

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Título del trabajo

Uso de micropartículas de Carbonato de Calcio (CaCO_3), Hidróxido de Calcio (Ca (OH)_2) y enzimas para mejorar la calidad de agua en efluentes de camaronas.

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Nombre de la titulación

Ingeniero(a) Acuícola

Presentado por:

Jessenia Madelaine Cevallos Baque

Aldo Michael Cevallos Valero

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mis padres, Nadia Baque y Marco Cevallos por apoyarme incondicionalmente, darme consejos, y por su comprensión, a mis hermanas, Andrea, Ivette y Ana Mary por ayudarme a creer en mí, guiarme y apoyarme siempre.

Jessenia Madelaine Cevallos Baque

El presente proyecto lo dedico a mis padres que me han empujado a llegar a la meta, también se lo dedico a mis hermanos para impulsarlos a ser mejores, se lo dedico a mis abuelos que también han sido pilares en mi crecimiento, también se lo dedico a mi abuelita Elena quien oró por mí hasta antes de su último día, se lo dedico a mi esposa por el amor brindado en este tiempo, y, por último, me lo dedico a mí mismo por llegar a esta meta sabiendo que falta más.

Aldo Michael Cevallos Valero

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme fortaleza, a mis padres mis logros de los debo a ellos, hermanas y amigos por motivarme constantemente durante toda la carrera para alcanzar mis metas.

Jessenia Madelaine Cevallos Baque

En primer lugar, quiero agradecer a Dios que me permite vivir este momento, mis más sinceros agradecimientos a mis padres por su apoyo todo este tiempo, a mis abuelos por su ayuda también, y a mi esposa por su paciencia en este tiempo. También, agradezco a los docentes que han sido parte de este camino

Aldo Michael Cevallos Valero

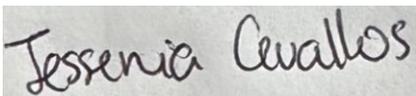
Declaración Expresa

Yo/Nosotros Jessenia Madelaine Cevallos Baque y Aldo Michael Cevallos Valero acuerdo/acordamos y reconozco/reconocemos que la titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, información no divulgada y cualquier otro derecho o tipo de Propiedad Intelectual que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el desarrollo de su trabajo de titulación, incluyendo cualquier derecho de participación de beneficios o de valor sobre titularidad de derechos, pertenecerán de forma total, perpetua, exclusiva e indivisible a LA ESPOL, sin limitación de ningún tipo. Se deja además expresa constancia de que lo aquí establecido constituye un “previo acuerdo”, así como de ser posible bajo la normativa vigente de transferencia o cesión a favor de la ESPOL de todo derecho o porcentaje de titularidad que pueda existir.

Sin perjuicio de lo anterior los alumnos firmantes de la presente declaración reciben en este acto una licencia de uso gratuita e intransferible de plazo indefinido para el uso no comercial de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el desarrollo de su trabajo de titulación, sin perjuicio de lo cual deberán contar con una autorización previa expresa de la ESPOL para difundir públicamente el contenido de la investigación, desarrollo tecnológico o invención.

Así también autorizamos expresamente a que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra o invento, por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual.

Guayaquil, 21 de septiembre del 2023.



Jessenia Cevallos Baque



Aldo Cevallos Valero

Evaluadores



Firmado electrónicamente por:
**JOSE JERRY LANDIVAR
ZAMBRANO**

Jerry Landívar Zambrano, Ph.D

Profesor de Materia

Víctor Osorio Cevallos, Ph.D

Tutor de proyecto

Resumen

La industria camaronera está en busca de optimizar costos de producción sin afectar las condiciones biológicas, físicas y químicas del agua, por esta razón, se aplican insumos efectivos y eco amigables. Los insumos mayormente usados para regular la calidad del agua (pH, exceso de microalgas, etc.) son el hidróxido de calcio, y el carbonato de calcio. Calizas Huayco SA., una de las principales empresas productoras de calcáreos del país, apoyó la iniciativa planteada en este tópico de investigación y nos permitió utilizar sus productos: Cal P24 y Carbonacal (con su nuevo proceso de micromolienda) para evaluar los resultados de la aplicación de estos productos, solos y en combinación con enzimas, en efluentes de camaronera. Se analizaron los efectos sobre la calidad de agua (pH, ORP, TSD y OD) de ambos productos en solitario y en unión de enzimas; es necesario mencionar que no existe mucha información sobre los efectos de las micropartículas de carbonato de calcio vs el hidróxido de calcio.

Para realizar las mediciones ~~se dicho análisis se planteó~~ utilizó un sistema compuesto por seis conos de sedimentación (de 1000 ml c/u) en los que se colocó el agua a ser tratada y luego los compuestos (carbonato de calcio y del hidróxido de calcio en solitario y en unión con las enzimas) en las siguientes concentraciones 3, 75 mg/l y 25 mg/l y el 10% de concentración de enzimas, Se utilizaron un pH-metro (marca Hanna, modelo H198121) para medir los niveles de pH y de ORP, también se usó un medidor de oxígeno disuelto (marca YSI, 52 dissolved oxygen meter) y uno (marca Thermo, modelo Orion 115+) para medir el TDS. Los parámetros fueron medidos 15 minutos, dos horas y cuatro horas luego de la aplicación de los compuestos.

Ambos productos en combinación con enzimas generaron resultados dentro del rango ideal de cada parámetro analizado, sin embargo, las micropartículas de carbonato de calcio nos dieron mejores valores de pH, de ORP y de OD. Para el pH, se encontraron diferencias significativas. Las concentraciones de hidróxido y carbonato de calcio con enzimas dieron pH de 7,75 y 7,95, respectivamente. El TDS se mantuvo entre 174 y 176 ppm en todas las concentraciones. En ORP, 25 mg/l de carbonato de calcio con enzimas obtuvo 261,5 mv frente a

187,83 mv con hidróxido de calcio. El oxígeno disuelto aumentó de 1,83 mg/l a 3,13 mg/l con carbonato de calcio y a 2,88 mg/l con hidróxido de calcio después de 4 horas.

Se puede decir que las micropartículas de carbonato de calcio tienen una alta eficacia sobre las necesidades de calidad de agua para su reutilización dentro de una finca camaronera, además, permite un ahorro económico importante con su utilización.

Palabras Clave: Total de sólidos disueltos, oxígeno disuelto, óxido reducción, pH.

Abstract

The shrimp industry is seeking to optimize production costs without affecting the biological, physical, and chemical conditions of water. Effective and eco-friendly inputs are applied for this purpose. The most commonly used inputs for regulating water quality (pH, excess microalgae, etc.) are calcium hydroxide and calcium carbonate. Calizas Huayco SA, one of the country's leading limestone producers, supported the research initiative in this area and allowed us to use their products: Cal P24 and Carbonacal (with their new micromilling process) to evaluate the results of applying these products, both alone and in combination with enzymes, in shrimp farm effluents.

The effects on water quality (pH, ORP, TDS, and OD) of both products, both alone and in combination with enzymes, were analyzed. It is worth noting that there is not much information available about the effects of calcium carbonate microparticles versus calcium hydroxide.

To conduct the measurements for this analysis, a system composed of six sedimentation cones (1000 ml each) was used. The water to be treated and the compounds (calcium carbonate and calcium hydroxide, both alone and in combination with enzymes) were placed in these cones at concentrations of 3.75 mg/l and 25 mg/l, with a 10% concentration of enzymes. A pH meter (Hanna brand, model HI98121) was used to measure pH and ORP levels. A dissolved oxygen meter (YSI brand, 52 dissolved oxygen meter) and a Total Dissolved Solids (TDS) meter (Thermo brand, model Orion 115+) were also used. The parameters were measured 15 minutes, two hours, and four hours after the compounds were applied.

Both products, in combination with enzymes, produced results within the ideal range for each parameter analyzed. However, calcium carbonate microparticles yielded better pH, ORP,

and OD values. Significant differences were found in pH levels. The concentrations of hydroxide and calcium carbonate with enzymes resulted in pH values of 7.75 and 7.95, respectively. TDS remained between 174 and 176 ppm at all concentrations. In terms of ORP, 25 mg/l of calcium carbonate with enzymes recorded 261.5 mV compared to 187.83 mV with calcium hydroxide. Dissolved oxygen increased from 1.83 mg/l to 3.13 mg/l with calcium carbonate and to 2.88 mg/l with calcium hydroxide after 4 hours.

It can be concluded that calcium carbonate microparticles are highly effective in meeting water quality requirements for reuse within a shrimp farm, and they also offer significant cost savings when used.

Keywords: Total dissolved solids, dissolved oxygen, oxide reduction, pH.

