



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

DIAGNOSTICO Y CORRECCIÓN DE PH DEL SUELO DE UN ESTANQUE
POSTCOSECHA DE CULTIVO LITOPENAEUS VANNAMEI.

SOLANO ROBLES CARLOS EDUARDO
INGENIERO ACUÍCULTOR

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

DIAGNOSTICO Y CORRECCIÓN DE PH DEL SUELO DE UN
ESTANQUE POSTCOSECHA DE CULTIVO LITOPENAEUS
VANNAMEI.

SOLANO ROBLES CARLOS EDUARDO
INGENIERO ACUÍCULTOR

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

EXAMEN COMPLEXIVO

DIAGNOSTICO Y CORRECCIÓN DE PH DEL SUELO DE UN ESTANQUE
POSTCOSECHA DE CULTIVO LITOPENAEUS VANNAMEI.

SOLANO ROBLES CARLOS EDUARDO
INGENIERO ACUÍCULTOR

VELASQUEZ LOPEZ PATRICIO COLON

MACHALA, 25 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA
25 de agosto de 2022

pH C Solano

por Carlos Solano

Fecha de entrega: 19-ago-2022 06:43p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1884556003

Nombre del archivo: pH.docx (209.84K)

Total de palabras: 7024

Total de caracteres: 36972

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

El que suscribe, SOLANO ROBLES CARLOS EDUARDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Diagnostico y corrección de pH del suelo de un estanque postcosecha de cultivo *Litopenaeus vannamei.*, 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, 25 de agosto de 2022



SOLANO ROBLES CARLOS EDUARDO
0750168627

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	PARÁMETROS CRÍTICOS PARA EL DESARROLLO DE <i>Litopenaeus vannamei</i> 7	
2.1.	Oxígeno	7
2.2.	Temperatura.....	8
2.3.	pH.....	8
3.	Sistemas de producción de camarón en Ecuador.....	9
3.1.	Sistema extensivo	10
3.2.	Sistema semi intensivo	10
3.3.	Sistema intensivo	11
4.	Suelos acuícolas.....	11
4.1.	Texturas del suelo	12
4.2.	Constitución del suelo de estanques de cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i>	12
4.3.	Suelos sulfatados	13
4.4.	Muestreo de suelos.....	14
4.5.	Determinación del pH	15
5.	Acidez y pH del suelo del estanque	16
5.1.	Formación de sedimentos en acuicultura	17
5.2.	Materia orgánica en cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i>	18
5.3.	Descomposición de materia orgánica	19
6.	Métodos para la corrección de acidez en suelos acuícolas.....	20
6.1.	Tipos de cal usadas en acuicultura.....	21
6.1.1.	Carbonato de calcio (CaCO ₃).....	22

6.1.2. Hidróxido de calcio.....	23
7. Ejemplo de corrección de pH en suelos acuícolas.....	23
8. CONCLUSIÓN.....	24
9. BIBLIOGRAFÍA.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estanque Acuícola Con Proceso De Encalado.....	21
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Influencia del pH en el camarón (Boyd, 2001).....	9
Tabla 2. Requerimiento aproximado de cal en suelos de cultivo de camarón según su valor de pH (Boyd, 2019).....	22

RESUMEN

El suelo de los estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* recibe gran aporte de materia orgánica durante su ciclo productivo de alrededor de 90 días, sin embargo, dependiendo del sistema de cultivo implementado la intensidad aumenta, a tal punto de incrementar el ingreso de material orgánico en el sistema debido al aumento de densidades, protocolos de fertilización, implementación de alimento artificial y adición de insumos que van a parar al fondo del estanque. El presente documento describe la metodología a seguir para la determinación y corrección de pH en suelos de estanques de cultivo de camarón, mediante el uso de productos neutralizantes como es el caso de la cal, ya que productos como el carbonato de calcio y el hidróxido de calcio son ampliamente usados en el sector acuícola. Dependiendo de las características que presenta el suelo del estanque luego de ser cosechado, en el caso de ser necesaria la corrección del pH en el suelo para su preparación antes de un nuevo ciclo productivo, la literatura científica recomienda el uso de carbonato de calcio que ayuda a incrementar el pH del suelo y aumenta la concentración de calcio en el mismo, lo cual favorece a la descomposición de materia orgánica que es realizada por los microorganismos descomponedores evitando su acumulación dentro del sistema, ya que productos como el hidróxido de calcio no tiene un efecto limitado sobre el pH del suelo a largo plazo.

Palabras Clave: cultivo del camarón, suelo, pH, materia orgánica, carbonato de calcio, hidróxido de calcio.

ABSTRACT

The soil of the culture ponds of *Litopenaeus vannamei* receives a large input of organic matter during its productive cycle of about 90 days, however, depending on the culture system implemented, the intensity will increase, to the point of increasing the input of organic material in the system due to the increase of densities, fertilization protocols, implementation of artificial feed and addition of inputs that end up at the bottom of the pond. Therefore, this document describes the methodology to be followed for the determination and correction of pH in shrimp culture pond soils, through the use of neutralizing products such as lime, products such as calcium carbonate and calcium hydroxide are widely used in the aquaculture sector depending on the characteristics of the pond soil after being harvested, since in the case of needing to correct the pH in the soil for its preparation before a new production cycle, the use of calcium carbonate is recommended, which helps increase the pH of the soil and increases the concentration of calcium in it, This favors the decomposition of organic matter by decomposing microorganisms, avoiding its accumulation within the system, since products such as calcium hydroxide do not have a limited effect on soil pH in the long term.

