala A, mediante Rangos y Medias

La figura 13 refleja la estabilidad de los datos a partir de la guardia del día 11, mostrando una estabilidad con respecto a los resultados obtenidos de temperatura. En la gráfica de medias solo se observa una variabilidad destacada en el día tres donde ocurre el pico más bajo registrado. Fuera de esas acotaciones, los datos se encuentran dentro de los límites de control establecidos, lo cual asegura que, con la mejora realizada a los tanques, en el plan de acción, no existe mayor variación con respecto a la temperatura.

Sala B

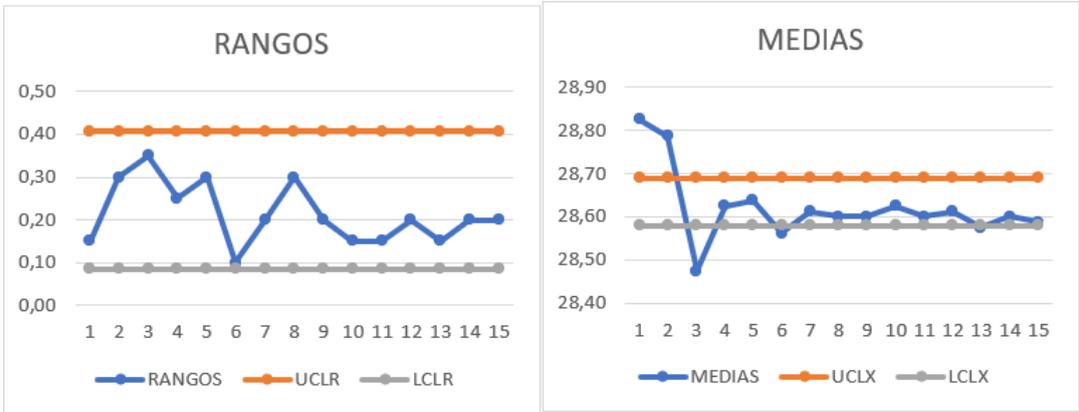


Figura 14: Representación estadística del comportamiento de la Temperatura en la Sala B, mediante Rangos y Medias

La sala B tiene un comportamiento similar a la sala A, donde se observa en la figura 14, resultados de temperatura dentro de los límites calculados, solo existiendo un pico bajo en el día tres de guardia. Se observa cierta variabilidad de los datos hasta el día 8, donde luego se estabiliza, lo cual justifica el comportamiento de la gráfica de medias de la Sala B.

Sala K

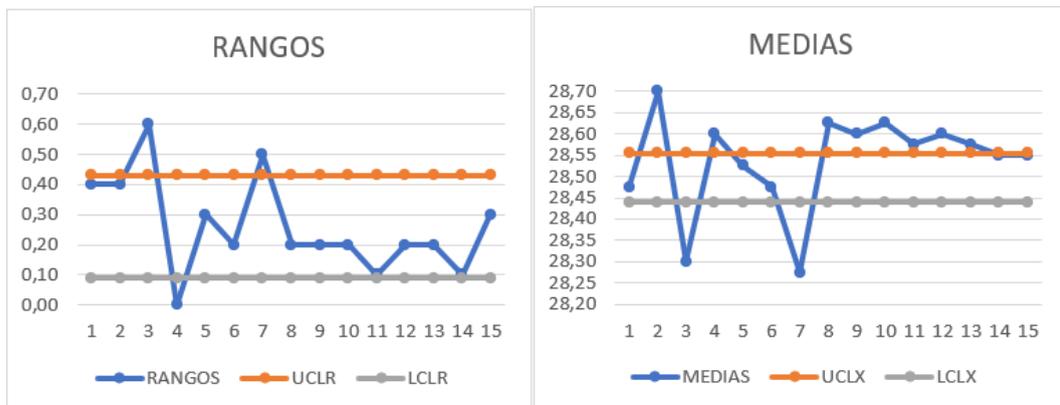


Figura 15: Representación estadística del comportamiento de la Temperatura en la Sala K, mediante Rangos y Medias

A diferencia de las dos salas anteriores, la sala K posee la mayor variabilidad con respecto a este parámetro de temperatura, como se observa en la figura 15. En la gráfica de rangos la variación de datos en los primeros 7 días sale de los límites de control. Mientras que, a partir del séptimo día de guardia, busca estabilizarse y en la gráfica de medias, los valores de temperatura llegan al límite superior de medias.

Desove 1

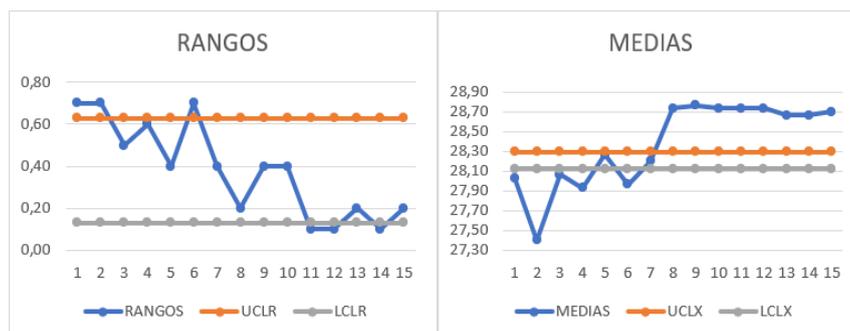


Figura 16: Representación estadística del comportamiento de la Temperatura en Desove 1, mediante Rangos y Medias

Con el plan de acción implementado, en la gráfica de medias de la figura 16 se refleja que la temperatura dentro del desove pasó de tener picos variables debajo del límite inferior, a obtener resultados constantes de aproximadamente 28,7 grados por arriba del límite superior.

Desove Masivo

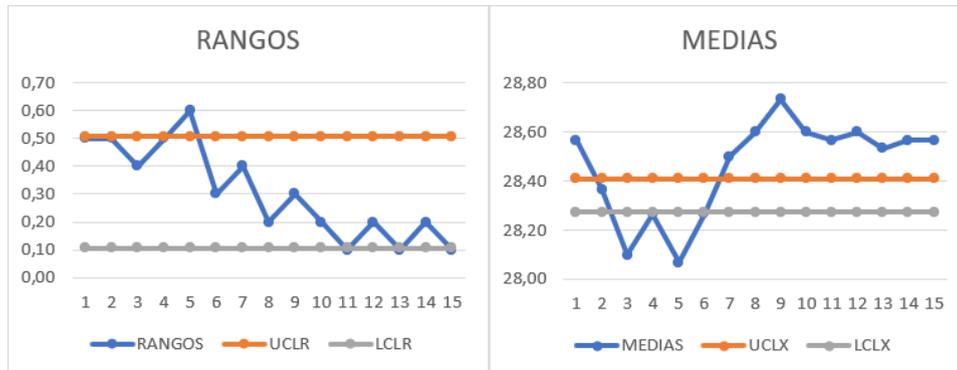


Figura 17: Representación estadística del comportamiento de la Temperatura en Desove Masivo, mediante Rangos y Medias

En el desove masivo presentado en la figura 17, la variabilidad de los datos tiene a ubicarse en el límite inferior con menor cambio entre sus valores, manteniéndose por arriba del límite superior con respecto a las medias.

3.4.3 Parámetro físico químico: Calcio

Sala A

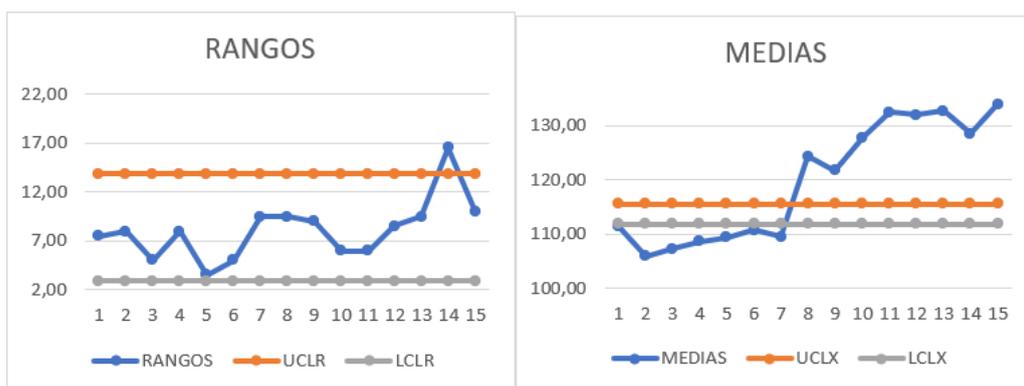


Figura 18: Representación estadística del comportamiento de Calcio en la Sala A, mediante Rangos y Medias

La gráfica 18 indica que la variabilidad del calcio en la Sala A fue mayor en el muestreo de los días 13 y 14. Esto se debe a que existió un pico fuera de los rangos de calcio en los últimos días del control. En cuanto al grafico de medias, los niveles se mantuvieron por debajo del límite durante los primeros 7 días de muestreo, pero se

observó un cambio significativo a partir del octavo día de muestreo, debido a que se aplicaron medidas para elevar las concentraciones de calcio, como por ejemplo la adición del producto Full Camarón a cada recirculación.

Sala B

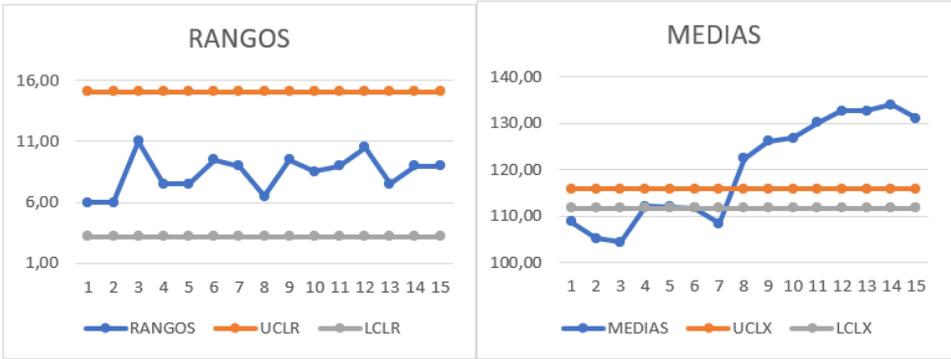


Figura 19: Representación estadística del comportamiento de calcio en la Sala B, mediante Rangos y Medias

La variabilidad en la sala B fue discretamente menor a la sala A, manteniéndose dentro de los límites. Los valores en el gráfico de medias tuvieron picos bajos y altos a partir del octavo muestreo, debido principalmente a la aplicación del producto Full Camarón, siendo estos valores relativamente constantes a lo largo de los últimos días de estudio.

Sala K

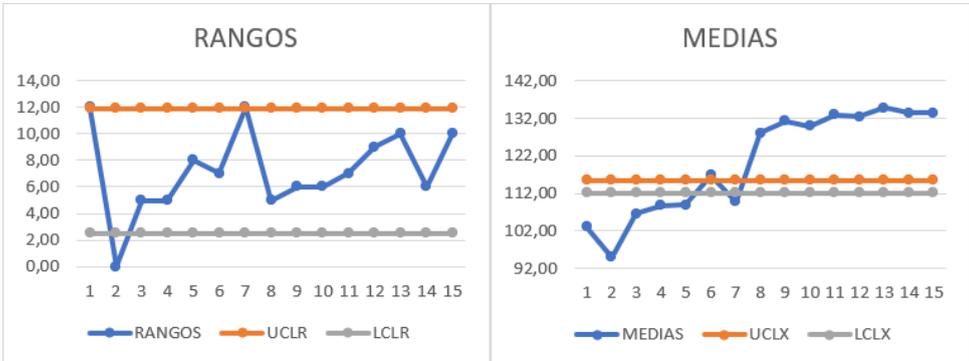


Figura 20: Representación estadística del comportamiento de calcio en la Sala K, mediante Rangos y Medias

En los valores de rangos mostrados en la figura 20, la variabilidad presentada en la sala K, fue mayor a las salas anteriormente estudiadas, teniendo un pico por debajo del límite inferior en el segundo muestreo indicando una caída de la concentración de calcio. Para el gráfico de medias existieron valores altos y constantes a lo largo de los últimos ocho días de muestreo, nuevamente como consecuencia de la aplicación del producto Full Camarón.

Desove 1

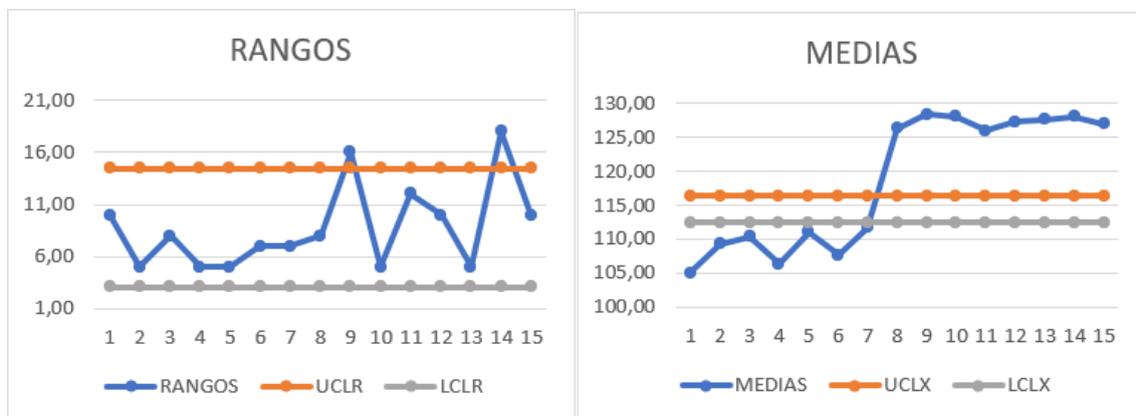


Figura 21: Representación estadística del comportamiento de calcio en Desove 1, mediante Rangos y Medias

Los valores en la figura 21 indicaron una variabilidad mayor en los últimos 8 muestreos debido a los cambios en las condiciones del agua, en donde la concentración de calcio se elevó hasta un nivel óptimo y recomendado para el camarón. Cabe destacar que, los valores de calcio, a lo largo del proceso del desove, no cayeron drásticamente en los últimos días; en comparación a las cantidades observadas en los primeros muestreos.

