

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

“Eficiencia del *Argopecten purpuratus* mediante filtros lentos para el tratamiento de agua de la piscicultura”

Por:

Suyumi Pilar Soto Yarasca

Jhonatan Emanuel Aranda Castillo

Asesor:

Dr. Alex Rubén Huamán De la Cruz

Lima, Diciembre 2019

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Dr. Alex Rubén Huamán De la Cruz de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado "**Eficiencia del *Argopecten purpuratus* mediante filtros lentos para el tratamiento de agua de la piscicultura**" constituye la memoria que presenta los estudiantes académicos de Bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 2 de Diciembre del año 2019.



Dr. Alex Rubén Huamán De la Cruz

Eficiencia del *Argopecten purpuratus* mediante filtros lentos para el
tratamiento de agua de la piscicultura

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería
Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga

Presidente



Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio

Secretario



Ing. Jappsem Justo Valeriano Mamani

Vocal



Dr. Enrique Vega Beteta

Vocal



Dr. Alex Rubén Huamán De la Cruz

Asesor

Lima, 2 de Diciembre de 2019

Eficiencia del *Argopecten purpuratus* mediante filtros lentos para el tratamiento de agua de la piscicultura

SUYMI PILAR SOTO YARASCA§*, JHONATAN EMANUEL ARANDA CASTILLO§

§EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana

Unión, Perú.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar la eficiencia del *Argopecten purpuratus* para la remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales piscicultura. Para ello, fueron construidos 3 filtros: i) Filtro Lento Convencional ii) Filtro Lento de conchas de abanico triturado iii) Filtro Lento de conchas de abanico calcinado. Los resultados de los 3 filtros respectivamente, fueron el pH, que obtuvo un pre de 8.3 y en post 8.1, 7.6 y 12.1, Conductividad Eléctrica en pre 700 us/cm y en post 723, 756, 7140 us/cm, DBO5 en pre 22 mg/L y en post 17, 89.3, 5 mg/L, turbiedad en pre 75 UNT y en post 55.6, 30, 3.3 UNT, Oxígeno disuelto con pre 1.5 ppm y post 4.61, 2.97, 4.03 ppm, coliformes Termotolerantes en pre 2300 NMP/ 100 mL y en post 2300 , 3300, 1700 NMP/100 mL. En conclusión, el filtro más eficiente es el calcinado con los parámetros de DB05 con el 97%, en oxígeno disuelto con el 2.8% la turbiedad con 95.6%, coliformes con 85%, comparando con el D.S. 004-2017 MINAN categoría 3 agua para riego no restringido, pero el pH y la conductividad requieren un segundo tratamiento para cumplir con la normativa.

Palabras claves: filtro lento, piscicultura, *Argopecten purpuratus*

Abstract

The objective of this research was to determine the efficiency of the *Argopecten purpuratus* for the removal of physicochemical and microbiological parameters from fishwater wastewater. For this, 3 filters were built: i) F. L. Conventional, ii) F. L. of crushed fan shells iii) F. L. of calcined fan shells. The results in the filters (i, ii, iii), were the pH, which obtained a pre of 8.3 and in post 8.1, 7.6 and 12.1, Electrical Conductivity in pre 700 us / cm and in post 723, 756, 7140 us / cm, BOD5 in pre 22 mg / L and in post 17, 89.3, 5 mg / L, turbidity in pre 75 UNT and post 55.6, 30, 3.3 UNT, Dissolved oxygen with pre 1.5 ppm and post 4.61, 2.97, 4.03 ppm , calcium in pre 100 mg / L and in post 100.3, 131.3, 724 mg / L, thermotolerant coliforms in pre 2300 NMP / 100 mL and in post 2300, 3300, 1700 NMP / 100 mL. In conclusion, the most efficient filter is the calcined with the parameters of DB05 with 97%, in dissolved oxygen with 2.8% the turbidity with 95.6%, coliform with 85%, compared with the D.S. 004-2017 MINAN category 3 is suitable for vegetable irrigation.

Key words: Slow filters, fish farming, efficiency, *Argopecten purpuratus*.

Autor de correspondencia: Suymi Pilar Soto Yarasca
Universidad Peruana Unión. Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima
Tel.: 915 937 500
E-mail: suymisoto@upeu.edu.

INTRODUCCIÓN

El *Argopecten purpuratus* es el nombre científico de las conchas de abanico, estos son moluscos que pertenece a la familia Pectinidae. Habitan en zonas Costeras Peruanas, entre las profundidades que van entre 5 m hasta 30m y bajo temperaturas entre 13° y 28° C (Fernandez, 2011). La parte “comestible” de esta especie son exportados a los países de Francia, España, Estados Unidos y Canadá (Farías Taboada, 2011).

En el Perú, en los años 80 se da importancia a las conchas de abanico, por el fenómeno del Niño, en el cual aumentó, pero cuando decreció esta actividad, había la necesidad de realizar cultivo por medio de la maricultura (acuicultura en el mar), (González Hunt, 2010; Mendo, Wolff, Carbajal, & Badjeck, 2008). Para su desarrollo sostenible con la conservación de los recursos y del ambiente considerando la satisfacción de las necesidades sociales y económicas de la población (PRODUCE, 2019). Las principales regiones de producción se encuentran en Piura, la bahía de Sechura, Ancash, en la bahía de Chimbote, Ica la bahía de Paracas, Pisco. Asimismo, en Lima sobresale Pucusana, bahía de Independencia e Isla San Lorenzo, Callao y otras diferentes empresas localizadas dentro la costa peruana dedicadas a la extracción en el mar y la acuicultura de conchas de abanico. (MINCETUR, 2015).

Esta actividad, además del beneficio económico, ocasiona un impacto negativo al medio ambiente (Saavedra Gonzaga, 2016) . Las valvas o conchas han venido siendo arrojados en terrenos baldíos, playas, puertos, mercados y botaderos municipales (rebasando su capacidad). Se observo que el periodo de 2008-2015 se eliminaron a nivel nacional 168 352,56 TN, en la ciudad de Sechura-Piura se eliminaron 116 533,28 TN y en Piura un promedio anual de 14566.66 TN sin ningún tratamiento previo ni utilización alguna (Ruiz, 2016).

Estos al descomponerse, originan malos olores, ya que se trata de materia de gran contenido proteico, que origina aminas que son volátiles y tóxicas contaminando el aire y el suelo por medio de lixiviados (Miguéns Alonso, 2016). Por esa razón surge la necesidad de reutilizar estos desechos (Saavedra Gonzaga, 2016), por lo cual se ha empezado a realizar investigaciones para tratamiento de aguas piscícolas mediante filtros de arena con conchas de abanico triturado y calcinado.

Los filtros lentos de arena (FLA), se caracteriza por ser un sistema sencillo, eficiente y limpio (Cadavid & Ramírez, 2008). Estos están compuestos por grava, arena gruesa, arena fina, los cuales forman una biopelícula, lo cual ayuda a mejorar las características, físicas, químicas y microbiológicas del agua residual (Cadavid & Ramírez, 2008).

Carcausto Quispe, (2017), construyo un filtro lento de arena de 6.49 litros, para tratar aguas residuales, compuestos por arena simple y carbón activado. Dentro de los parámetros medidos fueron la turbidez, coliformes totales y termotolerantes. En sus resultados mostraron remoción de 68.02% de turbidez, 99.8% de coliformes totales y 98.97% de coliformes termotolerantes. Además, estos resultados se encontraron dentro de los LMP dados por la (OMS) y Digesa.