KEYWORDS: shrimp farming, soil, pH, organic matter, calcium carbonate, calcium hydroxide.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Litopenaeus vannamei* en Ecuador comenzó a finales de los años 60 y desde ahí se ha venido desarrollando con gran rapidez, siendo actualmente uno de los países con mayor producción de camarón a nivel mundial debido a sus buenas prácticas acuícolas y a sus condiciones favorables que les permite producir volúmenes mayores a 688 mil toneladas anuales, valor que se registró en el año 2020, lo cual demuestra que el país ecuatoriano es un potencial competidor de los países con mayor hectareaje y tecnificación en cuanto a la producción de camarón (Piedrahita, 2018).

El sector camaronero en Ecuador ha contribuido de gran manera a la economía del país, convirtiendo al camarón en uno de los productos más importante de exportación a nivel nacional desde la década de los noventa, la camaronicultura impulsa en el desarrollo económico y social del país, es por esto que actualmente es el primer productor de camarón en Sudamérica con un total de 220 mil hectáreas destinadas a esta actividad, lo cual se debe al excelente manejo de los cultivos acuícola y a las diversas condiciones que presenta el país ecuatoriano, que dan como resultado un producto reconocido en todo el mundo por el cumplimiento de importantes estándares de calidad (Castillo et al, 2020).

Los camarones son considerados animales delicados, los cuales son susceptibles al estrés frente a condiciones desfavorables en su entorno, este estrés generado causa falta de apetito, baja tasa de crecimiento y susceptibilidad a las enfermedades por parte de los animales, lo que genera la necesidad de mantener los diversos factores físicos y químicos en condiciones adecuadas dentro de los estanques, ya que de esta manera se podrá obtener altas tasas de supervivencia, una eficiente conversión alimenticia y por ende aumentar la producción final.

Dentro de los factores indispensables para el desarrollo de los organismos está el suelo del estanque el cual es un factor crucial en la acuicultura, ya que la condición en la que se encuentren influye en gran medida en la calidad del agua y producción final, los parámetros primordiales a medir en suelos de estanques acuícolas es el pH y el porcentaje materia orgánica. Camaroneras situadas en antiguas áreas de manglar presentan altos niveles de sulfuros, los cuales se oxidan dando el origen al ácido sulfúrico y a condiciones altamente ácidas las cuales pueden afectar a los organismos cultivados, el reciclaje de nutrientes, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes como el fósforo.

Por lo mencionado en el párrafo anterior actualmente el camarón de origen ecuatoriano ha mantenido sus estándares de calidad, ya que a medida que pasa el tiempo la industrialización de las diversas áreas del sector acuícola es cada vez más notoria, llegando al punto de incrementar sus producciones en un tiempo reducido con la finalidad de satisfacer la gran demanda de camarón a nivel mundial, gracias al desarrollo de estrategias de control y rectificación de los diferentes factores químicos del suelo y agua presentes en el estanque.

Uno de estos factores imprescindibles para el correcto desarrollo de los organismos es el pH del agua y del suelo del estanque, siendo este último el tema en el cual está enfocado el siguiente documento debido a que es muy común el desbalance del mismo por acumulación excesiva de materia orgánica como desechos de mudas, heces y alimento no consumido, debido a esto se ha propuesto el planteamiento de un objetivo para el proyecto el cual consiste en hacer una recopilación bibliográfica relacionada con los métodos de determinación de pH en muestras de suelo de estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* y las medidas correctivas más usadas en casos de un desbalance.

2. PARÁMETROS CRÍTICOS PARA EL DESARROLLO DE *Litopenaeus vannamei*

La especie *Litopenaeus vannamei* o comúnmente llamado camarón blanco en gran parte del mundo es originario de la costa oriental del pacifico que va desde el norte en la ciudad de México hasta países de Sudamérica como Ecuador y Perú, se caracteriza por ser encontrado en la mayoría de hábitats tropicales los cuales cuentan con temperaturas de agua que superan los 20 °C durante todo el año, lo cual favorece el óptimo desarrollo de la especie (Puente, 2009).

Los ejemplares adultos habitan y se reproduce en mar abierto donde posteriormente sus crías viajan hasta las costas donde pasarán su etapa de juveniles, para finalmente pasar su etapa de pre adultos en manglares, estuarios y lagunas costeras, existen ciertos factores físicos y químicos que condicionan el desarrollo de estos organismos en su estado natural y cautiverio como es el caso del oxígeno disuelto, temperatura y pH (Puente, 2009).

2.1.Oxígeno

El oxígeno presente en el agua es indispensable para el desarrollo del *Litopenaeus vannamei* ya que bajas concentraciones de este gas genera altos niveles de estrés que se ve reflejado en un lento crecimiento, bajo apetito, susceptibilidad a patógenos y muerte de los organismos en condiciones críticas, el mayor aporte de oxígeno disuelto en estanques se da el fitoplancton que por acción de la fotosíntesis libera oxígeno en la columna de agua que es indispensable para satisfacer las necesidades respiratorias de los organismos, asimismo es importante para la oxidación, suspensión y circulación de material orgánico presente en estanques que es realizada por acción de los microorganismos presentes en el sedimento. Se ha reportado que valores de 3.89 ppm de oxígeno disuelto en la mañana permite lograr un aumento del 20% en la supervivencia y un 50% en producción final, asimismo estos niveles de oxígeno disuelto permiten reducir el FCA

de 2.24 a 1.96 a diferencia de niveles de 2.32 ppm de oxígeno disuelto, lo cual demuestra que los niveles óptimos de oxígeno en el de agua tienen un efecto benéfico en cuanto al desempeño de la producción (Paredes & Rodríguez, 2020).