Desove Masivo

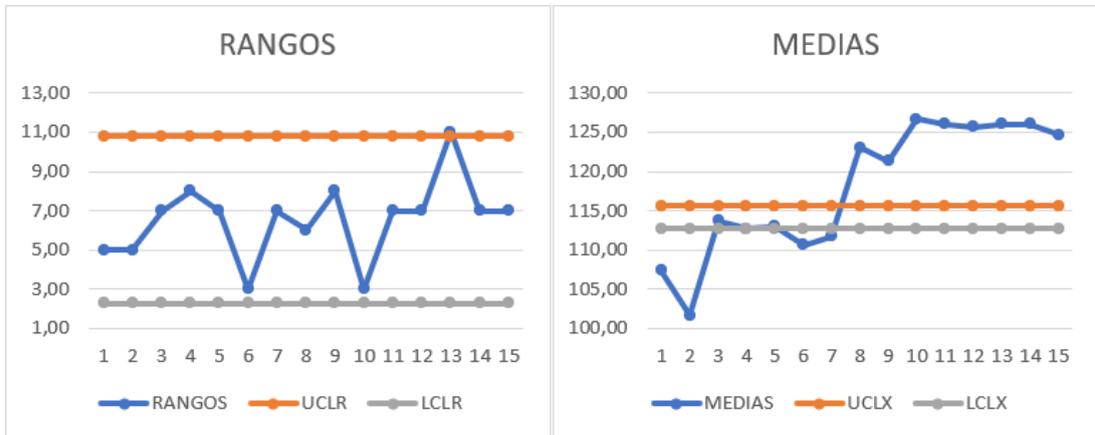


Figura 22: Representación estadística del comportamiento de Calcio en Desove Masivo, mediante Rangos y Medias

En la gráfica de rangos se observa que la variabilidad de valores se encuentra dentro de los límites de control. Por otro lado, la gráfica de medias confirma que existió un aumento por encima del límite máximo, es decir al llegar cerca de las 125 unidades se estableció un nuevo set point para este parámetro en el Desove Masivo.

3.4.4 Parámetro físico químico: pH

Sala A

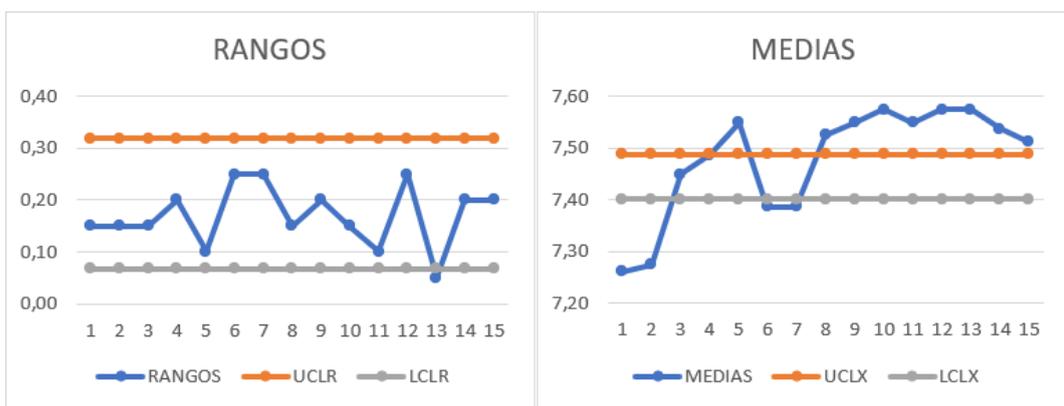


Figura 23: Representación estadística del comportamiento del pH en Sala A, mediante Rangos y Medias

Sala B

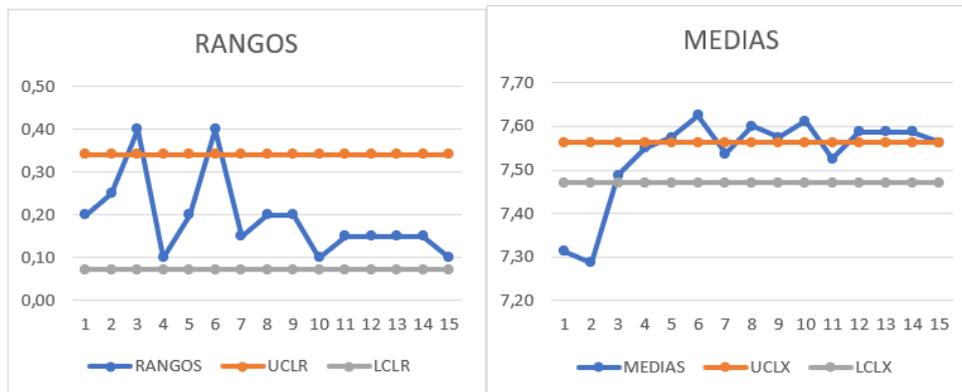


Figura 24: Representación estadística del comportamiento del pH en Sala B, mediante Rangos y Medias

Sala K

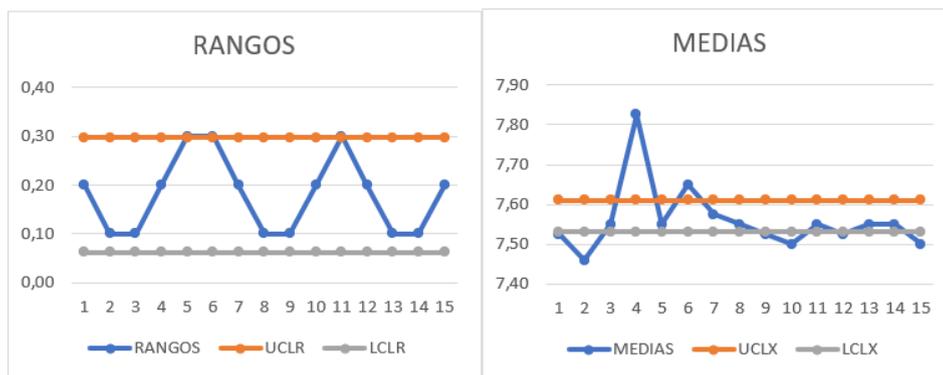


Figura 25: Representación estadística del comportamiento del pH en Sala K, mediante Rangos y Medias

Desove 1

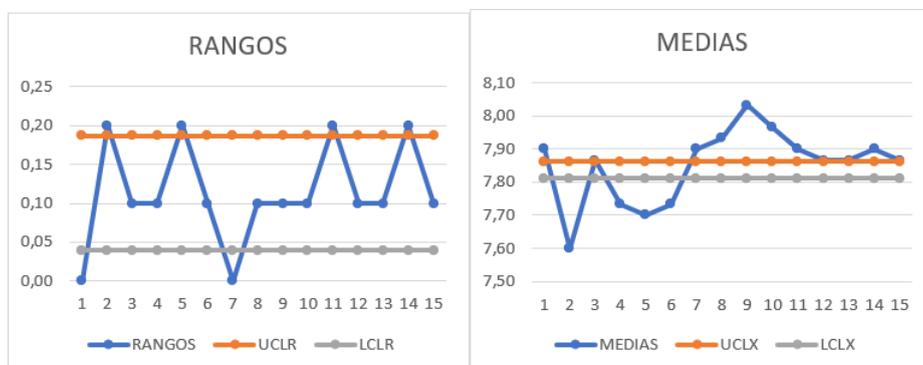


Figura 26: Representación estadística del comportamiento del pH en Desove 1, mediante Rangos y Medias

Desove Masivo

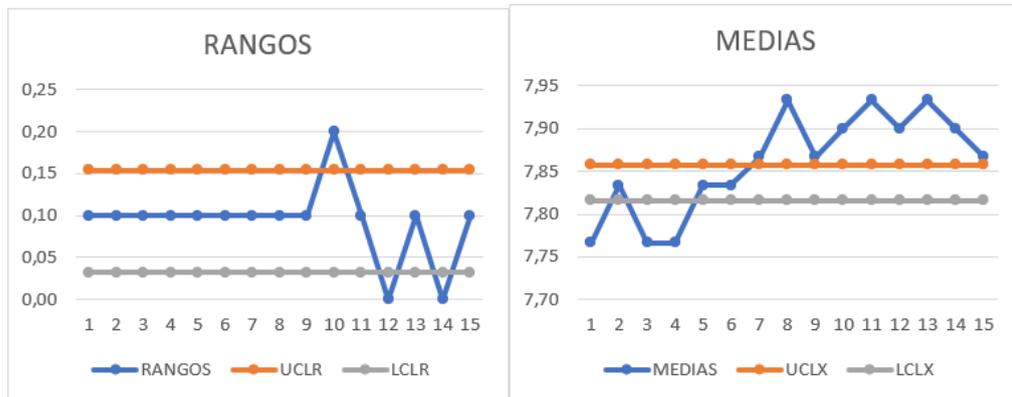


Figura 27: Representación estadística del comportamiento del pH en Desove Masivo, mediante Rangos y Medias

Para este parámetro en particular, la incidencia de los planes de acción favoreció a la estabilidad de los resultados, como se puede ver en las gráficas de las salas A, B, K y Desove 1. A pesar de la existencia de la estabilidad de datos no existió una correlación entre la mejoría de los resultados con respecto a la disminución de la tasa de mortalidad de las hembras.

3.4.5 Parámetro físico químico: Magnesio

Sala A

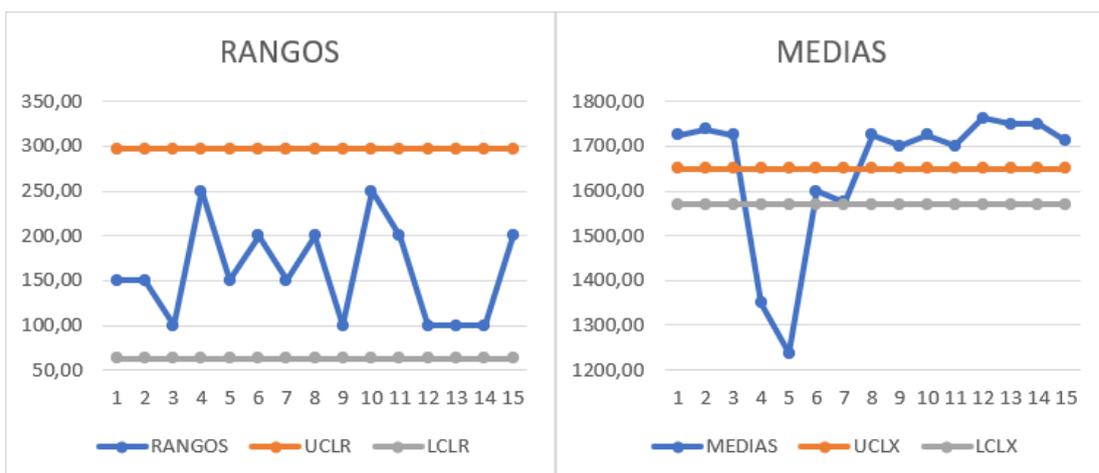


Figura 28: Representación estadística del comportamiento del magnesio en Sala A, mediante Rangos y Medias

Sala B

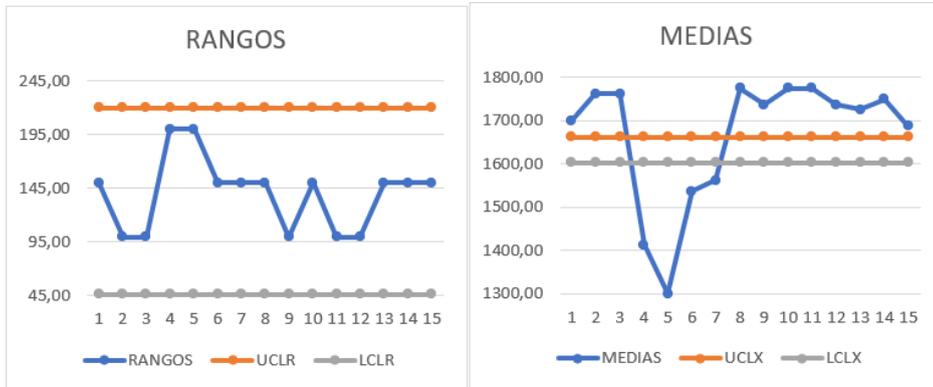


Figura 29: Representación estadística del comportamiento del magnesio en Sala B, mediante Rangos y Medias

Sala K

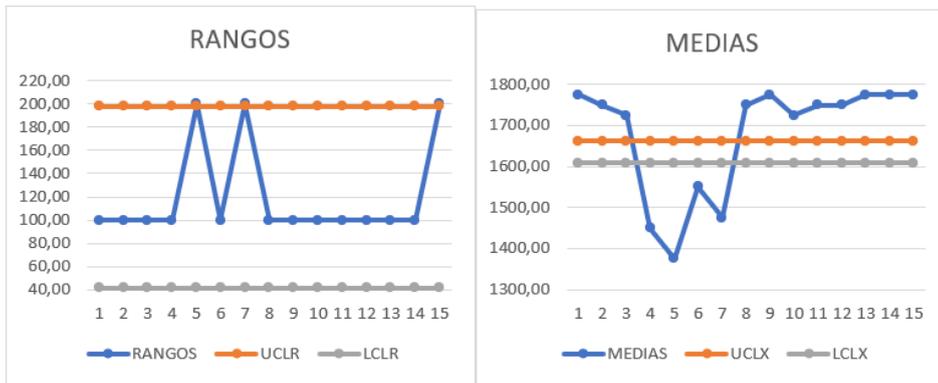


Figura 30: Representación estadística del comportamiento del magnesio en Sala K, mediante Rangos y Medias

Desove 1

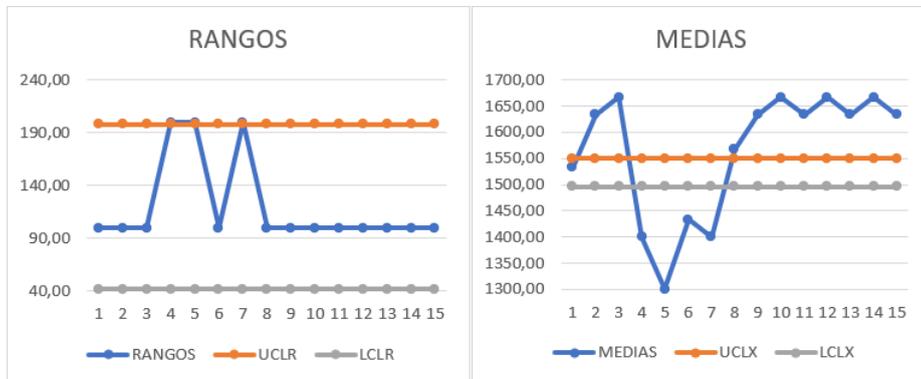


Figura 31: Representación estadística del comportamiento del magnesio en Desove 1, mediante Rangos y Medias

Desove Masivo

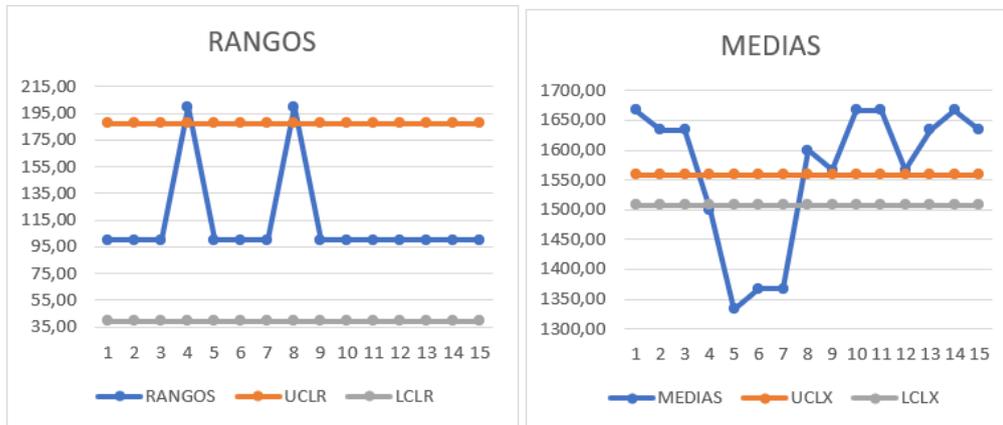


Figura 32: Representación estadística del comportamiento del magnesio en Desove Masivo, mediante Rangos y Medias

Similar al parámetro de pH, el parámetro de magnesio con las mejoras implementadas alcanzó una estabilidad de los resultados. Aunque, al realizar el análisis de regresión múltiple, no existió alguna significancia entre este parámetro y la mortalidad.