Zuluaga et al. (2009), Construyó 3 filtros lentos a escala piloto en Colombia, para tratar aguas residuales domésticas, compuestos por grava y arena fina. Los parámetros analizados fueron DBO5, turbiedad y solidos suspendidos totales. Sus resultados mostraron la remoción al 95% de DBO5, 90% en Turbad, 94% de solidos totales suspendidos y 95% de pH.

Humberto & Benites (2018), utilizó concha de abanico como material multifuncional en la purificación de agua residual por su contenido de carbonato de calcio presente en la valva, al ser calcinadas a una temperatura de 800 °C durante 1 hora y 30 minutos, generaron un compuesto de óxido de calcio al 97.74 %. Los parámetros analizados fueron turbiedad y coliformes. Como resultados se obtuvo una remoción al 99.85% de turbiedad y 99.48% de coliformes.

En este contexto, el objetivo de la investigación fue determinar la eficiencia *Argopecten purpuratus* para la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos utilizando filtros lentos, como tratamiento primario, posterior a un tanque sedimentador del efluente de piscicultura de tilapias, ubicado en Centro poblado Virgen del Carmen-La Era, para ser utilizada en el riego, además realizar un análisis estadístico comparando con el D.S. 004-2017 MINAN categoría 3 agua para riego no restringido.

MATERIALES Y METODOS

La comunidad de La Era-Ñaña se ubica en la sierra centro de las afueras del distrito de Lima aproximadamente 19.5 Km de la capital, en el departamento de Lima, políticamente perteneciente al distrito de Lurigancho Chosica. La dirección es Mz J-1 Lote 11, geográficamente se encuentra ubicada entre las coordenadas 11°58'17.5" Latitud Sur y 76°50'22.6" Longitud Oeste, a unos 850 m.s.n.m. de altitud.



Figura 1. Ubicación del proyecto de tratamiento de agua de una piscicultura

MATERIALES EN CAMPO

Para la construcción de los filtros lentos (convencional, conchas de abanico triturado y conchas de abanico calcinado), transporte de agua residual y la toma de muestra

Tabla 1

Materiales para la construcción de los tres filtros

<u>Cantidad</u>	<u>Materiales</u>
3	Balde de 12 Litros
1	Balde 25 Litros
2	Tubo T- PVC
2	Codo PVC
7	Caños de PVC
3	Conchas de abanico triturado (600g)
3	Conchas de abanico calcinado (600g)
12	Arena Fina (600g)

6	Arena Gruesa (600g)
3	Grava (2 kg)
1	Tamizador (0.3 mm)
1	Tamizador (0.6mm)
3	Cinta Métrica
1	Pala
3	Platos descartables
1	<u>Clavo</u>

Los materiales y equipos se utilizaron para el análisis de agua y la calcinación de las conchas e abanico.

Tabla 2
Materiales de laboratorio

<u>Equipos</u>	<u>Materiales</u>
Mufla	Crisoles
Balanza	Tamizador 0.6mm
Ph-metro	Tamizador 0.3mm
Oxímetro	Pinzas
<u>Conductímetro</u>	<u>Vaso precipitado</u>

ANALISIS DE LAS MUESTRAS DEL AGUA RESIDUAL

Para el análisis de las muestras se realizó el premonitoreo, monitoreo y posmonitoreo:

En el premonitoreo: Se preparó los materiales (cooler, frascos de plástico, guantes, mascarilla, guardapolvo y equipos calibrados y la cadena de custodia)

Monitoreo. Se rotuló todas las muestras (nombre del solicitante, código del punto de muestreo, lugar, fecha y hora). Se realizó un monitoreo puntual, el punto de la muestra pre se realizó en el criadero de peces de su efluente, la muestra post se realizó en 3 días diferentes 26/10/19, 28/10/19 y 30/10/19 después de nuestro sistema de tratamiento de los tres filtros. La medición del parámetro de DBO5, se llenó en un frasco lentamente en su totalidad para evitar la formación de burbujas.

Posmonitoreo: Las muestras de agua Pre-Post, se analizaron en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Ambiental y laboratorio Delta S.A.C.

TRITURADO Y CALCINADO DEL ARGOPECTEN PURPURATUS

Se obtuvo 6.5 kg de peso bruto de las conchas de abanico. Al limpiar el contenido de víscera y otros restos se obtuvo 5.3 kg de peso neto de las conchas de abanico. Al momento de triturarlo con un molino se obtuvo 5kg del peso de las conchas. Con ayuda del tamizador se tamizó a una medida de 0.6 mm de las conchas trituradas y se procedió a pesar en 3 bolsas de 600g. Después se calcinó en la mufla 3 kg de lo triturado, a una temperatura de 950 °C durante 1 hora, lo cual tenía una medida de 0.3mm.



Figura 3. Triturado, cernido, molido y calcinado del *Argopecten purpuratus*.

Figura 2. Triturado, cernido, molido y calcinado del *Argopecten purpuratus*



Figura 4. Calcinación de las conchas de abanico

CONSTRUCCIÓN DE LOS FILTRO LENTOS (CONVENCIONAL, CONCHAS DE ABANICO TRITURADO, CONCHAS DE ABANICO CALCINADOS).

Para la construcción del filtro se usó el criterio de según Cadavid and Ramírez, (2008). Se instaló un balde de 25 litros para la sedimentación y tres baldes de 12 litros para los filtros. Luego, se conectó tuberías del balde de sedimentación hacia el filtro utilizando codos y T de PVC, colocando caños a cada balde. Después se procedió a pesar, grava (2kg), arena gruesa(600g), arena fina (600g), conchas trituradas(600g) y conchas calcinadas(600g).



Figura 5. Construcción de los filtros lentos para el sistema de tratamiento

Tabla 3

Tamaño y peso de los 3 tipos de filtros compuesta por 9 capas y cada uno con su respectivo lecho filtrante.

Capas	Filtro L. Convencional	Filtro L. Conchas de Abanico triturado	Filtro L. Conchas de Abanico calcinado	Tamaño	Peso
1	Grava	Grava	Grava	1.5cm	2kg
2	Arena Gruesa	Arena Gruesa	Arena Gruesa	1cm	600g
3	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	1cm	600g
4	Arena Gruesa	C.A. triturado	C.A. calcinado	1cm	600g
5	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	1cm	600g
6	Arena Gruesa	C.A. triturado	C.A. calcinado	1cm	600g
7	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	1cm	600g
8	Arena Gruesa	C.A. triturado	C.A. calcinado	1cm	600g
9	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	1.5cm	1.5kg



Figura 6. Construcción de las capas en cada uno de los filtros.

Tiempo de retención hidráulica

Según Caldera et al.,(2003) la retención hidráulica describe el tiempo en que el volumen de agua residual se encuentra almacenado y demora en salir . Esto son beneficioso porque a mayor tiempo se podrán desarrollar los proceso biológicos y químicos, lo cual será más eficiente el proceso de tratamiento.

Tabla 4
Tiempo de retención hidráulica de los tres tipos de filtros

Tipos de Filtro Lento	Tiempo	Unidad
Filtro L. convencional	01:01:00	horas
Filtro L. conchas trituradas	01:24:00	horas
Filtro L. conchas calcinadas	02:21:00	horas

Análisis de datos

El software en el cual se desarrolla la investigación es el programa R. con la gráfica estadística barplot, para comparar con los resultados de los 3 filtros empleados en el tratamiento. También se analizó la correlación con R, de los parámetros analizados y mostrar los resultados obtenidos.