Índice general

Evaluadores	6
Resumen	7
Abstract	9
Índice general	11
Índice de figuras.....	12
Simbología	13
Capítulo 1	14
1.1 Introducción	15
1.2 Descripción del problema	16
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 Objetivo general.....	17
<i>Evaluar el uso de micropartículas de Carbonato de Calcio (CaCO₃) y su combinación con enzimas para mejoramiento de la calidad de agua en efluentes de camaroneras</i>	<i>17</i>
1.4.2 Objetivos específicos.....	17
1.5 Marco teórico.....	17
Capítulo 2	20
2.1 Metodología	21
Capítulo 3	25
3.1 Resultados y análisis	26
3.2 Análisis de Costos.....	34
Capítulo 4.....	36
4.1 Conclusiones y recomendaciones.....	37
4.1.1 Conclusiones.....	37
4.1.2 Recomendaciones.....	38
1. Bibliografía	39

Índice de figuras

<i>Figure 1 Ensayo 1 Hidróxido de Calcio y Carbonato de calcio en agua destilada.....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 2 Ensayo 1 Hidróxido de Calcio y Carbonato de calcio en agua de lago</i>	<i>22</i>
<i>Figure 3 Ensayo 3 Hidróxido de Calcio y Carbonato de calcio en combinación con enzimas en agua de lago.....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 4 pH sin enzima con respecto al tiempo</i>	<i>26</i>
<i>Figure 5 pH con enzima con respecto al tiempo.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 6 pH sin enzima inicial y final.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 7 pH con enzima inicial y final.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 8 OD con enzima con respecto al tiempo</i>	<i>28</i>
<i>Figure 9 OD con enzima inicial y final.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 10 ORP Sin enzima con respecto al tiempo.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 11 ORP sin enzima con respecto al tiempo</i>	<i>30</i>
<i>Figure 13 ORP con enzima inicial y final.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 14 TDS sin enzima con respecto al tiempo.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 15 TDS con enzima con respecto al tiempo.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 16 TDS sin enzima inicial y final.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 17 TDS con enzima inicial y final.....</i>	<i>34</i>

Simbología

pH	Potencial de Hidrógeno
ppm	Partes por millón
mV	Milivoltio
OD	Oxígeno Disuelto
ORP	Potencial de oxidación y reducción
CaCO ₃	Carbonato de Calcio
Ca (OH) ₂	Hidróxido de Calcio
TDS	Sólidos Totales Disueltos
CO ₂	Dióxido de carbono

Capítulo 1

1.1 Introducción

El cultivo de camarón en el Ecuador data hace más de 50 años, comenzando en la región sur del país con aproximadamente 220.000 hectáreas de estanques para producir y actualmente es la primera fuente de ingreso exceptuando el petróleo.

A través del tiempo se ha ido cubriendo la falta de conocimiento científico acerca del camarón y sus condiciones de desarrollo, además de métodos de producción donde se destaca la implementación de equipos e insumos que mejoran los parámetros físicos, químicos y biológicos del ambiente que rodea a la producción del camarón. Dentro los insumos más utilizados en la industria camaronera se encuentran el carbonato de calcio y el hidróxido de calcio aplicados en las etapas importantes del desarrollo de una finca que son en el secado del estanque donde su aplicación ayuda a mejorar la textura del suelo y aumenta la disponibilidad primaria de nutrientes para el desarrollo de fitoplancton y durante el tiempo de engorde, el uso de cal en la piscina incrementa el nivel de pH y alcalinidad generando un mejor ambiente para el crecimiento microbial, además, clarifica las aguas turbias (turbidez). Debido a los beneficios que demuestra, es fundamental su compra y es por lo que, dentro de los rubros de insumo, la cal se muestra con el 20% de gasto anual en la producción de camarón y con respecto a Ecuador se conoce que se usa un promedio de 45.000 TM de cal que traducido en dólares representa \$1.1 millón. (Piedrahita, 2018)

Sin embargo, el desarrollo de una micropartícula con componentes similares puede tener una eficacia mayor de entre 15% a 20% gracias al tamaño que le da mayor capacidad de solubilidad en el agua, es decir, que se disuelve más rápido además de que su radio de acción también incrementa porque se esparcen fácilmente en el cuerpo de agua, por esta razón, el estudio de las micropartículas de carbonato de calcio toma relevancia ya que en menor proporción y menor gasto reduce costos de producción y mejora los factores limitantes para una buena cosecha. (Rojas, 2005)

1.2 Descripción del problema

Debido a las variaciones en el precio de venta del camarón que afectan a la rentabilidad de la industria y la importancia de tener una producción sostenible, amigable con el medio ambiente, se busca desarrollar productos con una alta eficacia y que proporcionen una disminución en el costo de producción. Por estas razones, empresas productoras de cal desarrollando micropartículas de carbonato de calcio que ayudarán a mejorar la calidad de agua en los efluentes de camaroneras y también disminuir el costo de producción del camarón, para aseverar estas mejoras se recabarán datos de los parámetros físicos y químicos de la calidad de agua donde se apliquen las micropartículas de carbonato de calcio ya que no hay registros acerca de sus efectos en el medio.

1.3 Justificación del problema

El carbonato de calcio es una sustancia inorgánica que se utiliza en las piscinas camaroneras debido a sus múltiples beneficios. Entre ellos, se encuentra la mejora de la estructura del suelo, la regulación del pH, la disminución de patógenos y el incremento de la producción de plancton. Sin embargo, su eficiencia de absorción es baja, lo que puede afectar su capacidad para cumplir con estas funciones. Para solucionar este problema, se han propuesto las micropartículas de tamaño micrométrico como una solución para mejorar la calidad de agua de las granjas camaroneras.

Las micropartículas tienen propiedades como la no toxicidad, estabilidad y bajo costo (Swain, 2019) lo que las hace una opción atractiva para mejorar la eficacia del carbonato de calcio en las piscinas camaroneras. A pesar de esto, no hay evaluaciones ni datos disponibles que comparen los efectos entre la aplicación del hidróxido de calcio y las micropartículas de carbonato de calcio. Por lo tanto, aún se desconoce el impacto que estas partículas pueden tener en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en las piscinas camaroneras y sus efluentes

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Evaluar el uso de micropartículas de Carbonato de Calcio (CaCO_3) y su combinación con enzimas para mejoramiento de la calidad de agua en efluentes de camaroneras.

1.4.2 *Objetivos específicos*

Comparar el efecto del Hidróxido de Calcio versus las micropartículas de Carbonato de Calcio de sobre el ORP, pH y TDS.

Comparar el efecto del Hidróxido de Calcio versus las micropartículas de Carbonato de Calcio en combinación con enzimas; sobre el ORP, pH, OD y TDS en efluentes de camaronera.

1.5 Marco teórico

Enzimas para mejorar la calidad de agua

La industria acuícola enfrenta desafíos con su crecimiento y desarrollo continuo, uno de los cuales es su impacto ambiental. Los sistemas de cultivos intensivos en estanques generan altas cargas orgánicas que deterioran la calidad del agua y del fondo de los estanques, lo que lleva a la acumulación de compuestos tóxicos. Esto altera la composición bacteriana y favorece la proliferación de bacterias patógenas, responsables de enfermedades en peces y camarones.

La mejora de la calidad del agua y suelo en la acuicultura puede lograrse aplicando enzimas y microorganismos benéficos directamente en los estanques. Esta biotecnología, conocida como 'biorremediación', consiste en manipular los microorganismos para reducir las bacterias patógenas, aumentar la mineralización de la materia orgánica y eliminar los compuestos de desecho mediante enzimas específicas. Es un enfoque ecológico que busca promover un equilibrio en el ecosistema acuático para optimizar la salud y productividad de los peces y camarones.

Las enzimas descomponen la materia orgánica en formas más simples y solubles, liberando nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio que son fundamentales para el crecimiento y reproducción de los camarones y otros organismos acuáticos. La actividad enzimática en las camaroneras se ve afectada por factores ambientales como la temperatura, el pH y la disponibilidad de nutrientes, siendo mayor en aguas más cálidas.

En resumen, en la biorremediación, las enzimas actúan como catalizadores que aceleran reacciones bioquímicas en el agua y suelo del estanque. Al agregarlas, degradan los

constituyentes orgánicos comunes en estanques de peces y camarones. Por tanto, es de vital importancia considerar la influencia de las enzimas al gestionar y conservar las camaroneras y los recursos acuáticos asociados ya que son capaces de degradar constituyentes orgánicos, pueden estar activas en varios entornos y a pH adecuados, por ejemplo, la proteasa hidroliza las proteínas insolubles y puede actuar eficazmente a un pH entre 4 a 11.

En la actualidad, hay un gran interés en producir preparados enzimáticos a pesar de los costos elevados. Algunos de estos productos se utilizan en la acuicultura para biorremediar. (Mayer, 2022)

Carbonato de calcio

La aplicación de cal tiene muchas ventajas en la mejora de la calidad de agua y suelo, prevenir enfermedades, producción de plancton y mejorar el pH de los estanques acuícolas, ayuda a la precipitación de los sólidos suspendidos ayudando a la penetración de luz en la columna de agua.

Sin embargo, su uso excesivo puede dañar el ambiente del estanque, así también la eficiencia de solubilidad es muy baja y puede mejorar si se usan elementos de tamaño micrométrico siendo esta una décima parte de la dosis de cal de tamaño normal, además de tener propiedades antibacterianas.

Hidróxido de calcio

La cal quemada tratada con agua nos da hidróxido de calcio también llamada cal apagada, se utiliza en acuicultura para aumentar el pH y las concentraciones de calcio, lo que disminuiría el fosfato y dióxido de carbono del agua, reduciendo la fotosíntesis de plancton, lo que favorece que no se produzcan diariamente cambios bruscos en el pH y aumentaría la supervivencia del organismo en cultivo.

