

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE
AIREADORES ARTESANALES PARA LA COOPERATIVA
CAMARONERA LOS PIÑALITOS, SAN LUIS LA
HERRADURA, LA PAZ.**

PRESENTADO POR:

**BR. NELSON ALBERTO HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
BR. WILLIAN ROBERTO MARTÍNEZ MEJÍA**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

SAN VICENTE, FEBRERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. PEDRO ROSALIO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL

DECANO:

LIC. M.Sc. JOSE MARTIN MONTOYA POLIO

SECRETARIO:

LIC. M.Sc. EDWIN RAUL AGUILAR RIVAS

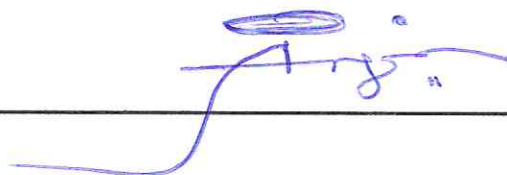
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ING. AGR. M.Sc. RAMON MAURICIO GARCIA AMAYA

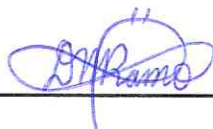


DOCENTES ASESORES:

ING. AGR. JORGE LUIS ALAS AMAYA



ING. AGR. DAVID MAURICIO RAMOS PÉREZ



DIRECTOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION

LIC. CARLOS RENAN FUNES GUADRON



RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en los estanques de la Cooperativa Camaronera Los Piñalitos que se encuentran ubicadas en el Caserío Guadalupe La Zorra, Cantón San Sebastián El Chingo, Distrito de San Luis La Herradura, Municipio de la Paz Centro, Departamento de La Paz, El Salvador, en el cual se diseñó y se construyeron los prototipos de sistema de oxigenación artesanal tipo Venturi como una alternativa de bajo costo para la cooperativa y se comparó con otros modelos de aireación, los cuales fueron, el sistema de aireación de paleta y el sistema semi intensivo bajo (natural), donde se monitoreó el nivel de oxígeno disuelto que cada uno de estos aportó y su efecto en la producción de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*.

De este modo, la investigación consistió en monitorear los niveles de oxígeno disuelto que cada sistema de aireación aportó, durante un ciclo de producción de camarón, en las horas más críticas de deficiencia de OD en los estanques, donde se evaluó la cantidad de oxígeno disuelto aportado por cada sistema y el efecto que genera en el crecimiento y desarrollo del camarón *Litopenaeus vannamei*. Es por ello, que el objetivo de la investigación fue diseñar y construir un sistema de oxigenación de bajo costo con materiales que se encuentran localmente y que no requiere de mano de obra especializada para su mantenimiento o reparación; evaluando la cantidad de oxígeno disuelto que el sistema aporta en comparación con los sistemas de oxigenación de paleta y tradicional.

En resumen, la investigación fue realizada en dos fases: fase I comprendiendo el mes uno (16 de junio al 19 de julio de 2018), y la fase II comprende el mes dos (20 de julio al 16 de agosto del 2018), determinando que, en la fase I se realizó la construcción de los aireadores tipo Venturi, ya que, la edad de la post-larva no exigía consumo elevado de oxígeno en el agua, lo cual; nos permitió realizar pre-ensayos para determinar su correcto funcionamiento en los estanques para la toma de datos, no así en la fase II que los niveles de OD presentaron disminuciones. Se determinó que el parámetro de oxígeno disuelto alcanza sus niveles más críticos durante horas nocturnas, es por ello que los niveles bajos de OD son perjudiciales para el desarrollo de los ejemplares determinando que los niveles bajos influyen negativamente en la ganancia de peso de los camarones. En cuanto a los sistemas de aireación evaluados en la investigación, el sistema de aireación de paleta fue el mejor evaluado seguido el prototipo Venturi, quedando por último el sistema semi intensivo bajo.

Lista de símbolos.

Detritus: Residuos, generalmente sólidos, permanentes, que provienen de la descomposición de fuentes orgánicas.

DDS: Días Después de la Siembra.

F1: Fila uno

F2: Fila dos

Floculación: Es un proceso fundamental que se usa para facilitar la agregación de pequeñas partículas en un líquido o solución para formar grupos más grandes.

HP: Es una unidad de medida equivalente de la fuerza, caballos de fuerza (potencia).

Ind/m²: Individuos por metro cuadrado.

Locomoción: Desplazamiento de un lugar a otro.

Metabolitos: Sustancia producida durante el metabolismo (digestión u otros procesos químicos corporales)

OD: Oxígeno Disuelto.

Osmorregulación: Es la forma activa de regular la presión osmótica del medio interno manteniendo los líquidos osmóticos del cuerpo.

PL/m²: Post larva por metro cuadrado.

Ramsar: Humedal designado como importancia internacional bajo el convenio de Ramsar

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

A Dios por guiarme y protegerme durante todo el proceso, por haberme dado fuerzas para luchar y por culminar esta etapa de mi vida.

A mis hermanos, Santos Franklin Hernández Rodríguez y a María Elizabeth Hernández Rodríguez, por brindarme su apoyo tanto moral como económico e impulsarme para salir adelante.

A mis padres, Santos Raymundo Hernández, María del Rosario Rodríguez García, por su sacrificio por darme la vida y por su apoyo, por esas palabras de aliento para que culminara mi carrera.

A mi esposa, Iris Rosibel Rivas de Hernández, por su amor y su compañía en este largo proceso, por su apoyo y sus consejos brindados.

A mis asesores, Jorge Luis Alas Amaya y David Mauricio Ramos Pérez, por brindar todos sus aportes de conocimientos, por ser parte fundamental de este proyecto, por su tiempo y por todos sus aportes como asesores.

A la cooperativa, los Piñalitos por creer en la investigación y por toda su hospitalidad.

A CORDES. Por su aporte económico que fue fundamental para poder realizar el proyecto.

Al departamento de ciencias agronómicas, por apoyar este proyecto y facilitar personal en la instalación del prototipo Venturi.

Nelson Alberto Hernández Rodríguez

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por haberme acompañado en todo este proceso, por haberme dado sabiduría y fuerzas para luchar y poder culminar la carrera.

A mis padres José Arnulfo Martínez y Ángela Mejía de Martínez por su apoyo incondicional, por todos los sacrificios que hicieron a lo largo de mi carrera, por su amor, sus consejos y siempre tener una palabra de aliento, comprensión y paciencia en los momentos difíciles durante todo este proceso.

A mis hermanos: Ruth del Carmen, José Arnulfo, Oscar Amílcar y Salvador por brindarme su apoyo económico y moral y por aconsejarme a no desistir de los estudios y alentarme a culminar la carrera.

A mis cuñados: Verónica Yesenia y Nelson Antonio por brindarme apoyo cuando lo necesitaba y estar disponibles en todo momento.

A mis asesores, Jorge Luis Alas Amaya y David Mauricio Ramos Pérez, por creer en el proyecto y haberme aceptado como tesista, gracias por todo el apoyo, consejos y palabras de ánimo que me han dado.

Al personal de la cooperativa los Piñalitos, don Ronald, don Rene, don Armando, Josué, Cristian, Mario, Oscar, Ariel y demás personas involucradas gracias a todos por su apoyo y la ayuda que me brindaron desinteresadamente.

A mis amigos, a todos los que a lo largo de este tiempo han estado ahí, ya sea dentro o fuera de la Universidad, han hecho más ameno y llevadero este difícil proceso, todos y cada uno sabe que los aprecio y agradezco su amistad.

Willian Roberto Martínez Mejía

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
RESUMEN	iii
Lista de símbolos.	iv
AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA.....	v
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.	3
2.1. Definición de acuicultura.	3
2.2. Cultivo de camarón.	3
2.3. Sistema de producción.....	4
2.3.1. Sistema extensivo.	4
2.3.2. Sistema semi intensivo.....	4
2.3.3. Sistema intensivo.	5
2.3.4. Sistema súper intensivo.	5
2.4. Variables de calidad de agua.	5
2.5. Variables físicas.	6
2.5.1. Temperatura.	6
2.5.2. Salinidad.	6
2.5.3. Turbidez.....	7
2.6. Variables químicas.....	7
2.6.1. pH.	7
2.6.2. Oxígeno disuelto.	7
2.6.3. Niveles críticos de oxígeno.....	8
2.7. Métodos de aireación.	9
2.7.1. Aireadores de Paleta.....	9
2.8. Efecto Venturi.....	10
2.9. El efecto Venturi y su aplicación.....	10
2.9.1. Hidráulica.	10
2.9.2. Aspiradoras y sopladores.....	11
3. MATERIALES Y METODOS.	12
3.1. Descripción de la investigación.	12
3.2. Ubicación del área de investigación.	12
3.3. Descripción del sitio de investigación.	13
3.4. Metodología de trabajo de la investigación.....	14
3.4.1. Fase de gabinete.	15
3.4.2. Fase de Campo.....	15

3.5.	Duración del experimento.....	15
3.6.	Equipo utilizado.....	16
3.7.	Toma de datos.	17
3.7.1.	Unidades de Muestreo.	17
3.7.2.	Diseño del área en los estanques para la toma de datos.	17
3.7.3.	Muestreo de oxígeno disuelto talla y toma de peso.....	18
3.7.4.	Oxígeno Disuelto.....	18
3.7.5.	Toma de Peso y talla.....	18
3.8.	Construcción e instalación de aireadores tipo Venturi.	18
3.8.1.	Construcción de aireadores tipo Venturi.....	19
3.8.2.	Preparación de base para bomba achicadora.....	20
3.8.3.	Instalación de tubería principal de PVC y los aireadores tipo Venturi.	20
3.8.4.	Pre-ensayos del prototipo Venturi.	21
3.9.	Obtención de datos.	21
3.9.1.	Semana I.....	21
3.9.2.	Semana II.....	22
3.9.3.	Semana III.....	22
3.9.4.	Semana IV.	22
3.10.	Toma de datos de oxígeno en los tres tratamientos.	23
3.11.	Distribución de puntos en el tratamiento Venturi.....	23
3.12.	Procedimiento para la toma de datos de oxígeno.....	23
3.13.	Medición de turbidez del agua del estanque.....	24
3.14.	Peso del camarón <i>Litopenaeus vannamei</i>	24
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1.	Resultados de los parámetros de OD en agua, peso y talla por tratamiento.	26
4.2.	Comportamiento del OD en agua, peso y talla con un sistema de siembra semi intensivo bajo según el Tratamiento 1 (natural).	26
4.3.	Comportamiento del OD en agua antes y después de activar los aireadores, peso y talla con un sistema de siembra semi intensivo bajo Tratamiento 2 (mecánico, aireador de paleta).....	28
4.4.	Comportamiento del OD en agua antes y después de activar los aireadores, peso y talla con un sistema de siembra semi intensivo bajo Tratamiento 3 (Prototipo de aireador Venturi).	29
5.	CONCLUSIONES.	32
6.	RECOMENDACIONES	33
7.	BIBLIOGRAFIA	34
8.	ANEXOS.....	38

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1.	Efecto de las concentraciones de oxígeno sobre los camarones.....	9
2.	Descripción de actividades realizadas durante la investigación.....	16
3.	Descripción del equipo utilizado durante la toma de datos.....	16

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		PAGINA
1.	Especificación de los estanques donde se realizó la investigación con sus densidades de siembra.....	14
2.	Materiales para la elaboración del aireador Venturi.....	19
3.	Datos promedio de peso en gramos por tratamiento.....	24
4.	Datos promedio de crecimiento (talla) en centímetros por tratamiento.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1. Ejemplos de la aplicación de dispositivos Venturi en diferentes campos de la industria.....	11
2. Ubicación geográfica de la investigación.....	12
3. Delimitación de los estanques de la Cooperativa Los Piñalitos.....	13
4. Delimitación de estanques y ubicación de tratamientos Cooperativa Los Piñalitos.....	13
5. Componentes que conforman el aireador Venturi con sus respectivas medidas.....	19
6. Comportamiento de parámetros de OD antes y después de activar los aireadores, peso y talla sistema semi intensivo bajo.....	26
7. Comportamiento de parámetros de OD antes y después de activar los aireadores, peso y talla tratamiento 2 (mecánico, aireador de paleta).....	28
8. Comportamiento de parámetros de OD antes y después de activar los aireadores, peso y talla tratamiento Venturi (aireador Venturi).....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PAGINA
Tabla A – 1. Toma diaria de datos Aireación natural antes de activar.....	38
Tabla A – 2. Toma diaria de datos Aireación natural después de activar.....	39
Tabla A – 3. Toma diaria de datos aireador de paleta antes de activar.....	40
Tabla A – 4. Toma diaria de datos aireador de paleta después de activar.....	41
Tabla A – 5. Toma diaria de datos aireador tipo Venturi antes de activar.....	42
Tabla A – 6. Toma de datos aireador tipo Venturi después de activar.....	43
Cuadro A - 1. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 1 antes de activar.....	44
Cuadro A - 2. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 2 antes de activar.....	44
Cuadro A – 3. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 3 antes de activar.....	44
Cuadro A – 4. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 4 antes de activar.....	44
Cuadro A – 5. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 1 después de activar en mg/L.....	45
Cuadro A – 6. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 2 después de activar en mg/L.....	45
Cuadro A – 7. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 3 después de activar en mg/L.....	45
Cuadro A – 8. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 4 después de activar en mg/L.....	45
Figura A - 1. Sonda Multiparámetros.....	46
Figura A - 2. Bascula gramera.....	46
Figura A - 3. Medida de talla usando regla	47
Figura A - 4. Monitoreo de puntos deficientes de oxígeno.....	47
Figura A - 5. Monitoreo de distribución de estanque.....	48
Figura A - 6. Distribución de los puntos en el área de muestreo.....	48

Figura A - 7. Modificación de bomba achicadora.....	49
Figura A - 8. Modificación de acople en Venturi.....	49
Figura A - 9. Simetría del Venturi.....	50
Figura A - 10. Partes que conforman el Venturi.....	50
Figura A - 11. Construcción de plataforma de bomba achicadora.....	51
Figura A - 12. Características técnicas de bomba achicadora	51
Figura A - 13. Instalación de tubería principal.....	52
Figura A - 14. Instalación de hule y alambre en los prototipos Venturi.....	52
Figura A - 15. Pruebas de funcionamiento y pre ensayos de los prototipos Venturi.....	53
Figura A - 16. Nivelación de tubería e instalación de prototipos Venturi.....	53
Figura A - 17. Toma de datos peso y talla.....	54

1. INTRODUCCIÓN.

En los últimos años, la acuicultura surge como una actividad provisoriosa y una alternativa económica, siendo el soporte financiero de muchos países desarrollados y de algunos en vías de desarrollo. La acuicultura genera oportunidades de empleos a mujeres, jóvenes e incluso personas de la tercera edad. En la acuicultura, el cultivo de camarón es uno de los sectores con más rápido crecimiento en Asia y Latinoamérica y recientemente en África. La sostenibilidad de la acuicultura del camarón se debe alcanzar con el reconocimiento y mitigación a corto y largo plazo de los efectos al medio ambiente y a la comunidad.