Normativa

Los resultados obtenidos tras la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua según el Decreto Supremo N° 004-2017 MINAM. (MINAM, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

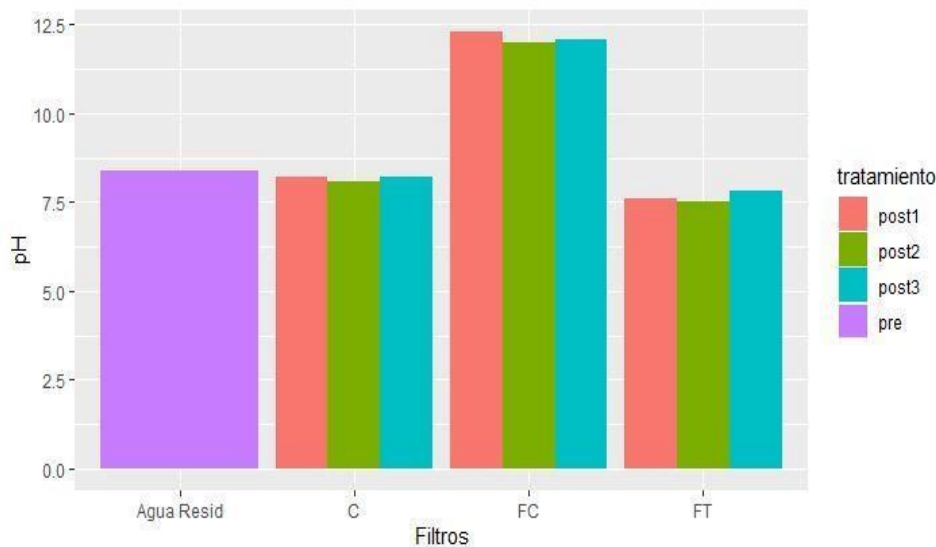
Los resultados obtenidos se muestran a continuación en la Tabla 3. La tabla contiene los datos pre de la muestra y datos post en tres días diferentes (lunes 26/10/19, jueves 28/10/19 y lunes 30/10/19) y en los 3 tipos de filtros (F.L. convencional, F.L. conchas de abanico triturado, F.L. conchas de abanico calcinado) con sus respectivos parámetros fisicoquímico y microbiológico.

Tabla 6
Resultados del laboratorio con sus respectivos parámetros analizados.

Parámetros	Dato s pre	Datos post-1 Filtro	Datos post-1 Filtro	Datos post-1 Filtro	Datos post-2	Datos post-2 Filtro	Datos post-2 Filtro	Datos post-3	Datos post-3 Filtro	Datos post-3 Filtro lento	D.S. N° 004- 2017-MINAM Categoría 3 (agua para riego no restringido)
		lento	lento de	lento de	Filtro	lento de	lento de	Filtro	lento de	Filtro lento	
		Convencional	abanico triturado	abanico calcinado	Convencional	de abanico triturado	de abanico calcinado	Convencional	abanico triturado	de abanico calcinado	
Ph	8.3	8.2	7.6	12.3	8.1	7.5	12	8.2	7.8	12.1	6,5-8,5
Temperatura(°C)	21.8	22	22.5	23	22	21.9	22.1	25.2	25.2	25.4	Δ3
Conductividad (us/cm)	700	720	760	7630	780	820	6720	670	690	7070	2500
Oxígeno Disuelto (ppm)	1.5	4.61	3.30	4.01	4.50	3.03	4.05	4.24	2.58	4.03	4
DBO5k (mg/L)	22	20	111	5	22	133	6	9	24	5	15
Turbiedad (UNT)	75	45	24	6	60	24	3	62	42	1	-
Coliformes termotolerantes	2	2.3x10 ³	3.3x10 ⁵	1.8	2.3x10 ³	3.3x10 ⁵	1.8	7x10 ²	3,3x10 ⁵	1.8	1000

Los resultados mostrados son justificados y se encuentran en la figura 11 y 12

Resultados de pH

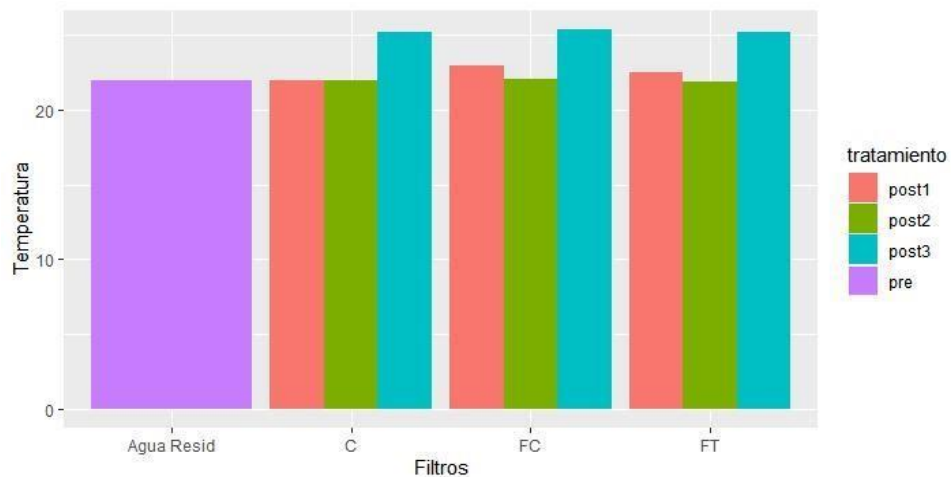


Gráfica 1. Resultados del pH

Como podemos apreciar en la gráfica 1, los valores de pH durante el periodo de arranque, en el agua residual es de 8.3, en el filtro lento convencional “C” es de 8.2 y en el filtro lento triturado “F.T” es de 7.6 se encuentran dentro del rango permitido del D.S 004-2017-MINAN categoría 3 agua para riego no restringido, pero en el filtro lento calcinado “FC” es de 12.2, en este filtro el incremento de pH se debe a que paso a un proceso de calcinación transformándose a óxido de calcio en lo cual influye el aumento de pH.

Según menciona Farías Taboada, (2011) la obtención de óxido de calcio es el proceso de calcinación, esto se descompone por la aplicación de extremo calor a partir del carbonato de calcio que tiene el residuo de conchas al ser trituradas. También (Gutiérrez & González, 1965) El pH aumenta porque son reemplazados por los iones calcio, por el cual se vuelve más alcalino.

Resultados de temperatura

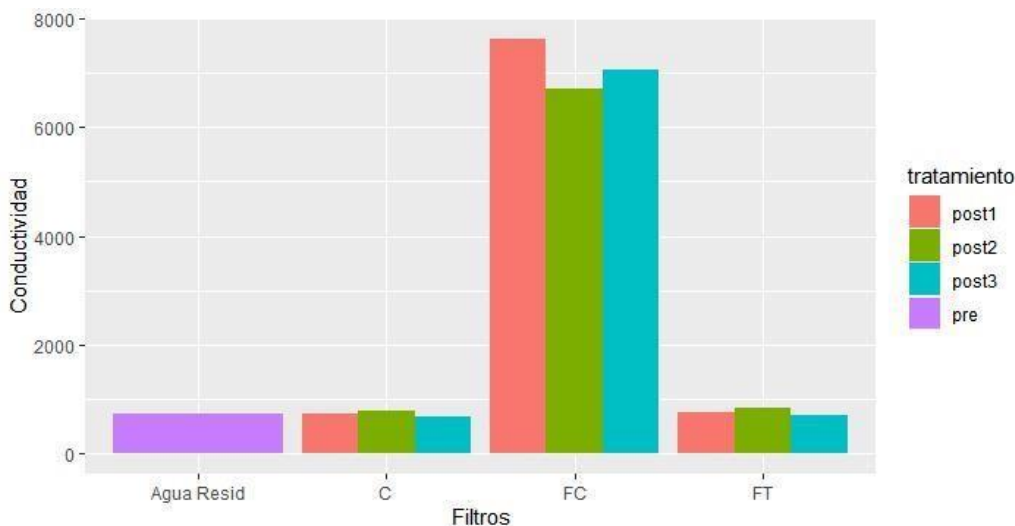


Gráfica 2. Resultados de temperatura

Como podemos apreciar en la gráfica 2, los valores de temperatura del agua en el periodo de arranque, en el agua residual es de 21.8 °C, en el filtro lento convencional “C” es 22 °C, en el