La cal también aumenta la alcalinidad en 1.35 mg/l y se controla mediante el pH, la solubilidad de la cal se ve limitada por la saturación del carbonato de calcio, si el pH del agua aumenta por encima del pH del carbonato este precipitará el agua. (Boyd, 2017)

Sólidos totales suspendidos, pH y ORP

El pH del agua puede presentar cambios diarios debido a: consumo de CO₂ por fotosíntesis, producción de CO₂ por respiración de los camarones penaeidos, si la concentración de CO₂ se incrementa el pH disminuye y viceversa, el rango óptimo para los organismos en cultivo va entre 5.5 y 8.5, se utiliza la cal para la acidificación del agua cuando el pH es muy bajo.

Los efluentes de las granjas de camaroneras tienen concentraciones de sólidos suspendidos totales que van en promedio desde 91mg/l para cultivos semi-intensivos y 214 mg/l en cultivos intensivos, un valor inicial estándar va de 100 o menor, y un valor objetivo estándar es de 50 o menos para las concentraciones totales de sólidos suspendidos en los efluentes de granjas de acuicultura, en cuanto a los límites de turbidez van desde 25 a 50, las suspensiones coloidales se ven afectadas por la salinidad y el pH, el hidróxido de calcio ayudaría a la reducción de la turbidez del medio.

El monitoreo del ORP es fundamental para evaluar la calidad del agua en sistemas acuáticos como los criaderos de camarón. El ORP mide la capacidad del agua para oxidar o reducir sustancias químicas y se expresa en milivoltios (mV). En los criaderos de camarón, valores entre 200 y 250 mV indican una baja concentración de amoníaco, camarones sanos y no sobrealimentados, una demanda de oxígeno adecuada y una buena circulación del agua. Por otro lado, si las lecturas de ORP son menores a 100 mV, es posible que algo en el sistema no esté funcionando correctamente y puede comenzar la mortalidad de la especie cultivada.

El ORP es una medida indirecta de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Un ORP alto (positivo) indica un ambiente rico en oxígeno, lo que es fundamental para el bienestar de los camarones y otros organismos acuáticos. Un ORP bajo (negativo) puede indicar una falta de oxígeno, lo que puede resultar en estrés para los camarones y en algunos casos, incluso la muerte si la situación persiste.

Para garantizar un ambiente acuático saludable en los criaderos de camarón, es importante monitorear regularmente el ORP. Los valores adecuados indican un buen estado del agua y condiciones favorables para el crecimiento y la salud de los camarones. Por otro lado, valores bajos pueden ser un indicador de problemas en el sistema y pueden poner en riesgo la supervivencia de los camarones. Por lo tanto, es fundamental prestar atención a las lecturas del ORP y tomar medidas inmediatas en caso de detectar valores inadecuados (Boyd,2000)

Capítulo 2

2.1 Metodología.

El presente proyecto se desarrolló en el Laboratorio de Plancton de ESPOL, donde se analizaron diversos parámetros como pH, sólidos totales disueltos, potencial de oxidación-reducción (ORP) y nivel de oxígeno disuelto. El objetivo fue comparar los efectos del Hidróxido de calcio y las micropartículas de Carbonato de calcio en combinación con enzimas en estos parámetros específicos, mediante la creación de tablas y gráficos, para evaluar su impacto en los efluentes de las camaroneras, se realizaron 3 ensayos detallados a continuación:

Ensayo 1 Para evaluar el efecto de los compuestos en agua destilada y agua de lago.

Este ensayo se realizó con agua destilada en un sistema que constaba de 6 conos de sedimentación con capacidad de 1000 ml cada uno, 3 réplicas para las micropartículas de Carbonato de Calcio y 3 réplicas para Hidróxido de Calcio con 3 concentraciones para cada compuesto.

Ensayo 1	Carbonato de Calcio (mg/l)	Hidróxido de Calcio (mg/l)	Cono (ml)	Réplicas
Agua destilada	250	250	1000	3
	500	500	1000	3
	1000	1000	1000	3

Table 1 Ensayo 1 concentraciones evaluadas en agua destilada

Para realizar esta evaluación y contar con una línea base de datos, se compararon los compuestos en agua inocua, donde se tomaron mediciones de parámetros en muestras de agua destilada con las diferentes concentraciones detalladas en la tabla 1, el proceso se describe en la siguiente imagen:

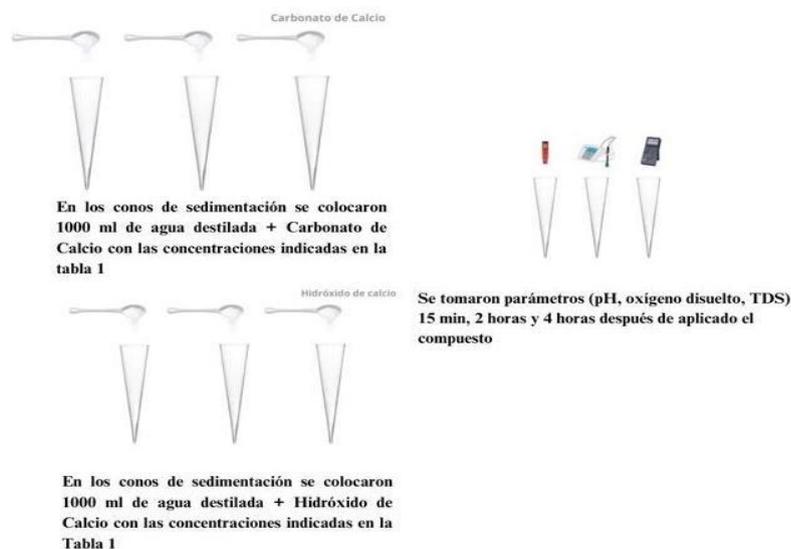


Figure 1 Ensayo 1 Hidróxido de Calcio y Carbonato de calcio en agua destilada

También se emplearon micropartículas de Carbonato de Calcio e Hidróxido de Calcio en muestras de agua obtenidas del lago de ESPOL. Estas sustancias se utilizaron con el propósito de analizar sus efectos cuando se combinan con enzimas. Llevamos a cabo tres repeticiones para cada compuesto utilizando conos de sedimentación de 1000 ml y aplicamos tres concentraciones distintas para cada uno de los compuestos.

Ensayo 1	Carbonato de Calcio (mg/l)	Hidróxido de Calcio (mg/l)	Enzima (10%)	Cono (ml)	Réplicas
Agua de lago	250	250	0	1000	3
	500	500	0	1000	3
	500	500	50	1000	3

Para realizar esta evaluación se compararon los compuestos en agua del lago a 3 diferentes concentraciones detalladas en la tabla 2 donde se realizaron mediciones de parámetros como pH, sólidos totales disueltos y ORP, a su vez se evaluaron los compuestos combinados con el 10% de concentración de enzima, el proceso se describe en la siguiente imagen:

