



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

EFFECTOS DE PRODUCTOS CALCÁREOS SOBRE DIVERSOS TIPOS DE
CALIDAD DE AGUA Y TIEMPOS DE MEDICIÓN EN PH Y OXIGENO
DISUELTO

IÑIGUEZ GRANDA BISMARCK PATRICIO
INGENIERO ACUÍCULTOR

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

Efectos de productos calcáreos sobre diversos tipos de calidad de agua y tiempos de medición en pH y oxígeno disuelto

**IÑIGUEZ GRANDA BISMARCK PATRICIO
INGENIERO ACUÍCULTOR**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

Efectos de productos calcáreos sobre diversos tipos de calidad de agua y tiempos de medición en pH y oxígeno disuelto

IÑIGUEZ GRANDA BISMARCK PATRICIO
INGENIERO ACUÍCULTOR

VALAREZO MACÍAS CESAR AUGUSTO

MACHALA, 20 DE SEPTIEMBRE DE 2022

MACHALA
2022

EFFECTOS DE PRODUCTOS CALCÁREOS SOBRE DIVERSOS TIPOS DE CALIDAD DE AGUA Y TIEMPOS DE MEDICIÓN EN NIVELES DE PH Y OXIGENO DISUELTO

INFORME DE ORIGINALIDAD

1 %

INDICE DE SIMILITUD

1 %

FUENTES DE INTERNET

0 %

PUBLICACIONES

1 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad San Francisco de Quito

Trabajo del estudiante

<1 %

2

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 25 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, IÑIGUEZ GRANDA BISMARCK PATRICIO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Efectos de productos calcáreos sobre diversos tipos de calidad de agua y tiempos de medición en pH y oxígeno disuelto, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 20 de septiembre de 2022



IÑIGUEZ GRANDA BISMARCK PATRICIO
0704072735

AGRADECIMIENTO

Expreso todo mi agradecimiento primero a Dios por acompañarme todos los días, darme las fuerzas y el valor para poder cumplir esta meta.

Quiero agradecer de forma muy especial a mi abuelita, a mis padres y mi tía, por su apoyo incondicional, por siempre creer en mí y por todos sus consejos los cuales me ayudaron a convertirme en la persona que soy hoy por hoy.

Así mismo quiero agradecer a los docentes por el conocimiento impartido, a mis compañeros, y mis tutores Ing. Cesar Valarezo y Dr. Patricio Rentería por su apoyo y dedicación para poder realizar esta investigación.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios.

A mi abuela Carmita Montesdeoca, a mi madre Angela Iñiguez y mi tía María Granda pilares fundamentales en mi vida y apoyo indispensable para poder cumplir con esta meta, asimismo a todas las personas que supieron ayudarme de una u otra forma durante mi proceso formativo.

RESUMEN

En la acuicultura el encalado es principalmente un medio para neutralizar la acidez, el uso de productos calcáreos es de manera frecuente, sin embargo, existe poca información sobre sus beneficios reales y cuantificables, que en muchos casos no son suministrados de la manera adecuada, causando afectaciones en el equilibrio de los diferentes ecosistemas y elevando costos de producción. Los productos calcáreos actualmente en el mercado tienen diferente composición y propiedades importantes que deben tenerse en cuenta en las aplicaciones prácticas. Las dos propiedades más importantes de los materiales calcáreos son la capacidad de neutralizar el cual establece la cantidad de ácido que puede neutralizar y su tamaño de partícula el cual dicta la velocidad de disolución para neutralizar la acidez. En esta investigación se realizó con el fin de conocer el tipo de interacción entre el carbonato de calcio e hidróxido de calcio sobre diferentes tipos de agua, en función del pH y el oxígeno disuelto en diferentes tiempos, para así conocer que combinación de tratamiento entre tipo de agua y producto calcáreo es la mejor. A través de un diseño experimental de tipo factorial completamente al azar, en el cual se utilizó cinco unidades experimentales, una de control, y 4 experimentales, se utilizaron cuatro factores, el tipo de agua (agua dulce, salada y salobre), los productos calcáreos (carbonato de calcio e hidróxido de calcio), la dosis de producto carbonatado en gramos (0,1; 0,2; 0,4; 0,8) y el tiempo en minutos (0, 10, 30). Los resultados medibles sobre las variables dependientes, pH y oxígeno disuelto, constituyeron la matriz de datos de entrada del modelo, que fueron procesadas en el Software SPSS 25 versión de prueba para Windows, se estimaron las medidas de tendencia, central, de dispersión y curtosis. Al no haber interacción entre los tratamientos de los factores de estudio, se realizó un análisis estadístico de los datos del efecto de cada tratamiento del factor de estudio individualmente (Tipos de Agua, Dosis, Momentos o Productos Carbonatado) por medio de MANOVA factorial intra grupos. Finalmente, para determinar el mejor tratamiento para las medias de pH y Oxígeno disuelto (mg/L) se realizaron Pruebas Post-Hoc Bonferroni, Tukey. Los hallazgos nos permitieron concluir, que existió una interacción entre el tipo de agua y los productos calcáreos utilizados en función del pH, la mejor combinación de tratamiento entre el tipo de agua y el producto calcáreo fue la de Agua dulce- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con un pH de 8,57 del agua. No se obtuvo interacción entre el tipo de agua y las dosis de los productos calcáreo, determinándose que las mejores dosis fueron de 0,8 g y 0,4 g con una media de pH del agua. 8,28 y 8,25 respectivamente. Caso similar fue se obtuvo en la interacción entre el tipo de agua y el momento de medición, se concluye que los mejores momentos de medición para el pH son 10 y 30 minutos. Finalmente, fue posible establecer, que existe una interacción entre el tipo de

agua y los productos calcáreos utilizados, en función del oxígeno disuelto (mg/L) en agua, identificándose como la mejor combinación entre el Agua Dulce- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con una media de 6,4, sin embargo no difiere de la combinación Agua salobre- CaCO_3 .

Palabras clave: Productos calcareos, calidad de agua, solubilidad, salinidad

ABSTRACT

In aquaculture, liming is mainly a means to neutralize acidity, the use of calcareous products is frequent, however, there is little information about their real and quantifiable benefits, which in many cases are not supplied in an adequate way, causing affectations in the balance of the different ecosystems and increasing production costs. The calcareous products currently on the market have different compositions and important properties that must be taken into account in practical applications. The two most important properties of limestone materials are the neutralizing capacity which establishes the amount of acid it can neutralize and its particle size which dictates the dissolution rate to neutralize the acidity. The following trial was conducted in order to know the type of interaction between calcium carbonate and calcium hydroxide on different types of water, depending on the pH and dissolved oxygen at different times, in order to know which combination of treatment between type of water and calcareous product is the best. A Completely Randomized Factorial Experiment was carried out, in which five experimental units were used, where one corresponded to the control. Four study factors were used: the type of water (fresh, salt and brackish water), the calcareous products (calcium carbonate and calcium hydroxide), the dose of carbonated product in grams (0.1; 0.2; 0.4; 0.8) and the time in minutes (0, 10, 30). To process the experimental design information, SPSS software was used to characterize the data distribution of the dependent variables, and the measures of tendency, central, dispersion and kurtosis were estimated. Since there was no interaction between the treatments of the study factors, a statistical analysis of the data of the effect of each treatment of the study factor individually (Types of Water, Dose, Moments or Carbonated Products) was carried out by means of intra-group factorial ANOVA. Finally, to determine the best treatment for pH and dissolved oxygen (mg/L) means, Post-Hoc Duncan Tests were performed. It was determined that there is interaction between the type of water and the calcareous product that was used as a function of pH, showing that the best treatment combination between the type of water and the calcareous product was Freshwater- - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ with a pH of 8.57 of the water. No interaction was obtained between the type of water and the doses of the liming products, determining that the best doses were 0.8 g and 0.4 g with a mean water pH. 8.28 and 8.25, respectively. A similar case was obtained in the interaction between the type of water and the moment of measurement, it was concluded that the best moments of measurement for pH were 10 and 30 minutes. Finally, it was demonstrated that there is interaction between the type of water and calcareous product used as a function of the dissolved oxygen (mg/L) of the water, resulting in the best combinations of treatment between

the type of water and the calcareous product is Freshwater- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ with a mean of 6.4, however it does not differ from the combination brackish water- CaCO_3 .

Key words: Calcareous products, water quality, solubility, salinity, salinity.

Índice de Contenido

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT	V
1 INTRODUCCIÓN	1
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3 JUSTIFICACIÓN	3
4 OBJETIVOS	4
4.1 Objetivo General.....	4
4.2 Objetivo específicos	4
5 Revisión bibliográfica	5
5.1 El Agua.....	5
5.1.1 Características del agua	5
5.1.2 Propiedades del Agua	5
5.1.3 Acción Disolvente	6
5.2 Tipos de aguas	6
5.2.1 El Agua dulce	6
5.2.2 El Agua de mar	6
5.2.3 El agua en piscinas camaroneras	7
5.2.4 Agua subterránea	8
5.3 Oxígeno disuelto (OD)	9
5.4 Alcalinidad y dureza totales del agua.....	10
5.5 Potencial de hidrógeno (pH).....	11
5.6 Aplicación y tipos de Cal.....	12
5.6.1 CaCO ₃	13
5.6.2 Ca(OH) ₂	13

5.7	Tratamiento de encalado en acuicultura	14
6	MATERIALES Y MÉTODOS	15
6.1	Materiales y equipos.....	15
6.2	Metodología.....	15
6.2.1	Ubicación y caracterización del Área Experimental	15
6.2.2	Diseño experimental	16
6.2.3	Especificidad del diseño	16
6.2.4	Tratamientos	17
6.2.5	Manejo del experimento	17
6.2.6	Variables a medir.....	18
6.3	PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO.....	18
6.3.1	Caracterización de la distribución de datos	18
6.3.2	Verificación de los Requisitos para una Prueba Paramétrica.....	18
7	RESULTADOS.....	20
7.1	Estadístico descriptivo.....	20
7.1.1	pH del Agua.....	20
7.1.2	Frecuencia del Oxígeno disuelto del Agua.....	20
7.2	Prueba de normalidad para las muestras de pH y oxígeno disuelto	21
7.2.1	pH del Agua.....	21
7.3	Prueba de Homogeneidad de Varianzas muestras de pH y oxígeno disuelto.....	23
7.4	Efecto de interacción entre los factores, productos calcáreos y tipos de agua	24
7.4.1	Efecto de interacción entre los factores, productos calcáreos y tipo agua en funcion del pH	24
7.4.2	Efecto de interacción entre el tratamiento tipo agua y productos calcáreos en el Oxígeno Disuelto (mg/L) en el Agua.....	25
7.4.3	Efectos de interacción entre el tratamiento producto calcáreos, tipo de agua en diferentes momentos de medición, en función del oxígeno disuelto.	26
7.4.4	Efecto de interacción entre el tratamiento tipo agua y dosis de los calcáreos.....	28