3.4.6 Parámetro físico químico: Alcalinidad

Sala A

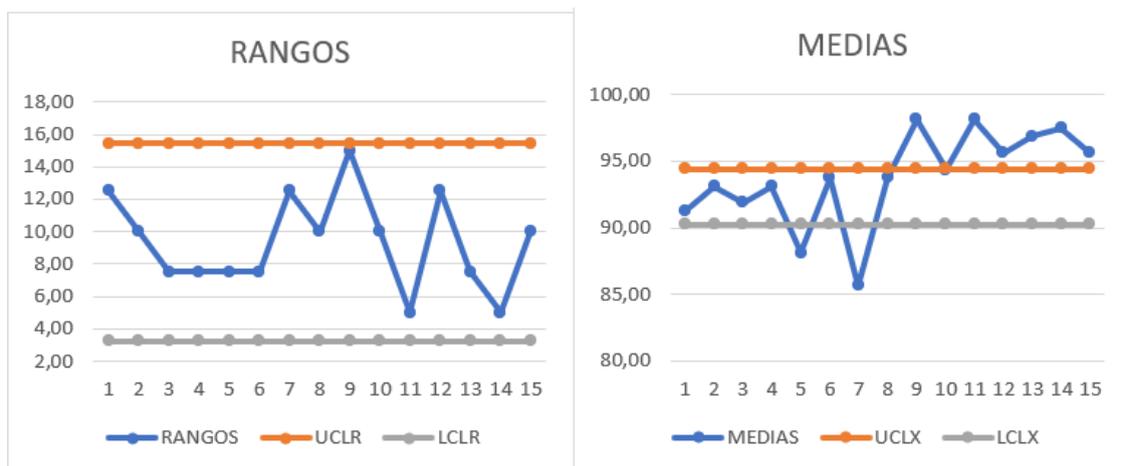


Figura 33: Representación estadística del comportamiento de alcalinidad en Sala A, mediante Rangos y Medias

Sala B

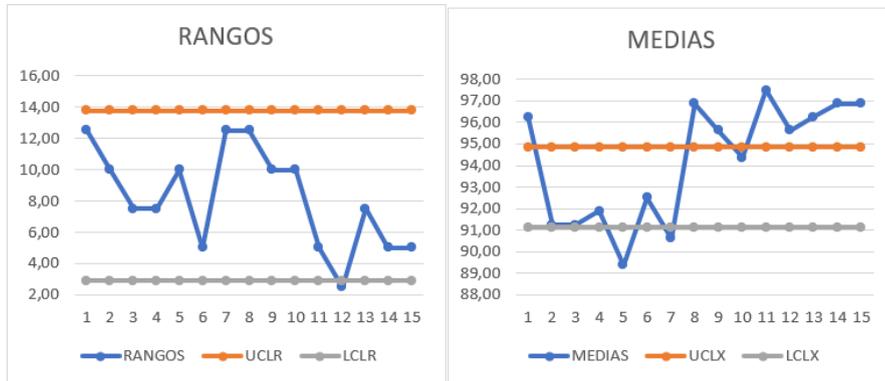


Figura 34: Representación estadística del comportamiento de alcalinidad en Sala B, mediante Rangos y Medias

Sala K

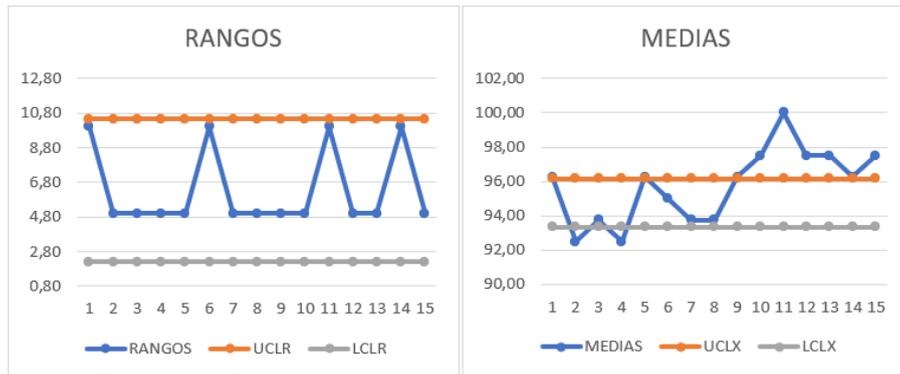


Figura 35: Representación estadística del comportamiento de alcalinidad en Sala K, mediante Rangos y Medias

Desove 1

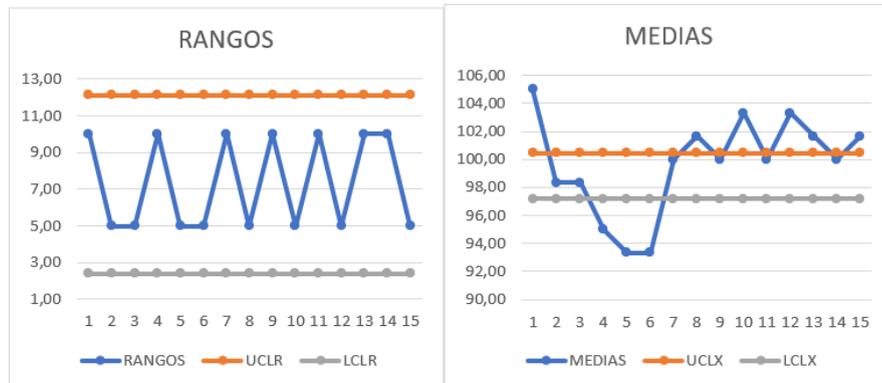


Figura 36: Representación estadística del comportamiento de alcalinidad en Desove 1, mediante Rangos y Medias

Desove Masivo

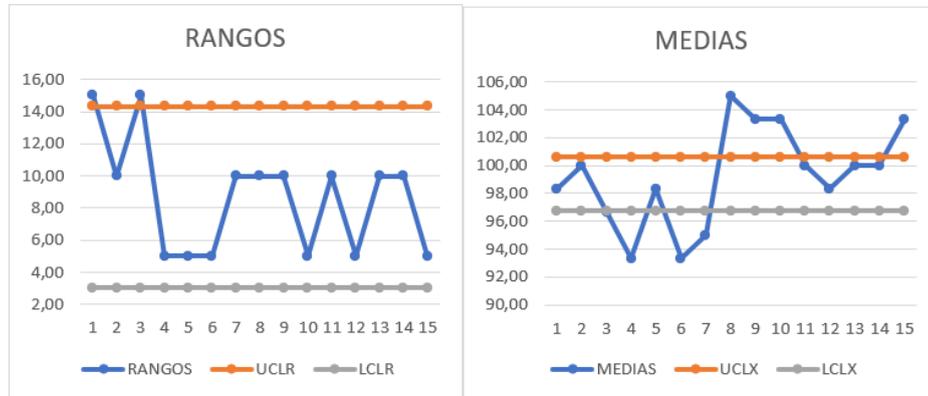


Figura 37: Representación estadística del comportamiento de alcalinidad en Desove Masivo, mediante Rangos y Medias

Este parámetro de alcalinidad, los rangos de todas las salas se mantuvieron dentro de los límites de control. En salas como la A, y Desove 1 se alcanzó la estabilidad con los nuevos resultados alcanzados. La alcalinidad no se considera un parámetro significativo que influya en la variable de análisis.

3.4.7 Parámetro físico químico: Salinidad

Sala A, Sala B, Sala K, Desove 1, Desove Masivo

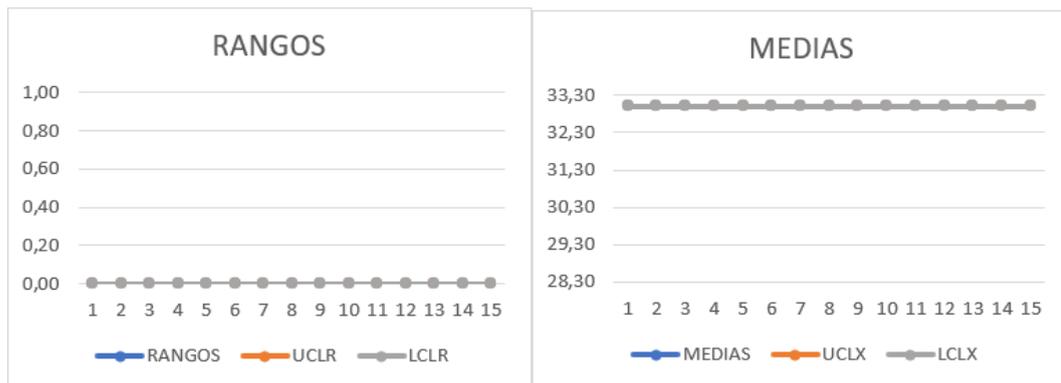


Figura 38: Representación estadística del comportamiento de salinidad en Desove Masivo, mediante Rangos y Medias

En la figura 38 las gráficas de control son aplicados para las salas A, B, K, Desove 1 y Desove Masivo, puesto que, durante todos los análisis realizados en las guardias,

nos mostraban como resultados el mismo valor de salinidad, siendo estas 33 unidades. Por lo que, al no existir variabilidad ni dispersión, no se pueden identificar los límites inferiores ni superiores de estos parámetros.

3.5 Resultados de la regresión Lineal Múltiple

Los parámetros escogidos para la evaluación de regresión lineal simple y múltiple corresponden al oxígeno disuelto, temperatura y calcio, debido a que estos son los que poseen mayor incidencia dentro de las correlaciones con respecto a la variable dependiente de mortalidad de hembras dentro de cada sala analizada.

Basado en los análisis de hipótesis nula, el valor de P del parámetro evaluado debe ser menor a 0.05 para ser considerado un parámetro de significancia. De manera similar se evaluó, el valor del coeficiente de regresión y el comportamiento de la normalidad de los datos.

3.5.1 Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la Sala A

Tabla 3-1: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	289,356	96,452	21,40	0,000
Oxígeno	1	9,903	9,903	2,20	0,166
Temperatura	1	2,329	2,329	0,52	0,487
Calcio	1	7,917	7,917	1,76	0,212
Error	11	49,577	4,507		
Total	14	338,933			

En la sala A, basado en la representación de la hipótesis nula, el valor p de los parámetros de oxígeno, temperatura y calcio no son significativos con respecto a la mortalidad total (incluido machos y hembras).

Tabla 3-2: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A

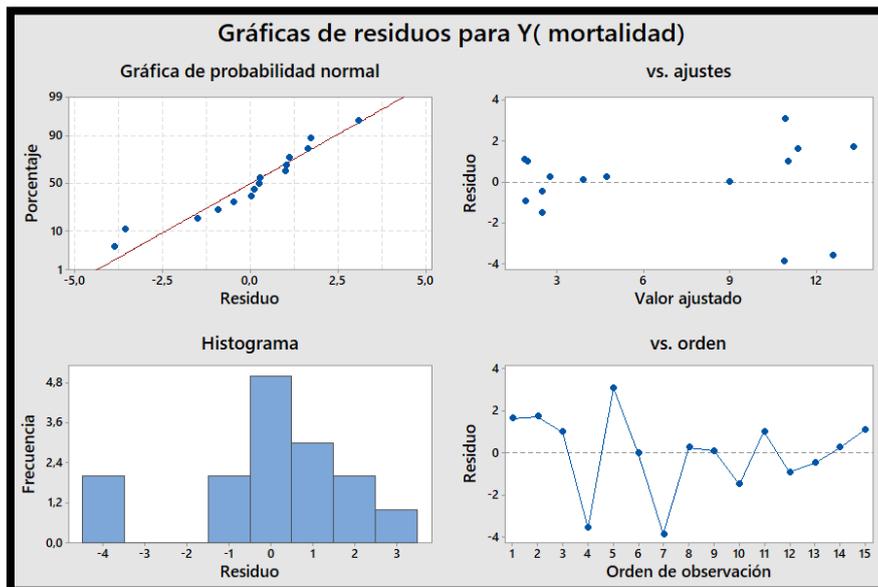
Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2,12298	85,37%	81,38%	53,14%

El coeficiente de regresión esta correlación es del 85,37% lo cual indica que este modelo logra explicar la variabilidad de los datos con respecto a la media. El valor del coeficiente de R cuadrado predictivo, por otro lado, al ser de 53,14% indica que a medida que se le aumenten más datos, será más complejo la interpretación de estos.

Ecuación de regresión

$$Y(\text{mortalidad}) = -93 - 5,05 \text{ Oxígeno} + 5,43 \text{ Temperatura} - 0,202 \text{ Calcio}$$

Ecuación 3-1: Ecuación de la regresión lineal múltiple Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A



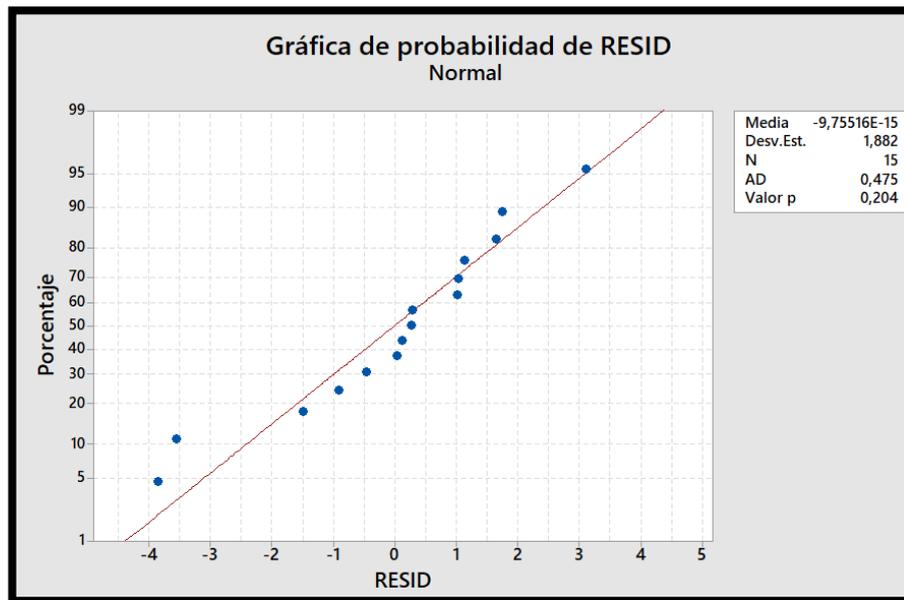


Figura 39: Representación gráfica del comportamiento de los datos y residuos bajo condiciones de distribución normal

El comportamiento de los datos para esta primera correlación, siguen un comportamiento normal, siendo un p mayor a 0,05. A pesar de que, sea un valor bajo, nos permite estimar el análisis múltiple y por ende obtener la ecuación de regresión.