La camaronicultura en El Salvador tiene una característica sumamente importante, ya que la mayoría de las explotaciones se encuentran dentro de áreas de manglares, conocidas como bosques salados, que tienen la particularidad de ser catalogadas como áreas naturales protegidas, por ser fuente de una inmensa reserva de biósfera con plantas, aves, mamíferos, insectos entre otros; que actualmente algunos se encuentran dentro de la categoría de especies en peligro de extinción. Esta razón, obliga a acuicultores artesanales a la búsqueda de organización para la producción mediante técnicas o métodos alternativos de manera que no sean nocivos al medio ambiente, y no crear un desequilibrio ecológico con riesgo a la pérdida del hábitat; ya que, este tipo de productores son constantemente monitoreados por diferentes instancias gubernamentales, debido a la existencia de las reglamentaciones.

La búsqueda de alternativas productivas en camarón conlleva a desarrollar técnicas y manejo de las especies en estanques acuícolas, guiados mediante metodologías especializadas logrando cubrir los requerimientos o parámetros físicos-químicos asociados a un plan de alimentación acorde a exigencias nutricionales y lograr buen desarrollo y mejoras en la producción. En el manejo de estanques para la producción, uno de los parámetros de mayor importancia es el Oxígeno Disuelto que, en la mayoría de los casos, el proceso de oxigenación que comúnmente utilizan los acuicultores son métodos o técnicas mediante procesos naturales y artificial, como recambios de agua o haciendo uso de aireadores mecánicos, por lo que, es necesario indagar en alternativas que ayuden a mantener las cantidades adecuadas de oxígeno disuelto en los estanques, permitiendo una mejora en la producción y a su vez disminuyendo costos.

En el ámbito de la acuicultura, la innovación en dispositivos para la generación de oxígeno

disuelto y su medición representa una posible alternativa que reduzca costos, haciendo uso de la recirculación de agua mediante el uso del principio de Venturi, utilizando equipo y herramientas disponibles en la zona y lograr un incremento de peso del camarón en un menor tiempo. Por lo anterior, se hace necesario la búsqueda de un diseño, construcción y validación de prototipos de aireadores artesanales que proporcionen la cantidad de oxígeno disuelto que garantice el desarrollo del camarón.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Definición de acuicultura.

La acuicultura es una fuente muy importante de cultivos hidrobiológicos de calidad en el mundo que es conocida básicamente solo por la producción de dorada y lubina. Sin embargo, en la realidad es mucho más que eso. Bajo el término de “acuicultura” se engloba todo un conjunto de actividades, técnicas y conocimientos del cultivo de especies acuáticas vegetales y animales. No en vano, la FAO y la Comisión Europea la definen como “el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas, lo cual implica la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción, en operaciones como la siembra, la alimentación y la protección frente a depredadores (Rueda-Gonzales 2011). También, se menciona que es el conjunto de técnicas y actividades para la cría en cautividad de organismos acuáticos cuya finalidad es el control de la totalidad o de parte del ciclo de vida de los animaleso vegetales, el cual se ejerce tanto sobre las especies como sobre los medios de cultivo (FAO 2008). Así mismo, ya sean reptiles, peces, moluscos, crustáceos, que consiste en la producción en ambientes naturales y artificiales, en agua dulce, salobre o salada (Benítez-Castellón et al. 2005).

2.2. Cultivo de camarón.

La camaronicultura representa uno de los sectores de la acuicultura con más rápido crecimiento en Asia, América Latina y recientemente en África, aportando el 8% de la producción pesquera total y el 20.1% del valor total de la acuicultura en 2006. Destaca Tailandia como primer productor y exportador mundial de camarón cultivado, desde la década de 1,980 con producciones de 200,000 toneladas (Morales-Covarrubias, 2011).

Las variedades de camarón comercializadas internacionalmentese dividen en tres grandes grupos de acuerdo con su origen, tales como:

Especies de agua frías: Son variedades de tamaño pequeño y habitan en aguas oceánicas frías. Especies de aguas tropicales: Son de gran tamaño y corta vida, habitan en las cálidas aguas tropicales, entre sus variedades se cuentan las más importantes para el comercio mundial. Especies de agua dulce: Desarrollados en ríos y lagos, alcanzan gran tamaño en las regiones de clima cálido (Pomadere et al. 1997).

2.3. Sistema de producción.

Los sistemas de cultivo en producción acuícola al igual que en las demás producciones, están determinados por la densidad de organismos por metro cuadrado o cúbico, tipo de alimentación (natural o artificial), flujo de agua, tecnología empleada, capital a invertir, especie acuática a producir (Cervón y Ocampo s. f.). Del mismo modo, los sistemas de cultivo en la actualidad se pueden clasificar generalmente en cuatro categorías: extensivo, semi-intensivo, intensivo y súper- intensivo (Hernández-Guirola 2016).

2.3.1. Sistema extensivo.

Son estanques de gran tamaño mayores de una hectárea, sin intercambios diarios de agua, sin control de parámetros fisicoquímicos, y sin alimentación complementaria (Benítez-Castellón *et al.* 2005). Asimismo, entre los modelos de cultivo este es el más sencillo. La mayoría de las granjas que lo practican adquieren las post larvas del medio natural (Arrendondo-Figueroa 2002). De igual manera, lo que entra en el estanque durante la marea que seleccione para su proceso de cosecha complementaria, se siembra 1 larva por m² (Benítez-Castellón *et al.* 2005).

Usualmente este tipo de producción se lleva a cabo en grandes estanques de tierra (variando desde algunas hectáreas hasta más de 100), se utilizan bajas densidades de siembra (<5 ind/m²); no se provee aireación artificial (Hernández-Guirola 2016). A pesar de lo antes mencionado, a los 4 o 5 meses se cosechan camarones pequeños de entre 11 y 12 g. El rendimiento en estos sistemas extensivos es de 150–500 kg/ha/cosecha, con una o dos cosechas anuales (FAO 1931).

2.3.2. Sistema semi intensivo.

Se utiliza más de tecnología para aumentar la producción. La siembra se realiza directamente usando post-larvas y/o juveniles de fuentes naturales, de laboratorios o provenientes de pre-criaderos (Benítez-Castellón *et al.* 2005). También, se utiliza un canal reservorio que permita los cambios de agua del 5% al 10% de la masa total de agua del estanque diariamente en algunos casos se utiliza sistema de tuberías con bombas de gran capacidad (Cervón y Ocampo s. f.). Además, se fertilizan los estanques con el fin de enriquecer la cantidad de nutrientes consiguiendo con esto un crecimiento de la productividad primaria fitoplancton y zooplancton (Benítez Castellón *et al.* 2005).

Aunque, en estos sistemas por lo general se manejan estanques de tierra de tamaño moderado (1-20 ha), con un recambio de agua de 5-20%/día y densidades de siembra entre 11 y 25 ind/m²; (Hernández-Guirola 2016). Sin embargo, el camarón se alimenta de productos naturales propiciando su producción mediante fertilización del estanque, complementado con alimentación 2 o 3 veces al día. Los rendimientos de la producción en estanques semi intensivos varían entre 500 y 2,000 kg/ha/cosecha, con dos cosechas por año (FAO 2009).

2.3.3. Sistema intensivo.

El sistema intensivo posee una gran tecnología lo que le permite una alta tasa de siembra, aireación permanente que consiste en una recirculación del agua para la generación de oxígeno disuelto. Los factores fisicoquímicos son registrados todos los días (Benítez Castellón et al. 2005). En general, los estanques son pequeños (0.1–1.0 ha) sean cuadrados o redondos, en donde la profundidad suele ser mayor a 1.5 m, con densidades que varían entre 60 y 300 PL/m², por lo que se requiere una aireación continua de 1 HP/400–600 kg de camarón cosechado, para la oxigenación y circulación del agua. La alimentación se basa en dietas artificiales suministradas 4 a 5 veces diarias (FAO 2009).

2.3.4. Sistema súper intensivo.

Este tipo de sistemas se llevan a cabo principalmente en tanques de concreto o plástico, o en estanques pequeños (<1 ha) recubiertos con geomembrana plástica en invernaderos (Hernández-Guirola 2016). Igualmente, el cultivo se ejecuta en canales de 282 m² con 300-450 juveniles/m² de entre 0.5 y 2 g para su crecimiento entre 3 y 5 meses, en donde ha logrado obtener producciones de entre 28, 000 y 68, 000 kg/ha/cosecha a tasas de crecimiento de 1,5 g/semana, tasas de sobrevivencia de 55–91 por ciento, con un peso promedio de entre 16 y 26 g y factores de conversión alimenticia de 1.5–2.6:1 (FAO 2009).

2.4. Variables de calidad de agua.

En acuicultura se tienen muchas variables del medio que afecta la supervivencia, el crecimiento y la productividad de las especies criadas. Por suerte el manejo de un sistema de Acuicultura no necesita un conocimiento de todas las interacciones del medio. Un buen conocimiento de las variables del medio es suficiente para manejar estanques de cría de camarones (FAO 1988).

2.5. Variables físicas.

2.5.1. Temperatura.

La temperatura es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente (García-Namucho 2014).

La temperatura tiene alto impacto en los procesos químicos y biológicos. Los procesos biológicos como crecimiento y respiración se duplican, en general, por cada 10 °C que aumenta la temperatura. Esto significa que el camarón crece dos veces más rápido y consume el doble de oxígeno a 30 °C que a 20 °C, por lo que el requerimiento de oxígeno disuelto es más crítico en temperaturas cálidas que en las frías.

El crecimiento y la respiración de otros organismos que comparten el estanque, así como las reacciones químicas en su agua y suelo, se incrementan también conforme aumenta la temperatura (Claude s. f.). Sin embargo, temperaturas debajo de 23° C su desarrollo es lento o retardado debido a un descenso en su tasa metabólica. Cuando la temperatura del agua sobrepasa los 32° C, los camarones tendrán metabolismos muy acelerados. Aunque su crecimiento puede ser muy rápido, el agua caliente no tiene mucha capacidad de mantener oxígeno en solución. Esto en yuxtaposición con que es un momento cuando el camarón requiere una gran cantidad de oxígeno para sostener su tasa elevada de metabolismo (Meyer 2004).

2.5.2. Salinidad.

La salinidad representa la concentración total de iones inorgánicos disueltos, o sales, en el agua. Esto juega un rol significativo para el crecimiento de organismos de cultivo a través de la osmorregulación de minerales de cuerpo en el agua circundante. Para una mejor supervivencia y crecimiento, un rango óptimo de salinidad debe ser mantenido en el agua del estanque. Si la salinidad es demasiado alta, los camarones comenzarán a perder agua al medioambiente. Los cambios drásticos de salinidad pueden también alterar la fauna del fitoplancton y sus densidades de población, y llevar a inestabilidad del ecosistema. Los rangos

óptimos para agua de mar oscilan entre 30-35 mg/L (Fuentes-Arévalo y Gracia 2014).

2.5.3. Turbidez.

La turbidez es el grado de opacidad producido en el agua por las partículas en suspensión. En acuicultura, buscamos la turbidez relacionada con los organismos planctónicos; las partículas minerales son generalmente negativas para la cría. La turbidez se mide con el disco Secchi (FAO 1988), asimismo, la visibilidad de disco Secchi es la profundidad en centímetros a la cual el disco deja de ser visible cuando este es sumergido en la columna de agua del estanque. Usualmente existe una relación inversa entre la visibilidad del disco y la abundancia de plancton. A medida que el plancton aumenta la visibilidad disminuye. Al tomar decisiones de manejo en base a las lecturas de disco Secchi, hay que asegurarse que la turbidez es realmente debida a fitoplancton y no a otro tipo de materiales suspendidos en la columna de agua tales como arcilla, sedimentos o detritus (Rojas et al. 2005).

2.6. Variables químicas.

2.6.1. pH.

Indica la concentración de iones hidrogeno H^+ , es decir, si el agua es ácida o básica. El rango óptimo de pH se encuentra entre 7 y 9; pero valores de pH 5 han demostrado ser nocivos para los camarones. No obstante, esto, una elevación o disminución pronunciada de los valores de pH pueden producir efectos letales para el equilibrio ecológico del estanque. La medición de este parámetro deberá ser diaria (FAO s. f.).

2.6.2. Oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto es la variable más crítica para la calidad del agua en un estanque. Los granjeros deben entender muy bien qué factores afectan la concentración de oxígeno disuelto en el agua y cómo influye una baja concentración de oxígeno disuelto en el camarón (Claude s. f.). El nivel de oxígeno disuelto (OD) presente en un estanque de acuicultura es el parámetro más importante en la calidad del agua. Si no hay una buena concentración de oxígeno disuelto los organismos pueden ser vulnerables a enfermedades, parásitos, o morir por falta de este elemento. Además, se ha comprobado que no se alimentan cuando se presentan niveles bajos de oxígeno, lo cual conlleva a la pérdida de este insumo, afectando el crecimiento y la tasa de

conversión alimenticia (García-Namuche 2014).

Al subir la temperatura del agua, este líquido pierde, poco a poco, su capacidad de mantener gas en solución. Entonces, es más frecuente tener problemas con concentraciones insuficientes de oxígeno durante la época más caliente del año cuando sube la temperatura del agua. La solubilidad del oxígeno en el agua disminuye mientras baja la presión atmosférica. Es decir, a alturas mayores (sobre el nivel de mar) el agua puede mantener menores cantidades de gas en solución. Con menos presión atmosférica, hay menos fuerza para mantener el gas en el agua. Además, incrementos en la salinidad del agua disminuyen su capacidad de tener gas en solución. Las moléculas de sal ocupan lugares en el agua donde pueden estar presentes las moléculas de oxígeno (Meyer 2004).