8	CONCLUSIONES	30
9	BIBLIOGRAFÍA.....	32
10	ANEXOS.....	37

Tabla 1:	Tasa de aplicación de cal.....	14
Tabla 2	Factores de estudio	17
Tabla 3:	Tabla estadística descriptiva de la variable pH agua dulce.....	20
Tabla 4:	Tabla estadística descriptiva de la variable oxígeno disuelto en el agua (mg/l).	21
Tabla 5:	Prueba de normalidad del tratamiento tipo de agua a las variables pH y oxígeno disuelto (mg/L).	22
Tabla 6:	Prueba de normalidad del Tratamiento tipo de agua en la variable pH.	23
Tabla 7:	Análisis de varianza factorial Inter grupo del efecto de interacción entre los tratamientos tipo de agua y productos calcáreos en el pH.....	24
Tabla 8:	Análisis estadístico de los datos de pH del agua obtenidos por la combinación de los tratamientos tipo de agua y productos calcáreos.	24
Tabla 9:	Análisis de varianza factorial inter-grupo del efecto de interacción entre los tratamientos tipo de agua y productos calcáreos para el valor de Oxígeno disuelto (mg/L)...	25
Tabla 10:	Análisis estadístico de los datos de oxígeno disuelto obtenidos por la combinación de los tratamientos tipo de agua y productos calcáreos.....	25
Tabla 11:	Análisis de varianza factorial inter-grupo del efecto de interacción entre los productos calcáreos vs oxígeno disuelto.	26
Tabla 12:	Pruebas post hoc de HDS Tukey y Bonferroni del tratamiento tipo de agua entre oxígeno disuelto.....	27
Tabla 13:	Pruebas post hoc de HDS Tukey y Bonferroni del tratamiento oxígeno disuelto y momento de medición.	27
Tabla 14:	Análisis de varianza factorial Inter grupo del efecto de interacción entre los tratamientos tipo de agua y dosis de productos calcáreos en el pH y oxígeno disuelto.	28

1 INTRODUCCIÓN

En el campo acuícola el uso de productos calcáreos es de manera frecuente, sin embargo la información sobre los beneficios reales de este tipo de productos es relativamente escasa. Estos productos suelen utilizarse con la finalidad de aumentar la alcalinidad, desinfectar fondos y ajustar el pH, lo cual sirve para regular las condiciones del agua y suelo que se encuentren ligeramente ácidos, esto se debe a que los productos calcáreos provienen de las rocas volcánicas como también de compuestos químicos altamente calcificados que al ser aplicados producen un efecto de alcalinidad.

Los productos calcáreos actualmente en el mercado tienen diferente composición y propiedades importantes que deben tenerse en cuenta en las aplicaciones prácticas. Las dos propiedades más importantes de los materiales calcáreos son la capacidad de neutralizar y su tamaño de partícula. El primero establece la cantidad de ácido que puede ser neutralizado por una determinada cantidad de cal, mientras que el segundo dicta la velocidad de disolución para neutralizar la acidez. Los productos calcáreos además contienen grandes cantidades de impurezas o sustancias que no reaccionan con la acidez.

Por otra parte, el uso de los productos como el carbonato de calcio o el hidróxido de calcio tienen otros efectos en relación a la aplicación en el agua ya que surge efecto en la descomposición de la materia orgánica la misma que al no ser tratada puede provocar una elevación del amonio y del amoniaco en forma toxica que puede ser letal en los diferentes cultivos que se desarrollan en el campo acuícola. Además, las aplicaciones de estos productos podrían ayudar a elevar las concentraciones de calcio en el agua, lo que mejoraría la supervivencia final de crustáceos al: acortar el tiempo de caparazón blando (postmuda) y reducir la posibilidad del ataque por parte de predadores durante esta etapa de susceptibilidad y, ayudar a minimizar las condiciones de estrés presentes en la piscina.

Sin embargo, los productos calcáreos a menudo se aplican a las aguas de los estanques sin control, sin preocuparse por las concentraciones de alcalinidad total (Queiroz, et al., 2004). Es posible que los productos calcáreos se disuelvan mal en agua salada, no obstante los productores de camarones aplican grandes cantidades de carbonato de calcio e hidróxido de calcio a los estanques, el uso innecesario de estos productos no perjudica el crecimiento de los crustáceos sino que aumenta el costo de producción por el precio del material y la de mano de obra (Sá & Boyd, 2016).

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los insumos calcáreos añadidos a los estanques de camarones a menudo no se disuelven, puesto que el agua muchas de las veces se encuentra con una alcalinidad alta, siendo su aplicación inútil. El encalado es una práctica muy común, y lo hacen con la idea de incrementar la alcalinidad de la piscina y controlar bacterias patógenas, no obstante, existe muy poca información sobre los verdaderos beneficios de estos insumos en los estanques, por lo que usualmente se los aplica de forma innecesaria.

3 JUSTIFICACIÓN

El siguiente trabajo se realizó con el fin de conocer el tipo de interacción entre el carbonato de calcio e hidróxido de calcio sobre diferentes tipos de agua, en función del pH y el oxígeno disuelto en diferentes tiempos, para así conocer que combinación de tratamiento entre tipo de agua y producto calcáreo es la mejor. Es decir, determinar que producto calcáreo es más efectivo sobre un tipo de agua y la incidencia que tiene el pH y el OD en función del tiempo.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Valorar la influencia de los productos calcáreos sobre diversos tipos de calidad de agua en función del pH y oxígeno disuelto en diferentes tiempos de medición.

4.2 Objetivo específicos

- Determinar la mejor combinación entre producto calcáreo (hidróxido de calcio y carbonato de calcio) y tipo de agua (dulce, salada y salobre).
- Determinar la interacción entre el producto calcáreo y el tipo de agua en función del pH.
- Determinar la interacción entre el producto calcáreo y el tipo de agua en diferentes momentos de medición en función del oxígeno disuelto.

5 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1 El Agua

El agua es uno de los recursos más importantes del mundo, sin el cual la vida no existiría. Este elemento sustenta una serie de actividades para el ser humano, los animales y las plantas, depende del equilibrio natural de las ciudades y puede ser agua dulce, salobre o salada, ocupando el agua dulce 35 mil millones de Km^3 del volumen del planeta. El resto está formado por los océanos, que abarcan 1.400 millones de Km^3 , y aunque la cantidad de agua dulce del planeta parece asombrosa, sólo existe una cierta cantidad en forma de lagos y ríos. Las propiedades del agua y del suelo cambian como consecuencia del uso de diversos productos o de acciones como la deforestación y la urbanización, alterando la disponibilidad de cada tipo de agua. Hay diferentes tipos de sustancias y productos que cambian las características y propiedades del agua y, por tanto, los usos del agua (Twain, 2009).

5.1.1 Características del agua

Según (Poonam, Tanushree, & Sukalyan, 2013) algunas de las características del agua pura en estado líquido son las siguientes:

- No posee color, no posee olor y no posee sabor.
- Densidad: 1 g/cm^3 a 4 °C
- Punto de fusión: 0 °C
- Punto de ebullición: 100 °C
- Constante dieléctrica: 78,3
- $\text{pH}=7$

5.1.2 Propiedades del Agua

El agua no tiene color, ni sabor, pero tiene muchas propiedades químicas y físicas que la hacen insustituible, la fórmula química del agua es H_2O , que es el resultado de combinar dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno, átomos que son iguales pero eléctricamente diferentes, es decir en un lado carga eléctrica positiva y carga negativa en el otro lado.

Las moléculas de agua se atraen entre sí hasta la unión y, por lo tanto, se forman gotas de agua, otra propiedad del agua es que es limpia y neutra, lo que nos dice que no es ni ácida ni alcalina (Shaltami & Bustany, 2021), mientras que (Perez, 2016), menciona que el agua es la única

sustancia natural que se encuentra en tres estados: líquido, sólido en los polos (hielo) y gaseoso (vapor de agua) a las temperaturas que comúnmente se encuentran en la Tierra.

5.1.3 Acción Disolvente

El agua es un líquido que disuelve más sustancias, por lo que se dice que es un solvente universal, esta propiedad es quizás la más importante para la vida debido a su capacidad para establecer puentes de hidrógeno (Eisenberg & Kauzmann, 2005), según (Marcus, 2009) en el caso de las disoluciones iónicas, los iones de sal son atraídos o atrapados por dipolos de agua, se cubren con moléculas de agua en forma de iones hidratados. La potencia de los disolventes se encarga de ser el medio en el que se desarrollan las reacciones metabólicas.

5.2 Tipos de aguas

5.2.1 El Agua dulce

El agua dulce es el tipo de agua con menor concentración de sal en su composición, las investigaciones demuestran que la concentración de sal en un litro de agua dulce es de 0,1 gramos de sal disuelta, este tipo de agua es la más utilizada porque sustenta a la mayoría de las actividades del hombre. El agua dulce suministrada a humanos, plantas y animales está contenida en agua que cae en forma de lluvia, rocío o granizo, agua evaporada, agua superficial en forma de ríos o lagos, así como agua contenida en estratos que contienen agua. Esta cantidad de agua estará disponible para su uso, siempre y cuando no se la contamine o exista un desbalance que rompa este ciclo natural (Bhateria & Jain, 2016).

El agua dulce disponible en el planeta corresponde tan solo un 2.5% del 100% de agua que existe en todo el mundo, de la cual un 70% se encuentra congelada en los polos como glaciares y nevados, mientras que por otro lado solo el 1% se encuentra en la superficie disponible para los habitantes de la Tierra en ríos, lagunas, humedales, arroyos y lagos (Alba & Hernández, 2015).

5.2.2 El Agua de mar

El agua de mar contiene agua dulce y sales disueltas: cloruro, magnesio, calcio, sodio, etc. Juntas, estas sales constituyen más del 99 % del agua de mar disuelta, se dice que el agua es como un nutriente porque contiene 83 de los 118 elementos de la tabla periódica, así como proteínas puras como el zooplancton y el fitoplancton, por esta razón, se cree que la vida comenzó en el mar (Sharp, 2001).