3.5.2 Mortalidad Total vs Parámetros Fisicoquímicos de la Sala B

Tabla 3-3: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Fisicoquímicos de la sala A

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	645,21	215,069	24,61	0,000
Oxígeno	1	12,40	12,401	1,42	0,259
Temperatura	1	26,35	26,346	3,01	0,110
Calcio	1	98,76	98,757	11,30	0,006
Error	11	96,13	8,739		
Total	14	741,33			

En la sala B, en este análisis múltiple el parámetro significativo fue el calcio con un valor de p de 0.006, lo cual indica que, para esta sala, el calcio tiene una relación estrecha con la tasa de mortalidad total.

Tabla 3-4: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A

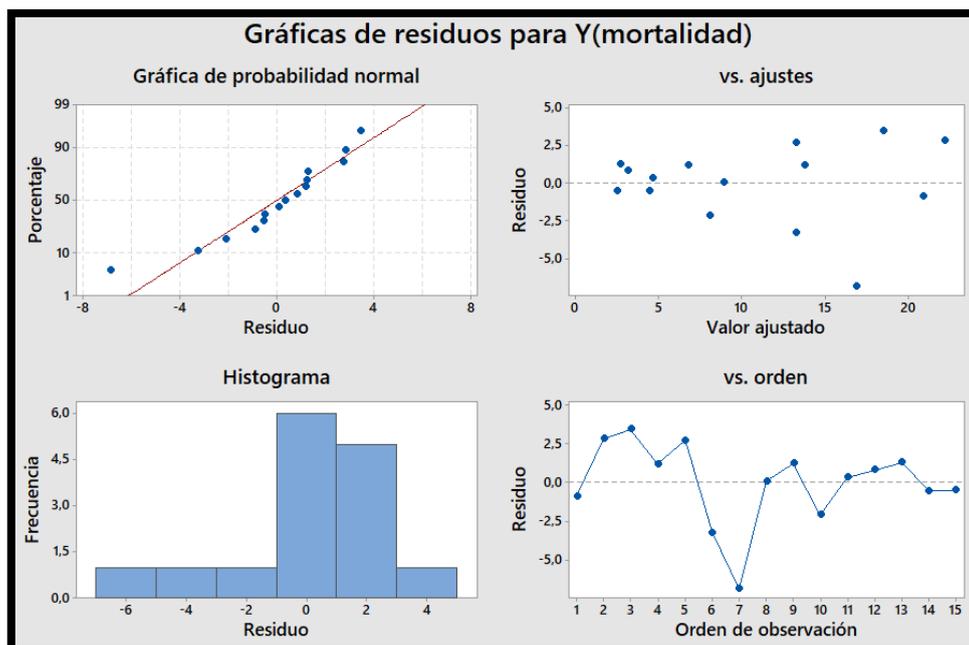
Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2,95612	87,03%	83,50%	39,79%

El coeficiente de regresión múltiple obtenido fue de 87,03% lo cual indica, que el modelo obtenido logra describir el comportamiento de los datos.

Ecuación de regresión

$$Y(\text{mortalidad}) = -408 + 5,52 \text{ Oxígeno} + 16,98 \text{ Temperatura} - 0,836 \text{ Calcio}$$

Ecuación 3-2: Ecuación de la regresión lineal múltiple Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala B



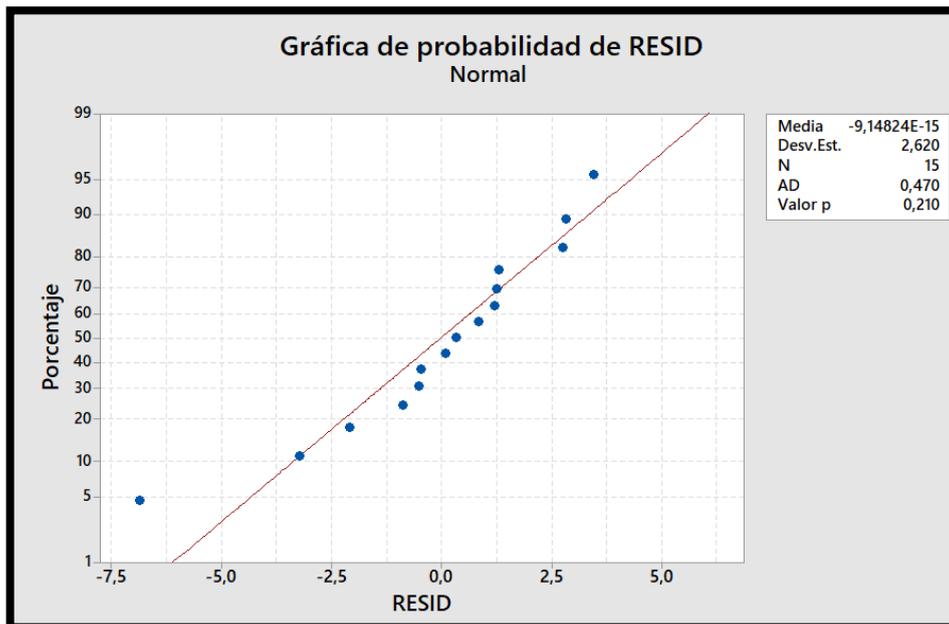


Figura 40: Representación gráfica del comportamiento de los datos y residuos bajo condiciones de distribución normal

Las gráficas de residuos de esta correlación indican que los datos están distribuidos de manera normal.

3.5.3 Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la Sala K

Tabla 3-5: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	258,353	86,1178	110,41	0,000
Oxígeno	1	0,101	0,1012	0,13	0,725
Temperatura	1	0,547	0,5468	0,70	0,420
Calcio	1	88,174	88,1738	113,04	0,000
Error	11	8,580	0,7800		
Total	14	266,933			

El parámetro físicoquímico de calcio es el más significativo con respecto a la mortalidad total de la sala K. Ajustándose a un coeficiente de regresión cuadrado, ajustado y predictivo mayor a 90%, lo cual indica que el modelo reflejado sirve para un análisis con mayores volúmenes de datos y con diferentes predictores estadísticos.

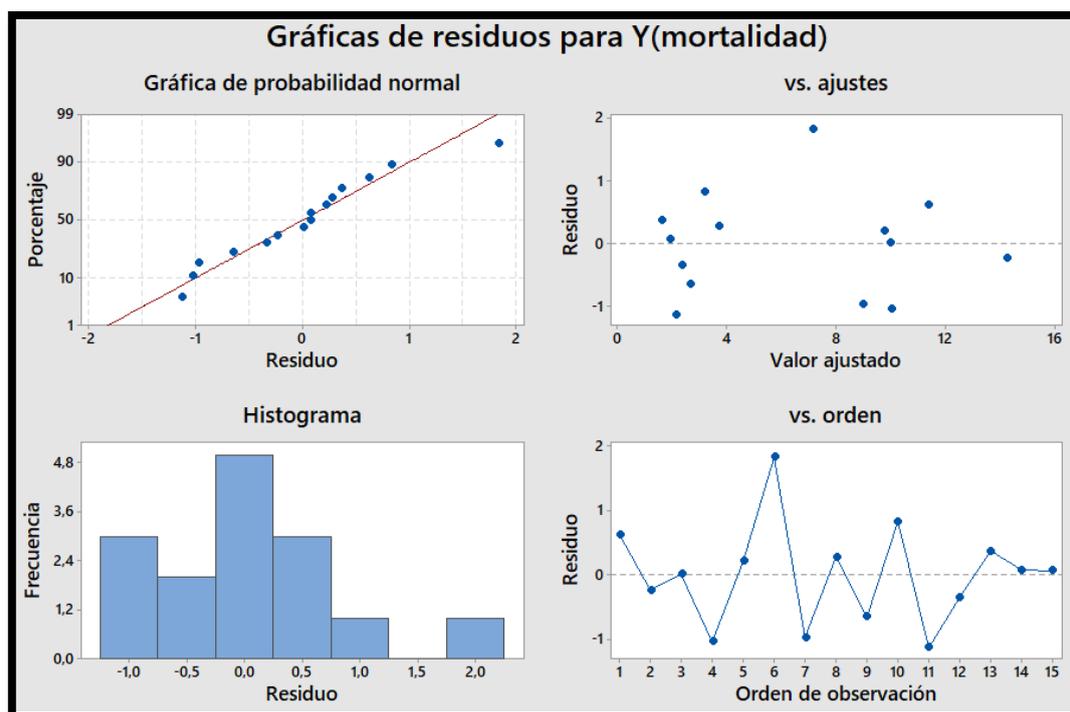
Tabla 3-6: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A

Resumen del modelo				
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
0,883170	96,79%	95,91%	93,48%	

Ecuación de regresión

$$Y(\text{mortalidad}) = -5,7 - 0,52 \text{ Oxígeno} + 1,82 \text{ Temperatura} - 0,3078 \text{ Calcio}$$

Ecuación 3-3: Ecuación de la regresión lineal múltiple Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala K



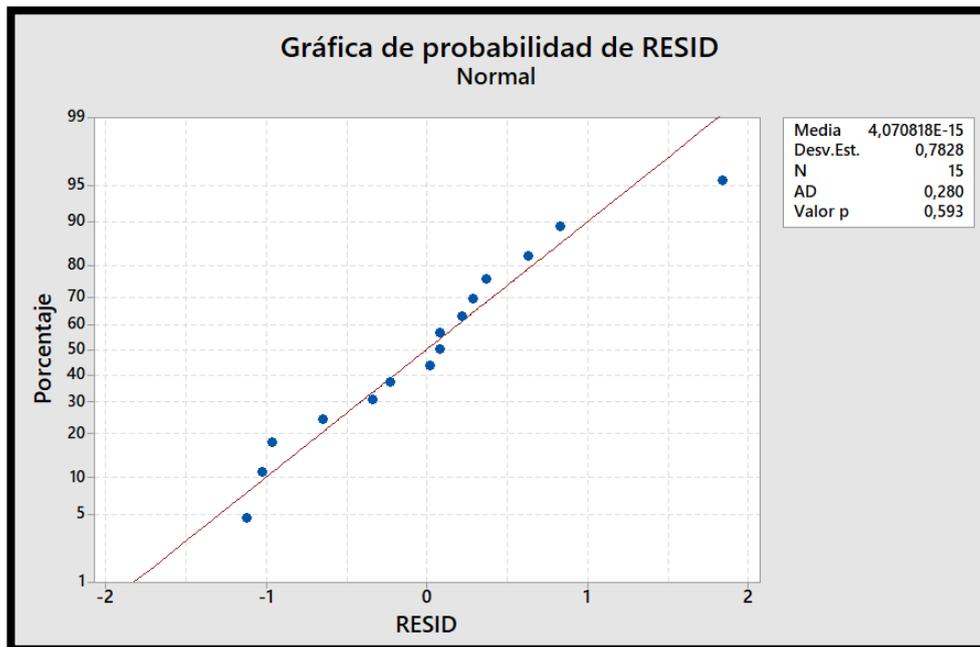


Figura 41: Representación gráfica del comportamiento de los datos y residuos bajo condiciones de distribución normal

A diferencia de las salas A y B, la gráfica de probabilidad normal, nos indica que se acercan a un comportamiento normal a la media.

3.5.4 Mortalidad Hembras Sala A vs Parámetros Físicoquímicos de la Desove 1

Tabla 3-7: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	207,286	69,0952	39,76	0,000
Temperatura	1	0,948	0,9480	0,55	0,476
Calcio	1	2,291	2,2911	1,32	0,275
Oxigeno	1	11,436	11,4360	6,58	0,026
Error	11	19,114	1,7377		
Total	14	226,400			

En el desove 1, se puede identificar que se rechaza la hipótesis nula ya que el oxígeno es el parámetro físicoquímico significativo ante la correlación de la mortalidad de las hembras con respecto a la sala de control evaluada, siendo un valor de p de 0,026.

Mientras que los parámetros de calcio y temperatura no son significativos. El modelo obtenido se ajusta a un coeficiente de regresión lineal múltiple alto, lo cual nos asegura que la ecuación obtenida refleja los cambios que pueden existir en el modelo.

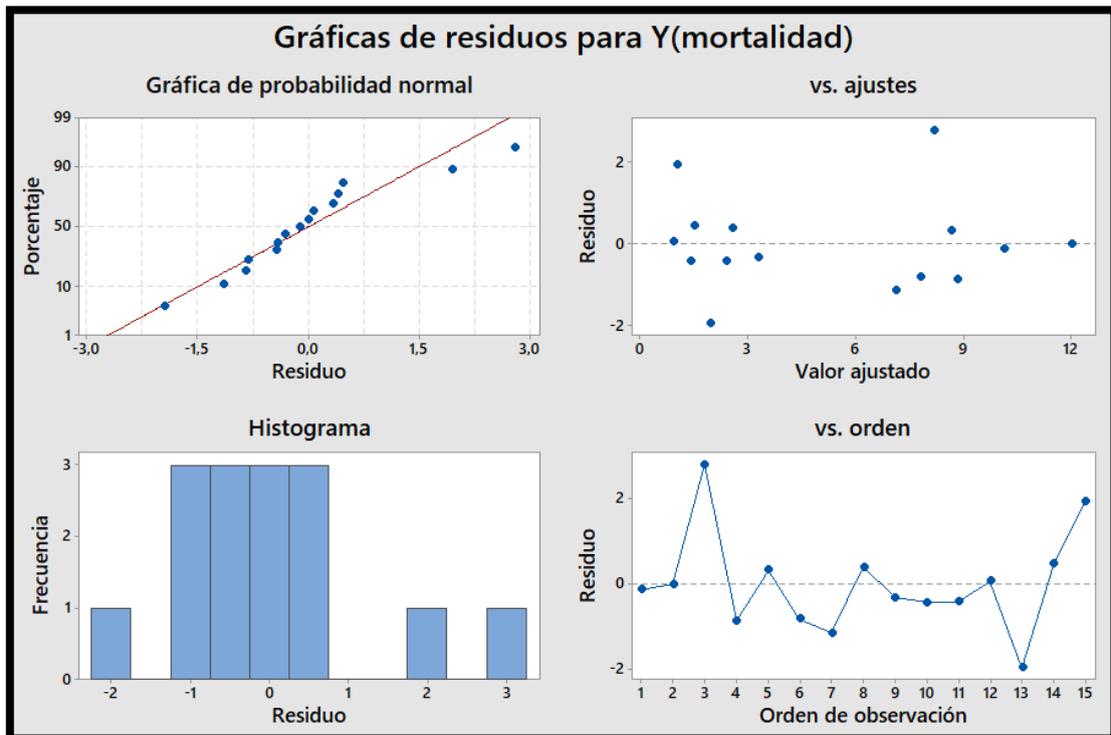
Tabla 3-8: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A

Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,31820	91,56%	89,25%	87,89%

Ecuación de regresión

$$Y(\text{mortalidad}) = -18,9 + 2,39 \text{ Temperatura} - 0,1054 \text{ Calcio} - 6,08 \text{ Oxígeno}$$

Ecuación 3-4: Ecuación de la regresión lineal múltiple Mortalidad Sala A vs Parámetros Físicoquímicos de Desove 1