2.2.Temperatura

La temperatura es un factor de gran relevancia en el cultivo de *Litopenaeus vannamei* ya que controla en gran parte el desarrollo de los organismos cultivados, siendo el rango ideal de temperatura entre 25 y 32 °C que son valores cercanos a la temperatura promedio de su hábitat natural, este factor tiene un fuerte impacto en gran variedad de procesos biológicos y químicos, ya que procesos como el crecimiento y la respiración se duplican con un aumento de 10 °C en la temperatura, lo que quiere decir que el camarón consumen dos veces más oxígeno y crece dos veces más rápido a 30 °C que a 20 °C. Por otra parte, la respiración y crecimiento de otra variedad de organismos que comparten el estanque con el camarón, al igual que las reacciones químicas en el suelo y agua del mismo se ven incrementados con el aumento de la temperatura, por todo lo antes mencionado las variables de calidad de agua tienden a ser más críticas a medida que incrementa la temperatura (Paredes & Rodríguez, 2020).

2.3.pH

El pH es un término usado para referirse a la concentración de iones de hidrógeno presentes en la columna de agua y suelo del estanque, mientras que la alcalinidad y acidez son factores de capacidad. El CO₂ es el responsable de genera la acidez del agua, la cual es una sustancia que no existe a valores de pH superiores a 8.3, por otra parte, la alcalinidad es la medida de la concentración de carbonato y bicarbonato que proceden de la disolución y erosión de la roca caliza y el silicato de calcio, sin embargo en estanques acuícolas la concentración de estas sustancias está

influenciado en gran parte por la actividad fotosintética realizada por las microalgas, por lo cual el pH tiende a ser menor durante el transcurso de la mañana debido a la actividad fotosintética, dicha fluctuación del pH es mayor a altas densidades de fitoplancton y suele ser menor cuando los estanques presentan alta alcalinidad, lo que se debe principalmente a la capacidad de amortiguación, llevar un monitoreo constante del pH del agua y suelo del estanque es de gran relevancia, debido a que según su rango afecta el metabolismo de los organismos que se cultivan ocasionando una gran variedad de efectos en los organismos cultivados (Paredes & Rodríguez, 2020).

Tabla 1. Efectos del pH en del desarrollo del camarón (Boyd, 2001).

pH	Efecto
4	Acidez letal
4-5	Bloqueo de reproducción
4-6	Crecimiento reducido
6-9	Optimo crecimiento
9-11	Crecimiento reducido
11	Alcalinidad letal

3. Sistemas de producción de camarón en Ecuador

En Ecuador el sistema de cultivo que más se utiliza a escala comercial es el extensivo y semi intensivo, ya que ha permitido tener un mayor control en cuanto a parámetros relacionados con la calidad del agua y sedimentos de estanques utilizados para la producción de camarón, a diferencia de países con mayor intensidad de cultivo donde el deterioro de los sedimentos es frecuente y causa condiciones desfavorables para el desarrollo de los organismos, lo cual ha

generado la aplicación de enmiendas correctivas con la finalidad de optimizar la calidad de agua y sedimentos acumulados en el fondo del estanque (Murcia, 2020).

3.1.Sistema extensivo

Este sistema se desarrolla en estanques hechos en tierra la cuales pueden tener una extensión de 2 a 20 hectáreas, no presentan una infraestructura compleja ya que son elaborados rústicamente, asimismo no cuentan con la intervención de especialistas técnicos, alimento exógeno, fertilizantes y sistemas de aireación ya que las densidades aplicadas en estos sistemas son muy bajas (1 - 3 camarón/m²), por lo cual la sustentación de los organismos cultivados se debe al alimento natural presente en la columna de agua, lo que resulta en producciones bajas al final de la campaña, estos sistemas presentan muy poca intensidad de manejo lo que se ve representado en una baja acumulación de materia orgánica y en una leve degradación del fondo del estanque (Murcia, 2020).

3.2.Sistema semi intensivo

Se considerar como el método más aplicado en los cultivos de camarón en toda Latinoamérica, se desarrolla en estanques de tierra con una extensión de 1 a 5 hectáreas, en este tipo de sistemas se emplea el uso de semilla procedente de laboratorios certificados, las cuales son sembradas a densidades que van de 10 a 30 PL/m², en este tipo de sistemas existe la intervención de alimento exógeno, protocolos de fertilización, equipos aireadores y asesoría técnica ya que es necesario realizar recambios periódicos de agua, con lo cual se llega a obtener rendimiento de 500 a 2000 kg/hectárea con un promedio de dos cosechas por año, por todo lo antes mencionado existe un aumento en cuanto al ingreso de material orgánico y degradación del suelo del estanque al final de la cosecha ya que con el incremento de la densidad de organismos habrá un mayor aporte de excretas, desechos de mudas y desperdicios de balanceado que se acumularan y descompondrán

liberando metabolitos tóxicos en los sedimentos que pueden llegar a causar condiciones anóxicas y acidificación del medio (Murcia, 2020).