(Jeldres, et al., 2019) mencionan que el agua de lluvia contiene dióxido de carbono, que es una mezcla de CO₂ del aire y agua que se disuelve y descompone las rocas, y que los iones resultantes van a parar al mar y se acumulan en gran cantidad con el tiempo en capas de sedimentos, donde sus las concentraciones alcanzan alrededor de 35 g de sal por litro de agua.

El agua de mar es un tipo de agua que contiene en su composición de 33 a 39 gramos de sales solubles, en las que predomina el cloruro de sodio, entre otros como magnesio, calcio, azufre, etc., el agua de mar se encuentra en océanos y mares, en donde cuenta con un 97.5% del total del agua del planeta, cubre las 3/4 partes de la superficie terrestre, tiene una densidad mayor que el agua dulce debido a su elevado contenido de sales, y se caracteriza por una mayor densidad que el agua dulce debido a su alto contenido en sales (Kim, Venkatesan, & Sudha, 2011), mientras que (Alba & Hernández, 2015) indica que concentraciones de salinidad son diferentes por varios factores y uno de ellos es si se encuentran cerca de un estuario.

5.2.3 El agua en piscinas camaroneras

La selección de lugares de acuicultura con características ambientales desfavorables es la causa de muchos problemas de calidad del agua. Una característica que debe evitarse en todos los tipos de acuicultura es una fuente de agua contaminada. En la acuicultura en estanques, también deben evitarse las zonas con características desfavorables del suelo. Algunos ejemplos son los hábitats de manglares, los suelos orgánicos, los suelos potencialmente ácidos y sulfatados, y los suelos muy arenosos o rocosos (Prangnell & Samocha, 2019).

La calidad del agua tiene un efecto considerable en la supervivencia y el crecimiento de los organismos acuáticos, un entorno adecuado, es un entorno higiénico para los animales. (Nindarwi, et al., 2019). Para proporcionar un mejor hábitat para los crustáceos debemos considerar los factores físicos, químicos y biológicos, así como los diferentes métodos de alimentación, además del tipo de fertilización ya sea orgánica o inorgánica, la cual da paso a la proliferación de algas puesto que si cualquiera de estos factores no está en equilibrio podría bajar el rendimiento del cultivo, causar estrés a los animales y posiblemente grandes pérdidas en la producción (Alarcon, et al., 2021).

En los estanques acuícolas, la calidad del agua se ve afectada por la interacción de varios componentes químicos. El dióxido de carbono, el pH, la alcalinidad y la dureza están interconectados y pueden tener efectos profundos en la productividad del estanque, los niveles de estrés, la salud animal, la disponibilidad de oxígeno y la toxicidad (Salazar, et al., 2021).

La mayoría de las características de calidad del agua no son constantes porque las concentraciones de dióxido de carbono y los niveles de pH varían de un día a otro. La alcalinidad y la dureza son relativamente estables pero pueden variar con el tiempo, generalmente de semanas a meses, según el pH o el contenido mineral de la piscina y el suelo del fondo (Wurts & Durborow, 1992).

En estanques de cultivo es importante mantener el pH dentro del rango óptimo, ya que el pH afecta la mayoría de las reacciones y fenómenos químicos que ocurren en el agua, y también afecta el estado fisiológico de los camarones. Los ambientes con un pH inferior a 6,5 o superior a 9,5 pueden retardar el crecimiento de los animales, y un pH entre 7,0 y 9,0 promueve el crecimiento de bacterias heterótrofas y nitrificantes (Furtado, Poersch, & Wasielesky, 2011).

Los efectos de la temperatura y la salinidad en los crustáceos en acuicultura han sido objeto de gran interés, la mayoría de las especies acuícolas tienen un rango bastante amplio de tolerancia a la temperatura y a la salinidad, pero los cambios en cualquiera de las dos variantes fuera del rango óptimo provocan estrés y, si son lo suficientemente extremos, la muerte (Brooks & Conkle, 2019).

La turbidez del agua es un parámetro importante para los crustáceos en el estanque, está estrechamente relacionado con el crecimiento de algas que proporcionan el OD necesario para los animales, además sirve como alimento vivo natural, así como sólidos en suspensión como la arcilla, detritus, protozoarios y parásitos que provienen del asentamiento de los desechos orgánicos en el suelo brinda una coloración al agua, no obstante es necesario monitorear las floraciones de microalgas, ya que existen especies que pueden interrumpir el crecimiento de los camarones (Freitas, 2015).

5.2.4 Agua subterránea

La composición química del agua subterránea está determinada por la naturaleza geológica del suelo, ya que el agua se filtra desde la superficie del suelo por transpiración esta puede cambiar radicalmente su composición por las interacciones físicas, químicas y biológicas, y estas interacciones hace que presente diferentes características como la ausencia del oxígeno ya que no hay productividad primaria que genere la fotosíntesis y posteriormente la presencia de oxígeno disuelto, otra de las características es que tiene una turbidez baja y tiene una temperatura y composición química constante, adicionalmente, las aguas subterráneas son bastante puras desde un punto microbiológico (Elango & Kannan, 2007).

El agua subterránea está en constante movimiento, aunque su velocidad suele ser más lenta que la de un río, ya que tiene que pasar por los intrincados pasajes entre las grietas de las rocas. Inicialmente, el agua cae bajo la influencia de la gravedad, también puede moverse hacia arriba porque fluirá desde un área de alta presión hacia un área de baja presión (Brands, Rajagopal, Eleswarapu, & Li, 2017).

El flujo de agua subterránea está controlado por dos propiedades de la roca, es decir, el porcentaje del volumen de la roca con vacíos llamados vacíos, y esto determina la cantidad de agua contenida en la roca. Baja porosidad generalmente significa baja permeabilidad, pero alta porosidad no necesariamente significa alta permeabilidad porque puedes tener roca con alta porosidad y baja permeabilidad, pero alta porosidad no necesariamente tiene alta permeabilidad, puede tener rocas muy porosas con pocas conexiones entre poros (Elango & Kannan, 2007).

En promedio, el agua subterránea tiene una dureza de 200 a 400 mg/L, puesto que el agua que pasa a través de la piedra caliza disolverá compuestos como el calcio y el magnesio, estas aguas también son pobres en oxígeno por las disolución del CO₂ en el agua subterránea (Quituisaca & Arturo, 2016). Por otra parte (Vergara, 2014) nos dice que las aguas subterráneas se encuentra bajo tierra con materia orgánica que contiene alrededor de 12-24 mg de carbono inorgánico por litro de agua.

5.3 Oxígeno disuelto (OD)

Este gas es la cantidad de oxígeno (mg/L) gaseoso que se encuentra disuelto en el agua el cual es primordial para la vida, buenos niveles de oxígeno disuelto permiten que se pueda incrementar la densidad de siembra dentro de los estanques, pero hasta cierto punto, los estanques con fitoplancton tienen niveles altos de OD comparado con los que no tienen fitoplancton, asimismo con los que usan aireadores (Hok, et al., 2018), mientras que en otra investigación realizada por (Arboleda, 2006) menciona que la altas densidades de fitoplancton hacen que en un ciclo de 24 horas haya demasiada variación en la concentración de oxígeno disuelto que se vuelve estrés para los organismos en cultivo, pero los niveles bajos de fitoplancton no provocan esa variación y el oxígeno disuelto permanece más o menos constante.

El oxígeno es necesario para los organismos aeróbicos porque es el aceptor terminal de electrones en la respiración aeróbica. Los peces y la mayoría de los animales acuáticos respiran a través de branquias que absorben el oxígeno molecular (oxígeno disuelto) del agua en la que

viven, la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua depende de la difusión del oxígeno de la atmósfera al agua o del oxígeno liberado en el agua como subproducto de la fotosíntesis de las plantas acuáticas (Boyd, Torrans, & Tucker, 2017).

El bajo nivel de oxígeno disuelto se considera una de las principales causas de estrés, falta de apetito, retraso del crecimiento, susceptibilidad a enfermedades y muerte en la acuicultura. Las concentraciones de oxígeno disuelto pueden ser altos durante la mayor parte de un período de 24 horas, pero la respuesta de las especies cultivadas parece verse afectada principalmente por la concentración más baja de oxígeno disuelto durante la noche (Boyd & Hanson, Dissolved-oxygen concentration in pond aquaculture, 2010).

5.4 Alcalinidad y dureza totales del agua

Si se habla de alcalinidad y dureza se debe aclarar que la alcalinidad es la concentración total de bases en el agua, la alcalinidad es expresada en mg/L de CaCO_3 , las bases en mención son Hidróxido, Fosfato, Silicato, Borato, Bicarbonato, Carbonato y Amonio, en la mayoría de los estanques de cultivo de camarón los carbonatos y bicarbonatos son los compuestos que más contribuyen a la alcalinidad puesto que se forman grandes cantidades debido a la acción con el CO_2 , las aguas en ambientes naturales pueden ser alcalinas por las cantidades de hidróxido y carbonato y esto es un indicativo de determinada concentración algal (Claude, Tucker, & Somridhivej, 2016).

Las aguas con una elevada alcalinidad total poseen una excelente capacidad búfer frente a las variaciones de pH producidas por fitoplancton cuando este remueve el dióxido de carbono (CO_2) y asimismo poseen mayor número de almacenamiento de carbono aprovechable para el desarrollo de fitoplancton en comparación con aguas que poseen baja alcalinidad total (Furtado, Poersch, & Wasielesky, 2011).

La dureza total es la concentración de cationes divalentes en el agua, también expresada como CaCO_3 . Es importante señalar que tanto la alcalinidad como la dureza se expresan en las mismas unidades (mg/L como CaCO_3) aunque se refieran a propiedades del agua claramente diferentes. Los cationes divalentes más abundantes cationes divalentes en las aguas naturales son el calcio (Ca^{2+}) y el magnesio (Mg^{2+}). Algunas aguas contienen pequeñas cantidades de estroncio (Sr^{2+}), y agua anaeróbica o muy ácida puede contener concentraciones medibles de hierro ferroso (Fe^{2+}) y manganeso (Mn^{2+}). La dureza del agua puede expresarse como la contribución de iones individuales, por ejemplo, la dureza del calcio, y la contribución combinada de todos los iones se denomina dureza total (Boyd C. E., 2017).

La dureza del agua se define por el contenido de Ca y Mg, es un importante parámetro de calidad del agua para la acuicultura, ya que puede afectar a la producción de varias especies, los animales dependen del Ca^{2+} para la formación del esqueleto, la coagulación de la sangre y otras funciones celulares. La interacción de la dureza del agua con diferentes parámetros ha sido reportada por varios autores, así como sus efectos en la reducción de la toxicidad del NO_2 , el calcio juega un papel clave en la regulación de los iones mediante la reducción de la permeabilidad de las membranas biológicas (Neves, et al., 2022).