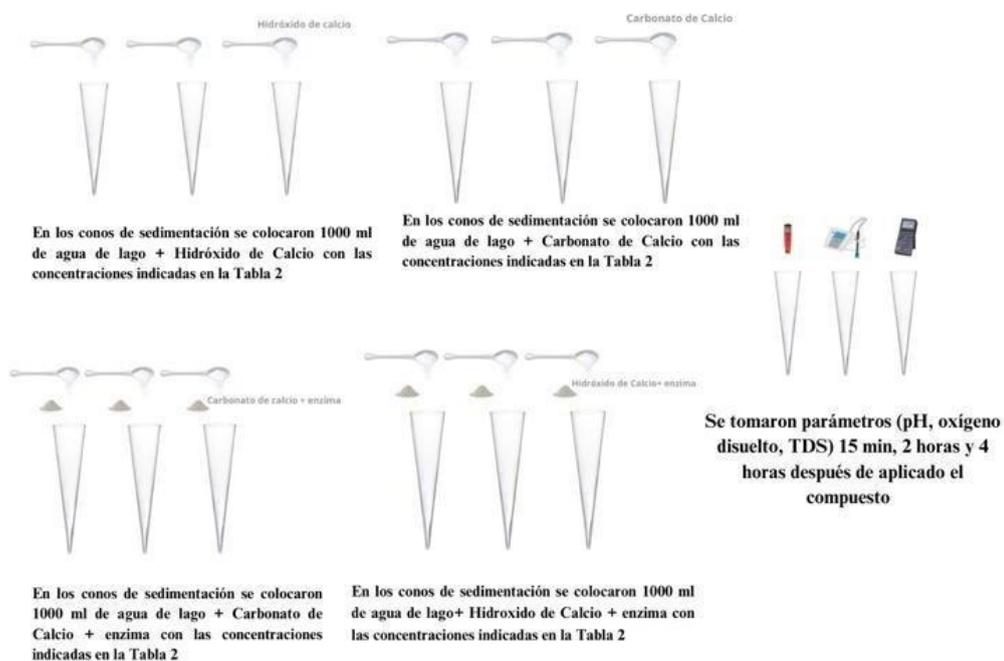


Figure 2 Ensayo 1 Hidróxido de Calcio y Carbonato de calcio en agua de lago

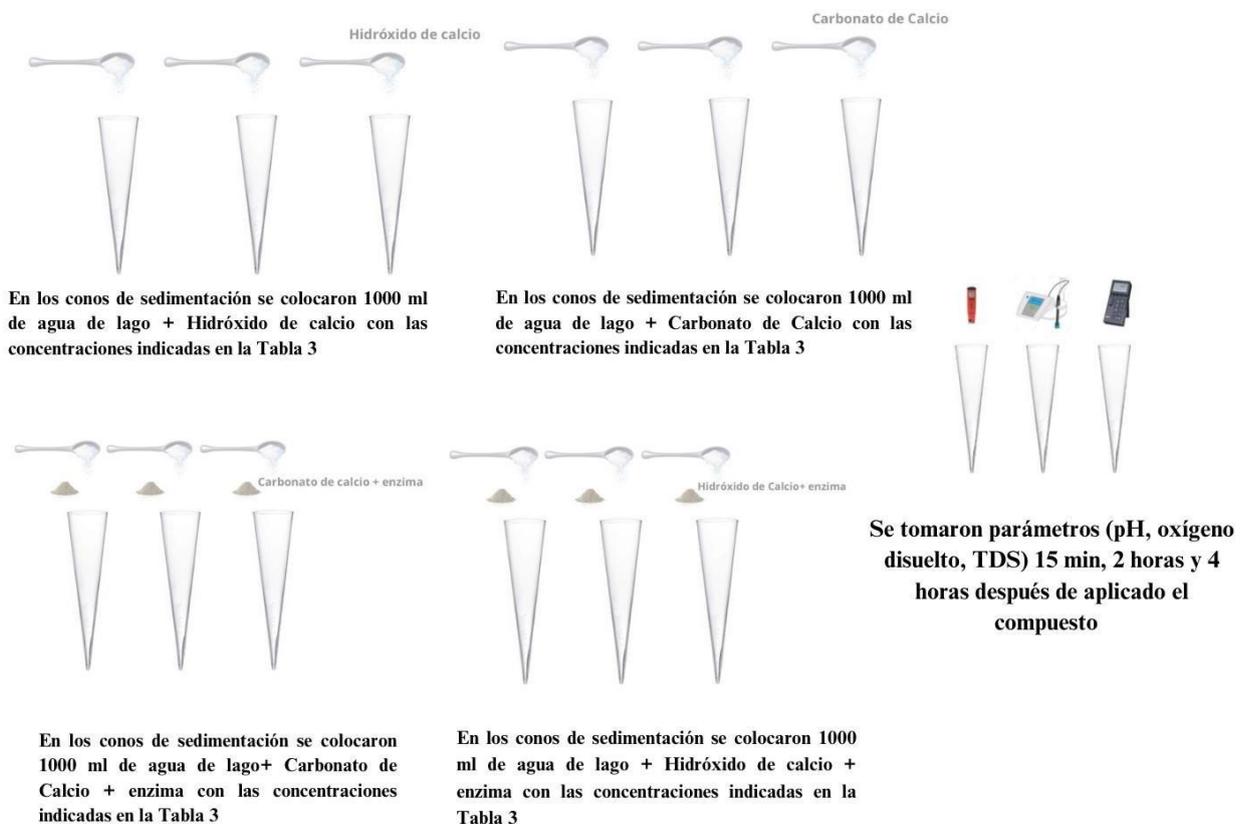
Ensayo 2 para evaluar el efecto de los compuestos Carbonato de Calcio e Hidróxido de Calcio, combinados con enzimas en agua de lago a 2 concentraciones.

El segundo ensayo se utilizó Carbonato de Calcio e Hidróxido de Calcio en agua del lago de ESPOL para análisis de sus efectos y Carbonato de Calcio + enzima e Hidróxido de Calcio + enzima 3 réplicas para cada compuesto en conos de sedimentación de 1000 ml, en este ensayo se utilizaron la mayor y menor concentración de las pruebas antes realizadas.

Ensayo 2	Sacos/Ha	Kg/saco	m3/Ha	kg/m3	Enzima (10%)	Cono (ml)	Réplicas
Agua de lago	1,5	25	10000	0,00375	0	1000	3
	10	25	10000	0,025	0	1000	3
	1,5	25	10000	0,00375	0,000375	1000	3
	10	25	10000	0,025	0,0025	1000	3

Table 2 Ensayo 3 concentraciones evaluadas en agua de lago

Para realizar esta evaluación se compararon los compuestos en agua del lago a 2 diferentes concentraciones detalladas en la tabla 3 donde se realizaron mediciones de parámetros como pH, sólidos totales disueltos y ORP, a su vez se evaluaron los compuestos combinados con el 10% de concentración de enzima, el proceso se describe en la siguiente imagen:



Ensayo 3 para evaluar el efecto de los compuestos carbonato de calcio y calp24, combinados con enzimas en efluentes de camaronera a 2 concentraciones.

El tercer ensayo se utilizó Carbonato de Calcio e Hidróxido de Calcio en agua de efluente de camaroneras para análisis de sus efectos y Carbonato de Calcio + enzima e Hidróxido de Calcio + enzima 3 réplicas para cada compuesto en conos de sedimentación de 1000 ml, en este ensayo se utilizaron la mayor y menor concentración de las pruebas antes realizadas.

Ensayo 3	Sacos/Ha	Kg/saco	m3/Ha	kg/m3	Enzima (10%)	Cono (ml)	Réplicas
Agua de	1,5	25	10000	0,00375	0	1000	3

efluente	10	25	10000	0,025	0,0025	1000	3
	1,5	25	10000	0,00375	0,000375	1000	3
	10	25	10000	0,025	0,0025	1000	3

Table 3 Ensayo 3 concentraciones evaluadas en efluente de camarонера

En este estudio, se evaluaron compuestos en el agua de efluentes en dos concentraciones distintas, como se indica en la Tabla 4. Se llevaron a cabo mediciones de pH, sólidos totales disueltos, Potencial Redox (ORP) y oxígeno disuelto. Además, se examinaron los compuestos cuando se combinaron con una concentración del 10% de enzimas. El proceso de evaluación se describe de manera detallada en la imagen adjunta. Esta investigación se centró en comparar y analizar los efectos de diferentes concentraciones y la influencia de las enzimas en los parámetros mencionados en el agua de efluentes.

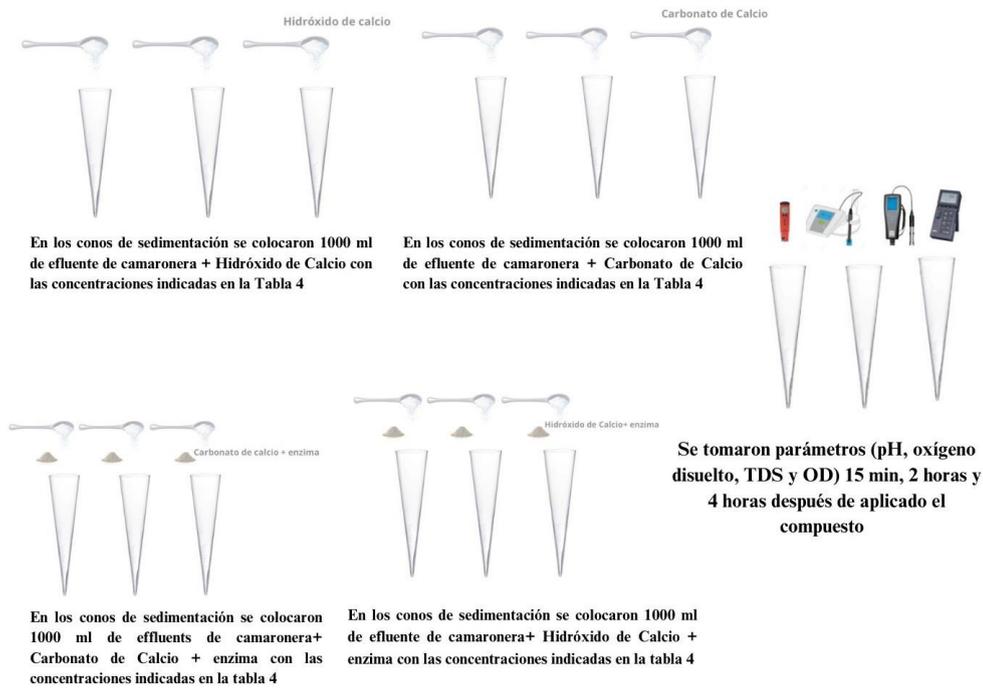


Figure 3 Ensayo 3 Hidróxido de Calcio y Carbonato de calcio en combinación con enzimas en agua de lago

Se emplearon instrumentos y materiales específicos durante el experimento. Para la precipitación de los sólidos en suspensión, se utilizaron conos de sedimentación. Para medir el pH y el Potencial Redox (ORP), se empleó el HI98121, un medidor portátil con una resolución de pH de 0.01 y calibración en dos puntos. También se empleó un medidor de conductividad/TDS/salinidad y un oxígeno disuelto. Además, se incluyeron insumos calcáreos como el Hidróxido de Calcio y micropartículas de carbonato de calcio en el proceso experimental. Estos elementos y equipos se utilizaron para llevar a cabo mediciones precisas y controlar las variables relevantes en el proyecto.