La cantidad de oxígeno disuelto se cuantifica dos veces al día, en la mañana y finalizar el día. En los estanques este elemento proviene del agua de recambio y la fotosíntesis. Las menores concentraciones de oxígeno se observan durante la madrugada y las mayores a última hora del día. Se consideran rangos normales de concentración entre 4 y 9 ppm, se debe evitar no solo una baja concentración, sino valores superiores a 10 ppm, ya que esto indicaría una excesiva concentración de fitoplancton que puede producir una disminución notable de oxígeno durante la noche (FAO s. f.).

La pérdida de oxígeno ocurre principalmente por la respiración de todos los organismos aeróbicos del estanque y la producción se hace por las algas en el momento de la fotosíntesis. El otro origen del oxígeno es por el agua fresca administrada durante el intercambio de agua. También podemos comparar el sistema de recambio de agua como un verdadero pulmón del sistema semi intensivo (FAO 1988).

2.6.3. Niveles críticos de oxígeno.

Los niveles críticos de oxígeno disuelto en el agua del estanque que están relacionados directamente con el bienestar o salud del camarón son: desde 0 - 1.0mg/l, letal; 1 - 1.5 mg/l., letal con exposición prolongada; 1.7 -3.0 mg/l., pobre conversión alimenticia, crecimiento lento, disminución de la resistencia a las enfermedades si continúan expuestos (Talavera et al. 1997). En el Cuadro 1 se resumen los efectos del oxígeno. Al incrementar la temperatura, el camarón tiene que reponer mediante la ingesta de más alimento, la energía gastada con el incremento

del metabolismo (más gasto en la respiración, locomoción, proceso de muda) afectando otra vez como en el caso de la temperatura su crecimiento y a la vez el factor de conversión alimenticia. (Valenzuela et al. 2011).

Cuadro 1. Efecto de las concentraciones de oxígeno sobre los camarones.

Concentración de oxígeno disuelto	Efecto
Menor de 1 - 2 mg/L	Letal si la exposición dura más que unas horas.
2- 4 mg/L	Crecimiento será lento si la baja de oxígeno disuelto se prolonga.
4 – 12 mg/L	Mejor condición para el crecimiento adecuado.
> 12 mg/L	Puede ser dañino si las condiciones existen por todo el estanque. Generalmente, no hay problema.

Fuente: Elaborado con base en Cuellar *et al.* 2010.

La oxigenación en los procesos productivos para los acuicultores es uno de los parámetros de vital importancia, dado que, en pocos minutos una disminución de la concentración de oxígeno en el agua hasta el nivel mínimo tolerado por los camarones puede provocar su muerte. La creación de aireadores es trascendente porque genera oxígeno de forma continua, incrementa los niveles de producción y alimentación continua (Morla 1991).

2.7. Métodos de aireación.

2.7.1. Aireadores de Paleta.

Este método consiste en un eje rotatorio propulsado por un motor eléctrico con una serie de paletas de cierta forma aparatosos, bajo poder de oxigenación, potencia 1.5 Kw. Hay una variante que utiliza la toma de fuerza de motores a combustión (Merino Galli y Sal 2007).

2.8. Efecto Venturi.

El efecto Venturi (también conocido tubo de Venturi) consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor. Si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido que va a pasar al segundo conducto. Este efecto, demostrado en 1797, recibe su nombre del físico italiano Giovanni Battista Venturi (1746-1822) (Daugherty *et al.* 1985).

El efecto Venturi se explica por el Principio de Bernoulli y el principio de continuidad de masa. Si el caudal de un fluido es constante pero la sección disminuye, necesariamente la velocidad aumenta tras atravesar esta sección. Por el teorema de la conservación de la energía mecánica, si la energía cinética aumenta, la energía determinada por el valor de la presión disminuye forzosamente.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Donde 1 y 2 son los subíndices que indican los puntos 1 y 2; P1 y P2 son las presiones; “ γ ” es el peso específico; Z1 y Z2 son elevaciones; V1 y V2 son las velocidades y g es la aceleración gravitacional (Baylar *et al.* 2009).

2.9. El efecto Venturi y su aplicación.

Originalmente el Principio de Bernoulli es aplicado a fluidos, más concretamente nos habla del fluido ideal (sin rozamiento ni viscosidad) (Figura 1), sin embargo, este mismo principio se puede aplicar a diversos ámbitos (Ortiz-Domínguez *et al.* 2005).

2.9.1. Hidráulica.

La presión generada en un estrechamiento al aumentar la velocidad del fluido, se utiliza frecuentemente para la fabricación de máquinas que proporcionan aditivos en una conducción hidráulica, es muy frecuente la utilización de este efecto “Venturi” en los

mezcladores del tipo z para añadir espumógeno en una conducción de agua para la extinción (García- Andrés, 2017).

2.9.2 Aspiradoras y sopladores.

Usan el efecto Venturi para crear un flujo de aire que aspira partículas o gases. El incremento de la velocidad y la disminución de la presión generan un efecto de succión que permite limpiar y/o achicar otras sustancias. Este es el sistema por el que funcionan las bombas hidráulicas en las minas para vaciar los niveles inundados (Munilla- Giménez, 2023). también, Mejía - Rómulo. 2020. describe algunos.

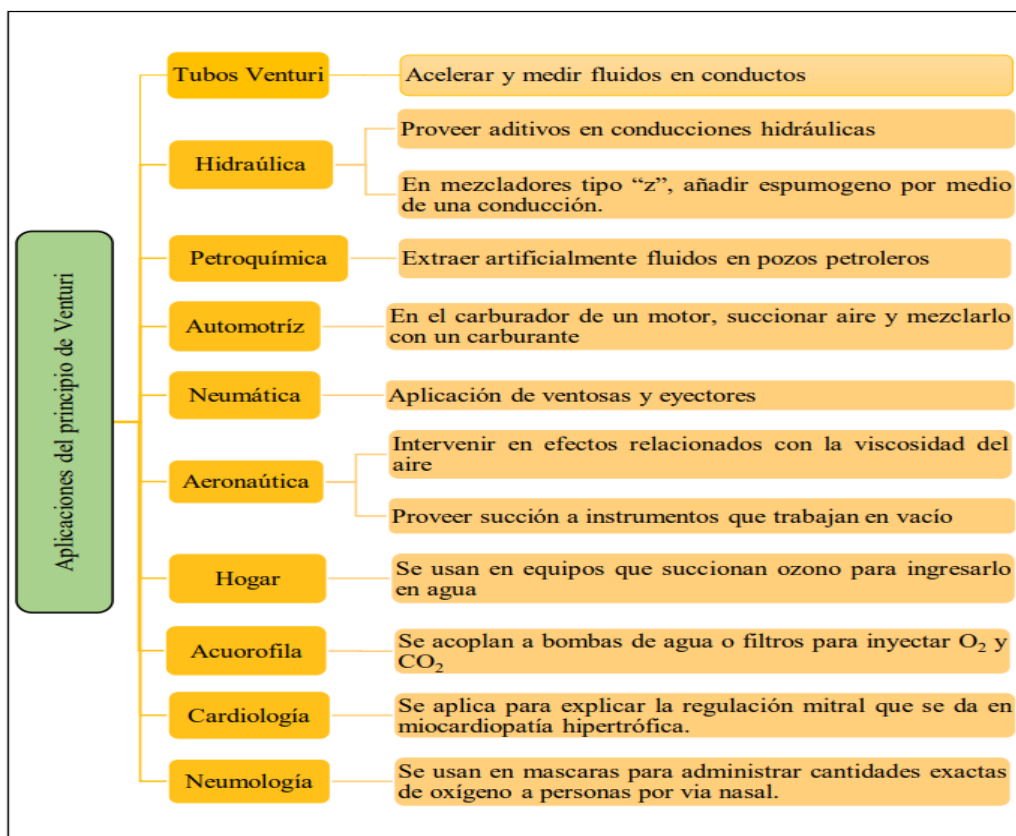


Figura 1. Ejemplos de la aplicación de dispositivos Venturi en diferentes campos de la industria.

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Descripción de la investigación.

La investigación consistió en monitorear el parámetro de Oxígeno disuelto generado por los prototipos tipo Venturi comparando los resultados con el aireador de paleta y mediante un sistema de producción de OD natural y un de siembra semi intensivo bajo, en los estanques camaroneros de la Cooperativa “Los Piñalitos” durante un ciclo de producción y evaluar el efecto de estos aireadores en la producción de camarón.

3.2. Ubicación del área de investigación.

La investigación se realizó en la Cooperativa Camaronera “Los Piñalitos”, que se encuentra ubicada en el Caserío Guadalupe La Zorra, Cantón San Sebastián El Chingo, Distrito de San Luis La Herradura, Municipio La Paz Centro, Departamento de La Paz, ubicada a una altura sobre el nivel del mar de 2 a 3 metros aproximadamente. La zona de investigación posee un clima cálido que oscila entre 30 y 37 °C, con las coordenadas: 13°21'25.44" N y 88°51'56.41" O (Figura 2).



Figura 2. Ubicación geográfica de la investigación.



Figura 4. Delimitación de estanques y ubicación de tratamientos Cooperativa Los Piñalitos.

Para la ejecución de la investigación se tomó un ciclo de producción manejado en tres estanques distintos considerados cada uno de ellos como unidades experimentales, con dimensiones y densidades de siembra que se especifican en la Tabla 1.

Tabla 1. Especificación de los estanques donde se realizó la investigación con sus densidades de siembra.

ESTANQUE	AREA	DENSIDAD DE SIEMBRA
1	21,033 m ²	25 camarones / m ²
4	19,262 m ²	25 camarones / m ²
5	14,100 m ²	25 camarones / m ²

3.4. Metodología de trabajo de la investigación.

La investigación se llevó a cabo en tres de los cinco estanques camaroneros con los que cuenta la Cooperativa “Los Piñalitos”; y para dicha investigación se tomó un ciclo de producción, el cual, tiene una duración de 62 días, ya que, se inició la toma de datos 35 días posterior a la siembra. Asimismo, la metodología para el desarrollo de esta se dividió en 2 fases: fase de gabinete y fase de campo, las cuales se describen a continuación:

3.4.1. Fase de gabinete.

Se realizó la recopilación de información para la elaboración del marco teórico del documento y para el desarrollo de la investigación. De esta forma, se completó el documento final de la investigación y así la metodología de campo y la metodología de análisis de resultados del mismo. Por otra parte, para el análisis de la información obtenida en campo se organizaron los datos colectados, para lo cual se hizo uso del programa estadístico SPSS para su interpretación, haciendo uso de estadística descriptiva mediante: gráficos de líneas, cuadros y medidas numéricas como medias o promedios, usando los valores máximos y mínimos para el análisis de los resultados.

Asimismo, la metodología estadística utilizada fue bloques completamente al azar debido a que las unidades experimentales no eran homogéneas, ósea que cada tratamiento fue establecido en distintos estanques acuícolas para la producción de camarón.

3.4.2. Fase de Campo.

La fase de campo comprendió la preparación de las zonas de estudio para la realización de la investigación, que implica: la preparación de los puntos de toma de datos de oxígeno en los estanques, construcción de los aireadores tipo Venturi, preparación de plataforma donde se ubicó la bomba achicadora y la tubería de los aireadores tipo Venturi.

Durante esta fase se realizaron pre-ensayos para hacer ajustes o calibración en los equipos a utilizar para hacer las lecturas de oxígeno disuelto en el agua con el fin de corregir algunas anomalías que pudieran generar lecturas erróneas en la recolección de datos y en los prototipos tipo Venturi para observar y evitar fugas en los acoples.

3.5. Duración del experimento.

La parte correspondiente al trabajo de campo tuvo una duración de 62 días, iniciando el 16 de junio y finalizando el 16 de agosto del 2018; dividiéndose en dos fases: construcción de prototipos de aireadores iniciando el 16 de junio al 19 de julio del 2018, durante este periodo también se realizaron los pre-ensayos, construcción de plataforma para la bomba achicadora e instalación de tubería para el acople de los aireadores Venturi. Y la fase de toma de datos del 20 de julio al 16 de agosto del 2018. (Cuadro 2).

3.6. Equipo utilizado.

En cuanto a la realización de la investigación se necesitó del equipo necesario para la toma de los diferentes parámetros físico químico, que consistió en: La Sonda multiparámetros YSI 55 para medir cantidad de oxígeno disuelto, bascula para la toma de peso en el muestreo de del desarrollo del camarón, embarcación artesanal elaborado de madera (cayuco), linternas, atarrayas, entre otros (Cuadro 3).

Cuadro 2. Descripción de actividades realizadas durante la investigación.

ACTIVIDAD	FECHAS
Elaboración de oxigenadores tipo Venturi Recolección y colocación de estacas para plataforma de bomba y sujeción de tubería PVC de oxigenadores tipo Venturi Colocación de tubería y oxigenadores tipo Venturi y puntos de toma de datos. Calibración de equipo medidor de oxígeno y pre-ensayos Toma de datos de los parámetros diariamente y muestreo de peso y talla cada 14 días.	Del 16 al 20 de junio de 2018 Comprendió del 21 al 27 de junio. Comprendió del 28 al 30 de junio Desde el 01 de julio al 19 de julio Desde el 20 de julio al 16 de agosto de 2018, la toma de datos de talla, peso y oxígeno se tomaron a partir del día 35 de producción, ya que, en los primeros días de vida de las post larvas, el consumo de oxígeno no es significativo y no es necesario oxigenar el agua en los estanques.

Cuadro 3. Descripción del equipo utilizado durante la toma de datos.

EQUIPO	CANTIDAD
Sonda multiparámetros YSI 55	1
Bascula	1
Balsa	1
Linterna	2
Cinta métrica	1
Cuaderno	1
Bolígrafo	2
Machete	2
Regla	1
Atarraya	1

3.7. Toma de datos.

3.7.1. Unidades de Muestreo.

Las unidades de muestreo que se trabajaron fueron cada uno de los estanques, donde se ubicaron los puntos para la realización de toma de datos, distribuyéndose un tratamiento en cada estanque que se detalla a continuación.

T1: Aireación natural.

T2: Aireador de paleta.

T3: Aireador tipo Venturi.

3.7.2. Diseño del área en los estanques para la toma de datos.

Para la realización de la investigación se hizo la división de los estanques, donde se ubicaron 10 puntos por estanque para realizar la toma de datos de los parámetros de OD, talla y el peso. Asimismo, para la identificación de los puntos se colocaron boyas (Figura A – 4). De igual forma, los puntos se colocaron en las áreas con mayor deficiencia de oxígeno (Figura A – 5), a cada aireador se le asignaron dos filas de puntos, la primera fila de puntos se colocó al frente a 10 metros de distancia del prototipo y a 9 metros entre cada punto a muestrear, la segunda fila se colocó a 12 metros de la primera y a 9 metros entre cada punto. (Figura A – 6).