5.5 Potencial de hidrógeno (pH)

El término “pH” es una transformación matemática de la concentración de iones de hidrógeno (H^+); expresa convenientemente la acidez o basicidad del agua. La letra minúscula “p” se refiere a “potencia” o exponente, y el pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. Cada cambio de una unidad de pH representa un cambio de diez veces en la concentración de iones de hidrógeno. La escala de pH generalmente se representa con un rango de 0 a 14, pero el pH puede extenderse más allá de esos valores. A 25 °C, el pH 7,0 describe el punto neutro del agua en el que las concentraciones de iones de hidrógeno e hidroxilo (OH^-) son iguales (Tucker & D’Abramo, 2008).

Las condiciones se vuelven más ácidas a medida que el pH disminuye y más básicas a medida que aumenta el pH. En los ecosistemas de agua dulce, el pH puede fluctuar ampliamente dentro de los marcos de tiempo diarios y estacionales, y la mayoría de los animales de agua dulce han evolucionado para tolerar un rango relativamente amplio de pH ambiental. Sin embargo, los animales pueden estresarse o morir cuando se exponen a un pH demasiado alto o cuando el pH cambia rápidamente, incluso cuando el cambio ocurre dentro del rango de pH que normalmente permitido (Tucker & D’Abramo, 2008).

El pH no solo afecta directamente a los animales acuáticos, sino que la concentración de iones de hidrógeno también afecta el equilibrio del agua con respecto al amoníaco, el sulfuro de hidrógeno, el cloro y metales disueltos. La interacción del pH con estas variables suele ser más importante que el efecto directo del pH sobre los organismos acuáticos, es por eso que el agua se considera ácida cuando el pH es inferior a 7 y básica cuando el pH está por encima de 7, los valores de pH pueden variar de 0 a 14, pero el rango de pH recomendado para la acuicultura es de 6,5 a 9,0 (Wurts & Durborow, 1992).

5.6 Aplicación y tipos de Cal

Una extensa bibliografía ha aportado evidencias de los éxitos y fracasos del uso de cal en acuicultura a lo largo de los años. Conocido como encalado, esta forma de aplicación se ha utilizado para numerosos propósitos en esta industria. El encalado mejora la productividad del estanque, actúa como remediador para el suelo del fondo, proporciona cationes básicos y mejora la calidad del agua al aumentar la concentración de alcalinidad total y dureza (Fitrani, Wudtisin, & Kaewnern, 2020).

(Boyd C. , 2017) menciona que la cal es un producto que se utiliza comúnmente en la acuicultura para mejorar la calidad de agua o de suelo incrementando el pH ya que estos productos tienen la particularidad de aumentar la alcalinidad característica de las aguas saladas que es donde se practica la mayor parte de los cultivos acuícolas, existe tres tipos de cal los cuales son Carbonato de Calcio (CaCO_3), Oxido de Calcio (CaO) e Hidróxido de Calcio (Ca(OH)_2), esta última es el resultante de la hidratación del CaO , generando la siguiente reacción en la que interviene el agua y el CaO : $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$.

Se debe aplicar cal al agua cuando los valores de alcalinidad total, dureza total y pH son bajos, en aguas salobres de estanques de diferentes especies los valores están por encima de 50 mg/l y los materiales de encalado no se disuelven, el pH presenta valores de 7.5-8.5 y la alcalinidad puede perderse por reacciones en el suelo de estanques con suelos ácidos, pero generalmente esta se repone con el agua que ingresa mediante los recambios de agua (Wurts & Masser, 2013).

(Thunjai, Boyd, & Boonyaratpalin, 2004) sugiere que se debe aplicar cal agrícola al agua durante los primeros 50 a 60 días del cultivo del langostino, porque generalmente existen fluctuaciones del pH del agua durante esta fase lo cual puede alterar el desarrollo de una buena floración de plancton, no obstante en un investigación realizado por (Sá & Boyd, 2016) mencionan que los materiales calcáreos añadidos al agua de mar de los estanques de camaricultura a menudo no se disuelven en su totalidad, puesto que la mayoría de las veces el agua ya se encuentra con niveles altos de alcalinidad total, lo que genera dudas sobre la eficacia de los insumos calcáreos aplicados directos al agua.

Uno de los puntos importantes de la aplicación de cal es que favorece la descomposición de la materia orgánica por las bacterias del fondo, ya que ellas aportan el pH adecuado, la descomposición de la materia orgánica se eleva a un pH de 7,5 a 8,5. En el cultivo de peces, los estanques se dejan secar durante 2 a 4 semanas después de la cosecha para promover la

descomposición de la materia orgánica, por lo que el encalado promoverá la actividad microbiana para descomponer los microorganismos (Boyd C. , 2017).

5.6.1 **CaCO₃**

El carbonato de calcio de fórmula CaCO₃, es un compuesto químico de uso común en la acuicultura, es muy utilizado principalmente para el encalado en el campo debido a que este producto calcáreo tiene la capacidad de elevar el nivel de pH, esto quiere decir que tiene la capacidad de volver alcalina tanto al agua como al suelo en el cual se agregue este producto (Queiroz, et al., 2004).

La concentración de CaCO₃ en medio natural (agua salada) va a depender de su salinidad, pero se puede decir que en agua dulce la concentración de este compuesto es menor, por lo que el pH tiende a ser más ácido, el agua salada comúnmente suele estar cerca a la saturación de carbonato de calcio, y por esta razón, a menudo en los estanques de camarón no hay una correcta disolución de este compuesto cuando es agregado, por consiguiente al no haber una correcta disolución del CaCO₃ el pH no se incrementara drásticamente (Queiroz, et al., 2004).

5.6.2 **Ca(OH)₂**

Según (Boyd, 2003) el hidróxido de calcio o cal apagada es un producto químico utilizado para mejorar la calidad de agua para así obtener cambios de pH en los estanques acuícolas volviéndolos más alcalinos, este producto químico es muy utilizado para realizar los procesos de encalado en los estanques acuícolas, (Crosby, Nerrie, & Gregg, 2020) nos dice que la cal apagada al ser aplicada en el agua puede hacer que esta llegue a pH extremadamente elevados, se considera que agregando 66 kg de Ca(OH)₂ en un estanque con un volumen de agua de 7.500.000 L con un pH 5.5 el pH del agua aumentaría a 11.6 aproximadamente.

El hidróxido de calcio a menudo se usa en bajas concentraciones debido a su potente efecto en los estanques de camarones, pero en muchos casos su adición es esencial porque es necesario controlar las concentraciones de fitoplancton en los estanques. Lo que este químico produce en el agua es el aumento notorio del pH del agua y los niveles de calcio, lo que en realidad elimina los niveles de fosfato del agua en los estanques de acuicultura (Boyd C. , 2017). La solubilidad del Ca(OH)₂ en el agua es 0.12g/100mL a 30 °C, al ser aplicado directamente en el agua ocurre una disociación de este compuesto químico el cual es: $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$

5.7 Tratamiento de encalado en acuicultura

Según (Boyd, 2003), el encalado en estanques acuícolas es muy importante ya que tiene diversos beneficios en el estanque, los cuales son incrementar el pH del suelo y del agua con fines de desinfección del estanque o control algal y eliminación de fosfatos en el agua, cuando se realiza un encalado con fines de incrementar el pH (en agua con pH inferior a 7) lo que se busca es regresar a un pH estable o neutral en el agua del estanque y se deben de realizar análisis del mismo para saber qué cantidades aproximadas de cal se debe de aplicar por ha en el estanque de cultivo acuícola.

De esta misma forma (Boyd, 2003), nos da un estándar de kg/ha a aplicar de cal, esto va en función al pH del agua y suelo.

pH	Kg/ha de cal
>7	0
6.9-6.5	500kg
6.4-6.0	1000kg
5.9-5.5	2000kg
5.4-5.0	3000kg
<5	5000-10000kg

Tabla 1: Tasa de aplicación de cal

Fuente: (Boyd, 2003)

Otro método de encalado utilizado en el campo acuícola es la utilización de cal quemada CaO o cal hidratada Ca(OH)₂ con fines de desinfección del estanque, para tratamiento de desinfectar un estanque se debe aplicar 1000kg de CaO o 1500kg de Ca(OH)₂, este método es muy utilizado por su bajo costo y gran eficiencia, ya que de esta forma es posible reducir la posibilidad de que los organismos de cultivo contraigan enfermedades por la presencia de patógenos en el agua y suelo del estanque, se aplican estas dos sustancias antes mencionadas para poder aumentar el pH >10 para de esta forma matar a todos los patógenos presentes en el cultivo (Crosby, Nerrie, & Gregg, 2020).

6 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Materiales y equipos

Materiales

- Tachos de plástico (unidad experimental)
- Probeta graduada
- Papel aluminio
- Libreta
- Etiquetas
- Esferos

Sustancias

- Carbonato de calcio
- Hidróxido de calcio
- Agua de salada
- Agua dulce
- Agua salobre

Equipos

- Balanza
- Gramera
- Ph-metro
- Oxígeno-metro

6.2 Metodología

Para la presente investigación se llevó a cabo la siguiente metodología:

6.2.1 Ubicación y caracterización del Área Experimental

Este proyecto se lo realizó en el laboratorio de “Suelo” a una temperatura de 23 °C, el cual se encuentra ubicado en la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, Av. Panamericana Km. 5 1/2 Vía a Pasaje con coordenadas 3°17'28.1"S 79°54'50.7"W.



Figura 1: Lugar donde se realizó el experimento

6.2.2 Diseño experimental

Se realizó un Experimento Factorial Completamente al Azar, en el cual se utilizaron cinco unidades experimentales, donde una correspondía al control, se trabajó con cuatro factores de estudio el tipo de agua (agua dulce, salada y salobre), el producto calcáreos (carbonato de calcio e hidróxido de calcio), la dosis de producto carbonatado en gramos (0,1; 0,2; 0,4; 0,8) y el tiempo en minutos (0, 10, 30).