Capítulo 3

3.1 Resultados y análisis

Análisis de pH

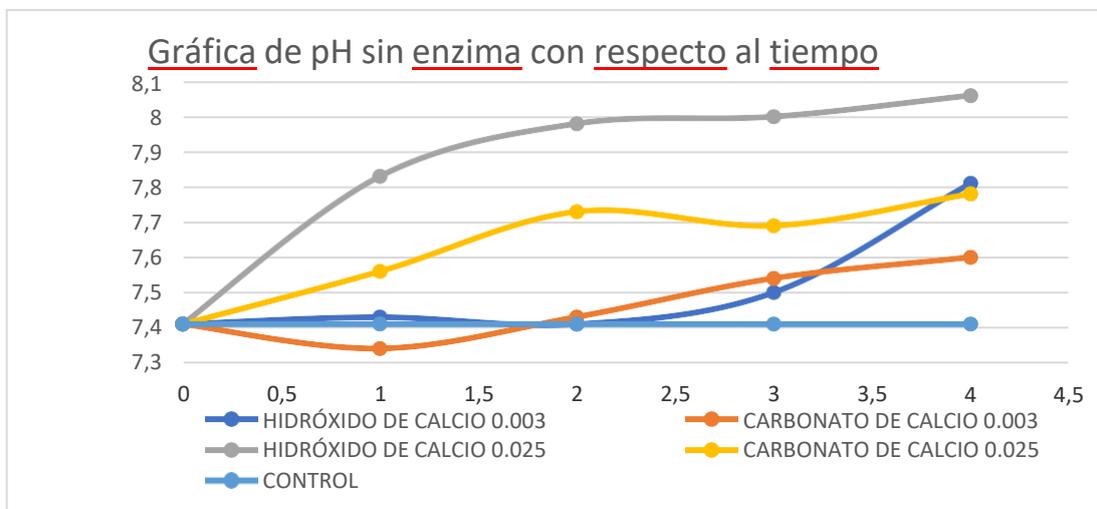


Figure 4 pH sin enzima con respecto al tiempo

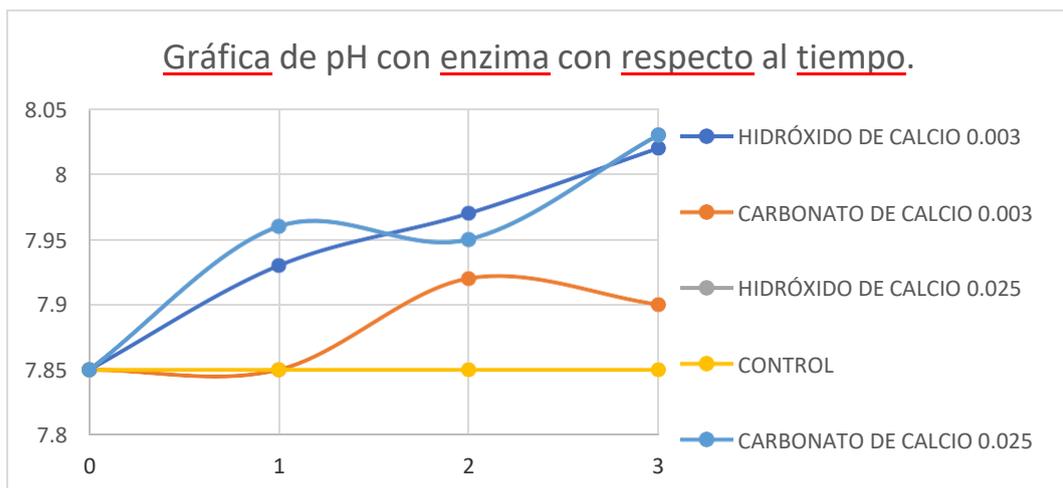


Figure 5 pH con enzima con respecto al tiempo.

A partir del análisis de la representación gráfica de la evolución temporal de la actividad, se evidencia que la concentración máxima (25 mg/l) de hidróxido de calcio induce una elevación significativa del valor de pH (Figura 4), alcanzando finalmente un nivel superior a 8 de pH. En

contraste, tanto la concentración máxima de carbonato de calcio como la concentración mínima (3 mg/l) de hidróxido de calcio exhibieron un resultado similar, manteniendo el pH en 7.8. Cabe destacar que las mediciones finales se realizaron después de un período de 4 horas.

Por otro lado la combinación con enzimas evitó cualquier descenso en el pH desde la primera medición, en contraste con lo observado en la Figura 4. En esta figura, se aprecia que la máxima concentración de carbonato de calcio en combinación con las enzimas logró el valor más elevado (8.03) sin exceder el rango óptimo, y este valor fue casi igualado (8.01) por la concentración mínima de hidróxido de calcio en combinación con las enzimas.

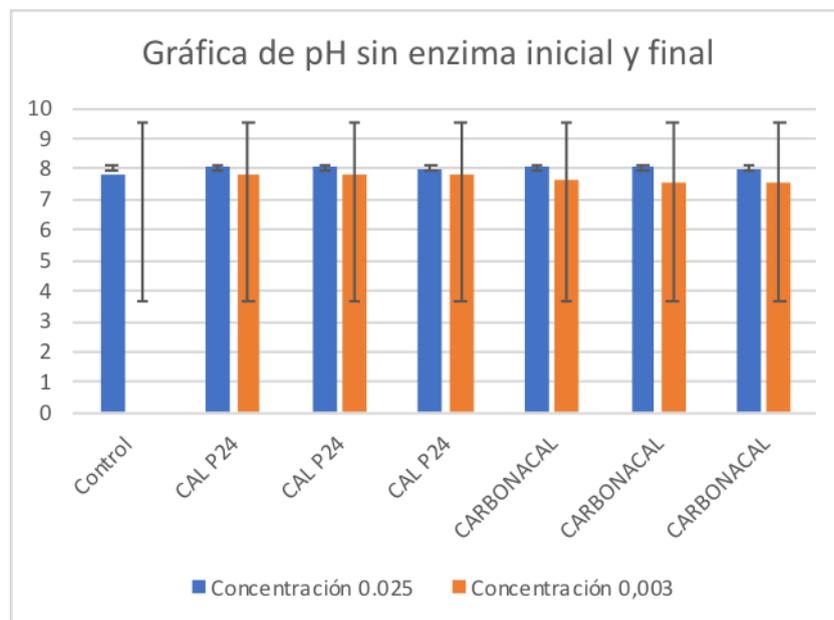


Figure 6 pH sin enzima inicial y final

Este gráfico se basó en el valor de pH del grupo de control, que se registró en 7.6 unidades, y en las mediciones finales correspondientes a ambas concentraciones de los componentes en estudio. Se evidencia que la concentración máxima, establecida en 25 mg/l, alcanzó un pH mínimo de 8. Por otro lado, en el caso de la concentración mínima, no logró superar el pH establecido en 8 unidades, aunque se mantuvo dentro del rango deseado para efluentes.

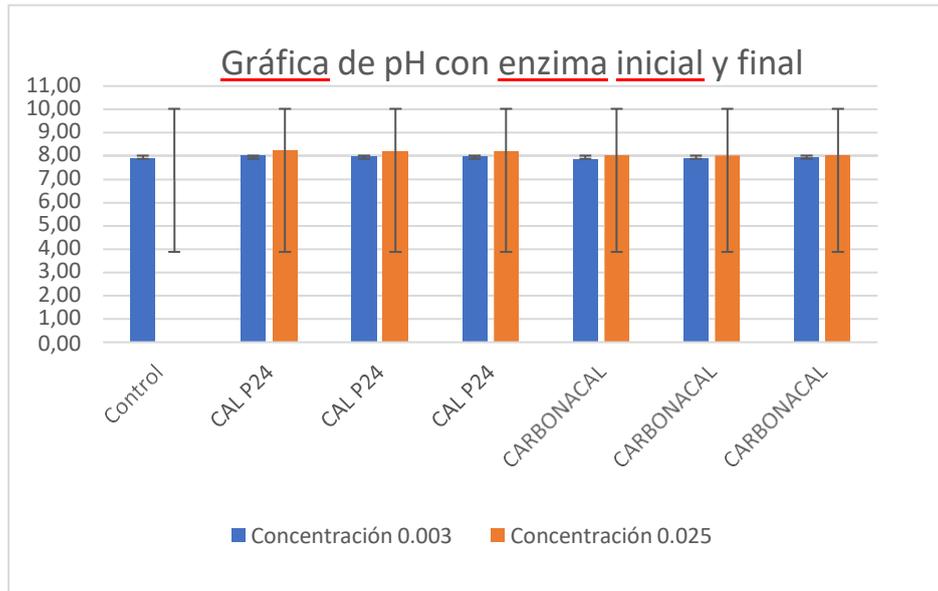


Figure 7 pH con enzima inicial y final

Nuevamente, se observa cómo las enzimas desempeñaron un papel en el aumento del pH. Su influencia, cuando se combinaron con el hidróxido de calcio en ambas concentraciones, resultó en un pH mínimo de 8. Además, cuando se aplicó la máxima concentración de carbonato de calcio en conjunto con las enzimas, también se obtuvo el mismo resultado de un pH mínimo de 8.