filtro lento triturado “F.T” es 22.2 °C y en el filtro lento calcinado “F.C” es 22.6 °C a temperatura ambiente, En el “post 3” hay un incremento debido al aumento de temperatura de ese día, según (Senamhi, 2019). Todos los valores de la temperatura cumplen con el D.S 004- 2017-MINAN categoría 3 agua para riego no restringido.

Resultados de Conductividad

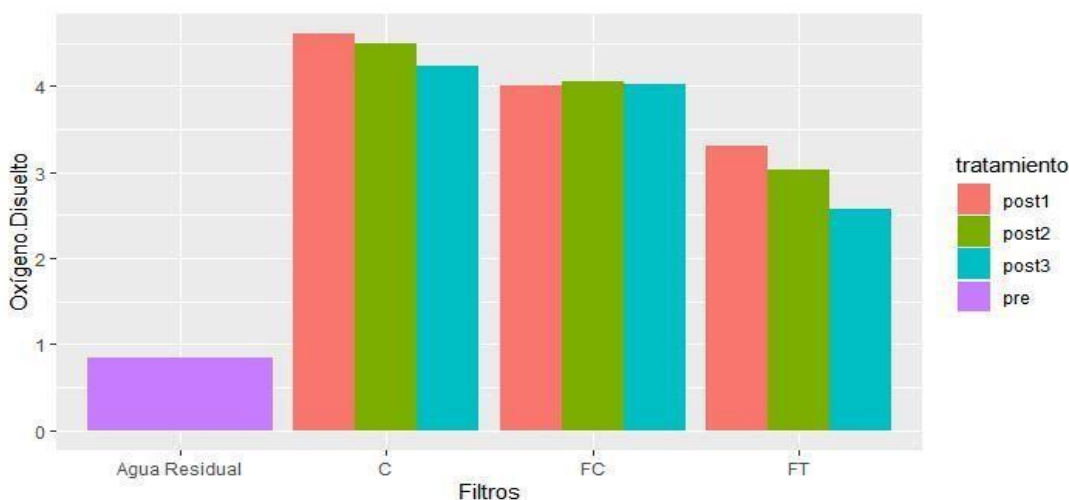


Grafica 3. Resultados de Conductividad

Como podemos apreciar en la gráfica 3, los valores de conductividad eléctrica en el periodo de arranque, en el agua residual es 700 us/cm. en el filtro lento convencional “C” se obtuvo 723 us/cm, en el filtro lento triturado “F.T” se obtuvo 756 us/cm, cumpliendo así con el D.S 004- 2017- MINAM categoría 3 agua para riego no restringido, sin embargo en el filtro lento calcinado “F.C” se obtuvo 7140 us/cm, no cumple con el rango establecido en la normativa, se debe a que las conchas de abanico tienen presencia de minerales que al ser calcinadas libera calcio lo cual aumenta su concentración.

Park, (2017) la conductividad es la habilidad de una solución para conducir electricidad, pequeñas partículas llamadas iones, puede ser una corriente eléctrica a través de soluciones de agua. Entre más concentración de iones calcio es liberado se incrementará la conductividad.

Resultados Oxígeno Disuelto

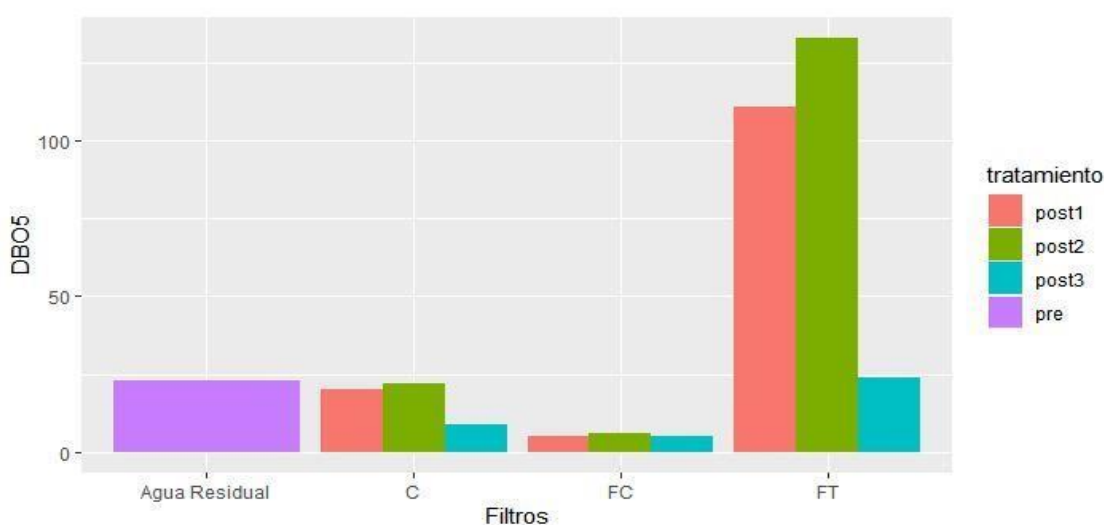


Grafica 4. Resultados de Oxígeno Disuelto

Como podemos apreciar en la gráfica 4, los valores de oxígeno disuelto en el periodo de arranque de los filtros, en el agua residual es 1.5 ppm, en el filtro lento convencional “C” es de 4.48 ppm, en el filtro lento calcinado “F.C” fue de 4.03 ppm, por lo que cumple con el rango establecido del D.S 004-2017-MINAM categoría 3 agua para riego no restringido, por otro lado el filtro lento triturado “FT” es de 2.97 ppm, no cumpliendo con el rango establecido en la normativa. A pesar de que se instaló un pequeño aireador. Esto quiere decir que al momento de la caída no se formaron las burbujas de aire.

Lecca and Lizama, (2014) El agua en movimiento absorbe mas oxigeno en la atmosfera. Las burbujas contienen aire con la caída del agua, por esa razón aumenta el área de contacto entre el agua y el aire, provocando el aumento de oxígeno en el agua.