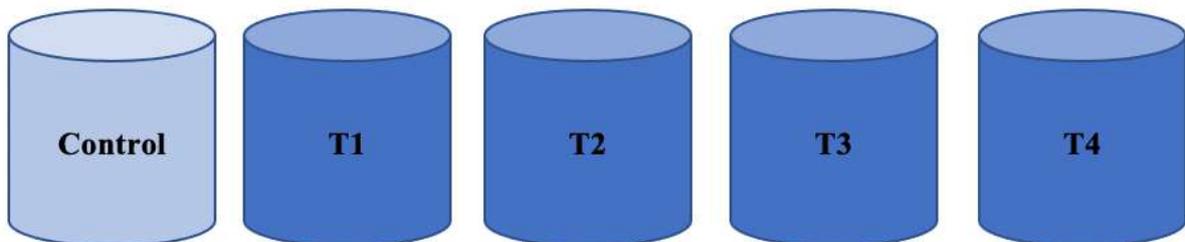


Figura 2: Unidades experimentales

6.2.3 Especificidad del diseño

Este experimento se lo realizó en una semana y para este ensayo se necesitó 5 tachos de plástico las cuales tenían las siguientes dimensiones de 14 cm de alto con un radio de 6,75 cm, con un volumen total de 1.5 L. La altura de agua que se utilizó en el ensayo es de 9 cm hasta el espejo de agua, con un volumen total de agua de 1 L.

6.2.4 Tratamientos

Los tratamientos de cada factor de estudio se detallan en la siguiente tabla.

Factores de estudio	Tipos de agua	1 Agua dulce
		2 Agua salada
		3 Agua salobre
	Productos calcáreos	Carbonato de calcio
		Hidróxido de calcio
	Tiempo (minutos)	0
		10
		30
	Dosis de producto Calcáreos (g)	0,1
		0,2
		0,4
		0,8

Tabla 2 Factores de estudio

6.2.5 Manejo del experimento

En primer lugar, se procedió a limpiar el área de trabajo, ya que se necesitará de un lugar amplio y limpio para realizar el experimento, esto se lo realizó con una franela y cloro. Una vez limpiada el área de trabajo se continuo con la limpieza de los frascos que serían las unidades experimentales, estos fueron lavados con detergente y abundante agua con la finalidad de que no queden residuos que afecten los resultados del experimento.

Luego se procedió a pesar las diferentes dosis de carbonato de calcio e hidróxido de calcio con ayuda de una balanza electrónica, se tomaron dosis de 0,1 g; 0,2 g; 0,4; g y 0,8 g; de cada uno de los productos calcáreos los cuales fueron colocados en láminas de papel para su fácil dosificación a cada uno de los frascos con el tipo de agua.

Posteriormente se utilizó una probeta de vidrio como instrumento para medir 1 litro de agua salada, y de esta forma las mediciones sean exactas.

Una vez obtenido 1 litro de agua salada en la probeta se la coloca en el frasco, realizando esta acción con el resto de los frascos.

Una vez colocada el agua salada en cada frasco se proceden a colocar las etiquetas, para evitar tener equivocaciones, tomando en cuenta la dosis de producto carbonatado que se va a agregar.

Consecutivamente se coloca la dosis correspondiente en cada frasco, el primer tacho correspondía al control del experimento, en el segundo tacho se colocó la dosis de carbonato de calcio de 0,1 gr, en el tercero 0.2 gr, en el cuarto 0,4 gr y en el quinto 0,8 gr. Una vez colocada las dosis se procedió con la medición de pH utilizando un pH-metro y oxígeno disuelto con la ayuda de un oxígeno-metro.

Obtenido los primeros resultados se vuelve a tomar la medida de estas dos variables a los 10 minutos, y luego a los 30 min. Teniendo así los resultados de tres intervalos de tiempo.

Finalmente se procede a registrar los datos obtenidos del pH y Oxígeno disuelto en una libreta de apuntes.

La misma operación se realizó con los tipos de agua faltante (agua de pozo y agua salobre).

6.2.6 Variables a medir

Para este diseño experimental las variables que se midieron fue pH, y oxígeno disuelto.

6.3 PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO

Para procesar la información de diseño experimental se utilizó el Software SPSS 25 versión de prueba para Windows, mediante la función Modelo general lineal.

6.3.1 Caracterización de la distribución de datos

Para caracterizar la distribución de datos de las variables dependientes, se estimaron las medidas de tendencia, central, de dispersión y curtosis.

6.3.2 Verificación de los Requisitos para una Prueba Paramétrica

Para contrastar las hipótesis de normalidad, estamos dispuestos a aceptar un error del 5 %, es decir limitamos la posibilidad de cometer un error del tipo I, en $\alpha = 0.05$.

6.3.2.1 Verificación de la normalidad de datos

Planteó que H_0 sigue la distribución similar a la distribución normal y H_1 no sigue la distribución similar a la distribución normal. Se trabajó con un nivel de significancia de 0.05 (5%) y cuando p-valor sea menor a alfa se aceptará H_1 , en caso de ser mayor a alfa se aceptará H_0 .

Para verificar el requisito de normalidad de datos para las variables pH y oxígeno disuelto se utilizó la prueba de normalidad en donde se trabajó con Shapiro-Wilk debido a que las muestras tiene menos de 50 datos (Pagano, 2006).

6.3.2.2 Verificación de homogeneidad de varianzas

Planteo que H_0 se asumen la homogeneidad de las varianzas y H_1 no se asumen la homogeneidad de varianzas. Se trabajó con un nivel de significancia de 0.05 (%) y cuando p-valor sea menor que a alfa se aceptará H_1 , en caso de ser mayor a alfa se aceptará a H_0 .

Para verificar el requisito de homogeneidad de varianzas para las variables pH y oxígeno disuelto se utilizó la prueba de homogeneidad de varianzas donde se trabajó con el Test de Levene.

6.3.2.3 Diferencias significativas o no entre tratamiento en función de la variable dependiente

Para analizar los datos de los efectos de interacción entre tipo de agua y productos calcáreos, tipo de agua y dosis, tipo de agua y momento se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) factorial intergrupos donde se planteó H_0 no hay interacción entre los tratamientos y H_1 hay interacción entre los tratamientos. Se trabajó con un nivel de significancia de 0.05 (5%) y cuando p-valor sea menor a alfa se aceptará H_1 , en caso de ser mayor a alfa se aceptará H_0 . Al existir interacción entre los tratamientos de los factores de estudio, se llevó a cabo un análisis de los datos de las combinaciones entre los tratamientos de los factores de estudio mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor intra grupos donde H_0 representa que las medias de las interacciones son las mismas, en cuanto H_1 indica que al menos una media de las interacciones es distinta. Al no haber interacción entre los tratamientos de los factores de estudio, se realizó un análisis estadístico de los datos del efecto de cada tratamiento del factor de estudio individualmente (Agua, Dosis, Momento o Producto Carbonatado) por medio de ANOVA factorial intra grupos. Para determinar el mejor tratamiento para las medias de pH y Oxígeno disuelto (mg/L) se realizaron Pruebas Post-Hoc Duncan.

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Resultados

7.1.1 pH del Agua

Mediante el análisis de la distribución de datos para el pH de la muestra de agua dulce, fue posible establecer que posee un promedio 8.49 con una desviación estándar de 0.16, además se observó, que posee asimetría positiva, ya que el coeficiente de asimetría fue 0.133, en lo que respecta a la curtosis se observa que la distribución de datos es más apuntada de la normal, corroborando esta hallazgo con un coeficiente de curtosis que obtuvo un valor de 1.24, la tabla 1, resume los estadísticos de esta muestra.

En los que respecta al resumen de los estadísticos de las muestras de pH, para el agua salada y salobre, estos demuestran resultados en medidas de tendencia central similares a la muestra de agua dulce, con una leve disminución de la dispersión y con características de apuntamiento y forma similares. En el anexo (14) se puede corroborar la lista de descriptivos.

Tabla 3: Tabla estadística descriptiva de la variable pH agua dulce.

Variable	Tipo de Agua		Estadístico	Desv. Error	
pH	Dulce	Media	8,4867	,02950	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	8,4263	
			Límite superior	8,5470	
		Media recortada al 5%	8,4881		
		Mediana	8,4500		
		Varianza	,026		
		Desv. Desviación	,16155		
		Mínimo	8,06		
		Máximo	8,86		
		Rango	,80		
		Rango intercuartil	,18		
		Asimetría	,133	,427	
		Curtosis	1,238	,833	

7.1.2 Frecuencia del Oxígeno disuelto del Agua

El oxígeno disuelto en agua dulce muestra un promedio de 6.05 ml/l, con una desviación estándar de 0.3716, además se observó, que posee asimetría positiva, ya que el coeficiente de asimetría fue 0.218, en lo que respecta a la curtosis se observa que la distribución de datos

es menos apuntada de la normal, corroborando esta hallazgo con un coeficiente de curtosis que obtuvo un valor de -1.74, la tabla 2, resume los estadísticos de esta muestra.

En los que respecta al resumen de los estadísticos de las muestras de oxígeno disuelto, para el agua salada y salobre, estos demuestran resultados en medidas de tendencia central y dispersión similares a la muestra de agua dulce, con medidas de forma similares, exceptuando la curtosis que es diferente a la muestra de agua dulce. El anexo (13) se puede corroborar la lista de descriptivos.

Tabla 4: Tabla estadística descriptiva de la variable oxígeno disuelto en el agua (mg/l).

Oxígeno disuelto (mg/l)	Dulce	Media		6,051	,0678	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		5,912	
			Límite superior		6,190	
		Media recortada al 5%		6,042		
		Mediana		6,100		
		Varianza		,138		
		Desv. Desviación		,3716		
		Mínimo		5,4		
		Máximo		7,0		
		Rango		1,6		
		Rango intercuartil		,6		
		Asimetría		,218	,427	
		Curtosis		-,174	,833	

7.1.3 Prueba de normalidad para las muestras de pH y oxígeno disuelto

7.1.3.1 pH del Agua

La tabla 3, nos proporciona el resumen de la prueba de normalidad, al tener una muestra inferior a 50 datos, tomaremos la columna para el test de Shapiro-Wilk, en ella podemos observar que las muestras de pH para agua dulce y salada no se distribuyen de forma normal ya que presentan un p-valor inferior al nivel alfa asumido 0.05, además el p-valor para la muestra de agua salada es mayor a 0.05 mostrando normalidad en los datos.

En la misma tabla 3, se observa que las muestras de oxígeno disuelto para los tres tipos de agua se distribuyen de forma normal ya que en la columna etiquetada con el test de Shapiro-Wilk, se observa un p-valor mayor que el nivel de error asumido.

Tabla 5: Prueba de normalidad del tratamiento tipo de agua a las variables pH y oxígeno disuelto (mg/L).