En cuanto al área útil a investigar fue de 990 m² con 10 puntos de toma de muestra que fueron seccionados en dos filas en cada estanque:

- Fila 1 de 450 m² con 5 puntos.
- Fila 2 con 540 m² de 5 puntos.

3.7.3. Muestreo de oxígeno disuelto talla y toma de peso.

El ciclo de producción inicio el 16 de junio, no obstante, el muestreo de los parámetros se realizó 35 días después de iniciado el ciclo productivo debido a que, los camarones no demandan grandes cantidades de oxígeno durante este periodo, debido a esto, el muestreo se realizó durante 28 días partiendo de 35 días después de la siembra, donde se tomaron los niveles de OD disuelto en el agua antes de encender los aireadores, muestreando de 11.30 pm a 1.30 am (media noche), donde, se generó una serie de datos de cada tratamiento (natural, de paleta y con el dispositivo venturi), que se tabularon; luego de eso, se procedía a encender los aireadores de paleta y los tipo Venturi, dejándolos funcionar por un periodo de dos horas y media, muestreando nuevamente de 4.00 am a 6.00 am tomando los parámetros de OD en agua y tabulando los datos de forma diaria, este proceso se realizó también con el tratamiento tradicional usando los equipos y materiales antes mencionados.

3.7.4. Oxígeno Disuelto.

La toma del parámetro de Oxígeno Disuelto se realizó con la Sonda Multiparámetros, introduciéndola en el estanque hasta una profundidad promedio de 0.90 m y haciendo la lectura en cada uno de los puntos que se tomaron en las secciones, registrando los datos y la recolección de cada una de las muestras en los puntos en cada estanque (Figura A – 1).

3.7.5. Toma de Peso y talla.

Se utilizo una red (Atarraya), para la obtención de un total de 10 muestras por estanque, La toma de peso se realizó utilizando una báscula eléctrica (Figura A – 2). y la toma de talla con una regla (Figura A – 3), registrando los datos en una tabla.

3.8. Construcción e instalación de aireadores tipo Venturi.

3.8.1. Construcción de aireadores tipo Venturi.

Para los componentes de los aireadores tipo Venturi, se utilizaron reductores, uniones y niples de PVC de alta resistencia para formar un cono (Figura 6), el cual, se va reduciendo de un extremo con un diámetro de dos pulgadas hasta llegar a una reducción de media pulgada al centro, de igual manera se va ampliando de $\frac{1}{2}$ pulgada hasta llegar a dos pulgadas en el otro extremo formándose así, el aireador tipo Venturi (Figura A -10), el cual, hace la absorción de oxígeno atmosférico al centro del dispositivo.

Para la construcción de los aireadores tipo Venturi se utilizaron los siguientes materiales (Tabla 2), también, se tomó en cuenta el diámetro de salida de agua de la bomba achicadora, la cual era de dos pulgadas y media, debido a que la tubería no generaba la presión necesaria para absorber el oxígeno atmosférico (Figura A - 7), se realizó la modificación en el acople de los aireadores tipo Venturi reduciendo a dos pulgadas el diámetro de la tubería (Figura A - 8), se determinó la distancia de cada aireador Venturi y la cantidad de tubería necesaria de acuerdo a la potencia de la bomba achicadora, la cual, fue de seis metros de distancia entre cada aireador para un total de 8 aireadores logrando así que la presión ejercida por la bomba llegara con la misma intensidad a cada uno.

Tabla 2. Materiales para la elaboración del aireador Venturi.

Concepto	Cantidad
Reductor de 2 $\frac{1}{2}$ " a 2"	1
Reductor de 2" a 1 $\frac{1}{2}$ "	2
Reductor de 1 $\frac{1}{2}$ " a 1"	2
Reductor de 1" a $\frac{1}{2}$ "	2
Unión de 2 $\frac{1}{2}$ "	1
Unión de 2"	2
Unión de 1 $\frac{1}{2}$ "	2
Tee de $\frac{1}{2}$ "	1
Tubo alta presión $\frac{1}{2}$ "	1
Tubo alta presión 2"	29 cm
Tee de 2 $\frac{1}{2}$ "	1
Tapón 2 $\frac{1}{2}$ "	2
Pega	30 ml
Cierra	1

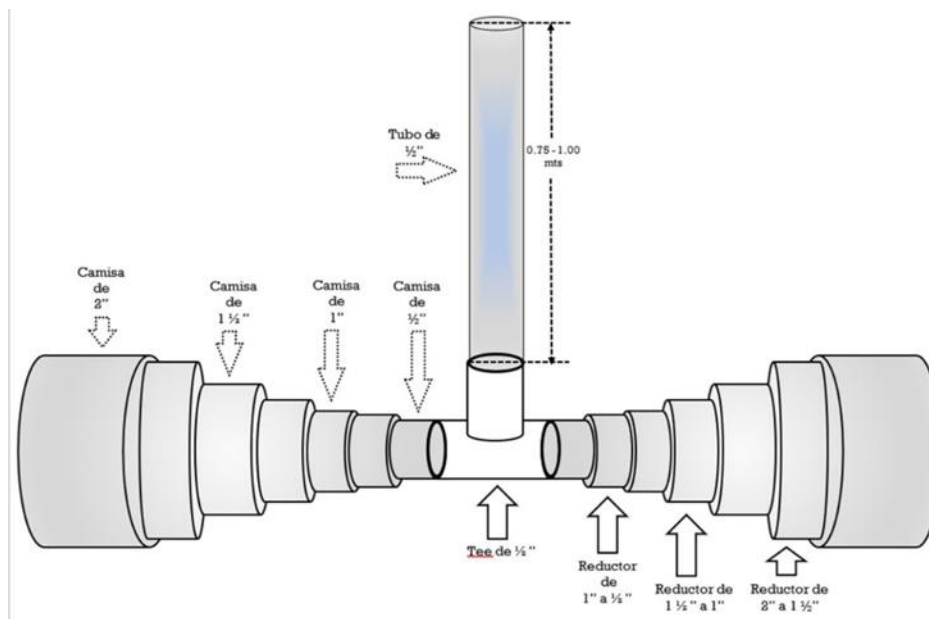


Figura 5. Componentes que conforman el aireador Venturi con sus respectivas medidas.

3.8.2. Preparación de base para bomba achicadora.

Antes de realizar el diseño para toma de datos en los estanques, se buscó un punto estratégico para la ubicación de los aireadores tipo Venturi y la plataforma donde se instaló la bomba achicadora, en la cual, se hizo una compactación del piso, posteriormente se realizó la colocación de unas estacas como pilares con alturas de 1.40 metros de los cuales, 0.40 metros se profundizaron, donde se sostuvo una plataforma a base de madera encontrada en el mismo lugar (Figura A – 11) que sirvió de base para poner la bomba achicadora (Figura A – 12), brindando seguridad y evitando que tuviera contacto con el agua, dejando la plataforma 1 metro sobre el espejo de agua.

3.8.3. Instalación de tubería principal de PVC y los aireadores tipo Venturi.

La tubería se instaló sobre unos postes de madera de 2.40 m de altura, de la cual 0.40 m se soterró para dar un mejor soporte (Figura A – 13). Los agujeros se realizaron con pala dúplex en línea recta a un costado del estanque, tomando en cuenta que la tubería quedara nivelada y recta para que el caudal de agua no tuviera un cambio de presión antes de llegar a los aireadores Venturi instalados (Figura A - 16).

La tubería que conecta a los aireadores se aseguró con hule de neumáticos de motocicleta y alambre de amarre con el propósito de poderlos cambiar de lugar o para una

mayor facilidad en la reparación de piezas si alguna resultaba dañada por otra parte, los componentes de los aireadores Venturi se aseguraron con pega industrial para PVC ya que la presión aumento por la reducción de los diámetros de cada parte del dispositivo por lo que el pegamento ayudo a resistir esos cambios de presión (Figura A – 14).

3.8.4. Pre-ensayos del prototipo Venturi.

Se realizaron dos pre ensayos para hacer los debidos ajustes en cada componente de los aireadores tipo Venturi donde se determinó dejar la tubería de alimentación de agua móvil, es decir, solo sujeta con hule de neumáticos de motocicleta y los componentes que conforman el aireador tipo Venturi con pegamento industrial para PVC, esto debido a que la fuerza negativa de extracción de aire tendría que ser por medio de una reducción del diámetro del tubo de PVC provocando una mezcla de aire con agua lo que con lleva a una oxigenación de la misma lo antes mencionado se dedujo a prueba y error logrando concluir que el largo del tubo PVC de absorción de aire era más eficiente de un metro con media pulgada de diámetro (Figura A – 15).

3.9. Obtención de datos.

La toma de datos se inició a partir del día 35 DDS, para poder tener un mejor control de la toma de parámetros y de los ejemplares, tomando este día como inicio de toma de datos o semana 1, se inició tomando la talla y el peso de los ejemplares como punto de partida para observar la importancia del OD en el desarrollo de estos. La toma de datos se realizó durante 28 días dividiéndose en 4 semanas, la cual, se detalla a continuación:

3.9.1. Semana I.

Se inició con la toma de peso y talla de los ejemplares como punto de partida en cada unidad de muestreo, para observar su ganancia en estos parámetros, porque en esta etapa del ciclo de producción los camarones poseen de 3.82 a 4.34 g en peso promedio y de 8.44 a 8.85 cm de crecimiento (talla) promedio, en esta etapa, las redes ya logran capturar los ejemplares para el registro de estos; seguidamente se realizó diariamente la toma de datos y lecturas de OD en agua en los puntos ya establecidos en las secciones, y se realizó de esta forma porque en la primera fase del ciclo de producción los niveles de OD en agua se encuentran estables para la producción.

Asimismo, los datos de la ganancia de talla y peso, no se tomaron en las primeras cinco semanas, dado que el tamaño y peso de los camarones es muy pequeño y las redes no lograron capturarlos; además, el peso y el crecimiento de estos es muy bajo y se encontró una cantidad excesiva de camarones por libra y la demanda de OD es muy baja, por lo cual, solo se mantienen durante la noche con el OD generado por las algas y otros organismos fotosintéticos en cada unidad de muestreo.

3.9.2. Semana II.

Se continuó con la toma de datos de OD en agua durante la noche, antes de activar los aireadores y después de activarlos dejando un lapso de dos horas y media de funcionamiento, como en la primera semana, tomándolos a diario. La toma de peso y crecimiento (talla) se realizó en el día 42 DDS del camarón.

3.9.3. Semana III.

En esta semana se continuo con el registro diario de los datos de OD en agua, siempre por la noche, mostrando una variación en la concentración en comparación a la semana anterior, debido a esto, las lecturas se realizaban a las 11:30 pm antes de encender los aireadores, considerando 2 horas para la toma de datos por la estabilización del Oxigenometro en cada punto, seguidamente a la 1:30 am se procedía a la activación de los aireadores y finalizando con la toma de lecturas a las 4:00 am. En esta etapa del desarrollo al descontrolarse dicho nivel provocaría un efecto grave en los camarones y una pérdida considerable en la producción de la cooperativa, mostrándose un fenómeno conocido “boquear” donde los camarones salen a la superficie en forma de cardumen a tratar de tomar oxígeno de la atmosfera debido a la falta de oxígeno en el agua, la toma de peso y crecimiento (talla) se realizó en el día 48 DDS de los camarones.

3.9.4. Semana IV.

En esta semana se continuó con la toma de datos de OD en agua, de manera diaria, ya que, los niveles siguen mostrando un desequilibrio y por consecuencia puede generar un efecto de estrés por falta de este en los camarones y se mantiene un mejor control en el nivel de oxígeno, en esta etapa del desarrollo al tener una baja de OD en agua conllevaría a un grave efecto en los ejemplares y una pérdida considerable en la producción de la Cooperativa, mostrándose en la actividad del camarón los cuales, se presentan más inquietos por la demanda y exigencia

del mismo; finalmente, la toma de peso y talla (Figura A – 17), se realizó en el día 62 DDS para observar la ganancia de estos.

3.10. Toma de datos de oxígeno en los tres tratamientos.

Inicialmente para efectuar el proceso de toma de datos se asignaron una serie de puntos de referencia, en total 10 puntos en cada tratamiento los cuales, se ubicaron dentro del estanque y se anclaron en el fondo.

Los puntos se colocaron en las áreas con mayor deficiencia de oxígeno, la utilización de un cayuco fue fundamental ya que mediante este transporte se facilitó la toma de datos y se acortó el tiempo de llegar hacia los otros puntos. También, se necesitó una linterna para poder tener mejor visibilidad de los puntos y el resultado arrojado por la sonda multiparámetro ya que, la toma de datos se realizó en horas nocturnas entre 11:30 pm y 1:30 am debido a que, los niveles de oxígeno en los estanques a esas horas disminuyen drásticamente.

Para los tres tratamientos se tomó datos de la cantidad de oxígeno que existían en el estanque antes de encender los aireadores a evaluar como lo son los Venturi, aireador de paleta y aireación natural y así verificar el cambio con la implementación de los aireadores antes mencionados.

3.11. Distribución de puntos en el tratamiento Venturi.

En cada dispositivo Venturi se le asignaron dos puntos, el primer punto se colocó en frente a 10 metro distancia del prototipo, el segundo a 12 metros del primer punto. La metodología se repitió para todos los prototipos Venturi.

El tiempo de encendido de los prototipos era de 2 horas y media, luego de haber transcurrido ese tiempo se procedió a tomar los niveles de oxígeno de cada tratamiento logrando ver las diferencias.

3.12. Procedimiento para la toma de datos de oxígeno.

Para la toma de este parámetro se realizó unos procedimientos utilizando la sonda

multiparámetro la cual, consistió en medir la cantidad de OD en el agua, dichos procedimientos se describen a continuación:

1. Se calibro la sonda multiparámetro haciendo que todos los rangos dieran cero.
2. Se sumergió la sonda a una profundidad de 0.90 m en todos los puntos.
3. La sonda se mantuvo sumergida por unos segundos hasta que el medidor se estabilizara se tomó nota de la lectura de oxígeno y temperatura.

Estos procedimientos se realizaron repetidamente en todos los puntos asignados de cada tratamiento.