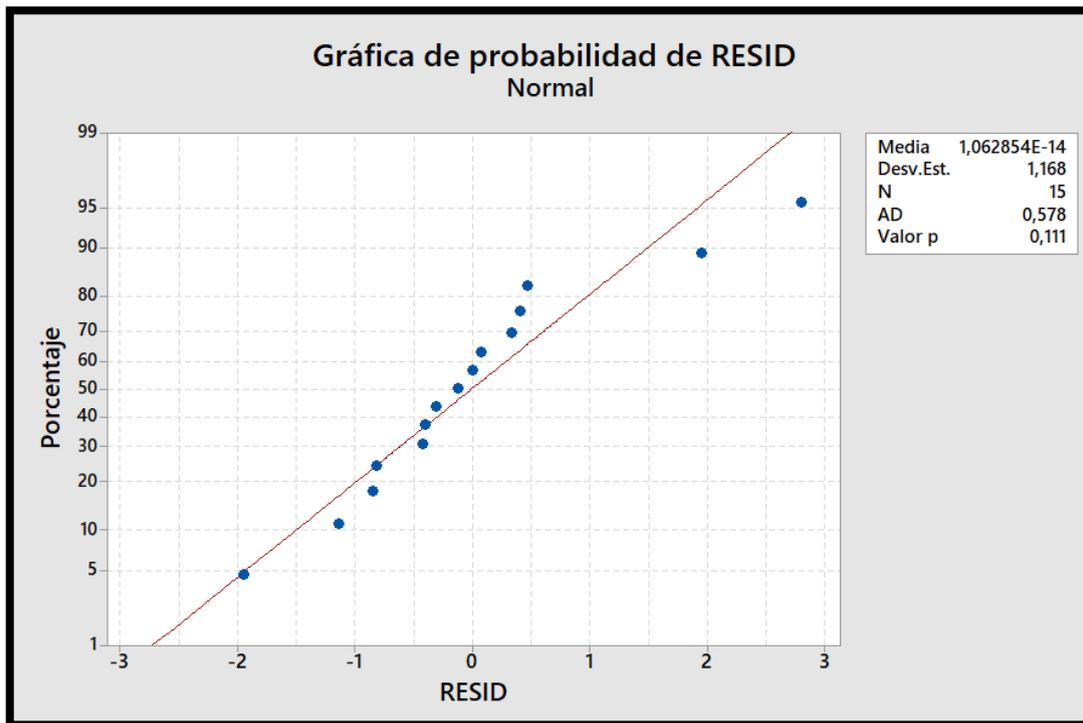


Figura 42: Representación gráfica del comportamiento de los datos y residuos bajo condiciones de distribución normal

Observando la gráfica de probabilidad de los residuos, el valor de p es bastante cercano a 0,05 por lo que podemos indicar que el comportamiento normal de los datos es bastante mínimo pero lo suficiente para reflejar la regresión esperada.

3.5.5 Mortalidad Hembras Sala B vs Parámetros Físicoquímicos de la Desove 1

Tabla 3-9: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	462,726	154,242	16,80	0,000
Oxígeno	1	44,725	44,725	4,87	0,049
Temperatura	1	4,301	4,301	0,47	0,508
Calcio	1	0,083	0,083	0,01	0,926
Error	11	101,008	9,183		
Total	14	563,733			

De manera similar, se rechazó la hipótesis nula debido a que el oxígeno nuevamente es un parámetro significativo con respecto a la mortalidad de las hembras de la sala B. Obteniendo un valor p de 0,049. El modelo obtenido, a medida que se le aumente mayor cantidad de datos, tenderá a volverse más complejo a su interpretación según el valor de R cuadrado predictivo.

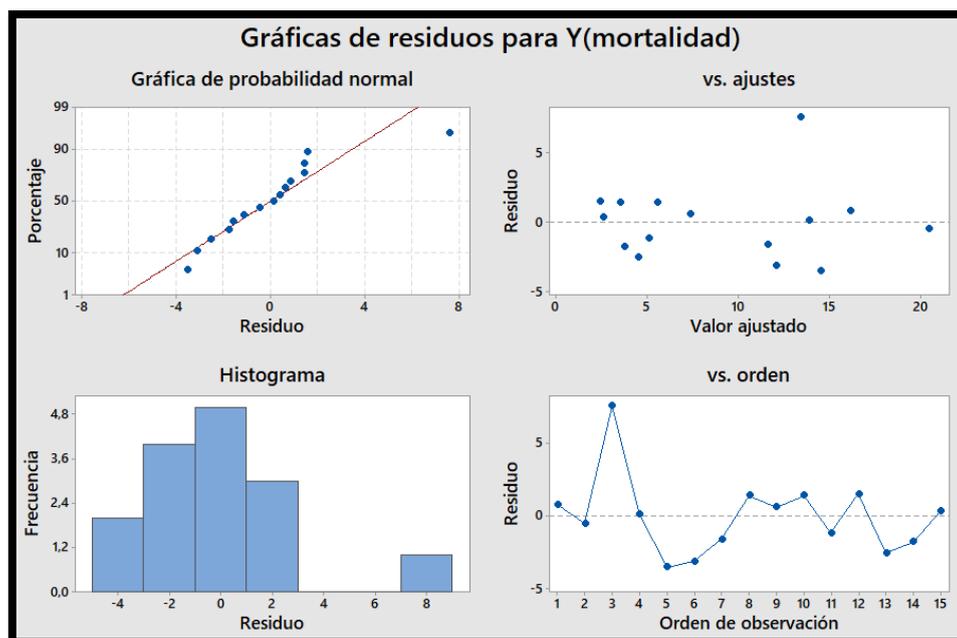
Tabla 3-10: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A

Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
3,03027	82,08%	77,20%	57,20%

Ecuación de regresión

$$Y(\text{mortalidad}) = -71 - 12,02 \text{ Oxígeno} + 5,10 \text{ Temperatura} - 0,020 \text{ Calcio}$$

Ecuación 3-5: Ecuación de la regresión lineal múltiple Mortalidad Sala B vs Parámetros Físicoquímicos de Desove 1



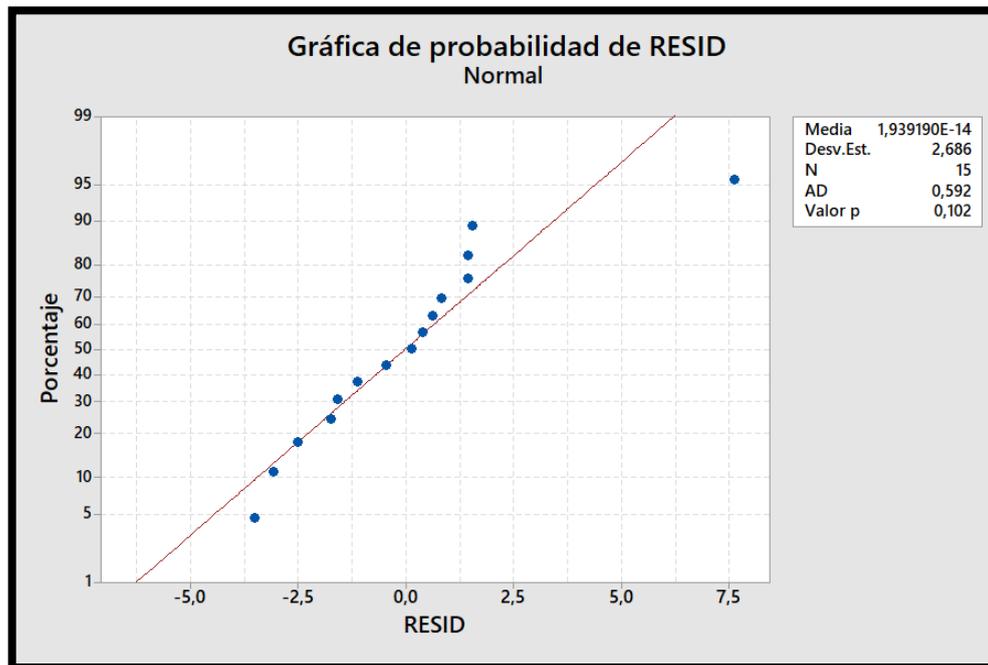


Figura 43: Representación gráfica del comportamiento de los datos y residuos bajo condiciones de distribución normal

Los valores descritos en los residuos de este modelo indica que los errores tienen un bajo comportamiento normal con respecto a la media.

3.5.6 Mortalidad Hembras Sala K vs Parámetros Físicoquímicos de la Desove Masivo

Tabla 3-11: Análisis de Varianza de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	206,124	68,7079	42,28	0,000
Oxígeno	1	0,012	0,0122	0,01	0,932
Temperatura	1	1,363	1,3632	0,84	0,379
Calcio	1	78,013	78,0128	48,00	0,000
Error	11	17,876	1,6251		
Total	14	224,000			

Finalmente, con la última regresión múltiple, el parámetro significativo que rechaza la hipótesis nula es el calcio. Los valores de los coeficientes de regresión

cuadrado, cuadrado ajustado y predictivo, indica que este modelo de regresión obtenido puede predecir la respuesta ante nuevas observaciones de este estudio.

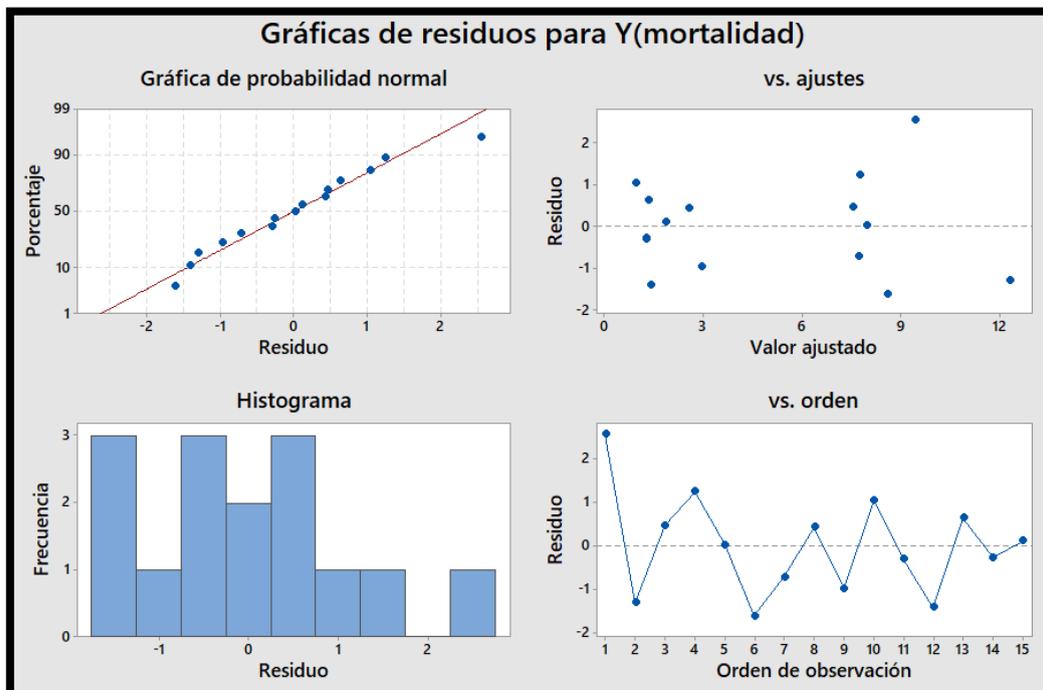
Tabla 3-12: Valor de regresión de la correlación de Mortalidad Total vs Parámetros Físicoquímicos de la sala A

Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,27480	92,02%	89,84%	82,71%

Ecuación de regresión

$$Y(\text{mortalidad}) = 111,7 - 0,11 \text{ Oxígeno} - 1,93 \text{ Temperatura} - 0,4334 \text{ Calcio}$$

Ecuación 3-6: Ecuación de la regresión lineal múltiple Mortalidad Sala K vs Parámetros Físicoquímicos de Desove Masivo



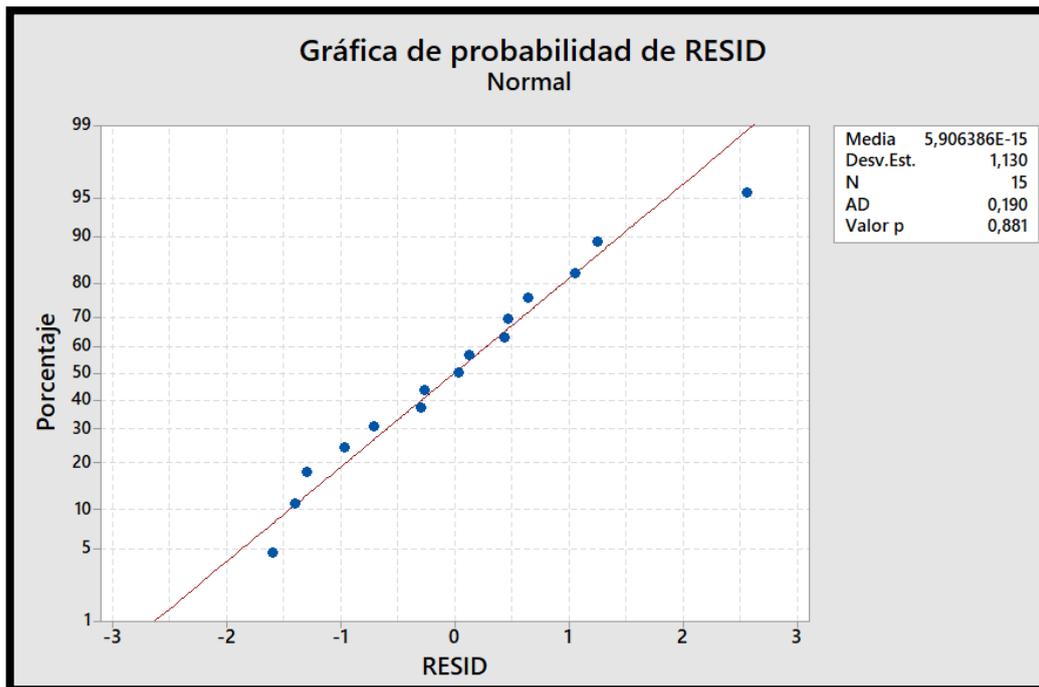


Figura 44: Representación gráfica del comportamiento de los datos y residuos bajo condiciones de distribución normal

El comportamiento de los errores de los datos de este modelo sigue un comportamiento normal, con respecto a la media con un valor de p de 0,881; reflejando una buena regresión de datos como también la predicción de información en un estudio.

3.6 Análisis de Costos

El análisis de costos se dividió en 3 partes, la primera consiste en el desglose del costo total de la inversión del proyecto, la segunda parte se explica el impacto económico debido a la mortalidad de los camarones reproductores. Finalmente, se explica el incentivo económico al aplicar las propuestas de planes de acción dentro de las salas de reproducción y desove.

Tabla 3-13: Descripción del impacto económico mensualmente por mortalidad

Descripción Inversión	Total
Reactivos Químicos empleados en análisis	\$1 674,40
Costos Fijos de Empresa	\$ 800 ,00
Costos planes de acción	\$1 796,48
Costo total de inversión	\$4 270,88

Tabla 3-14: Descripción del impacto económico mensualmente por mortalidad

Impacto Económico	Total
Pérdidas por Mortalidad antes de implementar planes de acción	\$ 20 000,00
Porcentaje Disminución Mortalidad	71,24 %
Pérdida final por mortalidad	\$ 5 714,29

El costo final del proyecto se lo obtiene con la suma del costo total de inversión y la suma de pérdida económica final por mortalidad, siendo como resultado un costo de \$10556.