Pruebas de normalidad							
	Tipo de Agua	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	Dulce	,174	30	,020	,926	30	,040
	Salada	,190	30	,007	,874	30	,002
	Salobre	,096	30	,200 [*]	,943	30	,106
Oxígeno disuelto (mg/l)	Dulce	,122	30	,200 [*]	,951	30	,179
	Salada	,141	30	,131	,944	30	,114
	Salobre	,159	30	,051	,958	30	,280

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

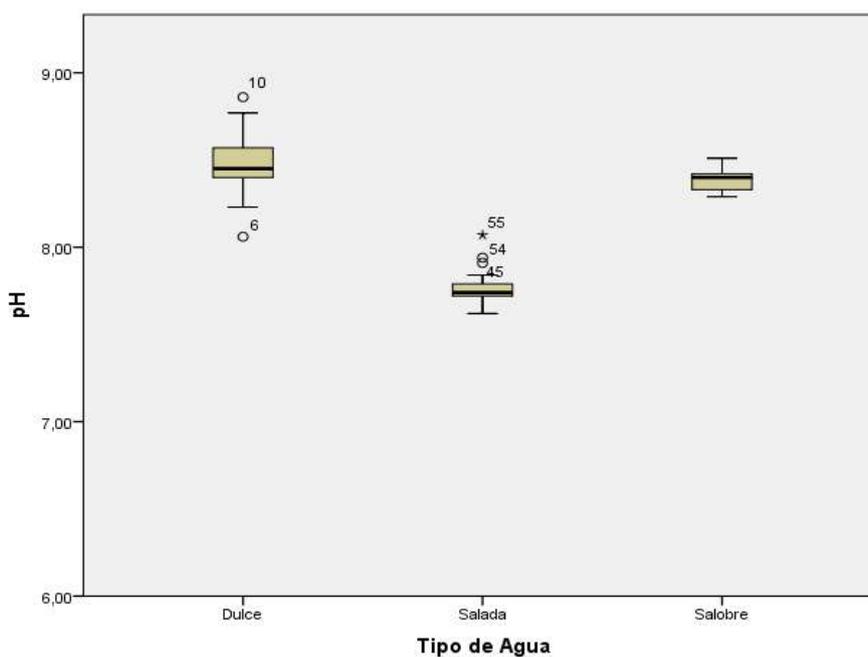


Figura 3: Diagrama de cajas del tratamiento Tipo de Agua en la variable pH.

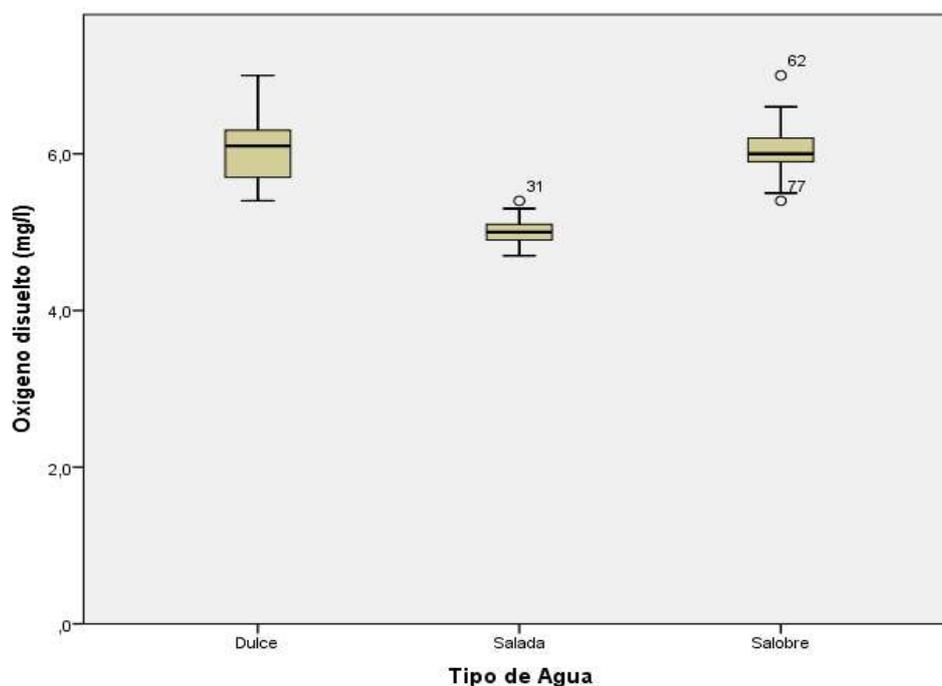


Figura 4: Diagrama de cajas del tratamiento tipo de agua en relación a la variable Oxígeno Disuelto.

7.1.4 Prueba de Homogeneidad de Varianzas muestras de pH y oxígeno disuelto

A partir de los datos observados en la tabla 4, es posible concluir que no se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas para las muestras de pH y oxígeno disuelto, ya que se registra un p-valor para todas las muestras inferior al nivel de error asumido 0.05.

Tabla 6: Prueba de normalidad del Tratamiento tipo de agua en la variable pH.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
		F	Sig.
pH	Se asumen varianzas iguales	5,199	,026
	No se asumen varianzas iguales		
Oxígeno disuelto (mg/l)	Se asumen varianzas iguales	25,093	,000
	No se asumen varianzas iguales		

Los resultados de las pruebas de normalidad y homocedasticidad, son violados, en para las muestras de pH y oxígeno disuelto, el análisis de varianza es una prueba robusta. Ésta se afecta en forma mínima por las violaciones a la normalidad poblacional. También es relativamente insensible a las violaciones a la homogeneidad de la varianza, siempre que las muestras sean del mismo tamaño (Vallejo, Fernández, & Rojas, 2010)

7.1.5 Efecto de interacción entre los factores, productos calcáreos y tipos de agua

7.1.5.1 Efecto de interacción entre los factores, productos calcáreos y tipo agua en función del pH

Obteniendo un p-valor menor al nivel alfa, se demuestra con una confiabilidad del 95% , que existe efecto de interacción de dependencia, entre el tratamiento tipo de agua dulce, salada y salobre con los productos calcáreos $CaCO_3$ y $Ca(OH)_2$ sobre la variable pH demostrado en la Tabla 7.

En la tabla 8, se puede apreciar que el promedio para la combinación agua dulce $Ca(OH)_2$ (1-2), fue el mejor, dato que se corrobora con los hallazgos (Sá & Boyd, 2016).

Tabla 7: Análisis de varianza factorial Inter grupo del efecto de interacción entre los tratamientos tipo de agua y productos calcáreos en el pH.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	10,066 ^a	23	,438	52,380	,000
Interceptación	6068,175	1	6068,175	726253,168	,000
Tipo_Agua * Productos	,189	2	,095	11,314	,000

Tabla 8: Análisis estadístico de los datos de pH del agua obtenidos por la combinación de los tratamientos tipo de agua y productos calcáreos.

Descriptivos					
pH					
Tratamiento Tipo de agua-Producto Calcáreos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media
					Límite inferior
Agua dulce- $CaCO_3$ (1-1)	15	8,4060	,05804	,01499	8,3739

Agua dulce- $Ca(OH)_2$ (1-2)	15	8,5673	,19170	,04950	8,4612
Agua Salada- $CaCO_3$ (2-1)	15	7,7587	,13346	,03446	7,6848
Agua Salada- $Ca(OH)_2$ (2-2)	15	7,7527	,03081	,00796	7,7356
Agua Salobre- $CaCO_3$ (3-1)	15	8,4173	,06628	,01711	8,3806
Agua Salobre- $Ca(OH)_2$ (3-2)	15	8,3653	,05397	,01393	8,3354
Total	90	8,2112	,34540	,03641	8,1389

7.1.6 Efecto de interacción entre el tratamiento tipo agua y productos calcáreos en el Oxígeno Disuelto (mg/L) en el Agua

Se puede observar en la tabla 9 que la interacción de los factores tipo de agua vs productos carbonatados en función del oxígeno disuelto, es significativa, por lo tanto, se concluye a un nivel de confianza del 95%, que las variables son dependientes.

Tabla 9: Análisis de varianza factorial inter-grupo del efecto de interacción entre los tratamientos tipo de agua y productos calcáreos para el valor de Oxígeno disuelto (mg/L).

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	27,534 ^a	23	1,197	23,895	,000
Interceptación	2923,302	1	2923,302	58348,28	,000
Tipo Agua * Productos	3,400	2	1,700	33,928	,000

Los estadísticos de resumen, para la interacción entre los tratamientos, tipo agua, productos calcáreos, en función del Oxígeno disuelto, se pueden visualizar en la tabla 8, la combinación Agua dulce- $Ca(OH)_2$ (1-2) fue la mejor con un promedio de oxígeno disuelto de 6.23 (mg/l).

Tabla 10: Análisis estadístico de los datos de oxígeno disuelto obtenidos por la combinación de los tratamientos tipo de agua y productos calcáreos.

Descriptivos						
Oxígeno Disuelto						
Tratamiento Tipo de agua-Producto calcáreos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	
Agua dulce- $CaCO_3$ 1-1	15	5,749	,2114	,0546	5,632	
Agua dulce- $Ca(OH)_2$ 1-2	15	6,353	,2134	,0551	6,235	

Agua Salada- $CaCO_3$ 2-1	15	5,067	,1496	,0386	4,984
Agua Salada- $Ca(OH)_2$ 2-2	15	4,913	,1246	,0322	4,844
Agua Salobre- $CaCO_3$ 3-1	15	6,193	,3105	,0802	6,021
Agua Salobre- $Ca(OH)_2$ 3-2	15	5,920	,3364	,0868	5,734
Total	90	5,699	,5887	,0621	5,576

7.1.7 Efectos de interacción entre el tratamiento producto calcáreos, tipo de agua en diferentes momentos de medición, en función del oxígeno disuelto.

La interacción entre los productos calcáreos, tipo de agua en diferentes momentos de medición, en función del oxígeno disuelto es significativa con p-valor de 0.015, lo cual nos indica que existe una relación entre estas variables, los resultados se pueden observar en la tabla 11.

Tabla 11: Análisis de varianza factorial inter-grupo del efecto de interacción entre los productos calcáreos vs oxígeno disuelto.