Resultados DBO5

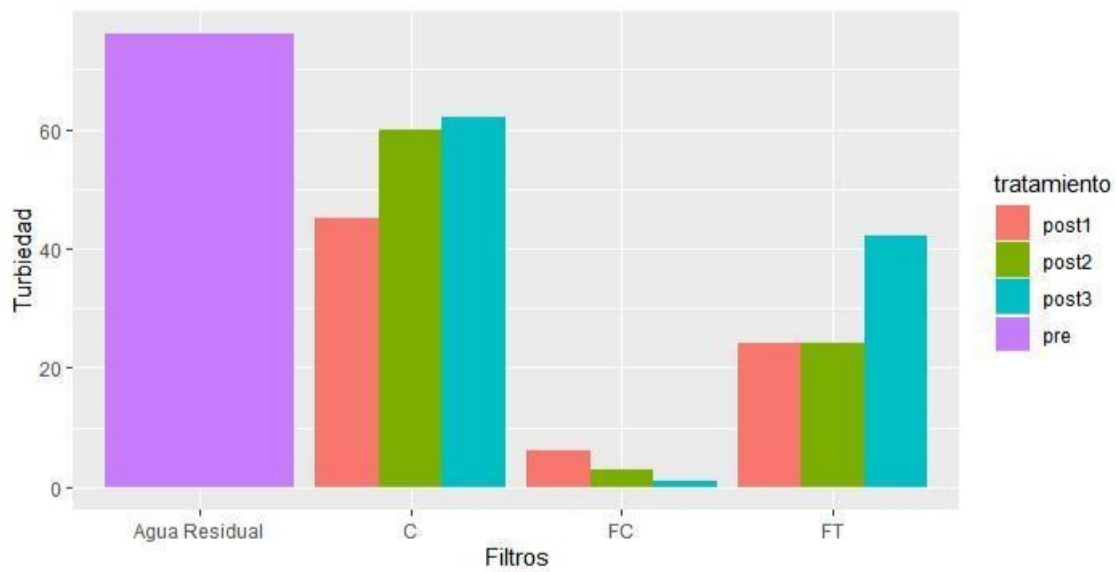


Grafica 5. Resultados de DBO5

Como podemos apreciar en la gráfica 5, los valores del DBO5 del agua residual es de 22 mg/L, después del tratamiento en el filtro lento convencional “C” es de 17 mg/L, En el “FC” es de 5 mg/L, cumple con el D.S 004-2017-MINAM categoría 3 agua para riego no restringido, sin embargo el filtro triturado “FT” es de 89.3 mg/L, este valor incrementada debido al carbonato de calcio que tiene y que su oxigeno no es óptimo, provocando que exista un gran aumento de este tipo de filtro.

Raffo Lecca and Ruiz Lizama, (2014) por la disminución del oxígeno el parámetro del DBO5 aumenta, provocado por la degradación biológica de la materia, esto produce ácidos grasos, carbonato de calcio y magnesio.

Resultados de Turbiedad

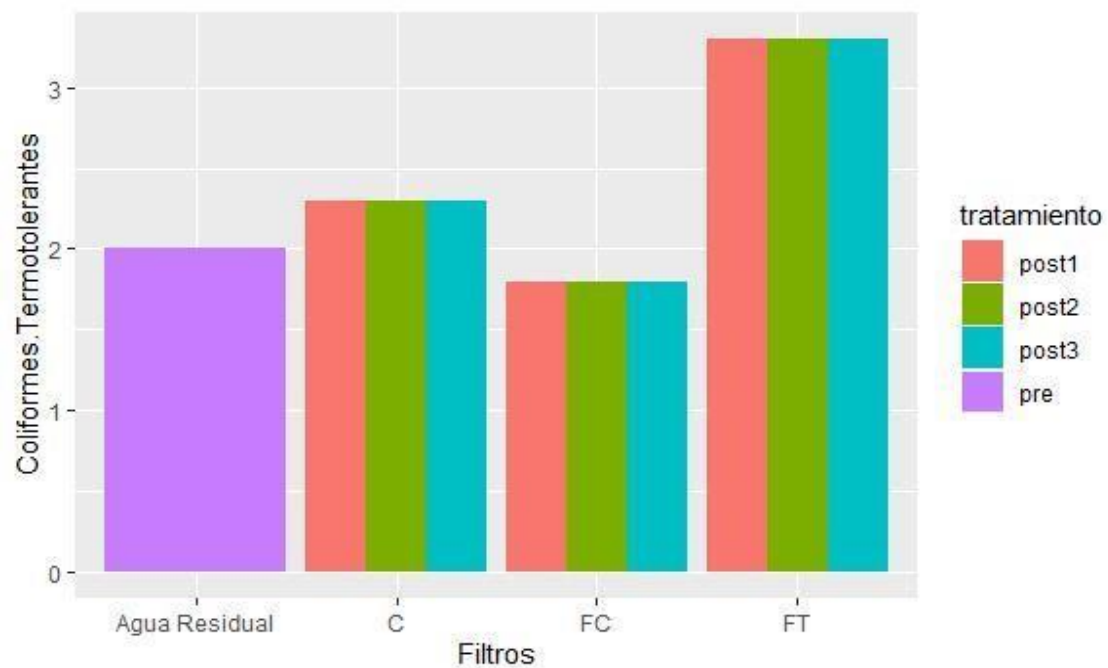


Grafica 6. Resultados de turbiedad

Como podemos apreciar en la gráfica 7, los valores de turbiedad en el periodo de arranque en los filtros, donde el agua residual es 75 UNT, mientras en el “C” es de 55.6 UNT y en el “FT” es de 30 UNT, se obtuvo valores menores al agua residual, en el “FC” es 3 UNT, se obtuvo menor resultado a los de más filtros, fue debido a la capacidad de retención de sólidos.

Los sólidos sedimentables son los causantes de la turbidez debido a que producen dispersión de la luz que atraviesa la muestra de agua, según menciona (Aznar Jiménez, 2000).

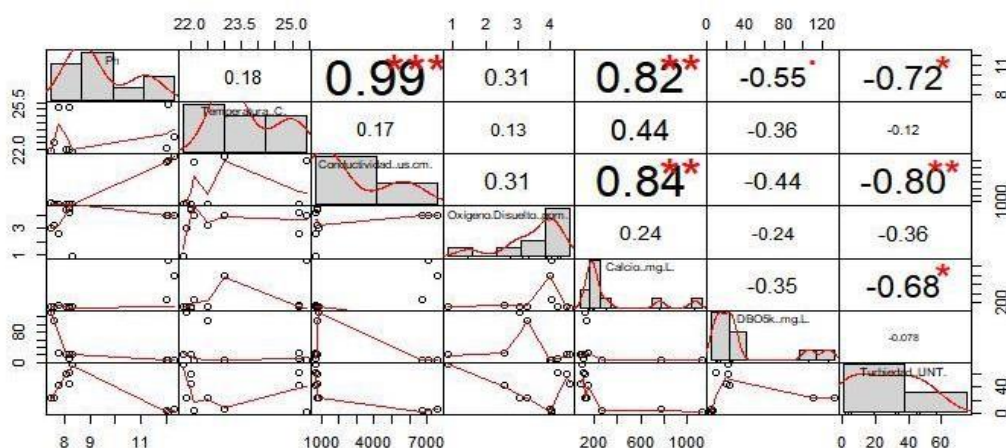
Resultados de Coliformes Termotolerantes



Grafica 7. Resultados de coliformes termotolerantes

Como podemos apreciar en la gráfica 8, los valores de coliformes Termotolerantes en el periodo de arranque donde el agua residual es de 2300 NMP/100 mL, en los filtros “C” es de 2300 NMP/100 mL. En el “FT” es de 3300 NMP/100mL y en el “FC” es menor a 1800 NMP/100 mL, por lo tanto, no cumple con el DS 004-2017-MINAM categoría 3 agua para riego no restringido, en el cual menciona que debe ser menor a 2000 NMP/ 100 m, donde el “FT” hubo un incremento DBO que se encuentra en correlación con los coliformes, además tiene un alto contenido de materia orgánica, según menciona (Narváez, Gómez, & Sc, 2008).