Tabla 3-15: Beneficio económico

Beneficio Económico	Total
Pérdidas económicas antes de la implementación del proyecto	\$ 20 000,00
Costo final del proyecto	\$9 985,17
Ahorro	\$10 014,83

En la tabla #15, describe el beneficio económico mediante la diferencia entre las pérdidas económicas antes de implementar los planes de acción en la empresa de interés y el costo final del proyecto.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El análisis estadístico que se realizó fue basado en gráficas de control de rangos y medias, las cuales dan la representación gráfica de la variabilidad y la dispersión aleatoria de los datos. Mediante estas gráficas, se observó el cambio en el comportamiento de los resultados de los parámetros fisicoquímicos cuando fueron aplicadas las acciones de mejora en las condiciones del medio de reproducción de los camarones. Junto con este análisis, se aplicó los conceptos de regresión lineal múltiple e hipótesis para hallar la correlación entre 3 de los parámetros analizados (oxígeno disuelto, calcio y temperatura) con respecto a la variable dependiente la cual se deseaba minimizar; siendo esta, la tasa de mortalidad de los camarones reproductores. Con un 71,42% de eficiencia del método aplicado, la mortalidad fue controlada con los planes de acción implementados.

Se propuso un protocolo de acción de respuesta a las anormalidades presentadas en los parámetros críticos, en base a las observaciones de las guardias y la mortalidad presentada. Las condiciones del medio mejoraron significativamente en el parámetro de oxígeno disuelto en el área del desove 1, pasando de su punto más bajo de 3.80 mg/L a su punto más alto que fue de 5.81 mg/L. Según el análisis de regresión lineal múltiple, este parámetro fue el que más correlación tuvo con la mortalidad presentada en los días de estudio en las salas A y B; en donde el factor p fue de 0.026 y 0.049. Mientras que en el análisis de la sala K y el desove masivo, el parámetro en el valor p fue menor a 0.05, correspondiente a la concentración de calcio.

Mediante el histórico de datos de mortalidad de las salas de control, se logró analizar la tasa de mortalidad antes y después de la implementación de las mejoras en el proceso. De manera que, al disminuir en un 71,24% la tasa de mortalidad, las pérdidas económicas por muerte del camarón reproductor disminuyeron de \$ 20 000 a un valor

de \$ 5 714,29. Siendo el costo final del proyecto alrededor de \$ 9 985,17; finalmente, beneficio que se le otorga a la empresa debido al ahorro económico será de \$ 10 014,83. Para un mayor detalle de los cálculos realizados, se encuentran en el anexo 2.

4.2 Recomendaciones

De acuerdo con los límites de control actuales, el proceso se lo considera fuera de control, ya que los resultados de los parámetros una vez aplicado el plan de mejora; la tendencia de estos se vio afectada hasta encontrar la estabilidad en unos nuevos rangos. De manera que, con la aplicación de este control estadístico, los límites deben volver a ser estimados para garantizar que con los nuevos rangos la mejora en la nueva tasa de mortalidad se mantenga.

A medida que la empresa vaya aumentando los planes de acción dentro del proceso de reproducción, los límites de control cambiarán para las nuevas condiciones establecidas. Es importante hacer un muestreo de al menos 3 meses para actualizar los límites de los gráficos de control y tener un seguimiento de los resultados ante cualquier comportamiento inusual que presente el proceso.

Es importante que la empresa mantenga un registro constante de las condiciones de las salas de reproducción. De forma que se pueda observar cualquier cambio que se presente y de esa forma predecir qué factores pueden ser los más críticos en el proceso y buscar mejorías en las que intervenga los parámetros identificados. Esto permite a la empresa una mejor trazabilidad antes, durante o después de la desviación.

BIBLIOGRAFÍA

- Banco Central del Ecuador. (2021). *ECUADOR REGISTRA UN CRECIMIENTO INTERANUAL DE 8,4% EN EL SEGUNDO TRIMESTRE DE 2021*.
<https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1447-ecuador-registra-un-crecimiento-interanual-de-8-4-en-el-segundo-trimestre-de-2021>
- Carro Paz, R., & González Gomez, D. (2010). Control Estadístico De Procesos. *Administración de Las Operaciones AO*, 283.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496251108008>
- Cuéllar-Anjel, J. (2013). Enfermedad de las manchas blancas 1. *Institute Fro International Cooperation in Animal Biologics*, 407–418.
<http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/white-spot-disease-es.pdf>
- de Toledo, J. C., Lizarelli, F. L., & Santana Junior, M. B. (2017). Success factors in the implementation of statistical process control: Action research in a chemical plant. *Production*, 27, 1–14. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.220816>
- Ekos. (2019). *Zoom al sector camaronero*. <https://www.ekosnegocios.com/articulo/zoom-al-sector-camaronero>
- El telégrafo. (2017). *La mancha blanca ya no amenaza al camarón*.
<http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/la-mancha-blanca-ya-no-amenaza-al-camaron>
- El Universo. (2019). *Dos camaronerías ecuatorianas impedidas de exportar a China por mancha blanca*.
<https://www.eluniverso.com/noticias/2019/09/10/nota/7512319/china-anuncia-suspension-importaciones-camaron-ecuadoriano-mancha/>
- FAO. (2018). *Visión general del sector acuícola nacional Ecuador*.
https://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es
- Grigg, N. P., & Walls, L. (2007). Developing statistical thinking for performance improvement in the food industry. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 24(4), 347–369. <https://doi.org/10.1108/02656710710740536>
- IPIAP. (2016). *Acuicultura*. <https://www.institutopesca.gob.ec/acuicultura/>
- Pierdant, A. I., & Rodríguez, J. (2009). Control estadístico de la calidad de un servicio

mediante Gráficas X y R. *Política y Cultura*, 32, 151–169.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422009000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Valenzuela-Madrigal, I. E., Valenzuela-Quiñónez, W., Esparza-Leal, H. M., Rodríguez-Quiroz, G., & Aragón-Noriega, E. A. (2017). Efecto de la composición iónica sobre el crecimiento y la supervivencia de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* cultivado en agua de pozo de baja salinidad. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(1), 103–112. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572017000100008>

APÉNDICES

Apéndice A: Factores Críticos para la gráfica de control.

n	Gráfica para promedios		Gráfica para rangos		
	Factor para el límite de control	Factor para la recta central	Factores de los límites de control		
	A_2	d_2	D_3	D_4	d_3
2	1.880	1.128	0	3.267	0.8525
3	1.023	1.693	0	2.575	0.8884
4	0.729	2.059	0	2.282	0.8798
5	0.577	2.326	0	2.115	0.8641
6	0.483	2.534	0	2.004	0.8480
7	0.419	2.704	0.076	1.924	0.833
8	0.373	2.847	0.136	1.864	0.820
9	0.337	2.970	0.184	1.816	0.808
10	0.308	3.078	0.223	1.777	0.797
11	0.285	3.173	0.256	1.744	0.787
12	0.266	3.258	0.284	1.716	0.778
13	0.249	3.336	0.308	1.692	0.770
14	0.235	3.407	0.329	1.671	0.762
15	0.223	3.472	0.348	1.652	0.755
16	0.212	3.532	0.364	1.636	0.749
17	0.203	3.588	0.379	1.621	0.743
18	0.194	3.640	0.392	1.608	0.738
19	0.187	3.689	0.404	1.596	0.733
20	0.180	3.735	0.414	1.586	0.729
21	0.173	3.778	0.425	1.575	0.724
22	0.167	3.819	0.434	1.566	0.720
23	0.162	3.858	0.443	1.557	0.716
24	0.157	3.895	0.452	1.548	0.712
25	0.153	3.931	0.459	1.541	0.709

Tabla obtenida de E.S. Pearson, "The Percentage Limits for the Distribution of Range in Samples from a Normal Population", Biometrika, 24, 1932, p. 416

Apéndice B: Cálculo Análisis Económico

$$\text{Relación de mortalidad} = \frac{\text{Valor promedio de mortalidad alcanza previo plan acción}}{\text{Valor promedio de mortalidad alcanza después plan acción}}$$

$$\% \text{ Disminución de Mortalidad} = 100 - (\text{relación de mortalidad} * 100)$$

$$\% \text{ Disminución de Mortalidad} = 100 - \left(\frac{40}{14} * 100\right)$$

$$\% \text{ Disminución de Mortalidad} = 71,42 \%$$

Costo de inversión:

$$\text{Costo} = \text{Reactivos Químicos empleados en análisis} + \text{Costos Fijos de Empresa} \\ + \text{Costos planes de acción}$$

$$\text{Costo de inversión} = \$1\,674,40 + \$\,800,00 + \$1\,796,48$$

$$\text{Costo de inversión} = \$\,4\,270,88$$

Pérdida = Pérdidas económicas antes de plan de acción

$$* \frac{\text{Valor promedio de mortalidad después plan acción}}{\text{Valor promedio de mortalidad previo plan acción}}$$

$$\text{Pérdida final por mortalidad} = 20\,000 * \frac{4}{14}$$

$$\text{Pérdida final por mortalidad} = \$\,5\,714,29$$

Costo final del proyecto = Costo de inversión + Pérdida final por mortalidad

$$\text{Costo final del proyecto} = \$\,4\,270,88 + \$\,5\,714,29$$

$$\text{Costo final del proyecto} = \$\,9\,985,17$$

Ahorro = Pérdidas económicas antes de plan de acción – Costo final del proyecto

$$\text{Ahorro} = \$\,20\,000 - \$\,9\,985,17$$

$$\text{Ahorro} = \$\,10\,014,83$$

Apéndice C: Resultados de las tablas de medias y rangos de la temperatura (°C)

Tabla C-1: Rangos y medias de temperatura para la sala A

RANGOS	UCLR	LCLR
0,60	0,4	0,08
0,25	0,4	0,08
0,30	0,4	0,08
0,15	0,4	0,08
0,35	0,4	0,08
0,10	0,4	0,08
0,20	0,4	0,08
0,15	0,4	0,08
0,30	0,4	0,08
0,15	0,4	0,08
0,10	0,4	0,08
0,15	0,4	0,08
0,15	0,4	0,08
0,15	0,4	0,08
0,15	0,4	0,08
0,23		

MEDIAS	UCLX	LCLX
28,65	28,6	28,5
28,66	28,6	28,5
28,34	28,6	28,5
28,60	28,6	28,5
28,63	28,6	28,5
28,54	28,6	28,5
28,60	28,6	28,5
28,63	28,6	28,5
28,54	28,6	28,5
28,59	28,6	28,5
28,56	28,6	28,5
28,59	28,6	28,5
28,63	28,6	28,5
28,61	28,6	28,5
28,61	28,6	28,5
28,576		

Tabla C-2: Rangos y medias de temperatura para la sala B

RANGOS	UCLR	LCLR
0,15	0,4	0,09
0,30	0,4	0,09
0,35	0,4	0,09
0,25	0,4	0,09
0,30	0,4	0,09
0,10	0,4	0,09
0,20	0,4	0,09
0,30	0,4	0,09
0,20	0,4	0,09
0,15	0,4	0,09
0,15	0,4	0,09
0,20	0,4	0,09
0,15	0,4	0,09
0,20	0,4	0,09
0,20	0,4	0,09
0,25		

MEDIAS	UCLX	LCLX
28,83	28,7	28,6
28,79	28,7	28,6
28,48	28,7	28,6
28,63	28,7	28,6
28,64	28,7	28,6
28,56	28,7	28,6
28,61	28,7	28,6
28,60	28,7	28,6
28,60	28,7	28,6
28,63	28,7	28,6
28,60	28,7	28,6
28,61	28,7	28,6
28,58	28,7	28,6
28,60	28,7	28,6
28,59	28,7	28,6
28,635		

Tabla C-3: Rangos y medias de temperatura para la sala K

RANGOS	UCLR	LCLR
0,40	0,4	0,09
0,40	0,4	0,09
0,60	0,4	0,09
0,00	0,4	0,09
0,30	0,4	0,09
0,20	0,4	0,09
0,50	0,4	0,09
0,20	0,4	0,09
0,20	0,4	0,09
0,20	0,4	0,09
0,10	0,4	0,09
0,20	0,4	0,09
0,20	0,4	0,09
0,10	0,4	0,09
0,30	0,4	0,09
0,26		

MEDIAS	UCLX	LCLX
28,48	28,6	28,4
28,70	28,6	28,4
28,30	28,6	28,4
28,60	28,6	28,4
28,53	28,6	28,4
28,48	28,6	28,4
28,28	28,6	28,4
28,63	28,6	28,4
28,60	28,6	28,4
28,63	28,6	28,4
28,58	28,6	28,4
28,60	28,6	28,4
28,58	28,6	28,4
28,55	28,6	28,4
28,55	28,6	28,4
28,50		

Tabla C-4: Rangos y medias de temperatura para el desove 1

RANGOS	UCLR	LCLR
0,70	0,6	0,13
0,70	0,6	0,13
0,50	0,6	0,13
0,60	0,6	0,13
0,40	0,6	0,13
0,70	0,6	0,13
0,40	0,6	0,13
0,20	0,6	0,13
0,40	0,6	0,13
0,40	0,6	0,13
0,10	0,6	0,13
0,10	0,6	0,13
0,20	0,6	0,13
0,10	0,6	0,13
0,20	0,6	0,13
0,38		

MEDIAS	UCLX	LCLX
28,03	28,3	28,1
27,40	28,3	28,1
28,07	28,3	28,1
27,93	28,3	28,1
28,27	28,3	28,1
27,97	28,3	28,1
28,20	28,3	28,1
28,73	28,3	28,1
28,77	28,3	28,1
28,73	28,3	28,1
28,73	28,3	28,1
28,73	28,3	28,1
28,67	28,3	28,1
28,67	28,3	28,1
28,70	28,3	28,1
28,210		

Tabla C-5: Rangos y medias de temperatura para el desove masivo

RANGOS	UCLR	LCLR
0,50	0,5	0,11
0,50	0,5	0,11
0,40	0,5	0,11
0,50	0,5	0,11
0,60	0,5	0,11
0,30	0,5	0,11
0,40	0,5	0,11
0,20	0,5	0,11
0,30	0,5	0,11
0,20	0,5	0,11
0,10	0,5	0,11
0,20	0,5	0,11
0,10	0,5	0,11
0,20	0,5	0,11
0,10	0,5	0,11
0,31		

MEDIAS	UCLX	LCLX
28,57	28,4	28,3
28,37	28,4	28,3
28,10	28,4	28,3
28,27	28,4	28,3
28,07	28,4	28,3
28,27	28,4	28,3
28,50	28,4	28,3
28,60	28,4	28,3
28,73	28,4	28,3
28,60	28,4	28,3
28,57	28,4	28,3
28,60	28,4	28,3
28,53	28,4	28,3
28,57	28,4	28,3
28,57	28,4	28,3
28,342		