3.3.Sistema intensivo

Este tipo de sistema se caracteriza por aplicar densidades de cultivo altas (30 a 40 PL/m²), para lo cual es necesario la instalación de un promedio de 6 equipos aireadores por cada hectárea para elevar los niveles de oxígeno en la columna de agua, asimismo es necesario la aplicación de alimento exógeno de alto valor proteínico debido a que es la única fuente de alimento que tienen los organismos cultivados, con un manejo correcto y buenas prácticas acuícolas estos sistemas pueden llegar a tener tasas de producción muy altas con un promedio de 3 campañas anuales, asimismo el aporte de materia orgánica es mayor en comparación a los sistemas anteriores ya que la densidades son muy altas y por ende los desechos serán mayores siendo la principal fuente de material orgánico en los sistemas de producción el alimento que no es consumido (Murcia, 2020).

4. Suelos acuícolas

El suelo del fondo de los estanques desempeña un papel fundamental en la dinámica de los mismos y aunque los fondos tienen su origen del suelo terrestre sus condiciones son muy distintas, ya que las partículas suspendidas por las corrientes, la materia orgánica producida por la actividad de cultivo y los sólidos en suspensión van a parar al fondo y forman una capa denominada sedimento, es muy común que compuestos como carbonatos, fosfatos e hidróxidos férricos presentes en el agua se precipitan y terminan depositados en los sedimentos ya que el fondo del estanque es considerado como el receptor de la variedad de residuos de productos aplicados y generados dentro del estanque (Boyd, 2001).

4.1. Texturas del suelo

Cuando se menciona la textura que tiene un suelo se hace referencia al porcentaje de arcilla, grava, arena y limo que este posee, la determinación del porcentaje de cada material y el tamaño de las partículas del suelo dan como resultado en nombre que lleva la textura. Se recomienda que los suelos de estanques acuícolas contienen alrededor de un 10-20 % de arcilla lo cual se puede determinar mediante la ayuda de un triángulo de suelos, ya que es bueno saber qué porcentaje de arcilla contiene el suelo ya que esta será la fracción reactiva al igual que la materia orgánica presente en cada suelo (Boyd, 2001).

4.2. Constitución del suelo de estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei*.

La constitución de los suelos de estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* es muy variada, ya que el fondo del estanque es el depósito de gran variedad de sustancias y partículas que se acumulan a lo largo del cultivo, las cuales están relacionada con las diversas prácticas de manejo y la altas densidades aplicadas, haciendo un enfoque en la intensidad de alimentación y fertilización, es por esto que las variables más estudiadas son la carga de microorganismos, pH y acidez del sedimento ya que son las variables que tienen un efecto directo en la salud de los organismos cultivados y la calidad del agua del sistema (Rivera, 2020).

La mayor preocupación de los productores de camarón a gran escala es la acumulación de materia orgánica en el fondo del estanque, ya que su degradación por medio de los microorganismos demanda de oxígeno disuelto por acción de la respiración aeróbica, que en algunos casos genera una reducción considerada en la tasa de descomposición aeróbica de la materia orgánica, lo cual indirectamente produce el acumulamiento de la misma en el fondo del estanque generando condiciones de tipo acididad e hipóxicas (Rivera, 2020).

Debido a lo antes mencionado las baterías se ven en la necesidad de utilizar otro tipo de compuestos como es el caso de nitratos y sulfatos que intervienen en el proceso de la respiración, debido a que se crean condiciones apropiadas para reducir y dar paso a la formación de compuestos como el nitrito, hierro ferroso, metano, amonio, gas sulfhídrico y manganeso que en grandes cantidades pueden llegar a volverse tóxicos y por ende afectar el desarrollo óptimo de los organismos cultivados (Rivera, 2020).

El control y monitoreo constante en cuanto a parámetros relacionados con la calidad de agua y sedimentos de estanques usados para la producción de camarón ayuda a predecir y ajustar las diversas condiciones claves para el desarrollo de la actividad acuícola, evitando de esta manera la interrupción del cultivo y la degradación ambiental, por lo cual la cantidad y calidad de sedimentos en los diversos estanques camaronícolas dependerá de su intensidad de manejo y productividad del mismo ya que esto juega un papel clave en el proceso de mineralización de materia orgánica (Rivera, 2020).

4.3.Suelos sulfatados

Una de las consecuencias que tiene la acumulación excesiva de materia orgánica en el fondo de los estanques es el origen de gases como el sulfuro de hidrógeno el cual es tóxico para los organismos cultivados, ya que suelos anaeróbicos con niveles moderados de materia orgánica resultan en niveles significativos de sulfuro de hidrógeno (H_2S) que es letal a bajas concentraciones ya que dificulta la respiración de los organismos, el sulfuro de hidrógeno es muy tóxico para los organismos en su forma no ionizada, dicha toxicidad es comparable con la del amoníaco, por lo cual estanques con pH de 7.5 presentan un 14 % del sulfuro en su forma tóxica (H_2S) a diferencia

de estanques con un pH de 6.5 donde la fracción tóxica representa el 61 % (Pardo, Suárez, & Pertuz, 2009).

Si el suelo del estanque al final de la cosecha tiene un color negro y al moverse desprende un olor a huevo podrido da como indicativo la presencia de condiciones anóxicas y elevadas concentraciones de sulfuro de hidrogeno. Los suelos sulfatados son extremadamente ácidos, presentan un porcentaje de saturación por debajo del 50 % y gran disponibilidad de aluminio intercambiable, cada vez más se construye nuevos estanques en áreas de humedales y manglares trayendo problemas en el transcurso del cultivo ya que ese tipo de suelos tiene la presencia de pirita de hierro la cual al ser expuesta al aire y oxidarse libera ácido sulfúrico, este tipo de suelo al ser inundados y reducidos llegan a tener un pH de 5 a 7, sin embargo cuando son drenados y se dejan expuestos a condiciones aeróbicas su pH tienen a disminuir a 2 o 3, los problemas más comunes asociados a este tipo de suelos es la baja sobrevivencia, el bajo crecimiento, la baja productividad y la muerte de los organismos (Pardo, Suárez, & Pertuz, 2009).