CORRELACION



Gráfica 8. Correlación de todos los parámetros realizados

Como podemos apreciar en la gráfica 9, los valores de correlación, donde el pH y la conductividad tiene una correlación es de 0.99, esto quiere decir si aumenta el pH la conductividad aumentará. También existe correlación del pH y Calcio de 0.82, con respecto a la conductividad y el calcio tiene una correlación de 0.84, por lo cual son directamente proporcional. Por esa razón cuando el calcio aumenta también aumentó la cantidad del pH, y Conductividad eléctrica. Según Park, (2017) el pH y la conductividad estas relacionados con la cantidad de iones que tienen, si existe una gran cantidad de calcio en la muestra del agua incrementara estos 2 parámetros.

Conclusión:

En conclusión, el *Argopecten purpuratus* en la remoción de los parámetros de físicoquímicos y microbiológicos se obtuvo los siguientes resultados de cada uno de los filtros propuesto:

- El filtro lento Convencional mostro una eficiencia de remoción con el promedio de los tres días analizados del post. El parámetro del DBO5 77.2 %, turbiedad 23%, pH 2%, oxígeno disuelto 3%, sin embargo, hubo un aumento en los parámetros de conductividad eléctrica en un 11%, calcio 1% y en coliformes 22.2%
- El filtro lento Triturado mostro una eficiencia de remoción con el promedio de los tres días analizados del post. El parámetro de turbiedad 80%, pH 8%, oxígeno disuelto 1.7%, sin embargo, hubo un aumento en los parámetros de conductividad eléctrica en un 28 %, calcio 30% y en coliformes aumenta 98.5% y DBO5 91.5%,
- El filtro lento Calcinado mostro una eficiencia de remoción con el promedio de los tres días analizados del post. El parámetro de DBO5 97%, la turbiedad 95.6%, en coliformes 85%, oxígeno disuelto 2.8%, sin embargo, hubo un aumento en los parámetros de pH 45%, conductividad eléctrica en un 98% y calcio 99 %.

Por lo cual, el filtro más eficiente es el calcinado con los parámetros de DB05, oxígeno disuelto, la turbiedad, coliformes cumpliendo con el D.S. 004-2017 MINAN categoría 3 agua para riego no restringido. Sin embargo, para los demás parámetros analizados como el pH, C.E, estos requieren un segundo tratamiento para cumplir con la normativa.

Recomendaciones

- Las conchas de abanico se pueden reutilizar, para la remoción en aguas residuales en los parámetros de DBO5, turbiedad y coliformes.
- En el sistema de tratamiento se recomienda trabajar con dosis para tener un menor resultado del Ph
- Los *Argopecten purpuratus* se pueden utilizar para el tratamiento de aguas acidas, ya que su Ph es alcalino por presencia del calcio.
- Antes de utilizar el *Argopecten purpuratus calcinado* se recomienda mezcla con agua antes de ser introducido a un sistema de tratamiento ya que puede reaccionar convirtiéndose en ácido de calcio.

Referencia

- Aznar Jiménez, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*, 2(23), 12–19. Retrieved from <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Cadavid, M., & Ramírez, J. (2008). *Mejoramiento de la calidad del agua - Vereda "Las Torres"*.
- Caldera, Y., Madueño, P., Griborio, A., Gutiérrez, E., & Fernández, N. (2003). Efecto del tiempo de retención hidráulica en el funcionamiento de un reactor UASB tratando efluentes cárnicos. *Multiciencias*, 3(1).
- Carcausto Quispe, C. (2017). *Purificación de aguas subterráneas por medio de filtros lentos de arena para consumo humano en la comunidad de Trunco-Puno*.
- Farías Taboada, M. A. (2011). *Obtención de óxido de calcio (CaO) a nivel de laboratorio por medio de la calcinación de valvas de concha de abanico (Argopecten purúratu) en la ciudad de Sechura*.
- Fernandez, M. (2011). Reproduccion De Argopecten Purpuratus. *Universidad Nacional Del Callao*. Retrieved from http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Julio_2011/IF_MARILUZ_FERNANDEZ_FIPA/CAP IX.PDF
- González Hunt, R. (2010). Auge y crisis: la pesquería de la concha de abanico (Argopecten purpuratus) en la región Pisco-Paracas, costa sur del Perú. *Espacio y Desarrollo*, 51(22), 25–51.
- Gutiérrez, G., & González, A. (1965). Influencia del carbonato de calcio en las propiedades químicas de un suelo de la terraza de Villa-Rica (Cauca). In *Acta Agronómica* (Vol. 15).
- Humberto, C., & Benites, J. (2018). *La concha de abanico como material multifuncional en la purificación del agua*. 9(1), 49–56.
- Lecca, R., & Lizama, R. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*.
- Mendo, J., Wolff, M., Carbajal, W., & Badjeck, M. (2008). Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (Argopecten purpuratus) en la costa Peruana. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*, 12, 101–114.
- Miguéns Alonso, J. D. (2016). *Diseño e instalación de una planta de tratamiento de conchas de abanico de mejillón*.

- MINAM. (2017). Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. *El Peruano*, 6–9. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- MINCETUR. (2015). *Perfil del Mercado y Competitividad Exportadora de la Concha de Abanico*.
- Narváez, S., Gómez, M., & Sc, M. (2008). *Coliformes termotolerantes en aguas de las poblaciones costeras y Palafíticas de la Ciénaga grande de Santa Marta, Colombia*. 13(3), 113–122.
- Park, O. (2017). *Agua, pH y conductividad para los impresores*.
- PRODUCE, D. S. N. 012-2019. (2019). *Decreto Supremo que aprueba el reglamento de gestión ambiental de los subsectores pesca y acuicultura*.
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. C. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71. <https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12035>
- Rios Orihuela, W., & Velasquez Vilca Miriam. (2016). *Obtención de carbonato De calcio a Partir De valvas residuales de caracol (Thais Chocolate)*.
- Ruiz, G. (2016). Evaluación experimental del uso de conchas de abanico como reemplazo de agregados pétreos en concreto hidráulico con cemento portland. *Concytec*.
- Saavedra Gonzaga, J. R. (2016). *Interacción de la concha de abanico triturada con los agregados triturados y redondeados en mezclas de concreto*.
- Senamhi. (2019). *Informe de transferencia de gestión*.
- Zuluaga, V., Torrez, S., & Darío, L. (2009). Evaluación de la filtración lenta en arena como tratamiento terciario de agua residual doméstica con fines de reuso agropecuario y piscícola. *Ingeniería de Recursos Naturales y Del Ambiente*, (8), 39–49.