3.13. Medición de turbidez del agua del estanque.

Para la lectura de la turbidez del agua se utilizó el disco de secchi realizando los pasos siguientes:

1. Se graduó la cuerda que sostiene el disco de secchi, con un nudo cada cinco centímetros para una mejor lectura.
2. Se sumergió el disco lentamente hasta llegar a la profundidad en la que desaparece.
3. Luego se realizó la medición de la turbidez del agua

3.14. Peso del camarón *Litopenaeus vannamei*.

Durante la investigación, se realizaron cuatro lecturas de peso y crecimiento (talla), la primera se realizó a los 35 días post-siembra, iniciando a verificar el crecimiento y la ganancia de peso, la segunda se realizó 42 DDS, la tercera toma de datos se realizó 48 DDS y la ultima toma de estos parámetros se realizó a los 62 DDS cumpliendo su ciclo productivo, haciendo uso de una red de pesca (atarraya), se extrajo una cantidad de camarones, se tomaron al azar 10 camarones por muestra, se colocaron uno por uno en la báscula y se anotó el peso, obteniendo un promedio de datos por tratamiento (tabla 3), para la toma de talla se procedió a medir la longitud de los ejemplares obteniendo un promedio de crecimiento en cm por tratamiento (tabla 4).

Tabla 3. Datos promedio de peso en gramos por tratamiento.

Tratamientos	Días Después de la Siembra (DDS)			
	35	42	48	62
Natural	3.82	6.79	9.75	10.50
Paleta	4.08	7.59	11.04	11.91
Venturi	4.34	7.73	11.12	14.15

Tabla 4. Datos promedio de crecimiento (talla) en centímetros por tratamiento.

Tratamientos	Días Después de la Siembra (DDS)			
	35	42	48	62
Natural	8.44	9.72	11.00	11.25
Paleta	8.8	9.90	11.00	12.10
Venturi	8.85	10.18	11.50	12.20

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A continuación, se muestran los resultados y discusión de la investigación, mostrando en cada tratamiento los parámetros de OD en agua, peso y talla evaluados, su comportamiento en los estanques camaroneros y su efecto en los camarones.

4.1. Resultados de los parámetros de OD en agua, peso y talla por tratamiento.

En las siguientes graficas se muestran cómo se realizó el análisis de los parámetros de OD en agua antes y después de activar los aireadores, peso y talla en los diferentes tiempos de la duración del experimento.

4.2. Comportamiento del OD en agua, peso y talla con un sistema de siembra semi intensivo bajo según el Tratamiento 1 (natural).

Para la obtención de datos de OD en agua, se realizaron dos lecturas de forma diaria entre la primera lectura (tabla A - 1) y la segunda lectura (tabla A - 2), con un intervalo de tiempo de 2 horas con 30 minutos.

Los resultados iniciales obtenidos en este tratamiento muestran un nivel de OD en agua de 2.19 mg/L para el día 35 DDS, para el día 42 se obtuvo un valor promedio de 2.04 mg/L teniendo una diferencia de 0.15 mg/L menos a la lectura anterior, para el día 48 DDS se obtuvo un valor promedio de 1.60 mg/L, mostrando una diferencia de 0.44 mg/L menos a la lectura del día 42 DDS; no obstante, para el día 62 DDS se observa un aumento en los valores de OD registrados que fue de 2.34 mg/L (Figura 6).

Los valores finales de OD en agua variaron en el tratamiento y se observa que el nivel de OD está por debajo de los rangos óptimos establecidos por Cuellar *et al.* (2010), donde menciona que el crecimiento será lento en los valores de 2 mg/L a 4 mg/L, si la baja de oxígeno disuelto se prolonga. Los valores de oxígeno disuelto se mantuvieron entre 1.41 mg/L en el día 35 DDS, 1.33 mg/L en el día 42 DDS, 1.27 mg/L en el día 48 DDS y 1.57 mg/L en el día 62 DDS (Figura 6), después de 2 horas con 30 minutos posterior a la primera lectura; los valores finales obtenidos de OD antes mencionados no están en el rango óptimo descritos por Cuellar, *et al.* 2010, donde indica que los valores óptimos de oxígeno disuelto para el crecimiento del camarón son de 4 mg/L a 12 mg/L.

Cabe mencionar que las lecturas de OD se realizaron durante la noche y primeras horas de la mañana siguiente, por lo tanto, la baja en los niveles de OD obtenidos en el tratamiento 1 podría deberse a factores exógenos (algas fotosintéticas, bacterias descomponedores de materia orgánica, zooplancton), que compiten por oxígeno en horas nocturnas y demandan más oxígeno debido al crecimiento de los camarones y factores climáticos como en días nublados, y falta de brisa marina.

Con respecto a los resultados obtenidos en la ganancia de peso y talla, podemos observar 3.82 g de peso y 8.44 cm de talla para el día 35 DDS, un peso de 6.79 g y una talla de 9.72 cm para el día 42 DDS, 9.75 g y 11 cm para el día 48, 10.50 g y 11.25 cm para el día 62 DDS (Figura 4), a pesar de haber registrado niveles de OD que están cercanos al punto crítico descritos por Cuellar *et al.* (2010), donde menciona que, si el valor oscila en el rango de 1 mg/L a 2 mg/L resulta mortal si la exposición se prolonga demasiado tiempo, sin embargo, se registró una ganancia de peso y talla en los camarones.

Cabe mencionar que la actividad del camarón es nocturna y la alimentación se realizó durante el día, por lo tanto, la ganancia de peso y talla obtenidos en el tratamiento podría deberse a que durante el día el nivel de OD se encontraba dentro del rango óptimo descrito por Cuellar *et al.* (2010), obteniéndose la ganancia de peso y talla.

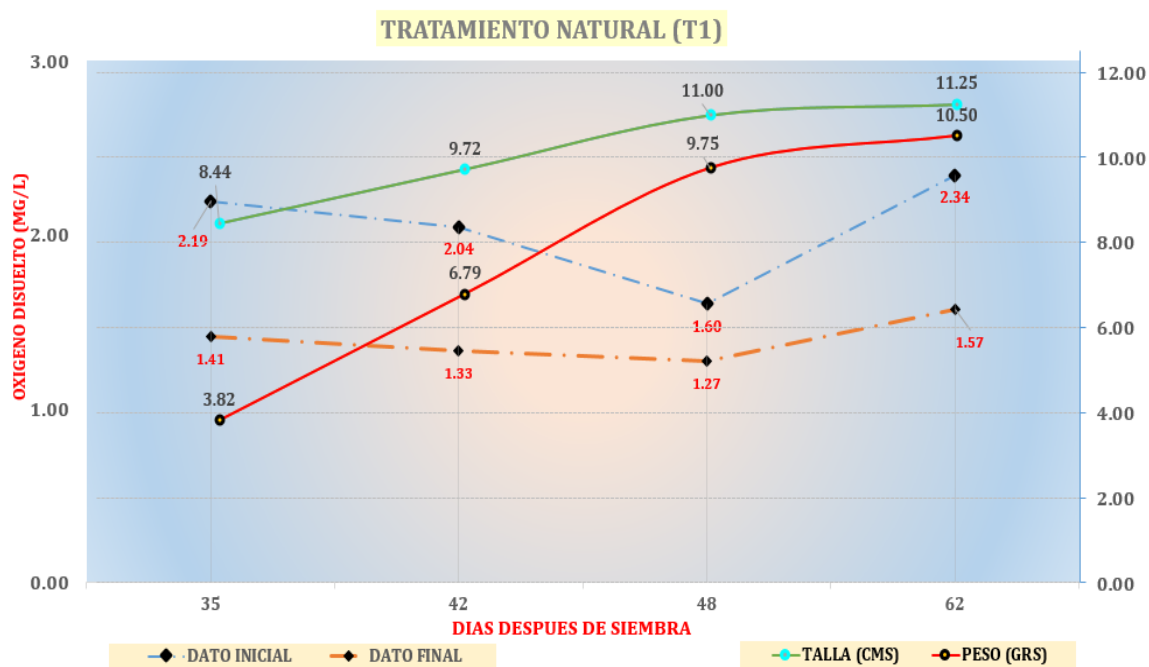


Figura 6. Comportamiento de parámetros de OD, peso y talla sistema semi intensivo bajo.

4.3. Comportamiento del OD en agua antes y después de activar los aireadores, peso y talla con un sistema de siembra semi intensivo bajo Tratamiento 2 (mecánico, aireador de paleta).

Los resultados obtenidos antes de activar los aireadores en este tratamiento muestra un nivel de OD en agua de 4.46 mg/L para el día 35 DDS, para el día 42 se obtuvo un valor promedio de 2.80 mg/L teniendo una diferencia de 1.66 mg/L menos a la lectura anterior, para el día 48 DDS se obtuvo un valor promedio de 3.05 mg/L, mostrando una diferencia de 0.25 mg/L más a la lectura del día 42 DDS; no obstante, para el día 62 DDS se observa una disminución en los valores de OD registrados que fue de 2.42 mg/L (Figura 7).

Los valores de OD en agua variaron en el tratamiento 2 y se observa que el nivel de OD en los días 42 DDS, 48 DDS y 62 DDS está por debajo de los rangos óptimos establecidos por Cuellar *et al.* (2010), donde menciona que el crecimiento será lento en los valores de 2 mg/L a 4 mg/L si la baja de oxígeno disuelto se prolonga; caso contrario al día 35 DDS donde el valor de OD en agua concuerda con lo establecido por Cuellar *et al.* (2010), donde menciona que los valores óptimos para el crecimiento del camarón son de 4 mg/L a 12 mg/L. Los datos obtenidos de OD se realizó de forma diaria antes y después de activar los aireadores (Tabla A - 3 y Tabla A - 4).

Los valores de OD después de activar los aireadores se mantuvieron en 3.05 mg/L en el día 35 DDS, 1.74 mg/L en el día 42 DDS, 2.32 mg/L en el día 48 DDS y 1.80 mg/L en el día 62 DDS (Figura 7) después de 2 horas con 30 minutos posterior a la activación de los aireadores; estos valores no están en el rango óptimo descritos por Cuellar, *et al.* 2010, donde menciona que los valores óptimos de oxígeno disuelto para el crecimiento del camarón son de 4 mg/L a 12 mg/L. Cabe mencionar que las lecturas de OD se realizaron durante la noche y primeras horas de la mañana siguiente, por lo tanto, la baja en los niveles de OD obtenidos en el tratamiento 2 podría deberse a factores exógenos mencionados anteriormente.

Con respecto a los resultados obtenidos en la ganancia de peso y talla, podemos observar 4.08 g de peso y 8.80 cm de talla para el día 35 DDS, un peso de 7.59 g y una talla de 9.90 cm para el día 42 DDS, 11.04 g y 11 cm para el día 48, 11.91 g y 12.10 cm para el día 62 DDS (Figura 5), a pesar de haber registrado niveles de OD que están cercanos al punto crítico descritos por Cuellar *et al.* (2010), donde menciona que, si el valor oscila en el rango de 1 mg/L

a 2 mg/L resulta mortal si la exposición se prolonga demasiado tiempo, y dentro del rango del crecimiento lento que es de 2 mg/L a 4 mg/L sin embargo, se registró una ganancia de peso y talla en los camarones.

Cabe mencionar que la actividad del camarón es nocturna y la alimentación se realizó durante el día, por lo tanto, la ganancia de peso y talla obtenidos en el tratamiento podría deberse a que durante el día el nivel de OD se encontraba dentro del rango óptimo descrito por Cuellar *et al.* (2010), donde menciona que los valores óptimos de oxígeno disuelto para el crecimiento del camarón son de 4 mg/L a 12 mg/L. obteniéndose la ganancia de peso y talla.

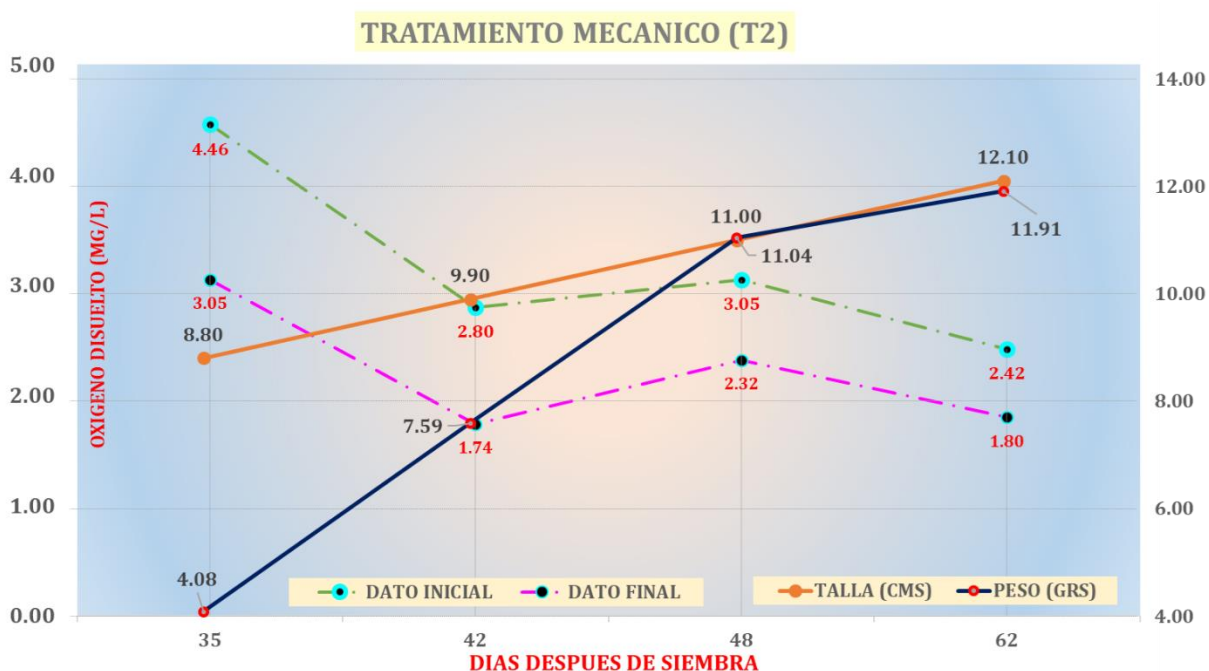


Figura 7. Comportamiento de parámetros de OD antes y después de activar los aireadores, peso y talla tratamiento 2 (mecánico, aireador de paleta).

4.4. Comportamiento del OD en agua antes y después de activar los aireadores, peso y talla con un sistema de siembra semi intensivo bajo Tratamiento 3 (Prototipo de aireador Venturi).

Para la obtención de datos de OD en agua, se realizaron dos lecturas de forma diaria, la primera recolección antes de activar los aireadores (Tabla A - 5) y la segunda obtención de datos con un intervalo de tiempo de 2 horas con 30 minutos (Tabla A - 6).