Análisis de oxígeno disuelto

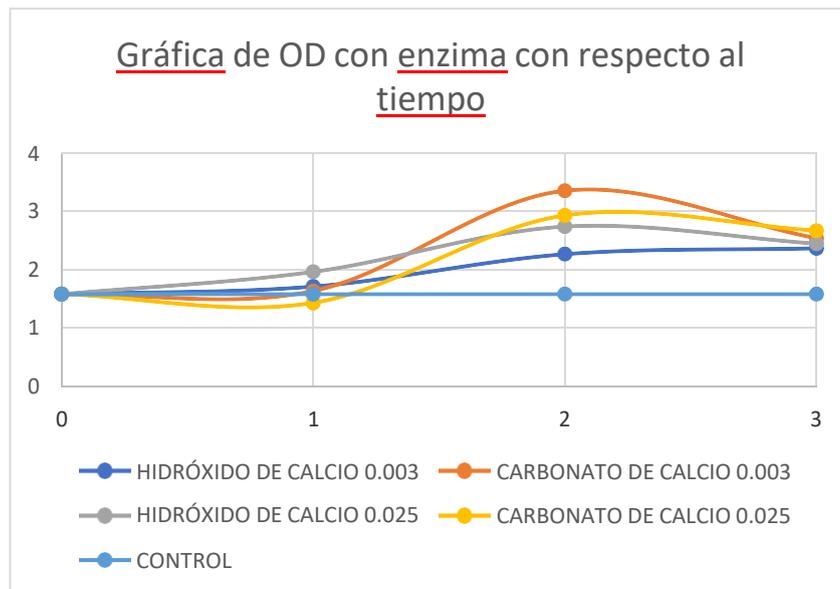


Figure 8 OD con enzima con respecto al tiempo

En el segundo conjunto de mediciones de parámetros, se pudo identificar el punto de acción de cada uno de los productos evaluados. Los resultados indican que la concentración mínima de carbonato de calcio tuvo un impacto significativo en el aumento de la concentración de oxígeno disuelto (OD), superando notablemente al grupo de control. Inicialmente, se partió de una concentración de 1.5 mg/l de OD, y tras la aplicación de la concentración mínima de carbonato de calcio, se obtuvo un valor de 3.2 mg/l, lo que representa un incremento sustancial.

Adicionalmente, se destacó que los valores más altos de OD se alcanzaron mediante la aplicación de carbonato de calcio. Aunque el hidróxido de calcio también contribuyó al aumento del OD, los incrementos observados fueron inferiores en comparación con los obtenidos a partir del carbonato de calcio. Estos hallazgos sugieren que el carbonato de calcio demostró ser más efectivo en la mejora de los niveles de oxígeno disuelto en comparación con el hidróxido de calcio, lo que podría tener implicaciones relacionadas al cultivo siendo este un parámetro crítico en la calidad de agua de las granjas camaroneras.

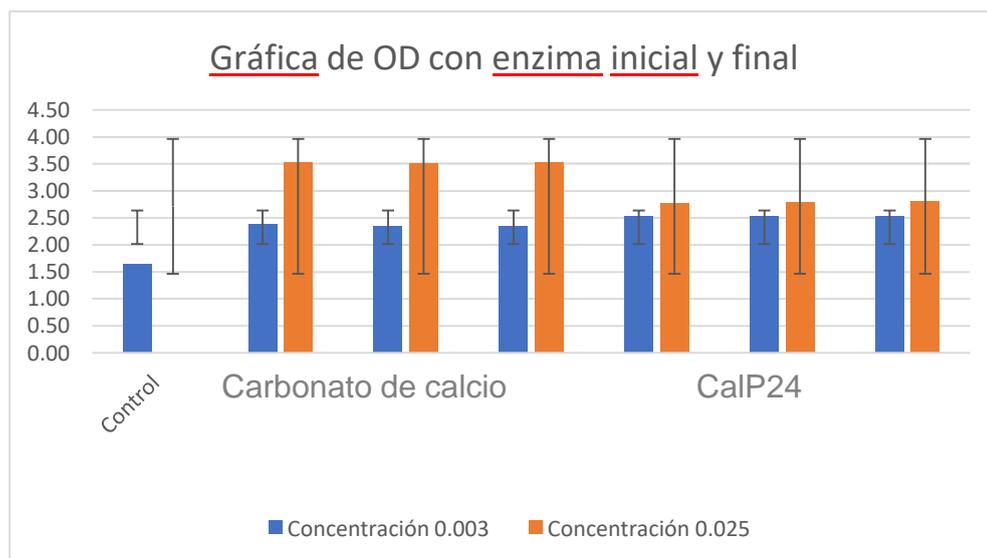


Figure 9 OD con enzima inicial y final

En el presente análisis gráfico, que presenta los valores medios del punto de partida (control) y los promedios finales de cada concentración en combinación con enzimas, se evidencia que la interacción entre el carbonato de calcio y las enzimas exhibe un notorio aumento de más de 1 mg/l en su máxima concentración, en comparación con la combinación de hidróxido de calcio y enzimas. Además, se destaca la observación de un desempeño similar entre ambos productos cuando se encuentran en su concentración mínima.

Este hallazgo sugiere que la presencia de enzimas potencia de manera significativa el efecto beneficioso del carbonato de calcio en la concentración deseada, en contraste con el hidróxido de calcio.

Análisis de potencial óxido reducción

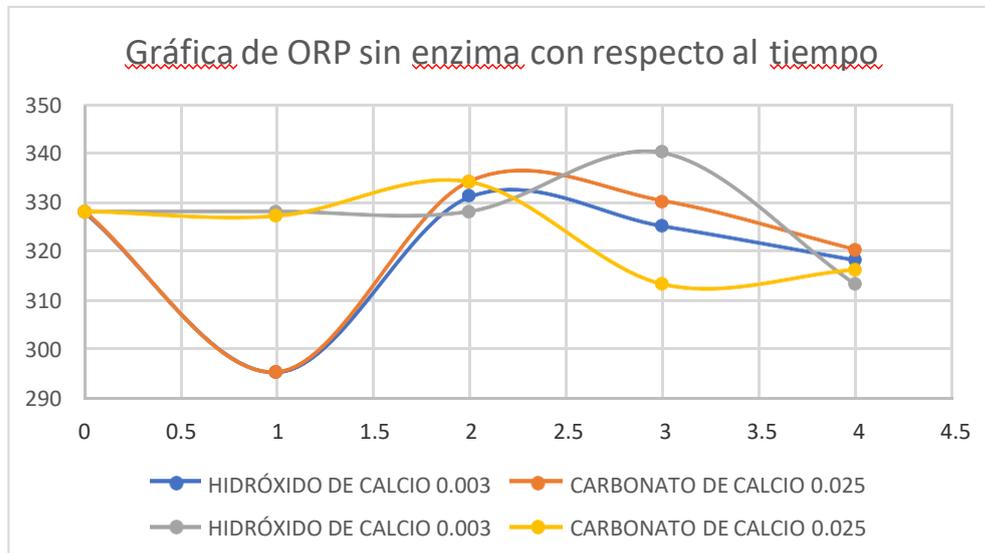


Figure 10 ORP Sin enzima con respecto al tiempo

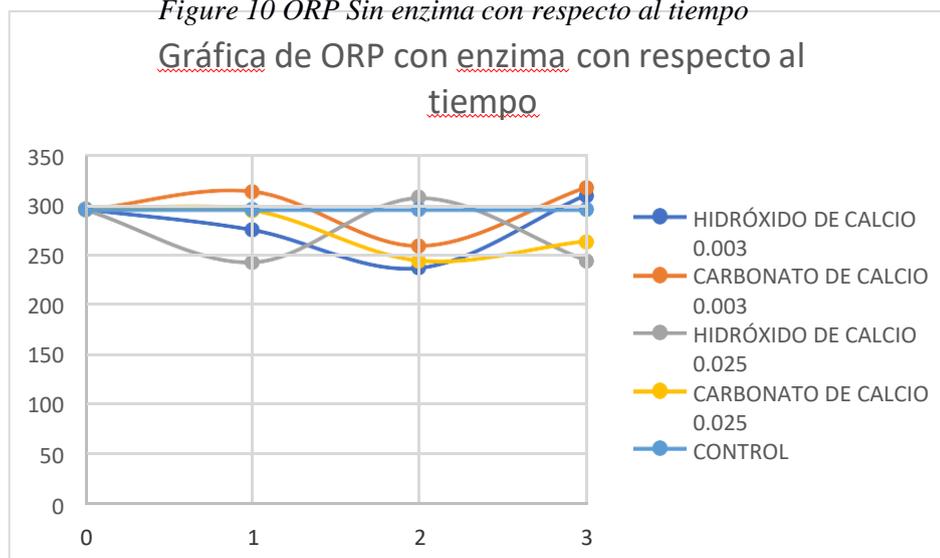


Figure 11 ORP sin enzima con respecto al tiempo

Se puede apreciar que tanto la concentración máxima de carbonato de calcio como la concentración mínima de hidróxido de calcio requirieron un período de tiempo más prolongado para alcanzar niveles elevados de Potencial Redox en la Figura 10. No obstante, es importante destacar que la mínima concentración de hidróxido de calcio logró alcanzar un pico de 340 mV en la tercera medición, pero experimentó una disminución significativa, llegando finalmente al valor más bajo registrado, que fue de 311 mV.