Pruebas de efectos inter-sujetos			
Origen	Variable dependiente	F	Sig.
Modelo corregido	Oxígeno disuelto (mg/l)	36,976	,000
	pH	58,114	,000
Intersección	Oxígeno disuelto (mg/l)	66406,821	,000
	pH	605774,256	,000
	pH	,448	,773
Tipo_agua*Dosis	Oxígeno disuelto (mg/l)	3,299	,015
	pH	1,532	,202

En la tabla 12 se puede observar las pruebas post hoc de Bonferroni y HDS Tukey establece que el oxígeno disuelto en el agua dulce es diferente en el agua salada, además no existe diferencias en oxígeno disuelto en agua dulce y salobre, observándose lo contrario entre agua salada y salobre, con relación a los momentos de medición se observa claramente que el oxígeno disuelto en 10 minutos es diferente al observado a los 30 minutos, la tabla 13 resumen el contraste entre los productos calcáreos, los resultados establecen que no existe diferencias observables entre el pH y el oxígeno disuelto en las muestras de agua dulce y salada.

Tabla 12: Pruebas post hoc de HDS Tukey y Bonferroni del tratamiento tipo de agua entre oxígeno disuelto.

Variable dependiente		(I) Tipo de agua	(J) Tipo de agua	Desv. Error	Sig.
Oxígeno disuelto (mg/l)	HSD Tukey	Dulce	Salada	,0542	,000
			Salobre	,0542	,994
		Salada	Dulce	,0542	,000
			Salobre	,0542	,000
		Salobre	Dulce	,0542	,994
			Salada	,0542	,000
	Bonferroni	Dulce	Salada	,0542	,000
			Salobre	,0542	1,000
		Salada	Dulce	,0542	,000
			Salobre	,0542	,000
		Salobre	Dulce	,0542	1,000
			Salada	,0542	,000

Tabla 13: Pruebas post hoc de HDS Tukey y Bonferroni del tratamiento oxígeno disuelto y momento de medición.

Variable dependiente		(I) Momentos de medición	(J) Momentos de medición	Sig.
Oxígeno disuelto (mg/l)	HSD Tukey	0 min	10 min	,299
			30 min	,348
		10 min	0 min	,299
			30 min	,014
		30 min	0 min	,348
			10 min	,014
	Bonferroni	0 min	10 min	,418
			30 min	,500
		10 min	0 min	,418
			30 min	,015
		30 min	0 min	,500
			10 min	,015

7.1.8 Efecto de interacción entre el tratamiento tipo agua y dosis de los calcáreos.

7.1.8.1 Efecto de interacción entre el tratamiento tipo agua y dosis de los calcáreos en el pH del agua.

El análisis estadístico revela que no hubo significancia estadística entre el contraste tipo de agua vs dosis en función del pH, el resumen de estos resultados es observable en la tabla 14, lo que significa que existe independencia estadística.

Tabla 14: Análisis de varianza factorial Inter grupo del efecto de interacción entre los tratamientos tipo de agua y dosis de productos calcáreos en el pH y oxígeno disuelto.

Pruebas de efectos inter-sujetos			
Origen	Variable dependiente	F	Sig.
Modelo corregido	Oxígeno disuelto (mg/l)	17,102	,000
	pH	61,902	,000
Intersección	Oxígeno disuelto (mg/l)	29803,594	,000
	pH	538160,245	,000
Tipo_agua*Dosis	Oxígeno disuelto (mg/l)	,785	,617
	pH	,698	,692

7.1.8.2 Descripción estadística del tratamiento del tipo de agua vs dosis productos calcáreos en función del oxígeno disuelto.

Dado el p-valor es mayor que el nivel alfa para el contraste tipo de agua vs dosis en función del oxígeno, se concluye que no podemos rechazar la hipótesis nula, en otras palabras las variables son independientes, este resultado también lo podemos observar en la tabla 11.

7.2 DISCUSIÓN

El encalado es una práctica muy común en la mayoría de las piscinas camaroneras del Ecuador, se utilizan estos productos con la finalidad de estabilizar el pH, mejorar la calidad del agua, aumentar la alcalinidad total (AT) y la dureza, sin embargo, (Sá & Boyd, 2017) mencionan que los materiales de encalado tienen una baja solubilidad en el agua y necesitan CO_2 para acelerar su disolución, por lo que muchas de las veces se hace necesario intervenir en la química del agua para el equilibrio del estanque.

En el presente trabajo realizado se pudo observar que la mejor combinación de tratamiento entre tipo de agua y producto carbonatado fue el agua dulce y el Ca(OH)_2 donde se observó que el pH se alteró notablemente en comparación del agua salobre y salada, similar a los hallazgos encontrados por (Sá & Boyd, 2016), mencionan en su investigación que el carbonato de calcio no se disuelve en el agua de mar, mientras que en el hidróxido de calcio a mayor sea la cantidad mayor es el aumento de pH, sin embargo, el aumento del pH del agua es pequeño demostrando ser un proceso ineficiente.

De acuerdo con los resultados obtenidos fue posible demostrar en el presente estudio, que los productos calcáreos no provocaron un gran aumento del pH en las muestras de agua salada, en comparación con el agua dulce y salobre. Al igual que el trabajo realizado por (Sá & Boyd, 2017) donde mencionan que además de la alcalinidad, también debe tenerse en cuenta la salinidad del agua a la hora de decidir el encalado en los estanques acuícolas.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Se determinó que existe interacción entre el tipo de agua y el producto calcáreo en función del pH, demostrando que la mejor combinación de tratamiento entre el tipo de agua y el producto calcáreo fue la de Agua dulce- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con un pH de 8,46 del agua, es decir que los productos calcáreos no provocaron un aumento considerable del pH en las muestras de agua salobre y salada.

En cuanto a la interacción entre producto calcáreo y el tipo de agua en función del oxígeno disuelto se pudo evidenciar que la mejor combinación del tratamiento fue el agua dulce y el $\text{Ca}(\text{OH})_2$, mientras que los mejores momentos de medición para el oxígeno disuelto fueron los de 30 y 0 minutos, las medidas del oxígeno disuelto en las dosis, 0.1, 0.2, 0.4 y 0.8 son iguales, concluyendo así que el tratamiento de la dosis no va a influir en el resultado de oxígeno disuelto y que los mejores momentos de medición para el pH son 10 y 30 minutos, no demostrando diferencias.

8.2 Recomendaciones

- La tasa de encalado de los estanques debe basarse en un análisis de alcalinidad total del agua antes de aplicar material calcáreo como tratamiento para aumentar el pH en el agua.
- Realizar pruebas en aguas salobres y salinas con alcalinidades inferiores a 60-80 mg/L, así mismo, en agua dulce con alcalinidad superior a 80-100 mg/L.
- Se recomienda para futuras investigaciones analizar el efecto de la salinidad del agua sobre la solubilidad de insumos calcáreos.

9 BIBLIOGRAFÍA

1. Tucker, C. S., & D'Abramo, L. R. (2008). *Managing high pH in freshwater ponds*. Stoneville: Southern Regional Aquaculture Center.
2. Twain, M. (2009). Crónicas del agua. *Vida científica*, 1, 92-105.
3. Perez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 3 - 14.
4. Freitas, F. (2015). La calidad del agua y las buenas prácticas en acuicultura. *DIVULGACIÓN ACUÍCOLA*(23), 19-25. Recuperado el 7 de Diciembre de 2019, de <https://www.balnova.com/el-agua-y-la-camaronicultura-parte-iii/>
5. Wurts, W., & Masser, M. (2013). Liming Ponds for Aquaculture. *SRAC*(4100), 1-5.
6. Crosby, D., Nerrie, B., & Gregg, C. (2020). Liming Farm and Recreational Ponds. *Virginia Cooperative Extension*, 1-4.
7. Quituisaca, A., & Arturo, J. (2016). *Caracterización del agua subterránea para uso en actividades productivas y humanas en el cantón Pasaje 2014*. Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala, Machala. Recuperado el 7 de Diciembre de 2019, de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2692/1/CD409_TESIS.pdf
8. Vergara, P. (16 de Marzo de 2014). *Proceso de interacción agua-roca, variaciones geoquímicas de aguas subterráneas en el proyecto Sierra Gorda, Región de Antofagasta*. Tesis, Universidad de Chile.
9. Wurts, W., & Durborow, R. (1992). Interactions of pH, Carbon Dioxide, Alkalinity and Hardness in Fish Ponds. *Southern Regional Aquaculture Center*(464).
10. Boyd, C. E., & Hanson, T. (2010). Dissolved-oxygen concentration in pond aquaculture. *Global aquaculture advocate*, 40-41.
11. Boyd. (2003). Bottom Soil and Water Quality Management in Shrimp Ponds. *Appl. Aquac.*, 13(1-2), 11-33 http://dx.doi.org/10.1300/J028v13n01_02.
12. Poonam, T., Tanushree, B., & Sukalyan, C. (2013). WATER QUALITY INDICES- IMPORTANT TOOLS FOR WATER QUALITY ASSESSMENT: A REVIEW.

- International Journal of Advances in Chemistry (IJAC)*, 1(1), 15-28. doi: 10.5121/ijac.2015.1102.
13. Marcus, Y. (2009). Effect of Ions on the Structure of Water: Structure Making and Breaking. *Chemical Reviews*, 109(3), 1346–1370. doi: 10.1021/cr8003828.
 14. Alba, F., & Hernández, N. (2015). El agua dulce en el presente y futuro de México. *CESOP*(206), 1-41. doi:10.13140/RG.2.2.10381.33764.
 15. Sharp, K. (2001). Water: Structure and Properties. *eLS*, 1-7. doi:10.1038/npg.els.0003116.
 16. Jeldres, R., Piceros, E., Valenzuela, J., & Robles, P. (2019). Remoción de Calcio y Magnesio en Agua de Mar para Mejorar la Concentración de Sólidos en la Descarga de Espesadores. *Información tecnológica*, 30(5), 291-298. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500291> .
 17. Gómez, H. R., & Escobar, E. A. (2019). *LA CALIDAD DEL AGUA Y LA PRODUCTIVIDAD DE UN ESTANQUE EN ACUICULTURA*. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Acuicultura. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Recuperado el 7 de Diciembre de 2019, de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34940>
 18. Hok, H., Teh, S., Lee, E., Tan, W., Sagathevan, K., & Low, A. (2018). Derivation of optimal fish stocking density via simulation of water quality model E2Algae. *AIP Conference Proceedings*, 1974(1), 020042-7. <https://doi.org/10.1063/1.5041573>.
 19. Claude, B., Tucker, C., & Somridhivej, B. (2016). Alkalinity and Hardness: Critical but Elusive Concepts in Aquaculture. *JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY*, 47(1), 6-41. doi: 10.1111/jwas.12241.
 20. Furtado, P., Poersch, L., & Wasielesky, W. (2011). Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture*, 321(1-2), 130-135. doi:10.1016/j.aquaculture.2011.08.034.
 21. Fitrani, M., Wudtisin, I., & Kaewnern, M. (2020). The impacts of the single-use of different lime materials on the pond bottom soil with acid sulfate content. *Aquaculture*, 527, 735471. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735471>.