4.4.Muestreo de suelos

En cuanto a la toma de muestras de suelo para análisis es muy común aplicar la metodología de recolectar aleatoriamente alrededor de 10 muestras de suelo por estanque a una profundidad no mayor de 5 centímetros, sin embargo es necesario tomar en cuenta que para realizar este tipo de metodología es necesario observar si el fondo del estanque es homogéneo, de tal forma que no presente tonalidades más oscuras en ciertas partes como en el área de la compuerta, ya que en estos casos se recomienda tomar muestras separada y agruparlas para análisis individuales con el fin de hacer los tratamientos correctivo de forma idónea (Orduz, 2009).

Las muestras tomadas en cada área deben tener volúmenes iguales para ser almacenadas y posteriormente mezcladas, con el fin de tomar una submuestra de un tamaño considerable, la cual será secada por acción del sol o el uso de un horno a una temperatura de 60 °C, una vez seca la muestra se procede a triturar y tamizar con ayuda de una malla de 850 a 1000 micras para finalmente ser almacenada en bolsas o recipientes plásticos (Orduz, 2009).

4.5.Determinación del pH

En algunos de los casos el valor de pH puede ser determinado in situ con ayuda de medidores tipo Kelway los cuales pueden ser insertados de forma directa en el sedimento, sin embargo, no se recomienda el uso de estos equipos para la determinación de pH en piscinas de producción acuícola debido a que presentan un amplio margen de error. La manera más precisa y aceptable es mediante el uso de un medidor de pH con electrodo comúnmente utilizado en acuicultura para la determinación del pH del agua (Orduz, 2009).

El protocolo consiste en colocar 20 gramos de muestra de suelo seca y tamizada en un recipiente con tapa, al cual se le añade 20 ml de agua destilada para luego proceder a homogenizar, seguido se deja reposar el recipiente durante un lapso de 10 a 15 minutos con la finalidad de que las partículas se precipiten en el fondo del recipiente, posteriormente se procede a realizar la lectura del pH con el electrodo el cual debe estabilizarse durante 30 segundos antes de tomar registro del valor del pH. Finalmente es necesario la preparación de 40 ml de solución buffer de P-nitrofenol (pH de 8.0) a la cual se le añade 20 gramos de muestra de suelo para determinar la diferencia del pH en la solución luego de una hora (Orduz, 2009).

5. Acidez y pH del suelo del estanque

El suelo de los estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* debe considerarse como un factor clave en el éxito de la producción, ya que es aquí donde dicha especie vive y se desarrolla durante todo el ciclo de cultivo, por lo cual es común observar que las granjas dedicadas a esta actividad establezcan protocolos a ejecutar para el mantenimiento del suelo del estanque sin realizar los análisis correspondientes para determinar las condiciones en las que termina el estanque luego de cada campaña, lo cual genera un incremento en los costos de producción, sin embargo mantener el suelo del fondo de los estanques no es cosa fácil ya que para llegar a este punto es necesario comprender la relación entre las diversas comunidades bacterianas y los factores ambientales (Millard et al., 2021).

Uno de los factores de gran relevancia en los estanques de producción de camarón es el pH del suelo, que es la medida de alcalinidad o acidez de una muestra, la cual a su vez puede ser definida como el logaritmo negativo de la cantidad de iones de hidrogeno que va en un rango del 1 a 14, el cual tiene un efecto directo en la actividad de los microorganismos, la solubilidad de minerales y la disponibilidad de nutrientes (Millard et al., 2021).

Las partículas finas como es el caso de las arcillas tienden a cargarse negativamente en el suelo, pudiendo intercambiar y absorber los cationes, presentes en el sistema, esta capacidad de absorber iones positivos se la denomina como intercambio catiónico, dichos cationes que son fijados por medio de la adsorción en los diversos sitios de intercambio por lo general son ácidos como es el caso de los iones de hidrógeno, hierro y aluminio, o a su vez pueden ser básicos como es el caso de los iones de calcio, sodio, amonio, magnesio y potasio, la fracción ocupada por los iones ácidos de la capacidad total de intercambio es denominada como base no saturada, sin

embargo, la mayoría de los suelos acuícolas presentan baja cantidad de iones de hierro e hidrógeno siendo el ion ácido primario el aluminio. Si la base no saturada del fondo del estanque crece por ende habrá más iones de aluminio disponibles y listos para reaccionar con la columna de agua y dar paso a la formación de iones de hidrógeno, por lo cual cuando la base no saturada crece el pH del suelo tiende a disminuir y generar condiciones ácidas (Millard et al., 2021).