Apéndice D: Resultados de las tablas de medias y rangos del pH

Tabla D-1: Rangos y medias de pH para la sala A

RANGOS	UCLR	LCLR	MEDIAS	UCLX	LCLX
0,15	0,3	0,07	7,26	7,5	7,40
0,15	0,3	0,07	7,28	7,5	7,40
0,15	0,3	0,07	7,45	7,5	7,40
0,20	0,3	0,07	7,49	7,5	7,40
0,10	0,3	0,07	7,55	7,5	7,40
0,25	0,3	0,07	7,39	7,5	7,40
0,25	0,3	0,07	7,39	7,5	7,40
0,15	0,3	0,07	7,53	7,5	7,40
0,20	0,3	0,07	7,55	7,5	7,40
0,15	0,3	0,07	7,58	7,5	7,40
0,10	0,3	0,07	7,55	7,5	7,40
0,25	0,3	0,07	7,58	7,5	7,40
0,05	0,3	0,07	7,58	7,5	7,40
0,20	0,3	0,07	7,54	7,5	7,40
0,20	0,3	0,07	7,51	7,5	7,40
0,19			7,445		

Tabla D-2: Rangos y medias de pH para la sala B

RANGOS	UCLR	LCLR	MEDIAS	UCLX	LCLX
0,20	0,3	0,07	7,31	7,6	7,5
0,25	0,3	0,07	7,29	7,6	7,5
0,40	0,3	0,07	7,49	7,6	7,5
0,10	0,3	0,07	7,55	7,6	7,5
0,20	0,3	0,07	7,58	7,6	7,5
0,40	0,3	0,07	7,63	7,6	7,5
0,15	0,3	0,07	7,54	7,6	7,5
0,20	0,3	0,07	7,60	7,6	7,5
0,20	0,3	0,07	7,58	7,6	7,5
0,10	0,3	0,07	7,61	7,6	7,5
0,15	0,3	0,07	7,53	7,6	7,5
0,15	0,3	0,07	7,59	7,6	7,5
0,15	0,3	0,07	7,59	7,6	7,5
0,15	0,3	0,07	7,59	7,6	7,5
0,10	0,3	0,07	7,56	7,6	7,5
0,21			7,516		

Tabla D-3: Rangos y medias de pH para la sala K

RANGOS	UCLR	LCLR
0,20	0,3	0,06
0,10	0,3	0,06
0,10	0,3	0,06
0,20	0,3	0,06
0,30	0,3	0,06
0,30	0,3	0,06
0,20	0,3	0,06
0,10	0,3	0,06
0,10	0,3	0,06
0,20	0,3	0,06
0,30	0,3	0,06
0,20	0,3	0,06
0,10	0,3	0,06
0,10	0,3	0,06
0,20	0,3	0,06
0,18		

MEDIAS	UCLX	LCLX
7,53	7,6	7,5
7,46	7,6	7,5
7,55	7,6	7,5
7,83	7,6	7,5
7,55	7,6	7,5
7,65	7,6	7,5
7,58	7,6	7,5
7,55	7,6	7,5
7,53	7,6	7,5
7,50	7,6	7,5
7,55	7,6	7,5
7,53	7,6	7,5
7,55	7,6	7,5
7,55	7,6	7,5
7,50	7,6	7,5
7,57		

Tabla D-4: Rangos y medias de pH para el desove 1

RANGOS	UCLR	LCLR
0,00	0,2	0,04
0,20	0,2	0,04
0,10	0,2	0,04
0,10	0,2	0,04
0,20	0,2	0,04
0,10	0,2	0,04
0,00	0,2	0,04
0,10	0,2	0,04
0,10	0,2	0,04
0,10	0,2	0,04
0,20	0,2	0,04
0,10	0,2	0,04
0,10	0,2	0,04
0,10	0,2	0,04
0,20	0,2	0,04
0,10	0,2	0,04
0,11		

MEDIAS	UCLX	LCLX
7,90	7,9	7,8
7,60	7,9	7,8
7,87	7,9	7,8
7,73	7,9	7,8
7,70	7,9	7,8
7,73	7,9	7,8
7,90	7,9	7,8
7,93	7,9	7,8
8,03	7,9	7,8
7,97	7,9	7,8
7,90	7,9	7,8
7,87	7,9	7,8
7,87	7,9	7,8
7,90	7,9	7,8
7,87	7,9	7,8
7,837		

Tabla D-5: Rangos y medias de pH para el desove masivo

RANGOS	UCLR	LCLR
0,10	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,20	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,00	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,00	0,2	0,03
0,10	0,2	0,03
0,09		

MEDIAS	UCLX	LCLX
7,77	7,9	7,8
7,83	7,9	7,8
7,77	7,9	7,8
7,77	7,9	7,8
7,83	7,9	7,8
7,83	7,9	7,8
7,87	7,9	7,8
7,93	7,9	7,8
7,87	7,9	7,8
7,90	7,9	7,8
7,93	7,9	7,8
7,90	7,9	7,8
7,93	7,9	7,8
7,90	7,9	7,8
7,87	7,9	7,8
7,837		

Apéndice E: Resultados de las tablas de medias y rangos del Oxígeno (mg/L)

Tabla E-1: Rangos y medias de oxígeno para la sala A

RANGOS	UCLR	LCLR	MEDIAS	UCLX	LCLX
0,71	0,7	0,15	5,61	6,0	5,81
0,56	0,7	0,15	5,46	6,0	5,81
0,60	0,7	0,15	5,51	6,0	5,81
0,33	0,7	0,15	5,43	6,0	5,81
0,42	0,7	0,15	5,75	6,0	5,81
0,22	0,7	0,15	5,98	6,0	5,81
0,63	0,7	0,15	5,73	6,0	5,81
0,63	0,7	0,15	6,38	6,0	5,81
0,60	0,7	0,15	6,55	6,0	5,81
0,50	0,7	0,15	6,64	6,0	5,81
0,14	0,7	0,15	6,53	6,0	5,81
0,18	0,7	0,15	6,59	6,0	5,81
0,39	0,7	0,15	6,49	6,0	5,81
0,23	0,7	0,15	6,59	6,0	5,81
0,40	0,7	0,15	6,54	6,0	5,81
0,42			5,904		

Tabla E-2: Rangos y medias de oxígeno para la sala B

RANGOS	UCLR	LCLR	MEDIAS	UCLX	LCLX
0,73	0,7	0,14	5,46	5,7	5,5
0,69	0,7	0,14	5,28	5,7	5,5
0,56	0,7	0,14	5,45	5,7	5,5
0,32	0,7	0,14	5,30	5,7	5,5
0,21	0,7	0,14	5,15	5,7	5,5
0,60	0,7	0,14	5,34	5,7	5,5
0,50	0,7	0,14	5,33	5,7	5,5
0,23	0,7	0,14	6,05	5,7	5,5
0,23	0,7	0,14	6,23	5,7	5,5
0,61	0,7	0,14	6,50	5,7	5,5
0,28	0,7	0,14	6,45	5,7	5,5
0,41	0,7	0,14	6,52	5,7	5,5
0,41	0,7	0,14	6,55	5,7	5,5
0,36	0,7	0,14	6,65	5,7	5,5
0,31	0,7	0,14	6,61	5,7	5,5
0,41			5,607		

Tabla E-3: Rangos y medias de oxígeno para la sala K

RANGOS	UCLR	LCLR
0,15	0,5	0,10
0,35	0,5	0,10
0,26	0,5	0,10
0,20	0,5	0,10
0,33	0,5	0,10
0,31	0,5	0,10
0,60	0,5	0,10
0,18	0,5	0,10
0,10	0,5	0,10
0,18	0,5	0,10
0,33	0,5	0,10
0,27	0,5	0,10
0,40	0,5	0,10
0,27	0,5	0,10
0,44	0,5	0,10
0,29		

MEDIAS	UCLX	LCLX
5,62	5,7	5,6
5,64	5,7	5,6
5,61	5,7	5,6
5,24	5,7	5,6
5,30	5,7	5,6
5,58	5,7	5,6
5,56	5,7	5,6
6,07	5,7	5,6
6,11	5,7	5,6
5,94	5,7	5,6
6,00	5,7	5,6
5,97	5,7	5,6
5,92	5,7	5,6
6,01	5,7	5,6
6,00	5,7	5,6
5,67		

Tabla E-4: Rangos y medias de oxígeno para el desove 1

RANGOS	UCLR	LCLR
1,07	1,1	0,22
1,61	1,1	0,22
0,48	1,1	0,22
0,75	1,1	0,22
0,65	1,1	0,22
0,46	1,1	0,22
0,33	1,1	0,22
0,71	1,1	0,22
0,40	1,1	0,22
0,91	1,1	0,22
0,60	1,1	0,22
0,44	1,1	0,22
0,51	1,1	0,22
0,21	1,1	0,22
0,49	1,1	0,22
0,64		

MEDIAS	UCLX	LCLX
4,44	5,0	4,7
3,81	5,0	4,7
4,68	5,0	4,7
4,59	5,0	4,7
4,67	5,0	4,7
4,75	5,0	4,7
4,88	5,0	4,7
5,59	5,0	4,7
5,45	5,0	4,7
5,75	5,0	4,7
5,62	5,0	4,7
5,84	5,0	4,7
5,64	5,0	4,7
5,71	5,0	4,7
5,82	5,0	4,7
4,861		

Tabla E-5: Rangos y medias de oxígeno para el desove masivo

RANGOS	UCLR	LCLR
0,64	1,0	0,22
1,10	1,0	0,22
1,07	1,0	0,22
0,33	1,0	0,22
0,42	1,0	0,22
0,59	1,0	0,22
0,75	1,0	0,22
0,94	1,0	0,22
0,65	1,0	0,22
0,17	1,0	0,22
0,28	1,0	0,22
0,91	1,0	0,22
0,62	1,0	0,22
0,64	1,0	0,22
0,40	1,0	0,22
0,63		

MEDIAS	UCLX	LCLX
5,65	6,3	6,0
5,53	6,3	6,0
6,23	6,3	6,0
5,28	6,3	6,0
5,44	6,3	6,0
5,40	6,3	6,0
5,44	6,3	6,0
5,84	6,3	6,0
6,39	6,3	6,0
6,05	6,3	6,0
6,16	6,3	6,0
5,87	6,3	6,0
6,14	6,3	6,0
6,41	6,3	6,0
6,11	6,3	6,0
6,110		

Apéndice F: Resultados de las tablas de medias y rangos de Calcio (mg/L)

Tabla F-1: Rangos y medias de calcio para la sala A

RANGOS	UCLR	LCLR	MEDIAS	UCLX	LCLX
7,50	13,9	2,92	111,38	115,5	111,78
8,00	13,9	2,92	105,88	115,5	111,78
5,00	13,9	2,92	107,25	115,5	111,78
8,00	13,9	2,92	108,63	115,5	111,78
3,50	13,9	2,92	109,38	115,5	111,78
5,00	13,9	2,92	110,75	115,5	111,78
9,50	13,9	2,92	109,50	115,5	111,78
9,50	13,9	2,92	124,25	115,5	111,78
9,00	13,9	2,92	121,75	115,5	111,78
6,00	13,9	2,92	127,75	115,5	111,78
6,00	13,9	2,92	132,38	115,5	111,78
8,50	13,9	2,92	131,88	115,5	111,78
9,50	13,9	2,92	132,63	115,5	111,78
16,50	13,9	2,92	128,50	115,5	111,78
10,00	13,9	2,92	133,88	115,5	111,78
8,40			113,650		

Tabla F-2: Rangos y medias de calcio para la sala B

RANGOS	UCLR	LCLR	MEDIAS	UCLX	LCLX
6,00	15,1	3,18	108,75	115,8	111,8
6,00	15,1	3,18	105,25	115,8	111,8
11,00	15,1	3,18	104,38	115,8	111,8
7,50	15,1	3,18	112,13	115,8	111,8
7,50	15,1	3,18	112,00	115,8	111,8
9,50	15,1	3,18	111,75	115,8	111,8
9,00	15,1	3,18	108,38	115,8	111,8
6,50	15,1	3,18	122,38	115,8	111,8
9,50	15,1	3,18	126,13	115,8	111,8
8,50	15,1	3,18	126,88	115,8	111,8
9,00	15,1	3,18	130,13	115,8	111,8
10,50	15,1	3,18	132,63	115,8	111,8
7,50	15,1	3,18	132,63	115,8	111,8
9,00	15,1	3,18	134,00	115,8	111,8
9,00	15,1	3,18	131,13	115,8	111,8
9,13			113,800		

Tabla F-3: Rangos y medias de calcio para la sala K

RANGOS	UCLR	LCLR
12,00	11,9	2,51
0,00	11,9	2,51
5,00	11,9	2,51
5,00	11,9	2,51
8,00	11,9	2,51
7,00	11,9	2,51
12,00	11,9	2,51
5,00	11,9	2,51
6,00	11,9	2,51
6,00	11,9	2,51
7,00	11,9	2,51
9,00	11,9	2,51
10,00	11,9	2,51
6,00	11,9	2,51
10,00	11,9	2,51
7,20		

MEDIAS	UCLX	LCLX
103,00	115,4	112,2
95,00	115,4	112,2
106,50	115,4	112,2
108,75	115,4	112,2
109,00	115,4	112,2
116,75	115,4	112,2
109,75	115,4	112,2
128,00	115,4	112,2
131,25	115,4	112,2
130,00	115,4	112,2
133,00	115,4	112,2
132,50	115,4	112,2
134,75	115,4	112,2
133,50	115,4	112,2
133,50	115,4	112,2
113,80		

Tabla F-4: Rangos y medias de calcio para el desove 1

RANGOS	UCLR	LCLR
10,00	14,4	3,04
5,00	14,4	3,04
8,00	14,4	3,04
5,00	14,4	3,04
5,00	14,4	3,04
7,00	14,4	3,04
7,00	14,4	3,04
8,00	14,4	3,04
16,00	14,4	3,04
5,00	14,4	3,04
12,00	14,4	3,04
10,00	14,4	3,04
5,00	14,4	3,04
18,00	14,4	3,04
10,00	14,4	3,04
8,73		

MEDIAS	UCLX	LCLX
105,00	116,3	112,5
109,33	116,3	112,5
110,33	116,3	112,5
106,33	116,3	112,5
111,00	116,3	112,5
107,67	116,3	112,5
111,67	116,3	112,5
126,33	116,3	112,5
128,33	116,3	112,5
128,00	116,3	112,5
126,00	116,3	112,5
127,33	116,3	112,5
127,67	116,3	112,5
128,00	116,3	112,5
127,00	116,3	112,5
114,400		

Tabla F-5: Rangos y medias de calcio para el desove masivo

RANGOS	UCLR	LCLR
5,00	10,8	2,27
5,00	10,8	2,27
7,00	10,8	2,27
8,00	10,8	2,27
7,00	10,8	2,27
3,00	10,8	2,27
7,00	10,8	2,27
6,00	10,8	2,27
8,00	10,8	2,27
3,00	10,8	2,27
7,00	10,8	2,27
7,00	10,8	2,27
11,00	10,8	2,27
7,00	10,8	2,27
7,00	10,8	2,27
6,53		