Los resultados obtenidos antes de activar los aireadores en este tratamiento 3 muestra un nivel de OD en agua de 4.02 mg/L para el día 35 DDS, para el día 42 se obtuvo un valor promedio de 2.62 mg/L teniendo una diferencia de 1.40 mg/L menos a la lectura anterior, para el día 48 DDS se obtuvo un valor promedio de 1.66 mg/L, mostrando una diferencia de 0.96 mg/L menos a la lectura del día 42 DDS; no obstante, para el día 62 DDS se observa un aumento en los valores de OD registrados que fue de 2.52 mg/L (Figura 8).

Los valores de OD en agua variaron en el tratamiento 3 y se observa que el nivel de OD en los días 42 DDS, 48 DDS y 62 DDS está por debajo de los rangos óptimos establecidos por Cuellar *et al.* (2010), donde menciona que el crecimiento será lento en los valores de 2 mg/L a 4 mg/L si la baja de oxígeno disuelto se prolonga y los rangos de 1 mg/L a 2 mg/L sería letal; caso contrario al día 35 DDS donde el valor de OD en agua concuerda con lo establecido por Cuellar *et al.* (2010), donde menciona que los valores óptimos para el crecimiento del camarón son de 4 mg/L a 12 mg/L.

Los valores de oxígeno disuelto se mantuvieron en 3.18 mg/L en el día 35 DDS, 2.44 mg/L en el día 42 DDS, 1.52 mg/L en el día 48 DDS y 2.01 mg/L en el día 62 DDS (Figura 8), después de 2 horas con 30 minutos posterior a la activación de los aireadores; estos valores no están en el rango óptimo descritos por Cuellar, *et al.* 2010, donde menciona que los valores óptimos de oxígeno disuelto para el crecimiento del camarón son de 4 mg/L a 12 mg/L.

Con respecto a los resultados obtenidos en la ganancia de peso y talla, podemos observar 4.34 g de peso y 8.85 cm de talla para el día 35 DDS, un peso de 7.73 g y una talla de 10.18 cm para el día 42 DDS, 11.12 g y 11.50 cm para el día 48, 14.15 g y 12.20 cm para el día 62 DDS (Figura 8), a pesar de haber registrado niveles de OD que están cercanos al punto crítico descritos por Cuellar *et al.* (2010), donde menciona que, si el valor oscila en el rango de 1 mg/L a 2 mg/L resulta mortal si la exposición se prolonga demasiado tiempo, y dentro del rango del crecimiento lento que es de 2 mg/L a 4 mg/L sin embargo, se registró una ganancia de peso y talla en los camarones.

Cabe mencionar que la actividad del camarón es nocturna y la alimentación se realizó durante el día, por lo tanto, la ganancia de peso y talla obtenidos en el tratamiento podría deberse a que durante el día el nivel de OD se encontraba dentro del rango óptimo descrito por Cuellar

et al. (2010), donde menciona que los valores óptimos de oxígeno disuelto para el crecimiento del camarón son de 4 mg/L a 12 mg/L. obteniéndose la ganancia de peso y talla.

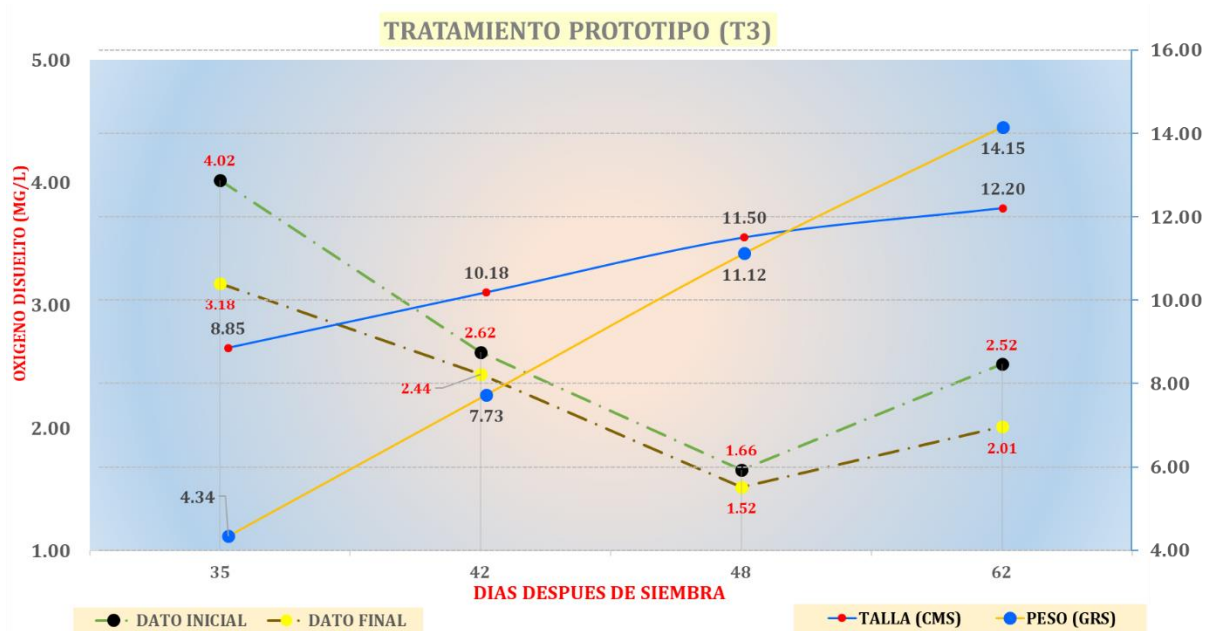


Figura 8. Comportamiento de parámetros de OD antes y después de activar los aireadores, peso y talla tratamiento Venturi (aireador Venturi).

5. CONCLUSIONES.

1. Que el aireador tipo Venturi evaluado no logro proporcionar un aumento en los niveles de OD, debido a la relación del número de dispositivos/área, pero si logro mantener una cantidad de OD necesario para que el camarón no saltara al espejo de agua del estanque durante el periodo nocturno, lo que comúnmente se conoce a nivel practico como “Boquear”.
2. Que el parámetro de oxígeno disuelto alcanza sus niveles más críticos durante horas nocturnas, de 11:00 pm a 5:00 am es por ello que, se deben de realizar sondeos del nivel de oxígeno en el agua cada hora, activando los aireadores cuando la lectura este cercana a niveles críticos 5 mg/L y evitar el ascenso del camarón a la toma de oxígeno a la superficie.
3. Que los prototipos de aireadores tipo Venturi evaluados mantuvieron cantidades necesarias de OD durante el periodo nocturno, donde organismos consumidores de OD, como algas, protozoo, materia orgánica entre otros no incidieron con el desarrollo del camarón en peso y talla.
4. Que el prototipo aireador tipo venturi evaluado es de fácil fabricación en comparación al aireador industrial tipo paleta, ya que, solo se necesitan piezas de PVC de alta resistencia a la presión que se pueden obtener en la zona, y su reparación la puede realizar cualquier trabajador o miembro de la Cooperativa.
5. Que la falta de activación de los aireadores facilita que el OD alcance niveles críticos de 5 a 0 mg/L durante horas nocturnas.
6. Que la alimentación con relación con la activación del prototipo de aireadores tipo Venturi no se vio interrumpida, ya que ambas actividades se realizaban en periodos diurnos y nocturnos respectivamente

6. RECOMENDACIONES

1. Diseñar protocolos de seguimiento en los niveles de OD a la hora de cierre del día, tomando en cuenta los parámetros climáticos, ya que, a menos cantidad de sol menos OD en el estanque.
2. Realizar cada hora lecturas de niveles de OD en periodo nocturnos a partir de las 11:00 pm, para la activación de los prototipos de aireadores tipo venturi en el momento adecuado y no esperar niveles críticos.
3. Aprovechar los beneficios del prototipo de aireador tipo Venturi, en cuanto a costos de adquisición, reparación, de fácil construcción y manejo para garantía de una estabilidad en la producción del camarón.
4. Realizar próximas investigaciones en cuanto al área útil de aporte de OD y tiempo de activación por cada prototipo de aireador tipo Venturi y estimar el numero necesarios por estanque de acuerdo con sus dimensiones.
5. Evitar que los camarones lleguen al estrés por niveles bajos de OD por la activación tardía de los sistemas de aireación que se emplean en los estanques.
6. Registrar y evaluar el porcentaje de sobrevivencia en el manejo de la producción de camarón con el aporte de la tecnología de oxigenación en estanques camaroneros para resaltar la importancia de los aireadores.
7. Transmitir la experiencia de los beneficios generados en la investigación al resto de integrantes de las cooperativas, resaltando la eficiencia de ganancia peso generada en menos tiempo de lo que normal mente tarda un ciclo de producción.
8. Se recomienda implementar el análisis económico detallado de alimentación en el cultivo de camarón, ya que, forma parte fundamental del rubro.

7. BIBLIOGRAFIA

- Arrendondo – Figueroa, JL. 2002. El cultivo de camarón en México, actualidades y perspectivas (en línea, sitio web). Consultado el 18 de abril de 2023. Disponible en: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n43ne/camaron.pdf>
- BAYLAR, A.; UNSAL, M.; OZKAN, F., 2009, Hydraulic structures in water aeration processes. *Water, Air and Soil Pollution*, v.203, p.1-14.
- Benítez Castellón, FA; Pérez Vásquez, M; Saravia Gutiérrez, FM. 2005. Proyecto sobre la prefactibilidad en la integración de la cadena productiva del camarón marino en la bahía de Jiquilisco”. Tesis Lic. Ciudad universitaria, El Salvador, UES.4-5p
- Cervón, MF; Ocampo, AA. s. f. zootecnia acuícola. México (en línea, sitio web). Consultado el 18 de abril de 2023. Disponible en: http://www.cib.uaem.mx/pdf/zootecnia_acuicola.pdf
- Claude, E. s. f. Consideraciones sobre la Calidad del Agua y del Suelo en Cultivos de Camarón. Department of Fisheries and Allied Aquacultures Auburn University, Alabama USA. 30p.
- Cuéllar, J. Lara, C., Morales, V.; García, O. 2010. Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei*. OIRSA OSPESCA, C.A. 132p.
- DAUGHERTY, R. L., FRANZINI, J. B., AND FINNEMORE, E. J., 1985, Fluid mechanics with engineering applications, McGraw-Hill, Inc., New York.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). s f. Manual para la Cría de Camarones Peneidos (en línea, sitio web). Consultado el 15 de abril de 2023. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab466s/AB466S04.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2009. *Penaeus vannamei* (en línea, sitio web). Consultado el 28 de abril de 2023. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/es#tcNA00B1

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1988. Consultoría en cultivo de camarón: primera edición. (en línea). Consultado el 14 abril de 2022. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AC397S/AC397S05.htm>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2008. Concepto de acuicultura. (en línea) Consultado el 16 de abril de 2022. Disponible en: https://baleaproiektua.files.wordpress.com/2010/09/akuakultura_eranskina.pdf

Fuentes Arévalo, EA; Gracia, GO. 2014. Utilización de Melaza como Fertilizante Orgánico de Estanques Camaroneros durante la fase de Engorda del Camarón Marino (*Litopenaeus vannamei*). Tesis Lic. Ciudad de San Salvador, El Salvador.

García Andrés, JM. 2017. Análisis de pérdida de carga en tubo Venturi mediante técnicas CFD Bernoulli. Tesis Lic. Ciudad de Valencia, España.

García Namuche, JJ. 2014. Caracterización de los Efluentes en los Estanques de Piscicultura del IIAP - Huánuco. Informe final Perú.

Hernández Guirola, JA. 2016. Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado. La paz, Baja California Sur, México. 5p.

Merino Gallí, O; Sal, FM; 2007. Sistemas de recirculación y tratamiento de agua (en línea, sitio web). Consultado el 14 de octubre de 2019. Disponible en: <https://studylib.es/doc/5733658/sistemas-de-recirculaci%C3%B3n-y-tratamiento-de-agua>

Mejía Rómulo, E. 2020. "APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE UN VENTURI EN EL PROCESO DE AIREACIÓN EN UN ESTANQUE ACUÍCOLA DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN, APLICANDO DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL". Tesis. Lic. Toluca, México.

Meyer, D. 2004. Introducción a la Acuicultura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. 159 p

Morales-Covarrubias, María Soledad; Ruiz-Luna, Arturo; Pereira Moura-Lemus, Alitiene; Solís Montiel, Vilma Tomasa; Conroy, Gina Prevalencia de enfermedades de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado en ocho regiones de Latinoamérica Revista Científica, vol. XXI, núm. 5, septiembre-octubre, 2011, pp. 434-446

Morla, F. 1991. Sistema de aireación (en línea, sitio web). Consultado el 25 febrero de 2017.

Disponible en:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8971/1/Aireacion.pdf>

Munilla Giménez, V. 2023. Efecto Venturi: que es y cómo funciona (en línea, sitio web).

Consultado el 5 de abril de 2024. Disponible en:

<https://www.geoenciclopedia.com/efecto-venturi-que-es-y-como-funciona-734.html>

Ortiz Domínguez, M; Cruz Avilez, Arturo. 2022. Principio de Bernoulli (en línea, sitio web).

Consultado el 5 de abril de 2024. Disponible en:

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/issue/archive>

Pomadera, C; Brenes, E; Figueroa, L. 1997. La Industria del Camarón en Honduras: Condiciones de Competitividad (en línea, sitio web). Consultado el 16 de abril de 2017.

Disponible en: <https://www.incae.edu/sites/default/files/cen531filcorrfinal.pdf>

Rojas, A. A. Haws, M.C y Cabanillas, J. A. 2005. Buenas Prácticas de Manejo para el cultivo de camarón. The David and Lucile Packard Foundation. United States Agency for International Development.

Rueda Gonzales, FM. 2011. Breve historia de una gran desconocida: la acuicultura. Eubacteria: Especial biología marina. (Serie acuicultura) (26): 1-2.

Talavera, V; Dagoberto, S; Luis Miguel, Z. 1997. Interrelaciones de la Temperatura, Oxígeno y Amoníaco Tóxico en el Cultivo de Camarón en Tumbes. Boletín Nicovita Camarón de mar (serie acuícola). 2(8):1-7.