En contraste, la concentración máxima de carbonato de calcio exhibió el mejor resultado final en términos de ORP. Una vez que alcanzó su punto máximo de actividad, logró mantener niveles relativamente estables, oscilando entre 330 y 320 mV. Esto representa una mejora significativa con respecto al grupo de control, cuyo valor de ORP era de 248 mV.

En relación al empleo de enzimas, como se representa en la Figura 11, se logró estabilizar la influencia tanto del carbonato de calcio como del hidróxido de calcio. Las variaciones observadas no son tan notables como las presentadas en la gráfica anterior. Nuevamente, se destaca que la concentración mínima de carbonato de calcio en combinación con las enzimas exhibe el resultado más destacado, alcanzando un valor de 310 mV en su tercera medición y en la medición final (después de un período de 4 horas). La concentración mínima de hidróxido de calcio, aunque se aproxima a este resultado, continuó registrando valores inferiores.

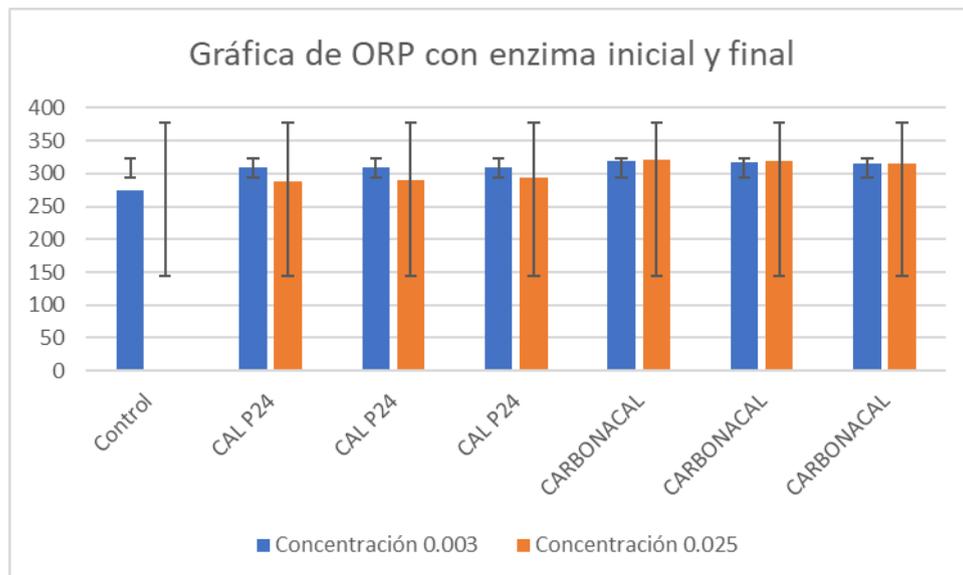


Figure 12 ORP con enzima inicial y final

Con la gráfica de medias del control versus el promedio final, se puede reafirmar el beneficio que aporta el carbonato de calcio en unión de las enzimas dando un resultado promedio superior a los 300 mV que serían más de 50 mV en comparación con control, este valor mínimo de 300 mV se pudo obtener tanto con mínima como con la máxima concentración de carbonato de calcio, mientras que solo con la mínima concentración de hidróxido de calcio pudo llegar a ese resultado.

Análisis de sólidos totales disueltos

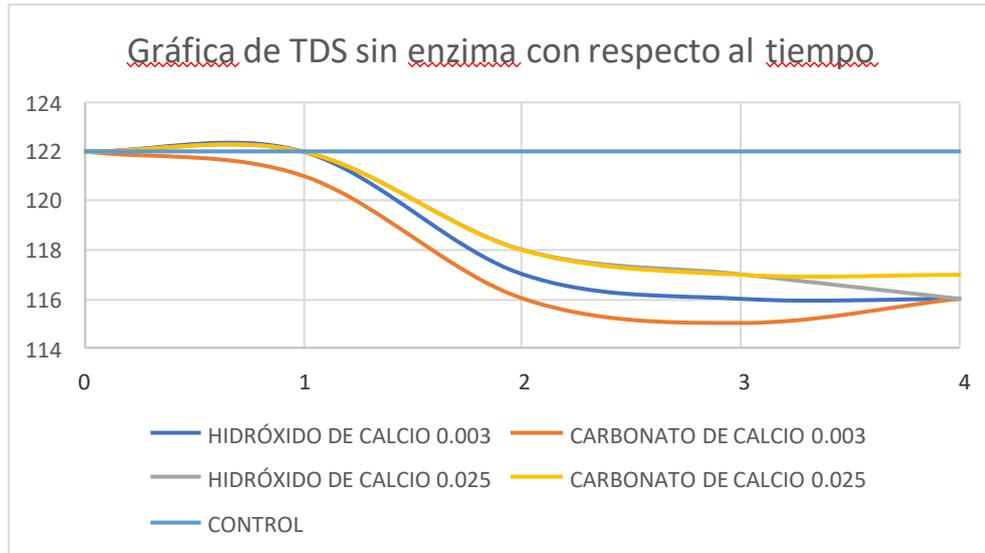


Figure 13 TDS sin enzima con respecto al tiempo

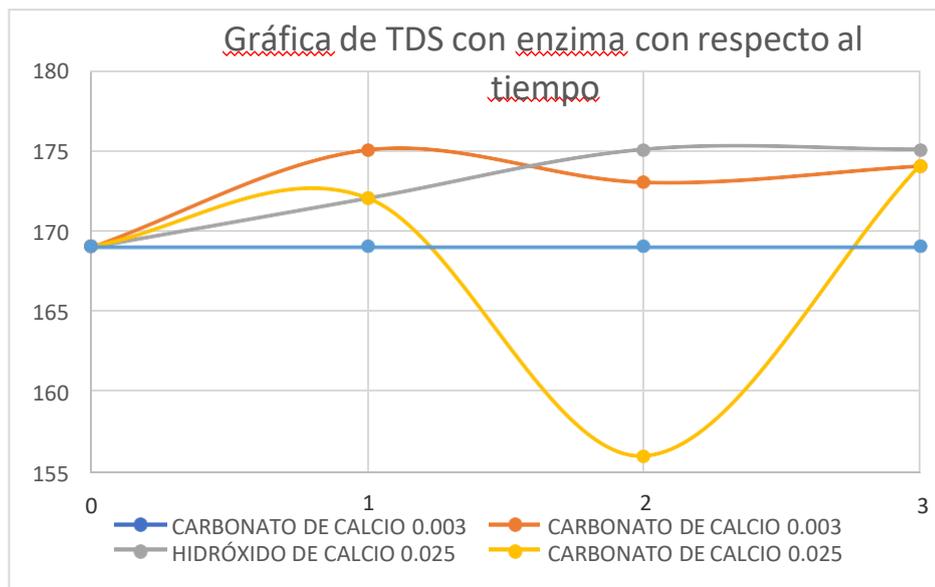


Figure 14 TDS con enzima con respecto al tiempo

Tanto el carbonato de calcio como el hidróxido de calcio, sin la combinación de enzimas, lograron reducir la presencia de sólidos disueltos totales, como se muestra en la Figura 14. La distinción principal radica en el lapso de tiempo, ya que se observa que, al llegar a la segunda hora, la concentración mínima de carbonato de calcio ya había diluido una cantidad mayor de sólidos disueltos totales en comparación con las otras condiciones, registrando una disminución de seis unidades con respecto al grupo de control. Además, en el pico de acción, que se produjo

después de cuatro horas, esta misma concentración de carbonato de calcio continuó siendo la que obtuvo los resultados más favorables en comparación con el hidróxido de calcio.

En comparación al gráfico anterior donde no se aplicó enzimas, se puede observar un comportamiento variado entre cada concentración en unión con las enzimas y no se pudo conseguir una reducción de los sólidos totales disueltos, de acuerdo a la bibliografía se conoce que las enzimas actúan de acuerdo al nivel de pH del medio y tanto el carbonato de calcio y el hidróxido de calcio son agentes que alteran el pH del agua, por lo que, podemos asumir que la acción de los productos calcáreos inhibieron el efecto de las enzimas.