Anexos

INFORME DE ENSAYO N° 1909118							
Cliente	: SOTO YARASCA SUYMI PILAR						
Domicilio legal	: Mz. J1 Lote 11, Lurigancho Chosica – lima – Lima.						
Producto	: Agua Natural						
Referencia del cliente	: No Indica.						
Procedencia de las muestras	: Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Mz. J1 Lote 11, Lurigancho Chosica – Lima – Lima.						
Referencia del plan de muestreo	: No Aplica						
Procedimiento de muestreo	: No Aplica						
Fecha de recepción de las muestras	: 2019/09/24						
Fecha de inicio del ensayo	: 2019/09/24						
Fecha de término del ensayo	: 2019/09/30						
Código de Laboratorio:		1909118-1	1909118-2	1909118-3	1909118-4		
Estación de Muestreo:		P-01-Pre	P-02-Post-F.C.	P-03-Post-F.T.	P-04-Post-F.C.		
Fecha de Muestreo:		2019/09/23	2019/09/23	2019/09/23	2019/09/23		
Hora:		14:54	15:16	15:50	16:20		
Tipo de muestra:		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial		
Ensayo	L.D.M.	L.C.M.	Unidad	Resultado			
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	8	mg/L	22	20	111	5
Numeración de Coliformes fecales	---	1,8	NMP/100 mL	2	2,3 x 10 ³	3,3 x 10 ⁵	< 1,8
Turbidez (*)	1	3	NTU	75	45	6	24

Figura 7. Informe de laboratorio N° 1

INFORME DE ENSAYO N° 1909121							
Cliente	: SOTO YARASCA SUYMI PILAR						
Domicilio legal	: Mz. J1 Lote 11, Lurigancho Chosica – lima – Lima.						
Producto	: Agua Natural						
Referencia del cliente	: No Indica.						
Procedencia de las muestras	: Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Mz. J1 Lote 11, Lurigancho Chosica – Lima – Lima.						
Referencia del plan de muestreo	: No Aplica						
Procedimiento de muestreo	: No Aplica						
Fecha de recepción de las muestras	: 2019/09/26						
Fecha de inicio del ensayo	: 2019/09/26						
Fecha de término del ensayo	: 2019/10/03						
Código de Laboratorio:		1909121-1	1909121-2	1909121-3			
Estación de Muestreo:		P-02-Post-F.L.	P-03-Post-F.T.	P-04-Post-F.C.			
Fecha de Muestreo:		2019/09/26	2019/09/26	2019/09/26			
Hora:		06:40	06:45	07:30			
Tipo de muestra:		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial			
Ensayo	L.D.M.	L.C.M.	Unidad	Resultado			
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	8	mg/L	22	133	6	
Numeración de Coliformes fecales	---	1,8	NMP/100 mL	2,3 x 10 ³	3,3 x 10 ⁵	< 1,8	
Turbidez (*)	1	3	NTU	60	24	3	
Ensayo: Descripción del Método de Referencia:							

Figura 8. Informe de laboratorio N° 2

INFORME DE ENSAYO N° 1909136

Cliente : SOTO YARASCA SUYMI PILAR
 Domicilio legal : Mz. J1 Lote 11, Lurigancho Chosica - lima - Lima.
 Producto : Agua Natural
 Referencia del cliente : No Indica.
 Procedencia de las muestras : Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Mz. J1 Lote 11, Lurigancho Chosica - Lima - Lima.
 Referencia del plan de muestreo : No Aplica
 Procedimiento de muestreo : No Aplica
 Fecha de recepción de las muestras : 2019/09/30
 Fecha de inicio del ensayo : 2019/09/30
 Fecha de término del ensayo : 2019/10/07

Código de Laboratorio:		1909136-1	1909136-2	1909136-3
Estación de Muestreo:		P-02-Post-F.L.	P-03-Post-F.T.	P-04-Post-F.C.
Fecha de Muestreo:		2019/09/30	2019/09/30	2019/09/30
Hora:		13:10	13:20	13:30
Tipo de muestra:		Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Ensayo	L.D.M.	L.C.M.	Unidad	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	8	mg/L	9
Numeración de Coliformes fecales	---	1,8	NMP/100 ml	$7,0 \times 10^2$
Turbidez (*)	1	3	NTU	62
				24
				5
				$3,3 \times 10^2$
				< 1,8
				42
				< 1

Figura 9. Informe de laboratorio N° 3

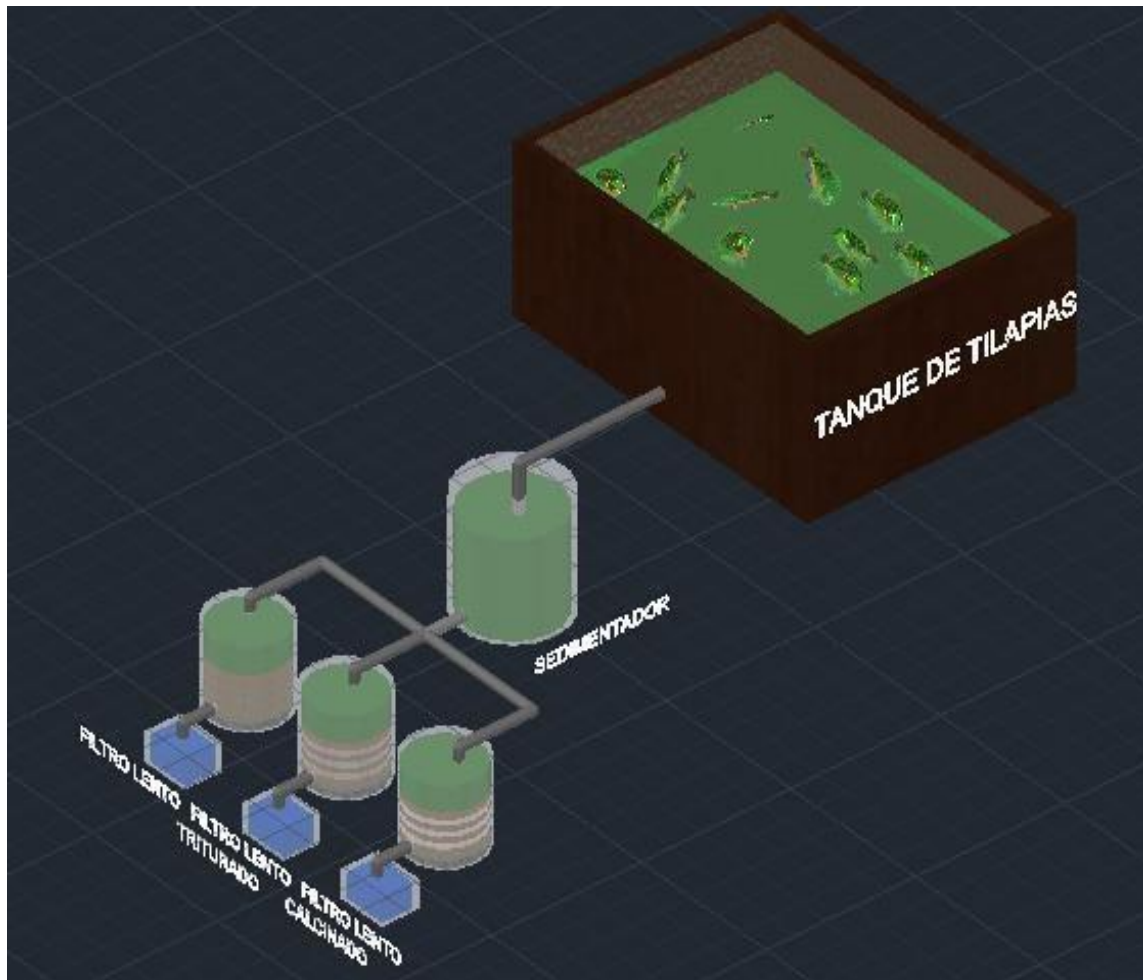


Figura 10. Tratamiento de aguas de piscicultura mediante filtros de conchas de abanico

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amónico Total (NH ₄)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLEPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

Figura 11. D.S. N° 004-2017 MINAM Categoría 2

Tabla Nº 1: Estándar de calidad de Amoniaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	10.0
0	231	73.0	23.1	7.30	2.33	0.749	0.250	0.082
5	103	46.3	15.3	4.96	1.54	0.502	0.172	0.056
10	100	32.4	10.3	3.36	1.04	0.343	0.121	0.039
15	69.7	21.9	6.98	2.22	0.716	0.239	0.080	0.026
20	48.0	15.2	4.82	1.54	0.489	0.171	0.067	0.024
25	33.5	10.4	3.37	1.09	0.364	0.125	0.043	0.012
30	23.7	7.50	2.39	0.767	0.256	0.084	0.043	0.011