22. Thunjai, T., Boyd, C., & Boonyaratpalin, M. (2004). Quality of liming materials used in aquaculture in Thailand. *Aquaculture International*(12), 161-168. doi:10.1023/B:AQUI.0000032062.89145.5b .
23. Boyd, C. (2017). Use of agricultural limestone and lime in aquaculture. *CAB Reviews*, 12(15), 1-10. doi:10.1079/PAVSNNR201712015. Recuperado el 4 de Febrero de 2020
24. Queiroz, J., Nicolella, G., Wood, C., & Boyd, C. (2004). Lime application methods, water and bottom soil acidity in fresh water fish ponds. *Scientia Agricola*, 61(5), 469-475. doi:10.1590/S0103-90162004000500001 .
25. Arboleda, A. (2006). Limnología aplicada a la acuicultura - (Limnology applied to the aquaculture). *Revista electronica de veterinaria*, 7(11), 1-23. ISSN 1695-7504.
26. Alarcon, S. G., León, J., Fierro, J., Ramírez, J., Fregoso, M., Frías , M., . . . Páez, F. (2021). Water quality, water usage, nutrient use efficiency and growth of shrimp *Litopenaeus vannamei* in an integrated aquaponic system with basil *Ocimum basilicum*. *Aquaculture*, 543, 737023. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737023>.
27. Brands, E., Rajagopal, R., Eleswarapu, U., & Li, P. (2017). Groundwater. *The International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*(1-17. <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0677>).
28. Elango, L., & Kannan, R. (2007). Chapter 11 Rock–water interaction and its control on chemical composition of groundwater. *Developments in Environmental Science*, 5, 229-243. [https://doi.org/10.1016/S1474-8177\(07\)05011-5](https://doi.org/10.1016/S1474-8177(07)05011-5).
29. Pagano, R. R. (2006). *Estadística para las ciencias del comportamiento*. Cengage Learning Editores S.A. de C.V.
30. Shaltami, O., & Bustany, I. (2021). WATER QUALITY – A REVIEW . *International Symposium on Geosciences (ISG2021)* , 56-62.
31. Eisenberg, D., & Kauzmann, W. (2005). *The Structure and Properties of Water*. New York: Oxford University Press.
32. Kim, S.-K., Venkatesan, J., & Sudha, P. (2011). *Marine Cosmeceuticals: Trends and Prospects*. (S.-K. Kim, Ed.) CRC Press.

33. Vallejo, G., Fernández, P., & Rojas, P. (2010). Pruebas robustas para modelos ANOVA de dos factores con varianza heterogéneas . *Psicológica*, 31(1), 129-148. ISSN: 0211-2159.
34. Bhateria, R., & Jain, D. (2016). Water quality assessment of lake water: a review. *Sustainable Water Resources Management*, 2(1), 161-173. doi:10.1007/s40899-015-0014-7.
35. Sá, M. V., & Boyd, C. E. (2017). Role of salinity in the dissolution rates of CaCO₃ and its implications for aquaculture liming. *Aquaculture Research*, 1-6. <https://doi.org/10.1111/are.13489>.
36. Sá, M., & Boyd, C. E. (2016). Dissolution rate of calcium carbonate and calcium hydroxide in saline waters and its relevance for aquaculture. *Aquaculture*, 469, 102-105. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.11.033>.
37. Sá, M., & Boyd, C. E. (2017). Dissolution rate of calcium carbonate and calcium hydroxide in saline waters and its relevance for aquaculture. *Aquaculture*, 469, 102-105. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.11.033>.
38. Boyd, C. E. (2017). Chapter 6 - General Relationship Between Water Quality and Aquaculture Performance in Ponds. *Fish Diseases* , 147-166. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804564-0.00006-5>.
39. Neves, G., Presa, L. S., Maltez, L. C., Monserrat, J. M., & Garcia, L. (2022). Calcium carbonate addition reduces nitrite toxic effects in pacu *Piaractus mesopotamicus* juveniles. *Aquaculture*, 547, 7347444. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737444>.
40. Nindarwi, D. D., Rochman, A. N., Tsany, M. R., Rachmawati, V., & Masithah, E. D. (2019). STUDY OF CALCIUM HYDROXIDE (Ca(OH)₂) AND SODIUM BICARBONATE (NaHCO₃) TREATMENT ON THE DYNAMICS OF pH, COD, N/P RATIO AND PLANKTON ABUNDANC. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 8(2), 72-79. <http://dx.doi.org/10.20473/jafh.v8i2.12428>.
41. Boyd, C. E., Torrans, E., & Tucker, C. S. (2017). Dissolved Oxygen and Aeration in Ictalurid Catfish Aquaculture. *JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY*, 1(49), 7-70. doi: 10.1111/jwas.12469.

42. Salazar, D. R., Acuña, R. S., Maestre, R. B., & Salazar, A. N. (2021). RECAMBIO DE AGUA, SU EFECTO SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y CRECIMIENTO EN JUVENILES DE TILAPIA ROJA. *ESPAMCIENCIA para el agro*, 12(1), 8-16. ISSN:1390-8103.
43. Prangnell, D. I., & Samocha, T. M. (2019). Disease and Biosecurity. *Sustainable Biofloc Systems for Marine Shrimp*, 219-241. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818040-2.00012-5>.
44. Brooks, B. W., & Conkle, J. L. (2019). Commentary: Perspectives on aquaculture, urbanization and water quality☆. <https://www.sciencedirect.com/journal/comparative-biochemistry-and-physiology-part-c-toxicology-and-pharmacology>, 217, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2018.11.014>.

10 ANEXOS



Figura 5 pH-metro



Ilustración 6 Productos calcáreos utilizados



Ilustración 7 Medición de pH.



Ilustración 8 Toma de muestra de oxígeno disuelto.



Ilustración 9 Medición de producto calcáreo.



Ilustración 10 Combinación de carbonato de calcio con agua salada.



Ilustración 11 Medición de agua dulce.



Ilustración 12 Tratamiento de agua salada con dosis de hidróxido de calcio.

Descriptivos							
Tipo de Agua			Desv. Error				
Oxígeno disuelto (mg/l)	Dulce	Curtosis	,833				
		Media	,0678				
		95% de intervalo de confianza para la media	<table border="0"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite inferior</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite superior</td> <td></td> </tr> </table>	Límite inferior		Límite superior	
	Límite inferior						
	Límite superior						
	Media recortada al 5%						
	Mediana						
	Varianza						
	Desv. Desviación						
	Mínimo						
	Máximo						
	Rango						
	Rango intercuartil						
	Asimetría	,427					
	Curtosis	,833					
	Salada	Media	,0285				
		95% de intervalo de confianza para la media	<table border="0"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite inferior</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite superior</td> <td></td> </tr> </table>	Límite inferior		Límite superior	
		Límite inferior					
	Límite superior						
Media recortada al 5%							
Mediana							
Varianza							
Desv. Desviación							
Mínimo							
Máximo							
Rango							
Rango intercuartil							
Asimetría	,427						
Curtosis	,833						
Salobre	Media	,0634					
	95% de intervalo de confianza para la media	<table border="0"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite inferior</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite superior</td> <td></td> </tr> </table>	Límite inferior		Límite superior		
	Límite inferior						
Límite superior							
Media recortada al 5%							
Mediana							
Varianza							
Desv. Desviación							
Mínimo							
Máximo							
Rango							
Rango intercuartil							

Descriptivos							
Tipo de Agua			Estadístico				
Oxígeno disuelto (mg/l)	Dulce	Curtosis	-,805				
		Media	6,051				
		95% de intervalo de confianza para la media	<table border="0"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite inferior</td> <td>5,912</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite superior</td> <td>6,190</td> </tr> </table>	Límite inferior	5,912	Límite superior	6,190
	Límite inferior	5,912					
	Límite superior	6,190					
	Media recortada al 5%	6,042					
	Mediana	6,100					
	Varianza	,138					
	Desv. Desviación	,3716					
	Mínimo	5,4					
	Máximo	7,0					
	Rango	1,6					
	Rango intercuartil	,6					
	Asimetría	,218					
	Curtosis	-,174					
	Salada	Media	4,990				
		95% de intervalo de confianza para la media	<table border="0"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite inferior</td> <td>4,932</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite superior</td> <td>5,048</td> </tr> </table>	Límite inferior	4,932	Límite superior	5,048
		Límite inferior	4,932				
	Límite superior	5,048					
Media recortada al 5%	4,983						
Mediana	5,000						
Varianza	,024						
Desv. Desviación	,1561						
Mínimo	4,7						
Máximo	5,4						
Rango	,7						
Rango intercuartil	,2						
Asimetría	,526						
Curtosis	,548						
Salobre	Media	6,057					
	95% de intervalo de confianza para la media	<table border="0"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite inferior</td> <td>5,927</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">Límite superior</td> <td>6,186</td> </tr> </table>	Límite inferior	5,927	Límite superior	6,186	
	Límite inferior	5,927					
Límite superior	6,186						
Media recortada al 5%	6,046						
Mediana	6,000						
Varianza	,120						
Desv. Desviación	,3471						
Mínimo	5,4						
Máximo	7,0						
Rango	1,6						
Rango intercuartil	,3						

Ilustración 13 Tablas descriptivos oxígeno disuelto.

Descriptivos				
	Tipo de Agua		Desv. Error	
pH	Dulce	Media	,02950	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	
			Límite superior	
		Media recortada al 5%		
		Mediana		
		Varianza		
		Desv. Desviación		
		Mínimo		
		Máximo		
		Rango		
		Rango intercuartil		
		Asimetría	,427	
		Curtosis	,833	
		Salada	Media	,01738
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior
	Límite superior			
	Media recortada al 5%			
	Mediana			
	Varianza			
	Desv. Desviación			
	Mínimo			
	Máximo			
	Rango			
	Rango intercuartil			
	Asimetría		,427	
	Curtosis		,833	
	Salobre		Media	,01187
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior
		Límite superior		
		Media recortada al 5%		
		Mediana		
		Varianza		
		Desv. Desviación		
Mínimo				
Máximo				
Rango				
Rango intercuartil				
Asimetría		,427		

Ilustración 14 Tablas descriptivos pH.