MEDIAS	UCLX	LCLX
107,33	115,6	112,7
101,67	115,6	112,7
113,67	115,6	112,7
112,67	115,6	112,7
113,00	115,6	112,7
110,67	115,6	112,7
111,67	115,6	112,7
123,00	115,6	112,7
121,33	115,6	112,7
126,67	115,6	112,7
126,00	115,6	112,7
125,67	115,6	112,7
126,00	115,6	112,7
126,00	115,6	112,7
124,67	115,6	112,7
114,167		

Apéndice G: Resultados de las tablas de medias y rangos de magnesio (mg/L)

Tabla G-1: Rangos y medias de magnesio para la sala A

RANGOS	UCLR	LCLR	MEDIAS	UCLX	LCLX
150,00	297,4	62,64	1725,00	1650,1	1569,86
150,00	297,4	62,64	1737,50	1650,1	1569,86
100,00	297,4	62,64	1725,00	1650,1	1569,86
250,00	297,4	62,64	1350,00	1650,1	1569,86
150,00	297,4	62,64	1237,50	1650,1	1569,86
200,00	297,4	62,64	1600,00	1650,1	1569,86
150,00	297,4	62,64	1575,00	1650,1	1569,86
200,00	297,4	62,64	1725,00	1650,1	1569,86
100,00	297,4	62,64	1700,00	1650,1	1569,86
250,00	297,4	62,64	1725,00	1650,1	1569,86
200,00	297,4	62,64	1700,00	1650,1	1569,86
100,00	297,4	62,64	1762,50	1650,1	1569,86
100,00	297,4	62,64	1750,00	1650,1	1569,86
100,00	297,4	62,64	1750,00	1650,1	1569,86
200,00	297,4	62,64	1712,50	1650,1	1569,86
180,00			1610,000		

Tabla G-2: Rangos y medias de magnesio para la sala B

RANGOS	UCLR	LCLR	MEDIAS	UCLX	LCLX
150,00	220,3	46,40	1700,00	1662,2	1602,8
100,00	220,3	46,40	1762,50	1662,2	1602,8
100,00	220,3	46,40	1762,50	1662,2	1602,8
200,00	220,3	46,40	1412,50	1662,2	1602,8
200,00	220,3	46,40	1300,00	1662,2	1602,8
150,00	220,3	46,40	1537,50	1662,2	1602,8
150,00	220,3	46,40	1562,50	1662,2	1602,8
150,00	220,3	46,40	1775,00	1662,2	1602,8
100,00	220,3	46,40	1737,50	1662,2	1602,8
150,00	220,3	46,40	1775,00	1662,2	1602,8
100,00	220,3	46,40	1775,00	1662,2	1602,8
100,00	220,3	46,40	1737,50	1662,2	1602,8
150,00	220,3	46,40	1725,00	1662,2	1602,8
150,00	220,3	46,40	1750,00	1662,2	1602,8
150,00	220,3	46,40	1687,50	1662,2	1602,8
133,33			1632,500		

Tabla G-3: Rangos y medias de magnesio para la sala K

RANGOS	UCLR	LCLR
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
200,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
200,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
200,00	198,2	41,76
120,00		

MEDIAS	UCLX	LCLX
1775,00	1661,8	1608,2
1750,00	1661,8	1608,2
1725,00	1661,8	1608,2
1450,00	1661,8	1608,2
1375,00	1661,8	1608,2
1550,00	1661,8	1608,2
1475,00	1661,8	1608,2
1750,00	1661,8	1608,2
1775,00	1661,8	1608,2
1725,00	1661,8	1608,2
1750,00	1661,8	1608,2
1750,00	1661,8	1608,2
1775,00	1661,8	1608,2
1775,00	1661,8	1608,2
1775,00	1661,8	1608,2
1635,00		

Tabla G-4: Rangos y medias de magnesio para el desove 1

RANGOS	UCLR	LCLR
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
200,00	198,2	41,76
200,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
200,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
100,00	198,2	41,76
120,00		

MEDIAS	UCLX	LCLX
1533,33	1550,1	1496,6
1633,33	1550,1	1496,6
1666,67	1550,1	1496,6
1400,00	1550,1	1496,6
1300,00	1550,1	1496,6
1433,33	1550,1	1496,6
1400,00	1550,1	1496,6
1566,67	1550,1	1496,6
1633,33	1550,1	1496,6
1666,67	1550,1	1496,6
1633,33	1550,1	1496,6
1666,67	1550,1	1496,6
1633,33	1550,1	1496,6
1666,67	1550,1	1496,6
1633,33	1550,1	1496,6
1633,33	1550,1	1496,6
1523,333		

Tabla G-5: Rangos y medias de magnesio para el desove masivo

RANGOS	UCLR	LCLR
100,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
200,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
200,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
100,00	187,2	39,44
113,33		

MEDIAS	UCLX	LCLX
1666,67	1558,6	1508,1
1633,33	1558,6	1508,1
1633,33	1558,6	1508,1
1500,00	1558,6	1508,1
1333,33	1558,6	1508,1
1366,67	1558,6	1508,1
1366,67	1558,6	1508,1
1600,00	1558,6	1508,1
1566,67	1558,6	1508,1
1666,67	1558,6	1508,1
1666,67	1558,6	1508,1
1566,67	1558,6	1508,1
1633,33	1558,6	1508,1
1666,67	1558,6	1508,1
1633,33	1558,6	1508,1
1533,333		

Apéndice H: Resultados de las tablas de medias y rangos de alcalinidad en CaCO₃ (mg/L)

Tabla H-1: Rangos y medias de alcalinidad para la sala A

RANGOS	UCLR	LCLR	MEDIAS	UCLX	LCLX
12,50	15,4	3,25	91,25	94,4	90,23
10,00	15,4	3,25	93,13	94,4	90,23
7,50	15,4	3,25	91,88	94,4	90,23
7,50	15,4	3,25	93,13	94,4	90,23
7,50	15,4	3,25	88,13	94,4	90,23
7,50	15,4	3,25	93,75	94,4	90,23
12,50	15,4	3,25	85,63	94,4	90,23
10,00	15,4	3,25	93,75	94,4	90,23
15,00	15,4	3,25	98,13	94,4	90,23
10,00	15,4	3,25	94,38	94,4	90,23
5,00	15,4	3,25	98,13	94,4	90,23
12,50	15,4	3,25	95,63	94,4	90,23
7,50	15,4	3,25	96,88	94,4	90,23
5,00	15,4	3,25	97,50	94,4	90,23
10,00	15,4	3,25	95,63	94,4	90,23
9,33			92,313		

Tabla H-2: Rangos y medias de alcalinidad para la sala B

RANGOS	UCLR	LCLR	MEDIAS	UCLX	LCLX
12,50	13,8	2,90	96,25	94,9	91,1
10,00	13,8	2,90	91,25	94,9	91,1
7,50	13,8	2,90	91,25	94,9	91,1
7,50	13,8	2,90	91,88	94,9	91,1
10,00	13,8	2,90	89,38	94,9	91,1
5,00	13,8	2,90	92,50	94,9	91,1
12,50	13,8	2,90	90,63	94,9	91,1
12,50	13,8	2,90	96,88	94,9	91,1
10,00	13,8	2,90	95,63	94,9	91,1
10,00	13,8	2,90	94,38	94,9	91,1
5,00	13,8	2,90	97,50	94,9	91,1
2,50	13,8	2,90	95,63	94,9	91,1
7,50	13,8	2,90	96,25	94,9	91,1
5,00	13,8	2,90	96,88	94,9	91,1
5,00	13,8	2,90	96,88	94,9	91,1
8,33			93,000		

Tabla H-3: Rangos y medias de alcalinidad para la sala K

RANGOS	UCLR	LCLR
10,00	10,5	2,20
5,00	10,5	2,20
5,00	10,5	2,20
5,00	10,5	2,20
5,00	10,5	2,20
10,00	10,5	2,20
5,00	10,5	2,20
5,00	10,5	2,20
5,00	10,5	2,20
5,00	10,5	2,20
10,00	10,5	2,20
5,00	10,5	2,20
5,00	10,5	2,20
10,00	10,5	2,20
5,00	10,5	2,20
6,33		

MEDIAS	UCLX	LCLX
96,25	96,2	93,3
92,50	96,2	93,3
93,75	96,2	93,3
92,50	96,2	93,3
96,25	96,2	93,3
95,00	96,2	93,3
93,75	96,2	93,3
93,75	96,2	93,3
96,25	96,2	93,3
97,50	96,2	93,3
100,00	96,2	93,3
97,50	96,2	93,3
97,50	96,2	93,3
96,25	96,2	93,3
97,50	96,2	93,3
94,75		

Tabla H-4: Rangos y medias de alcalinidad para el desove 1

RANGOS	UCLR	LCLR
10,00	12,1	2,41
5,00	12,1	2,41
5,00	12,1	2,41
10,00	12,1	2,41
5,00	12,1	2,41
5,00	12,1	2,41
10,00	12,1	2,41
5,00	12,1	2,41
10,00	12,1	2,41
5,00	12,1	2,41
10,00	12,1	2,41
5,00	12,1	2,41
10,00	12,1	2,41
10,00	12,1	2,41
5,00	12,1	2,41
7,33		

MEDIAS	UCLX	LCLX
105,00	100,5	97,2
98,33	100,5	97,2
98,33	100,5	97,2
95,00	100,5	97,2
93,33	100,5	97,2
93,33	100,5	97,2
100,00	100,5	97,2
101,67	100,5	97,2
100,00	100,5	97,2
103,33	100,5	97,2
100,00	100,5	97,2
103,33	100,5	97,2
101,67	100,5	97,2
100,00	100,5	97,2
101,67	100,5	97,2
98,833		

Tabla H-5: Rangos y medias de alcalinidad para el desove masivo

RANGOS	UCLR	LCLR
15,00	14,3	3,02
10,00	14,3	3,02
15,00	14,3	3,02
5,00	14,3	3,02
5,00	14,3	3,02
5,00	14,3	3,02
10,00	14,3	3,02
10,00	14,3	3,02
10,00	14,3	3,02
5,00	14,3	3,02
10,00	14,3	3,02
5,00	14,3	3,02
10,00	14,3	3,02
10,00	14,3	3,02
5,00	14,3	3,02
8,67		

MEDIAS	UCLX	LCLX
98,33	100,6	96,7
100,00	100,6	96,7
96,67	100,6	96,7
93,33	100,6	96,7
98,33	100,6	96,7
93,33	100,6	96,7
95,00	100,6	96,7
105,00	100,6	96,7
103,33	100,6	96,7
103,33	100,6	96,7
100,00	100,6	96,7
98,33	100,6	96,7
100,00	100,6	96,7
100,00	100,6	96,7
103,33	100,6	96,7
98,667		

Apéndice I: Resultados de las tablas de medias y rangos de salinidad (ppm)

Tabla I-1: Rangos y medias de salinidad para la sala A

RANGOS	UCLR	LCLR
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00		

MEDIAS	UCLX	LCLX
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00		

Tabla I-2: Rangos y medias de salinidad para la sala B

RANGOS	UCLR	LCLR
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00		

MEDIAS	UCLX	LCLX
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00		

Tabla I-3: Rangos y medias de salinidad para la sala K

RANGOS	UCLR	LCLR
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00	0,0	0,00
0,00		

MEDIAS	UCLX	LCLX
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00	33,0	33,0
33,00		

Tabla I-4: Rangos y medias de salinidad para el desove 1

RANGOS	UCLR	LCLR
0,00	0,9	0,07
2,00	0,9	0,07
2,00	0,9	0,07
0,00	0,9	0,07
0,00	0,9	0,07
0,00	0,9	0,07
0,00	0,9	0,07
0,00	0,9	0,07
0,50		

MEDIAS	UCLX	LCLX
31,00	32,6	32,2
31,67	32,6	32,2
31,67	32,6	32,2
33,00	32,6	32,2
33,00	32,6	32,2
33,00	32,6	32,2
33,00	32,6	32,2
33,00	32,6	32,2
33,00	32,6	32,2
32,417		

Tabla I-5: Rangos y medias de salinidad para el desove masivo

RANGOS	UCLR	LCLR
2,00	2,3	0,17
0,00	2,3	0,17
2,00	2,3	0,17
2,00	2,3	0,17
2,00	2,3	0,17
2,00	2,3	0,17
0,00	2,3	0,17
0,00	2,3	0,17
1,25		

MEDIAS	UCLX	LCLX
32,33	32,7	31,8
31,00	32,7	31,8
31,67	32,7	31,8
32,50	32,7	31,8
32,50	32,7	31,8
32,00	32,7	31,8
33,00	32,7	31,8
33,00	32,7	31,8
32,250		

Apéndice J: Evidencia Fotográfica



Imagen 1. Muestras de agua recolectadas de las salas de control de reproducción

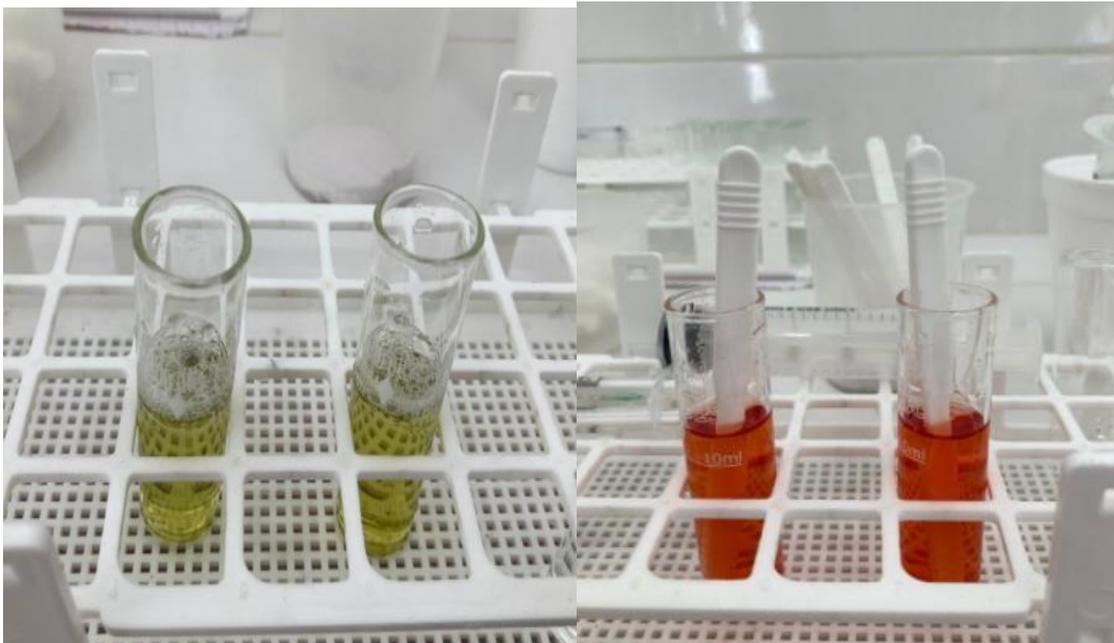


Imagen 2. Pruebas de alcalinidad y magnesio



Imagen 3. Realizando el análisis fisicoquímico a las muestras de agua recolectadas de las salas de reproducción



Imagen 4. Equipos de Oxigenómetro y fotómetro para realizar análisis de los parámetros fisicoquímicos.



Imagen 5. Evaluación de las condiciones de oxígeno en las piscinas de reproducción.