Nota:

(*) El estándar de calidad de Amoniaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (a)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICO-QUÍMICOS				
Acalas y Grutas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cloruro de Calcio	mg/L	0.1		0.1
Cloruro	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt-Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAN)	mg/L	0.2		0.5
Ferros	mg/L	0.02		0.01
Fosfatos	mg/L	1		**
Nitrato (NO ₃ -N) + Nitrito (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitrato (NO ₃ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 - 8.5		6.5 - 8.4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	± 3		± 3
MORGÁNICOS				
Amonio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (a)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsenico	mg/L	0.1		0.2
Bario	mg/L	0.7		**
Berilo	mg/L	0.1		0.1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0.01		0.05
Cobalto	mg/L	0.2		0.5
Cobalto	mg/L	0.05		1
Cromo Total	mg/L	0.1		1
Cromo	mg/L	5		**
Cromo	mg/L	2.5		2.5
Cromo	mg/L	**		250
Cromo	mg/L	0.2		0.2
Cromo	mg/L	0.001		0.01
Cromo	mg/L	0.2		1
Cromo	mg/L	0.05		0.05
Cromo	mg/L	0.02		0.05
Cromo	mg/L	2		24
ORGÁNICOS				
Bebidas Polimerizadas				
Bifenilo	µg/L	0.04		0.040
Polifenilos (PCB)	µg/L			
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L	0.004		0.7
Clotano	µg/L	0.006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDE)	µg/L	0.001		30
Dieldrin	µg/L	0.5		0.5
Endosulfato	µg/L	0.01		0.01
Endrin	µg/L	0.004		0.2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0.01		0.03
Lindano	µg/L	4		4
Carbenciclos				
Malicilo	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1 000		2 000
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1 000		**
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000		**
Huevos de Helicobacter	Huevo/L	1		1

(a) Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de filtración simple.

(c) Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

± 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multi-anual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Figura 12. D.S. 004-2017 MINAM Categoría 3

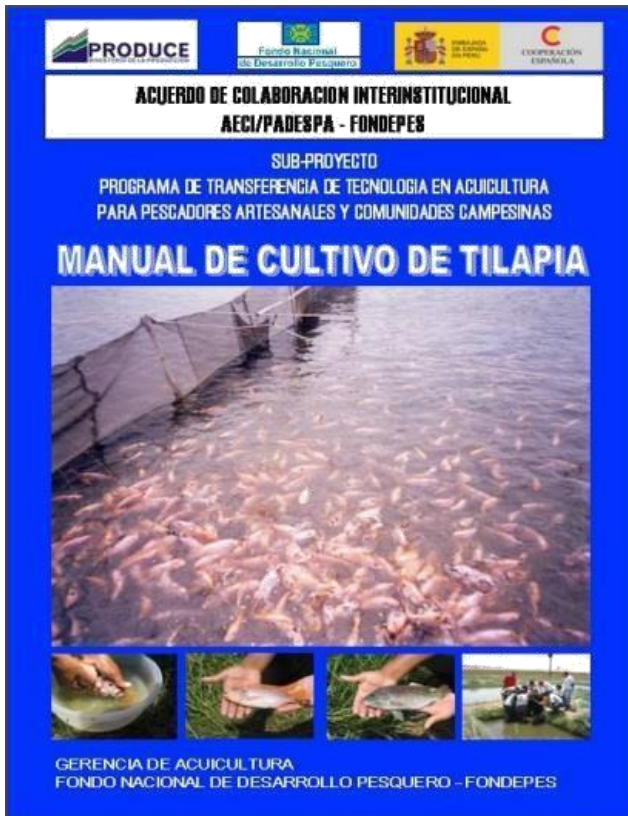


Figura 13. Manual de cultivo de tilapia

B. Calidad del agua

Para mantener vivo a los peces u otros organismos acuáticos, así como mantener los niveles sanitarios necesarios para su desarrollo, es necesaria un agua de buena calidad, así la producción de un estanque varía según las características físicas, químicas y biológicas del agua.

La calidad del agua implica la interrelación de los siguientes parámetros que intervienen en el agua:

- o Temperatura
- o Transparencia
- o Turbidez
- o Oxígeno disuelto
- o pH
- o Alcalinidad
- o Dureza
- o Amonio
- o Plácton

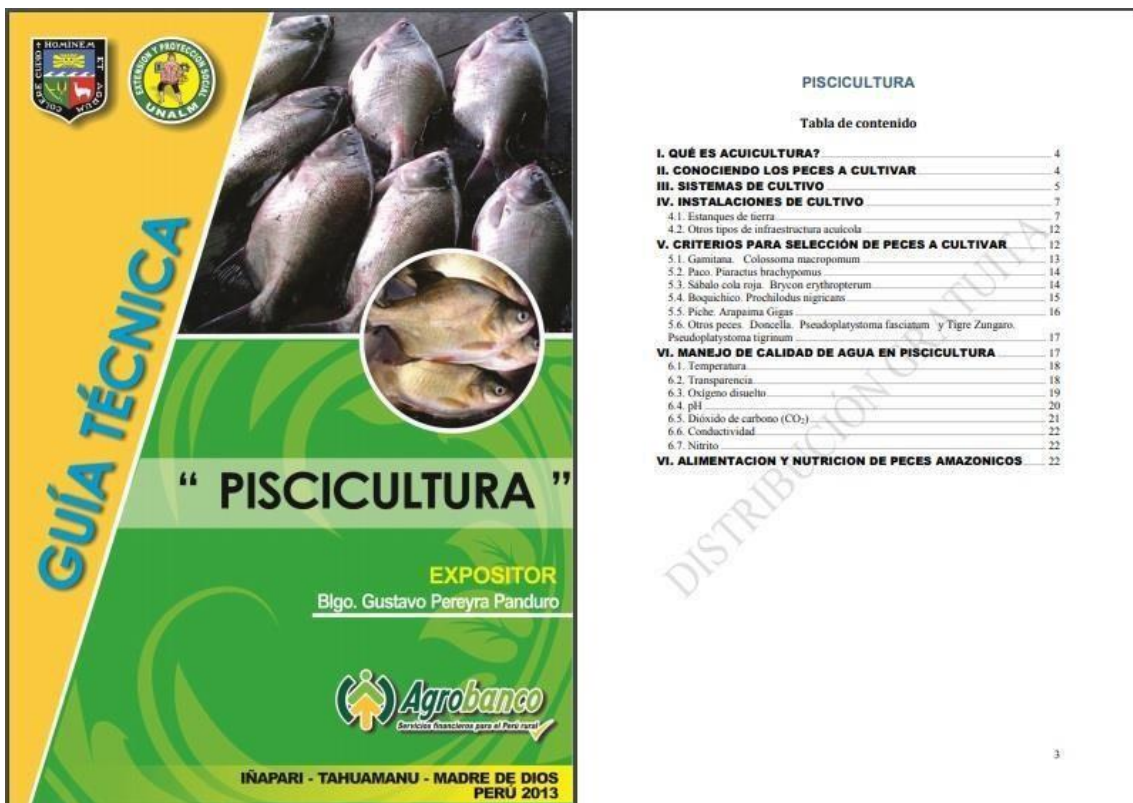


Figura 14. Guía técnica piscicultura