Valenzuela, W. et al. 2011. Efecto de diferentes combinaciones de temperatura y salinidad sobre el consumo específico de oxígeno en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (en línea, sitio web). Consultado el 25 de febrero 2017. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/revbiolmar/v46n3/art02.pdf>

8. ANEXOS

Tabla A - 1. Toma inicial diaria de datos Aireación natural.

Aireación natural datos en mg/L										
Días	Repeticiones									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	1.97	1.93	2.13	2.02	1.77	1,98	2.16	2.27	2.30	2.48
2	1.94	2.76	3.14	3.20	3.24	3.18	3.01	3.13	3.22	3.19
3	2.44	2.10	2.50	2.62	2.64	2.56	2.39	2.32	2.27	2.25
4	1.64	1.61	1.69	1.70	1.84	1.75	1.67	1.38	1.79	1.64
5	1.88	1.76	1.81	1.82	1.86	1.69	1.78	1.54	1.97	1.88
6	1.72	2.13	2.58	2.52	2.42	2.37	2.21	2.34	2.01	2.11
7	1.67	2.08	2.53	2.47	2.37	2.32	2.16	2.29	1.96	2.06
8	1.52	1.34	1.36	1.60	1.41	1.42	1.07	1.22	1.20	1.36
9	1.67	1.68	1.76	1.92	2.02	2.09	2.14	1.97	1.74	1.91
10	2.61	2.37	2.11	2.20	2.08	2.15	2.02	2.20	2.18	2.47
11	1.73	1.74	1.82	1.98	2.08	2.15	2.20	2.03	1.80	1.97
12	2.63	2.35	2.13	2.18	2.15	2.13	2.04	2.25	2.23	2.35
13	2.29	1.96	2.18	2.48	2.21	2.39	2.25	2.09	2.47	2.50
14	2.22	1.89	2.11	2.41	2.14	2.32	2.18	2.02	2.40	2.43
15	2.75	2.89	2.98	3.10	2.95	2.75	2.78	2.57	2.53	2.85
16	2.81	2.95	3.04	3.16	3.01	2.81	2.84	2.63	2.59	2.91
17	3.81	3.41	2.92	2.67	2.39	2.50	2.57	2.60	2.72	2.69
18	3.61	3.34	3.11	3.07	3.24	3.02	2.98	3.09	2.78	2.93
19	2.45	2.26	2.29	2.06	2.12	2.16	2.14	2.00	2.22	2.35
20	3.34	3.16	3.15	3.27	3.18	3.19	3.28	2.89	2.86	2.93
21	2.31	2.12	2.15	1.92	1.98	2.02	2.00	1.86	2.08	2.21
22	3.30	3.12	3.11	3.23	3.14	3.15	3.24	2.85	2.82	2.89
23	3.22	3.08	3.39	3.26	3.26	3.15	3.17	2.87	2.88	2.95
24	1.97	2.48	2.61	2.49	2.54	1.80	2.38	2.49	2.51	2.70
25	3.26	3.76	3.75	3.66	3.47	3.24	3.12	3.16	3.26	3.17
26	3.10	3.60	3.59	3.50	3.31	3.08	2.96	3.00	3.10	3.01
27	2.22	3.27	3.22	3.21	3.12	3.13	2.85	2.27	2.52	2.98
28	3.03	3.15	3.35	3.10	3.00	3.24	2.98	3.02	2.79	3.14

Tabla A - 2. Toma diaria de datos Aireación natural después 2 horas 30 minutos de intervalo de la primera toma.

Aireación natural datos en mg/L										
Días	Repeticiones									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	1.04	1.17	1.01	1.17	1.24	1.38	1.22	1.15	1.12	1.20
2	1.70	1.90	1.88	2.08	2.09	2.90	1.90	1.89	2.07	1.83
3	1.69	1.64	2.00	1.93	1.96	1.99	1.62	1.44	1.62	1.56
4	1.11	1.06	1.96	1.20	1.13	1.15	1.15	1.00	0.93	1.05
5	1.07	1.05	1.00	1.11	1.13	0.98	0.98	0.99	0.89	1.00
6	1.49	1.43	1.42	1.35	1.33	1.31	1.32	1.22	1.26	1.22
7	1.54	1.48	1.47	1.40	1.38	1.36	1.37	1.27	1.31	1.28
8	0.86	1.10	1.21	1.26	1.12	1.00	0.69	0.99	1.05	1.00
9	1.19	1.18	1.26	1.17	1.39	1.50	1.54	1.34	1.45	1.51
10	1.83	1.50	1.75	1.33	1.53	1.37	1.66	1.58	1.79	1.68
11	1.13	1.12	1.20	1.11	1.33	1.44	1.48	1.28	1.39	1.45
12	1.34	1.26	1.43	1.21	1.38	1.23	1.17	1.35	1.48	1.37
13	1.27	1.21	1.29	1.28	1.33	1.44	1.24	1.31	1.42	1.47
14	1.34	1.28	1.36	1.35	1.40	1.51	1.31	1.38	1.49	1.54
15	2.24	2.23	2.23	1.99	2.13	2.17	2.11	2.12	2.04	2.04
16	2.18	2.17	2.17	1.93	2.07	2.11	2.05	2.06	1.98	1.98
17	2.69	2.56	2.51	2.47	2.00	1.90	1.81	1.82	1.97	1.91
18	2.21	2.27	2.16	2.14	2.05	2.09	1.98	1.93	1.88	1.84
19	1.63	1.41	1.40	1.33	1.34	1.34	1.35	1.31	1.41	1.36
20	2.13	2.04	2.09	2.17	2.21	2.15	2.17	2.17	2.04	1.95
21	1.77	1.55	1.54	1.47	1.48	1.48	1.49	1.45	1.55	1.50
22	2.19	2.10	2.15	2.23	2.27	2.21	2.23	2.23	2.10	2.01
23	2.30	2.31	2.41	2.40	2.22	2.30	2.20	2.00	1.90	1.92
24	1.37	1.53	1.62	1.65	1.66	1.61	1.47	1.50	1.52	1.38
25	2.20	2.44	2.46	2.39	2.43	1.97	1.67	2.01	1.75	1.89
26	2.02	2.26	2.28	2.21	2.25	1.79	1.49	1.83	1.57	1.71
27	1.99	2.03	2.07	2.04	2.01	1.98	1.99	1.34	1.53	1.74
28	2.02	1.97	2.10	2.14	0.87	1.98	2.08	0.84	1.77	1.80

Tabla A - 3. Toma diaria de datos aireador de paleta antes de activar.

Aireador de paleta datos en mg/L										
Días	Repeticiones									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	4.35	4.21	4.14	3.99	4.30	4.14	4.13	4.19	4.18	4.40
2	9.44	9.44	9.24	7.99	7.90	7.68	7.68	5.85	7.33	5.75
3	5.08	5.30	5.36	5.27	5.36	5.78	5.49	4.95	5.77	5.54
4	4.59	4.83	4.87	4.81	4.77	4.54	4.46	4.24	4.28	4.36
5	4.32	4.60	4.65	4.38	4.21	4.05	4.17	4.19	3.99	4.15
6	2.95	2.97	3.21	2.88	2.84	2.19	2.15	2.07	2.29	2.35
7	2.84	2.88	3.38	2.95	2.00	1.76	1.79	1.64	2.11	2.52
8	3.73	3.62	3.68	3.50	3.51	3.34	3.29	3.09	2.94	3.02
9	2.29	2.14	2.20	1.95	2.63	1.99	2.22	2.23	2.18	2.22
10	3.02	3.00	3.05	2.84	2.34	2.76	2.92	2.32	2.79	2.87
11	2.88	2.50	2.33	2.07	2.73	2.11	2.19	2.35	2.09	2.14
12	3.29	3.21	3.23	2.98	2.67	2.79	3.10	2.50	3.02	2.95
13	2.90	2.75	3.15	3.09	3.00	3.18	2.91	2.67	2.84	2.72
14	2.96	2.72	3.07	3.07	2.89	3.01	2.84	2.60	3.13	3.50
15	2.58	2.43	2.23	1.82	2.34	3.14	3.09	3.42	3.12	3.42
16	3.71	3.27	3.48	3.58	2.97	3.05	3.12	3.01	2.87	2.93
17	4.71	4.05	4.12	4.29	4.28	4.19	4.03	3.56	3.55	3.76
18	3.80	3.11	3.19	3.35	3.31	3.24	3.06	2.71	2.70	2.91
19	2.99	2.83	2.71	2.74	2.38	2.17	2.43	2.60	2.79	2.65
20	4.00	3.61	3.31	3.22	3.01	2.86	2.70	2.89	3.26	3.24
21	2.81	2.69	2.40	2.43	2.13	1.83	2.16	2.26	2.53	2.32
22	4.32	3.93	3.63	3.54	3.26	3.04	2.62	3.07	3.58	3.56
23	3.38	3.29	3.18	3.04	2.96	3.06	2.88	2.70	2.00	2.45
24	2.87	2.66	2.06	1.54	2.09	3.09	3.48	3.32	3.95	3.97
25	2.89	2.78	2.99	2.84	2.76	2.77	3.09	1.87	1.95	1.94
26	3.00	2.07	1.57	1.31	1.58	1.34	1.65	1.53	1.59	1.52
27	1.37	1.31	1.25	1.34	1.20	1.19	1.10	0.86	0.88	0.84
28	2.45	2.35	2.16	2.23	2.10	2.23	1.90	1.82	2.14	2.19

Tabla A - 4. Toma diaria de datos aireador de paleta después de activar.

Aireador de paleta datos en mg/L										
Días	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	2.93	2.87	2.80	2.39	2.89	2.75	2.82	2.94	2.78	2.86
2	4.80	5.79	5.88	3.63	5.28	5.26	5.01	4.94	4.57	4.04
3	4.52	4.60	4.85	4.54	4.72	4.30	4.01	3.92	4.14	4.51
4	2.91	2.69	3.21	3.52	2.94	3.39	3.31	3.34	3.31	3.08
5	3.00	2.98	2.70	2.87	2.85	2.91	2.97	3.05	3.10	3.07
6	1.50	1.50	2.17	1.44	1.63	1.58	1.55	1.44	1.39	1.42
7	1.41	1.41	2.00	1.16	1.86	1.56	1.46	1.51	1.34	1.37
8	2.17	2.19	2.12	1.83	2.05	1.95	1.83	1.61	1.68	1.82
9	1.80	1.63	1.85	1.66	1.51	1.46	1.43	1.30	1.45	1.48
10	0.44	0.88	1.10	0.72	1.09	1.60	1.39	0.94	1.25	1.09
11	2.01	1.97	2.09	1.88	1.77	1.80	1.51	1.47	1.97	1.63
12	1.80	1.71	1.67	1.33	1.35	1.32	1.43	1.52	1.88	1.85
13	2.41	2.23	2.11	2.03	1.99	2.14	2.05	2.06	2.00	1.89
14	2.50	2.34	2.22	2.11	2.06	2.28	2.12	2.15	2.17	1.70
15	2.31	2.14	2.23	2.24	2.49	2.44	2.36	2.38	2.47	2.37
16	3.01	2.93	2.97	2.68	2.37	2.45	2.50	2.31	2.12	2.23
17	3.29	3.09	2.93	2.71	2.70	2.69	2.48	1.94	1.72	1.83
18	2.39	2.18	2.02	1.97	2.05	2.01	2.11	2.00	2.05	1.91
19	2.23	2.01	2.39	1.93	2.34	1.84	1.90	1.73	1.99	1.77
20	2.99	2.66	2.98	2.95	2.67	2.60	2.41	2.38	3.00	2.99
21	2.07	1.94	2.20	1.80	2.11	1.73	1.81	1.61	1.86	1.65
22	2.95	2.87	2.94	2.99	2.99	3.35	3.07	2.83	2.78	2.88
23	2.27	2.31	2.42	2.36	2.49	2.65	1.97	2.15	2.24	2.45
24	1.94	1.73	1.88	2.20	1.77	2.28	2.24	2.16	2.14	2.30
25	2.05	2.03	2.09	1.82	1.75	1.71	1.91	1.82	1.85	1.78
26	1.43	1.62	1.45	1.40	0.82	0.83	0.64	0.65	1.14	1.03
27	0.79	0.76	0.71	0.71	0.72	0.59	0.61	0.62	0.60	0.57
28	1.98	1.87	1.63	1.78	1.55	1.78	1.31	1.23	1.61	1.67

Tabla A - 5. Toma diaria de datos aireador tipo Venturi antes de activar.

Aireador Venturi datos en mg/L										
Días	Repeticiones									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	3.92	3.57	3.54	3.55	3.75	3.40	3.63	3.68	3.85	3.76
2	4.55	4.57	4.94	5.07	5.46	6.33	5.37	5.30	7.93	7.78
3	6.07	5.83	4.93	5.07	5.46	6.33	5.37	5.30	7.93	7.78
4	3.76	3.40	3.50	3.57	2.86	2.74	2.67	2.76	3.62	3.48
5	4.58	4.53	4.69	4.62	4.28	4.69	4.50	4.30	4.19	4.14
6	2.82	2.62	2.42	2.21	2.29	2.27	2.38	2.23	2.29	2.18
7	2.74	2.73	2.89	2.42	2.44	2.21	2.29	2.35	3.83	2.66
8	1.76	2.29	2.48	2.51	2.33	2.08	1.96	2.06	2.35	2.75
9	2.35	2.32	2.34	2.53	2.82	3.48	3.70	3.65	3.69	3.29
10	1.91	1.37	0.93	1.02	1.01	1.00	1.02	0.96	1.51	1.25
11	5.08	5.89	5.85	6.91	5.73	5.69	5.62	5.80	5.43	5.41
12	3.12	3.06	2.48	2.73	2.58	2.56	2.71	2.44	2.75	2.55
13	2.04	1.99	2.05	2.04	2.02	1.99	2.14	2.18	2.51	2.25
14	1.17	1.24	1.24	1.17	0.92	0.96	1.15	1.37	2.16	2.07
15	1.66	1.72	1.60	1.53	1.54	1.51	1.39	1.49	1.98	1.79
16	1.98	2.03	1.76	1.98	1.93	2.01	2.03	1.77	1.66	1.70
17	0.79	0.90	0.72	0.90	0.78	0.72	0.67	0.61	1.17	0.98
18	2.50	2.23	2.35	2.44	2.38	2.21	2.27	2.05	1.99	2.10
19	1.90	2.03	1.84	1.93	1.95	1.53	1.64	1.70	1.33	1.44
20	1.55	1.83	1.78	1.75	1.84	1.78	1.50	1.43	1.70	1.41
21	1.53	1.81	1.75	1.79	1.84	1.83	1.42	1.71	1.70	1.40
22	2.80	2.70	2.67	2.44	2.86	2.70	2.67	2.70	2.83	2.98
23	3.26	3.01	3.24	3.13	2.91	2.93	3.12	2.82	3.66	3.63
24	1.69	1.86	1.82	1.73	1.70	1.85	1.94	2.01	3.43	3.28
25	2.82	2.91	2.92	2.77	2.80	2.89	2.81	2.77	3.22	3.09
26	3.59	3.27	3.48	3.42	3.53	3.40	3.44	3.51	3.35	3.28
27	1.88	1.92	1.93	1.32	1.26	1.32	1.17	1.20	2.00	1.65
28	1.54	1.92	1.80	1.83	1.82	1.92	1.50	1.60	1.72	1.45

Tabla A - 6. Toma de datos aireador tipo Venturi después de activar.