El valor ideal de pH en el suelo de estanques acuícolas esta en un rango de 7 a 8, debido a que en el mar el agua tiende a presentar elevadas concentraciones de elementos como el sodio y otros iones básicos, que elevan la base saturada y por ende el pH es superior a 7, asimismo este pH permite que los microorganismos presentes en el sedimento los cuales se encargan de mineralizar el material orgánico funcionen de manera más eficiente, ya que cabe recalcar que la única vía de mineralización de la materia orgánica es por medio de la acción de las bacterias, por otra parte los camarones son organismos que habitan en el sedimento presente en el fondo del estanque y cuando dicho medio reduce su pH de 7 a 6.5 la presión osmótica de la hemolinfa de los organismos disminuye de manera significativa y causa bajas tasas de crecimiento, bloqueo de la ecdisis y en algunos de los casos una combinación de ambos efectos, ya que en condiciones de pH bajo los iones que son necesarios para la formación del exoesqueleto se escasean alterando de esta manera al grosor, estructura y rigidez del caparazón de los camarones (Millard et al., 2021).

5.1. Formación de sedimentos en acuicultura

El principal ingreso de material orgánico dentro de los sistemas de producción es el plancton y bentos producidos en el estanque, los restos de muda y organismos muertos, los fertilizantes orgánicos, las heces producidas por los organismos cultivados y el alimento no consumido, un porcentaje muy pequeño de materia orgánica (alrededor del 10 %) es recuperada

en forma de biomasa de organismos cosechados, el porcentaje restante de materia orgánica se convierte en CO₂, se acumula en el sedimento y son descargados en efluentes acuícolas. Gran parte de los productores creen que una excesiva acumulación de materia orgánica tiene un efecto negativo en la calidad de agua y del sedimento en estanques sin embargo la materia orgánica tiende a descomponerse muy rápido y su acumulación en los sistemas no llega a ser muy excesiva (Boyd, 2016).

5.2.Materia orgánica en cultivo de *Litopenaeus vannamei*

El porcentaje de material orgánico presente en el estanque refleja la intensidad de manejo del cultivo y por ende juega un papel fundamental durante la mineralización que es un proceso que lleva a cabo la materia orgánica mediante la captura y liberación de nutrientes en el agua, lo que tiene un efecto en el porcentaje de supervivencia y la calidad del agua presente en los estanques (Mohanty et al, 2017).

Diversos investigadores han mencionado que el porcentaje de material orgánico presente en el suelo del estanque es un factor determinante para el correcto desarrollo de los camarones, sin embargo, existe poca información sobre los parámetros óptimos de variables físicas, químicas y biológicas que afecta la tasa de descomposición de la materia orgánica. Gran parte de los productores de camarón corroboran la importancia de mantener adecuados porcentajes de materia orgánica en el suelo del estanque, ya que en el fondo se acumula el fitoplancton muerto, restos de muda, alimento no consumido, excretas y organismos muertos que posteriormente se mezclan con las diversas partículas del suelo, el cual contiene una cantidad considerable de materia orgánica generando un medio apropiado para el desarrollo y crecimiento de diversos organismos bentónicos

y bacterias afines las cuales realizan la circulación de nutrientes y la degradación del material orgánico presente en el sistema (Boyd, 2020).

La materia orgánica presenta una interacción directa con los parámetros relacionados con la calidad de agua del estanque, dicha interacción se produce pocos centímetros arriba, por otra parte, es necesario mencionar que el oxígeno presente en el agua penetra muy poco el sedimento lo cual quiere decir que la capa superficial del sedimento es de tipo aeróbica a diferencia de las capas más profundas que es de tipo anaeróbico. Los suelos presentes en el fondo de los estanques no son muy estudiados, pero se tienen en cuenta varias consideraciones como lo es el tipo de textura, el porcentaje de materia orgánica, los componentes particulados solubles y el pH, que intervienen de manera perjudicial o beneficiosa para los camarones cultivados (Boyd, 2020).

5.3.Descomposición de materia orgánica

Existen factores que controlan o condicionan la descomposición del material orgánico que se da por acción de los microorganismos descomponedores, entre estos factores tenemos a la temperatura, oxígeno disuelto, estructura química del material orgánico y el pH del suelo y agua, ya que los organismos descomponedores presentes en el medio descomponen la materia orgánica el doble de rápido cuando se duplica la temperatura en intervalos de 0 a 35 °C, por otra parte se sabe que las bacterias trabajan mejor en un rango de pH que esta entre el 7 y 8,5 ya que cuando el pH tiene un valor bajo la descomposición por acción de los hongos se ve beneficiada, lo cual es perjudicial para los sistemas de producción ya que los hongos no son tan eficientes en descomponer el material orgánico (Boyd, 2016).

El agua presenta buenas concentraciones de oxígeno por lo cual el material orgánico que ingresa a los sistemas tiende a descomponerse fácilmente ya que el oxígeno disuelto es

indispensable para los microorganismos descomponedores que se encargan de este proceso, por otra parte la composición química de la materia orgánica en cuanto al contenido de nitrógeno es de gran importancia ya que la MO con mayor contenido de nitrógeno es generalmente más fácil y rápida de descomponer a diferencia de la MO con menor concentración de nitrógeno, sin embargo, la razón principal de este factor se debe a que los microorganismos encargados de la descomposición de la materia necesitan de nitrógeno para aumentar su biomasa (Boyd, 2016).

6. Métodos para la corrección de acidez en suelos acuícolas

El pH ácido del suelo en estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* se pueden corregir mediante la realización del encalado, que de igual forma favorece la productividad del estanque durante todo el desarrollo del cultivo, cuando hacemos referencia a este término nos referimos a la aplicación de una variedad de compuestos neutralizantes a base de calcio y magnesio, ya que una vez obtenido el valores de pH en las muestras se procede a determinar el requerimiento de carbonato de calcio mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\text{“Requerimiento de cal (kilogramos de CaCO}_3\text{/hectáreas) = (8 - pH) * 5,600”}$$

La aplicación de cal en acuicultura se realiza con la finalidad de mejorar la alcalinidad y pH del suelo y agua del estanque de cultivo de camarón y peces, sin embargo, la principal razón por la cual se aplica cal es para la desinfección de lodos y para corrección del pH del mismo (Banrie, 2013).