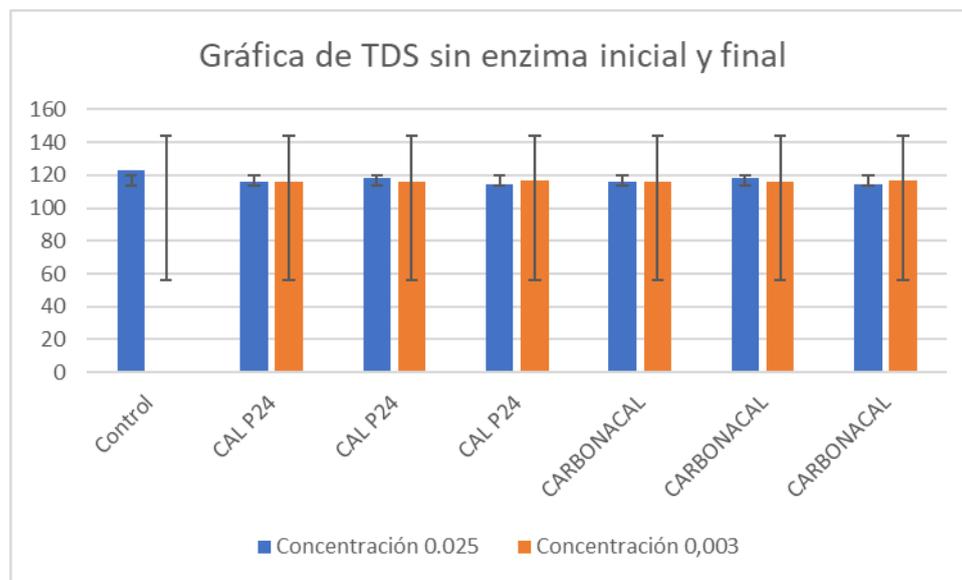


Figure 15 TDS sin enzima inicial y final

La gráfica de valores promedio que se presenta refuerza la conclusión de que los productos calcáreos contribuyeron a la disminución de los sólidos disueltos. En este contexto, destaca que la concentración mínima de carbonato de calcio, establecida en 3 mg/l, logró una reducción notable, pasando de 120 a 112 unidades.

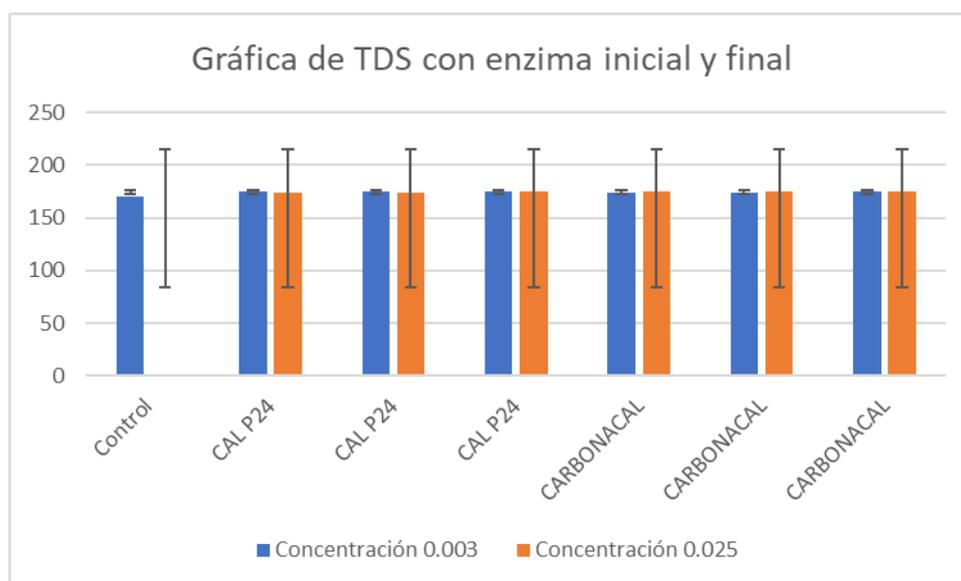


Figure 16 TDS con enzima inicial y final

La alteración en los niveles de pH del medio no permitió a las enzimas podemos reducir la cantidad de sólidos disueltos en el agua, sin embargo, esto no afectó en la cantidad de oxígeno disuelto en el medio. Existió una media entre 174 a 176 ppm tanto en la mínima como con la máxima concentración.

3.2 Análisis de Costos

Tipo del cal	Costo por saco 25 kg	# de Ha	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
			kg/ha	kg/ha	Costo por ha	Costo por ha
Hidróxido de Calcio	\$5,13	5	375	750	\$76,95	\$153,9
		10	750	1500	\$153,90	\$307,8
		15	1125	2250	\$230,85	\$461,7
		20	1500	3000	\$307,80	\$615,6
Carbonato de Calcio	\$2,54	5	500	1000	\$50,80	\$101,6
		10	1000	2000	\$101,60	\$203,2
		15	1500	3000	\$152,40	\$304,8
		20	2000	4000	\$203,20	\$406,4

Table 4 Precios máximos y mínimos de Hidróxido de Calcio y Carbonato de Calcio

	#Ha	Mínimo	Máximo
		costo por ha	costo por ha
Ahorro/ha usando Carbonato de Calcio	5	\$26,15	\$52,3
	10	\$52,30	\$104,6
	15	\$78,45	\$156,9
	20	\$104,60	\$209,2

Table 5 Ahorro del uso del Carbonato de Calcio en cultivos semi intensivos

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del costo asociado a la producción de camarones, considerando la cantidad de kilogramos por hectárea utilizados durante todo el proceso. Para este estudio, se tomaron en consideración los precios de dos productos clave: calp24 y carbonacal, que se cotizan a 5,13 y 2,54 dólares por saco, respectivamente. En términos de la cantidad de kilogramos por hectárea aplicados, los rangos máximos y mínimos van entre 75 y 150 para calp24 y entre 100 y 200 para carbonacal.

Al multiplicar estas cantidades por sus respectivos precios, se observó un ahorro significativo en el uso de micropartículas de carbonato de calcio. Este ahorro varió desde un mínimo de 26,15 dólares hasta un máximo de 52,3 dólares por cada 5 hectáreas cultivadas con camarones. Estos hallazgos indican que la elección de utilizar carbonato de calcio en lugar de otros insumos en la producción puede tener un impacto financiero positivo, lo que respalda la viabilidad económica de esta opción en el sector acuícola.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a los objetivos previamente planteados, pudimos obtener resultados en parámetros físicos-químicos que permite la comparación entre ambos componentes, luego de cada toma de muestras con distintas concentraciones, se concluye lo siguiente:

4.1.1 Conclusiones

-Se puede concluir que el hidroxido de calcio debido a su formulacion y funcion que es liberacion de iones de calcio e hidroxilos elevan mas rapido y proporcionalmente el pH, sin embargo, el carbonato de calcio en ambas concentraciones pudo elevarlo y mantenerlo dentro del rango ideal (7,5 a 8,5)

-La capacidad de óxido reducción se ve beneficiada por la aplicación de micropartículas de carbonato ya que elevó el control de inicial de 248 a 261 mV, nuevamente en los valores ideales de dicho parámetro, puesto que, el hidróxido de calcio disminuyó esta capacidad con 187,83 mV.

- El hidróxido de calcio pudo elevar de manera abrupta los niveles de pH a 11 o 12 (muy alcalino) en algunas en agua destilada y agua de lago ESPOL debido a producción de iones de calcio e hidroxilos, sin embargo, en efluentes de camaronera no se vio dicho resultado debido al efecto tapón generada por el agua salina. El nivel de pH llegó a niveles de 8 (casi neutral)

-El uso de micropartículas de carbonato de calcio puede generar un ahorro de 49,5% por cada cinco hectáreas de su implementación

4.1.2 Recomendaciones

-Se requiere tener una buena estructura de bodega para el almacenamiento de los sacos para evitar su contaminación y daños en el producto que generen pérdidas

-Al momento de juntar las enzimas con el carbonato de calcio, se recomienda realizar bien el mezclado para su total aprovechamiento puesto que la cal funciona como carrier para las enzimas

-Se recomienda la continuación de un análisis del efecto del carbonato de calcio en unión de dióxido de cloro para la reducción de organismos patógenos.

1. BIBLIOGRAFÍA

- Boyd, C. (1 de octubre de 2000). *Effluent composition and water quality standards*. Obtenido de Effluent composition and water quality standards: <https://www.globalseafood.org/advocate/effluent-composition-and-water-quality-standards/>
- Boyd, C. (31 de Julio de 2017). *La cal desempeña un papel crucial en el manejo de estanques acuícolas*. Obtenido de La cal desempeña un papel crucial en el manejo de estanques acuícolas: <https://www.globalseafood.org/advocate/la-cal-desempena-un-papel-crucial-en-el-manejo-de-estanques-acuicolas/>
- Mayer, E. (14 de Noviembre de 2022). *Enzimas - mejora en la calidad del agua y el suelo en acuicultura*. Obtenido de Enzimas - mejora en la calidad del agua y el suelo en acuicultura: <https://aquafeed.co/entrada/enzimas---mejora-en-la-calidad-del-agua-y-el-suelo-en-acuicultura-20498/>
- Piedrahita, Y. (23 de Julio de 2018). *Seafood Alliance*. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1/>
- Rojas, H. y. (2005). *Buenas Practicas de Manejo para el Cultivo de Camaron*. Obtenido de https://www.crc.uri.edu/download/PKD_good_mgt_field_manual.pdf
- Swain, P. (2019). *PROSPECTS OF APPLICATIONS OF NANOFORMS OF CALCIUM, PHOSPHOROUS AND ZINC SALTS IN FUTURE AQUACULTURE*. Obtenido de PROSPECTS OF APPLICATIONS OF NANOFORMS OF CALCIUM, PHOSPHOROUS AND ZINC SALTS IN FUTURE AQUACULTURE: <https://www.was.org/MeetingAbstracts/ShowAbstract/153859>