Aireador Venturi datos en mg/L										
Días	Repeticiones									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	3.01	3.03	3.02	2.93	2.86	2.70	2.66	2.70	2.57	2.73
2	2.97	2.63	2.83	2.85	4.20	4.73	4.93	4.79	3.86	3.28
3	6.54	5.89	5.34	5.07	4.91	4.97	5.45	5.49	5.31	4.98
4	2.59	2.55	2.69	2.86	2.98	2.65	2.95	2.92	2.80	2.34
5	3.41	3.52	3.55	3.51	3.31	3.33	3.29	3.31	3.18	3.05
6	2.71	2.48	2.30	2.42	2.05	1.93	2.03	1.88	1.97	2.05
7	2.11	2.06	2.55	2.27	2.24	2.36	2.41	2.01	1.40	1,57
8	2.15	2.10	2.16	2.24	2.25	2.32	2.09	2.16	2.26	2.16
9	2.54	2.34	2.40	2.39	2.34	2.29	2.30	2.27	1.83	1.85
10	2.94	2.34	2.28	2.23	2.07	2.11	2.09	2.25	1.99	1.68
11	5.20	4.81	4.84	4.86	4.82	4.76	4.67	4.81	4.70	4.80
12	2.88	2.75	2.64	2.56	2.50	2.20	2.04	2.19	2.16	1.92
13	1.96	1.84	1.89	1.78	2.01	2.00	2.07	1.99	2.21	2.09
14	1.40	1.28	1.14	1.24	1.25	1.44	1.48	0.85	0.95	1.07
15	0.83	0.91	1.27	1.41	1.15	0.81	0.87	0.88	1.39	1.08
16	1.79	1.87	1.63	1.72	1.85	1.94	1.89	2.00	1.57	1.53
17	1.63	1.73	1.81	1.64	1.68	1.68	1.78	1.75	2.08	2.07
18	2.21	2.05	2.17	2.13	2.08	2.11	2.44	2.33	2.09	2.05
19	1.40	1.69	1.53	1.71	1.80	1.25	1.33	1.31	1.07	1.11
20	1.21	1.33	1.15	1.23	1.17	1.09	1.19	1.07	1.39	1.45
21	1.19	1.27	1.11	1.20	1.16	1.05	1.16	0.93	1.37	1.43
22	2.34	2.16	2.31	2.11	2.25	2.23	2.71	2.83	2.43	2.30
23	2.44	2.50	2.60	2.77	2.59	2.55	2.39	2.26	2.72	2.57
24	2.54	2.47	2.63	2.49	2.55	2.54	2.71	2.89	2.47	2.48
25	2.48	2.62	2.54	2.28	1.95	1.86	2.01	1.81	1.60	1.77
26	2.36	2.46	2.49	2.26	2.04	1.98	1.86	1.90	1.69	1.99
27	1.50	1.10	1.06	0.86	0.52	0.48	0.52	0.63	0.47	0.43
28	1.50	1.90	1.75	1.62	1.92	1.75	1.20	1.55	1.82	1.39

Cuadro A – 1. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 1, antes de activar.

Oxigeno datos en mg/L										
REPETICIONES										
TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
TRADICIONAL	1.894	2.053	2.340	2.192	2.306	2.264	2.197	2.181	2.217	2.230
PALETA	4.796	4.890	4.979	4.610	4.483	4.306	4.267	3.876	4.279	4.153
VENTURI	4.063	3.893	3.844	3.787	3.791	3.996	3.749	3.703	4.806	4.540

Cuadro A – 2. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 2, antes de activar.

Oxigeno datos en mg/L										
REPETICIONES										
TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
TRADICIONAL	2.096	2.047	1.924	2.110	2.013	2.093	1.986	1.969	2.003	2.141
PALETA	3.010	2.849	2.959	2.786	2.824	2.740	2.781	2.537	2.707	2.774
VENTURI	2.490	2.594	2.481	2.701	2.487	2.537	2.614	2.637	2.914	2.796

Cuadro A – 3. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 3, antes de activar.

Oxigeno datos en mg/L										
REPETICIONES										
TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
TRADICIONAL	1.627	1.710	1.636	1.671	1.681	1.609	1.516	1.493	1.596	1.496
PALETA	3.514	3.141	3.063	3.061	2.917	2.926	2.941	2.921	2.974	3.033
VENTURI	1.701	1.793	1.686	1.760	1.751	1.656	1.560	1.537	1.647	1.546

Cuadro A – 4. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 4, antes de activar.

Oxigeno datos en mg/L										
REPETICIONES										
TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
TRADICIONAL	2.264	2.447	2.440	2.454	2.316	2.279	2.113	2.163	2.430	2.397
PALETA	2.897	2.627	2.549	2.263	2.279	2.389	2.389	2.169	2.299	2.353
VENTURI	2.511	2.513	2.551	2.377	2.411	2.430	2.379	2.373	2.887	2.766

Cuadro A – 5. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 1, después de activar.

Oxigeno datos en mg/L										
REPETICIONES										
TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
TRADICIONAL	1.377	1.390	1.534	1.463	1.466	1.581	1.366	1.280	1.314	1.306
PALETA	3.010	3.120	3.373	2.793	3.167	3.107	3.019	3.020	2.947	2.907
VENTURI	3.334	3.166	3.183	3.273	3.221	3.239	3.389	3.300	2.813	2.857

Cuadro A – 6. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 2 después de activar.

Oxigeno datos en mg/L										
REPETICIONES										
TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
TRADICIONAL	1.280	1.236	1.357	1.244	1.354	1.356	1.299	1.319	1.439	1.431
PALETA	1.876	1.850	1.880	1.651	1.689	1.793	1.680	1.579	1.771	1.637
VENTURI	2.724	2.494	2.479	2.471	2.463	2.446	2.391	2.360	2.300	2.224

Cuadro A – 7. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 3 después de activar.

Oxigeno datos en mg/L										
REPETICIONES										
TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
TRADICIONAL	1.274	1.334	1.299	1.370	1.289	1.204	1.351	1.166	1.276	1.159
PALETA	2.741	2.421	2.531	2.326	2.390	2.251	2.224	2.050	2.173	2.107
VENTURI	1.466	1.550	1.524	1.577	1.556	1.419	1.523	1.467	1.566	1.531

Cuadro A – 8. Datos promedio de oxígeno por tratamiento semana 4 después de activar.

Oxigeno datos en mg/L										
REPETICIONES										
TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
TRADICIONAL	1.717	1.787	2.006	1.763	1.647	1.541	1.433	1.260	1.267	1.307
PALETA	1.916	1.884	1.874	1.894	1.727	1.884	1.679	1.637	1.766	1.811
VENTURI	2.166	2.173	2.197	2.056	1.974	1.913	1.914	1.981	1.886	1.847



Figura A – 1. Sonda multiparámetro.



Figura A – 2. Bascula gramera.



Figura A – 3. Medida de talla utilizando regla.



Figura A – 4. Monitoreo de puntos deficientes de oxígeno.



Figura A – 5. Monitoreo de distribución de estanque



Figura A – 6. Distribución de los puntos en el área de muestreo.



Figura A – 7. Modificación de bomba achicadora.



Figura A – 8. Modificación de acople en Venturi.



Figura A – 9. Simetría del Venturi.

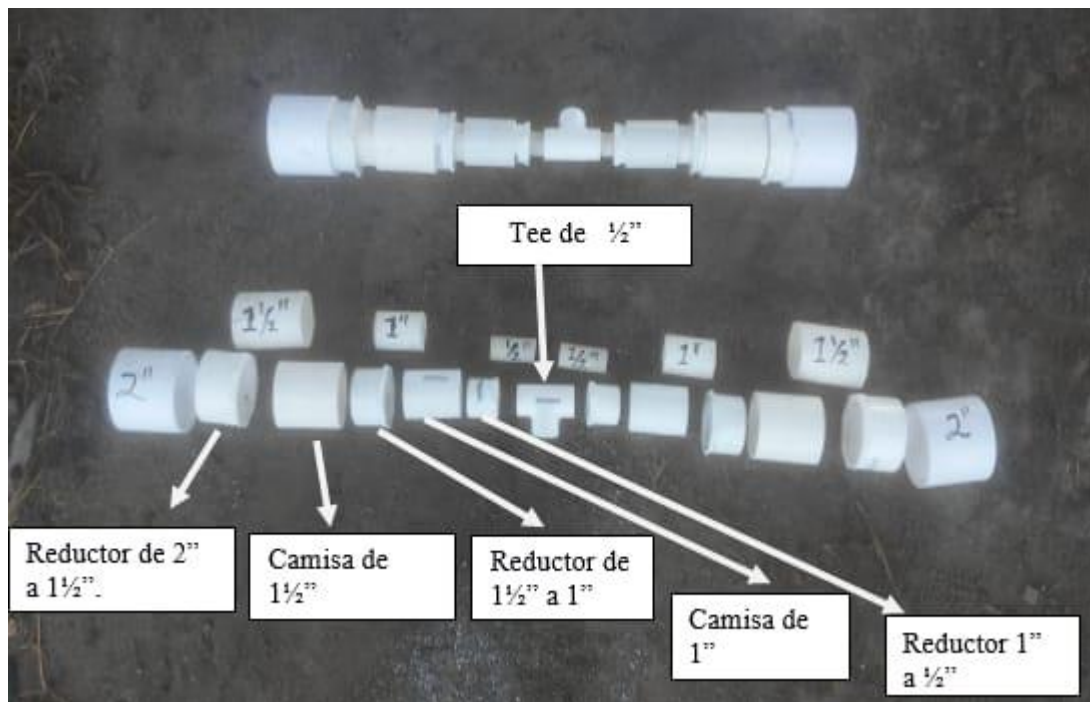


Figura A – 10. Partes que conforman el Venturi.



a)



b)

Figura A – 11. Construcción de plataforma para bomba achicadora



a)



b)

Figura A – 12. Características técnicas de bomba achicadora



a)



b)

Figura A – 13. Instalación de tubería principal.



a)



b)

Figura A – 14. Instalación de hule y alambre en los prototipos Venturi.

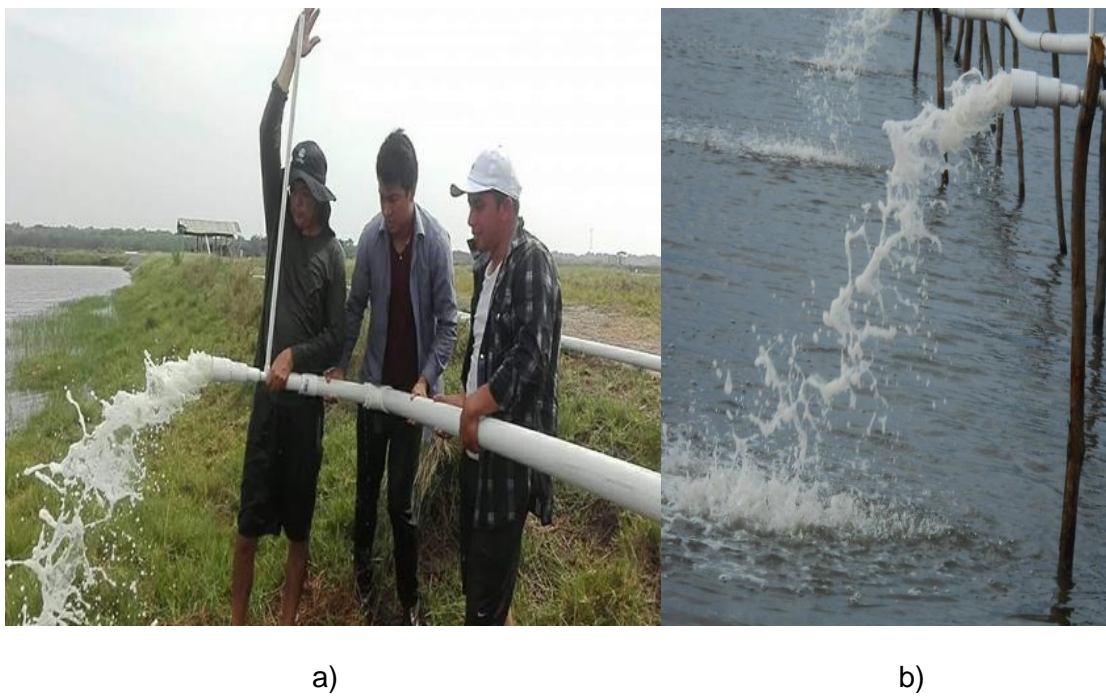


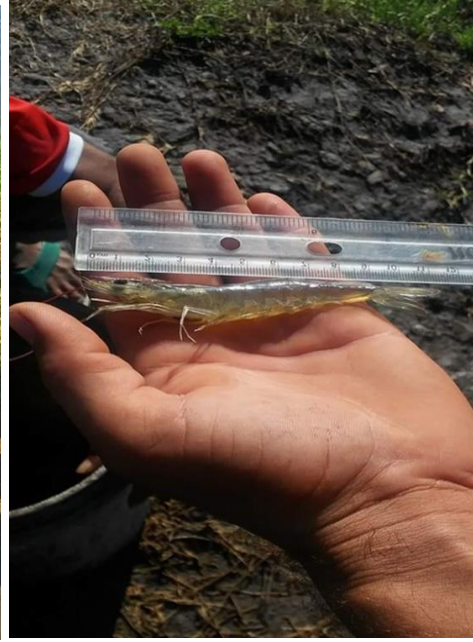
Figura A – 15. Pruebas de funcionamiento y pre ensayos de los prototipos Venturi



Figura A – 16. Nivelación de tubería e instalación de prototipos Venturi.



a)



b)

Figura A – 17. Toma de datos peso y talla.