Figura 1. Estanque Acuícola Con Proceso De Encalado



Nota: El uso de materiales neutralizantes en el encalado de suelos acuícolas que presentan condiciones ácidas puede favorecer la calidad del agua y la degradación del material orgánico presente en el sistema (Boyd, 2016).

6.1. Tipos de cal usadas en acuicultura

Existen principalmente tres tipos de cal que se usan en el cultivo de camarón, estas son el carbonato de calcio (CaCO_3) e hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, es recomendable el uso de cal cuando los valores de pH obtenidos en las muestras de suelo están por debajo de 6, ya que niveles por encima de este valor tienden a elevarse a un valor normal de 7 o un poco más al ser inundados con agua, debido a que su pH oscila de 7.5 a 8.5 que es un rango óptimo para el suelo y agua de los sistemas de cultivo de camarón (Boyd, 2017).

Es importante conocer los diversos procesos y eventos que ha sufrido el estanque durante su anterior ciclo productivo, con el fin de saber cuándo es necesario la aplicación de hidróxido de calcio o carbonato de calcio en el suelo, ya que es recomendable la aplicación de hidróxido de calcio a una proporción de 1500 kg/ha si el estanque sufrió de varios eventos de mortalidades durante el ciclo de cultivo, por otra parte si el estanque no presentó mortalidades significativas

durante su ciclo productivo se recomienda la aplicación de carbonato de calcio a una proporción de 500 kg/ha con la finalidad de optimizar la alcalinidad del suelo, ambos productos tienen la capacidad de elevar el pH sin embargo el hidróxido de calcio es más rápido y eficiente (Boyd, 2017).

6.1.1. Carbonato de calcio (CaCO_3)

La aplicación de carbonato de calcio (CaCO_3) en estanques acuícolas para la corrección de pH en el agua y suelo del estanque se debe a la manera en que el carbonato de calcio reacciona con los iones de hidrógeno presentes en el sistema y los neutraliza, esta reacción genera la reducción de este ion en el suelo y agua liberando de esta manera gran cantidad de iones de aluminio, los cuales son reemplazados por iones de calcio provenientes de los iones de hidrógeno que fueron neutralizados por acción del carbonato de calcio, como resultado de la aplicación de carbonato de calcio (CaCO_3) en el suelo del estanque se obtiene la remoción del ion aluminio presente en el suelo ya que es precipitado como hidróxido de aluminio causando la disminución de la fracción no saturada y elevando el pH del suelo (Boyd, 2019).

Tabla 2. Requerimiento aproximado de cal en suelos de cultivo de camarón según su valor de pH (Boyd, 2019).

Valor de pH del suelo	Proporción de cal (CaCO_3 kg/ha)
> 7.5	0
6.5 - 6.9	1000
6.0 - 6.4	1500
5.5 - 5.9	2000
5.0 - 5.4	2500
< 5.0	3000
7.0 - 7.5	500(Opcional)

6.1.2. Hidróxido de calcio

El hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o también conocida como cal hidratada es muy utilizado en el sector acuícola debido a su efectividad y rápido efecto, que son características que permiten obtener cambios significativos en el suelo y agua del sistema en muy poco tiempo, por lo cual se recomienda su uso cuando se quiere disminuir o eliminar agentes patógenos dentro del sistema evitando la transmisión de enfermedades durante el nuevo ciclo de cultivo, asimismo este tipo de cal tiene un efecto limitado en el pH a largo plazo lo cual este producto no es muy aconsejable utilizarlo para la corrección de pH del suelo y agua en cultivos de camarón ya que su efecto residual resulta muy corto en comparación a otro tipo de productos calcáreos (Solano, 2003).

7. Ejemplo de corrección de pH en suelos acuícolas

En el caso de obtener un valor de pH de 5.7 en una muestra de suelo procedente de un estanque de cultivo de *Litopenaeus vannamei* se debe hacer uso de la fórmula antes descrita, para esto es necesario tener en cuenta la caída del pH en la solución buffer (pH de 8.0) una vez se haya agregado la muestra de suelo, por ejemplo, si el pH de 8 presente en la solución buffer desciende a 7.5 este será el dato a reemplazar dentro de la fórmula. A continuación, se determinará el requerimiento de cal que necesita el suelo de un estanque según el ejemplo planteado:

$$\text{Kilogramos de CaCO}_3/\text{hectáreas} = (8 - \text{pH}) * 5.600$$

$$\text{Kilogramos de CaCO}_3/\text{hectáreas} = (8 - 7.5) * 5.600$$

$$\text{Kilogramos de CaCO}_3/\text{hectáreas} = (0.5) * 5.600$$

$$\text{Kilogramos de CaCO}_3/\text{hectáreas} = 2.800$$

8. CONCLUSIÓN

En base a la información recopilada se concluye que los suelos de estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* en Ecuador tienen un pH que oscila entre 5.9 a 6.5, los cuales al momento de entrar en contacto con el agua llegan a elevarse hasta un valor de 7 o superior debido al pH del agua, en el caso de tener un suelo con un pH por debajo de 5.9 es necesario tomar medidas correctivas que involucran el uso de productos como la cal, lo cual es mencionado por (Vinatea, 2020) quien menciona el uso de carbonato de calcio para la corrección de pH en estanques acuícolas debido a su poder neutralizante de larga duración, en base al ejemplo planteado de una muestra de suelo con valor de pH de 5.8 al cual se le aplicó la fórmula antes descrita se concluye que para la corrección del pH del suelo del estanque es necesario la aplicación de 2.800 kg de carbonato de calcio (CaCO_3) por hectárea.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Banrie. (2013). Estanques de encalado para acuicultura. *The Fish Site*, 01. Obtenido de <https://thefishsite.com/articles/liming-ponds-for-aquaculture>
- Boyd, C. (2000). Chemical and Physical Properties of Shrimp Pond Bottom Soils in Ecuador. *Dspace*, 01-18. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8778/1/030515stanis.pdf>
- Boyd, C. (2001). Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. *Cesasin*, 10-12. Obtenido de <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>
- Boyd, C. (2016). Descomposición y acumulación de materia orgánica en estanques. *Global Seafood*, 01. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/descomposicion-y-acumulacion-de-materia-organica-en-estanques/>
- Boyd, C. (2017). La cal desempeña un papel crucial en el manejo de estanques acuícolas. *Global Seafood*, 01. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/la-cal-desempena-un-papel-crucial-en-el-manejo-de-estanques-acuicolas/>
- Boyd, C. (2019). La preparación del estanque de camarones es crucial para la producción y prevención de enfermedades. *Global Seafood*, 01. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/la-preparacion-del-estanque-de-camarones-es-crucial-para-la-produccion-y-prevencion-de-enfermedades/>
- Boyd, C. (2020). Descomposición de materia orgánica en sistemas acuícolas. *Global Seafood*, 01. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/descomposicion-de-materia-organica-en-sistemas-acuicolas/>

- Castillo, D., Guevara, M., Sellar, J., Tumbaco, N., & Marco, V. (2020). Actualidad del sector camaronero ecuatoriano. *CADIEC*, 02-03. Obtenido de <http://cadiec.oe.espol.edu.ec/wp-content/uploads/sites/19/2021/07/Art%C3%ADculo-sobre-Sector-Camaronero.pdf>
- Millard, R. S., Ellis, R. P., Bateman, K. S., Bickley, L. K., Tyler, C. R., van Aerle, R., & Santos, E. M. (2021). How do abiotic environmental conditions influence shrimp susceptibility to disease? A critical analysis focussed on White Spot Disease. *Journal of invertebrate pathology*, 186, 107369. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107369>
- Mohanty, R., Mishra, A., Ambast, S., Mandal, K., Panda, D., & Panigrahi, P. (2017). Efectos de diversas densidades de camarón (*Penaeus monodon*) sobre su crecimiento, la calidad del agua y los sedimentos y el balance hídrico. *Aquacult Int*, 01-16. doi:DOI 10.1007/s10499-017-0181-7
- Murcia, L. (2020). Rendimiento productivo de tres densidades de siembra de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en la estación de maricultura, Los Cóbano, Sonsonate. *UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*, 12-14. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/21252/1/13101716.pdf>
- Orduz, S. (2009). Analisis de las características físico-químicas de agua y suelos de cultivos acuícolas intensivos y superintensivos. *CENIACUA*, 66-68. Obtenido de <https://www.ceniagua.org/assets/PDFS/Manual%20fisicoquimicos%20Aguas%20y%20Suelos.pdf>
- Pardo, S., Suárez, H., & Pertuz, V. (2009). Interacción de los suelos sulfatados ácidos con el agua y sus efectos en la sobrevivencia del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) en cultivo. *Scielo*, 620-622. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902009000400005

- Paredes, J., & Rodríguez, J. (2020). Monitoreo de los parámetros de temperatura y pH para evaluar su efecto en la producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) en San Luis La Herradura, La Paz. *UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*, 09-17. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22090/1/TRABAJO%20DE%20TESIS%20-%20RAM%20C3%93N%20Y%20SAMUEL-%20AGRONOMIA.pdf>
- Piedrahita, Y. (2018). La industria de cultivo de camarón en Ecuador. *Global Seafood*, 01-09. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1/#:~:text=La%20industria%20de%20cultivo%20de%20camar%C3%B3n%20de%20Ecuador%20ha%20crecido,el%20petr%C3%B3leo%20para%20el%20pa%C3%ADs.>
- Puente, L. (2009). Respuestas fisiológicas de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, a condiciones oscilantes de oxígeno disuelto y temperatura. *INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL*, 09-21. Obtenido de <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/14322/1/puentec2.pdf>
- Rivera, R. (2020). Importancia de la calidad de suelos y agua en la producción acuícola. *ECUAQUIMICA*, 01. Obtenido de <http://ecuanoticias.com.ec/acuacultura.html>
- Sánchez, D. (2022). Enfermedades que Afectaron la Producción de Camarón y Análisis de las Exportaciones de Camarón en el Ecuador. *Universidad estatal península de Santa Elena*, 18.
- Solano, G. (2003). Efecto del hidróxido de calcio sobre la calidad de agua y la producción de estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* en aguas salobres. *Research Gate*, 01-12. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16583/1/ECUACA-2021-IAC-DE00008.pdf>

Vinatea, L. (2020). Encalado/Liming. *Luisvinatea*, 01. Obtenido de <https://www.luisvinatea.com/post/encalado-liming>