

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

INFORME TÉCNICO

**Análisis de la calidad del agua a través de parámetros
físicoquímicos en tres puntos de muestreo para un proyecto
acuícola.**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTA
Janeth Cabrera González**

**DIRECTOR:
M en C. Ulises González Vázquez**

**COORDIRECTOR:
Dr. José Manuel Gómez Ramos**

**ASESOR:
Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez**

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Junio, 2021





Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
Fecha: 24 de Mayo 2021

Janeth Cabrera González

Pasante del Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
Análisis de la calidad del agua a través de parámetros fisicoquímicos en tres puntos de muestreo para un proyecto acuícola.

En la modalidad
de: Informe técnico

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Firmas:

Mtro. Ulises González Vázquez

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

DEDICATORIA

Con mi más grande respeto y profundo cariño dedico este Informe técnico.

A Dios por darme la vida, por iluminar mi sendero, por guiarme por el camino del bien y por cuidarme todos estos años haciendo posible culminar una de mis metas.

A mis padres Fulvia Soledad y Gustavo por ser los mejores padres, por apoyarme incondicionalmente en cada uno de mis sueños y amarme tanto como yo los amo.

A mis hermanos: Gustavo, Luis, Wilber y Martín por ser mis compañeros de vida aquellos que dios eligió para mí, para que este mundo se sintiera más completo.

A mis sobrinos: Valería, Josué, Alexis, Sofía y Alejandrita, por ser mi motivación para ser una mejor persona todos los días.

Gracias porque todos ustedes constituyen la gran constelación que es mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios por tu amor infinito, por estar conmigo en mis noches de desvelo, por escuchar mis oraciones y por todas las bendiciones que siempre me has dado.

Agradezco a mi yo del pasado por todo su esfuerzo y dedicación porque gracias a ella soy quien soy hoy.

Agradezco a mis padres y hermanos quienes han estado conmigo en todo este proceso de mi formación académica, dándome consejos y animándome para seguir adelante, porque este logro también es suyo.

Agradezco a mi tío Arturo y a mi Tía Lupita por abrirme las puertas de su hogar, por su cariño y apoyo, siempre estaré infinitamente agradecida con ustedes, a mis primos: Jessica y Alexis por sus ocurrencias que hacían de mis días los mejores.

Agradezco a mi director el profesor Ulises González Vázquez por su apoyo durante la realización de este informe técnico, por brindarme de su tiempo y conocimientos, de igual forma quiero agradecerle al Dr. José Manuel Gómez Ramos y al Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez por su apoyo, gracias a ustedes he podido culminar este proyecto.

A la universidad de Ciencias y Artes de Chiapas por abrirme sus puertas y darme todas las oportunidades durante mi formación académica, a mis profesores quienes me enseñaron durante estos 4 años y medio.

A todas las personas que me animaron con sus palabras de apoyo, a mis familiares, amigos y compañeros gracias.

Índice general

I. Resumen	1
II.Introducción	2
III.Planteamiento del problema	5
IV. Marco teórico	7
4.1. <i>Antecedentes</i>	7
4.2 <i>Clasificación de los cuerpos de agua</i>	8
4.3. <i>Agua cruda</i>	9
4.4 <i>Calidad del agua</i>	9
4.5 <i>Índice de calidad del agua (ICA)</i>	10
4.5.1 <i>Calidad del agua superficial</i>	11
4.5.2 <i>Calidad del agua subterránea</i>	12
4.6 <i>Métodos para determinar la calidad del agua</i>	12
4.6.1 <i>Método biológico</i>	12
4.6.2 <i>Método fisicoquímico</i>	12
4.6.3 <i>Método microbiológico</i>	13
4.7 <i>Características fisicoquímicas en el agua de importancia en la acuicultura</i>	13
4.8 <i>Relación entre los factores fisicoquímicos y la fauna acuática</i>	15
4.9. <i>Acuicultura</i>	16
4.9.1 <i>Panorama de la acuicultura</i>	17
4.10 <i>Importancia de la calidad del agua en proyectos acuícolas</i>	18
4.11 <i>Importancia de la caracterización fisicoquímica en la acuicultura</i>	18
V. Objetivos	20
5.1 <i>Objetivo general</i>	20
5.2 <i>Objetivos específicos:</i>	20
VI. Metodología	21
6.1 <i>Visita de campo y selección de los sitios de muestreos</i>	23
6.2 <i>Análisis de la calidad del agua (Fase de campo)</i>	23
6.1.1 <i>Parámetros analizados in situ</i>	24
6.2.1 <i>Fase de laboratorio</i>	24
6.3.1 <i>Etapas de análisis de datos</i>	26
VII. Resultados	27
7.1 <i>Diagnostico de la zona</i>	27
7.2 <i>Análisis de temperatura del agua</i>	29
7.3 <i>Análisis de parámetros fisicoquímicos</i>	30

VIII. Conclusiones	39
IX. Referencias bibliográficas	41
X. Anexos	46
10.1 <i>Fotografías de la toma de muestras</i>	46
10.2 <i>Tabla de los resultados de la caracterización fisicoquímica</i>	48
10.3 <i>Datos de la normal meteorológica de la estación el Boquerón municipio de Suchiapa</i>	50

Índice de tablas

Tabla 1. Indicadores de calidad de agua.....	11
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos para tilapia (<i>oreochromis niloticus</i>)	19
Tabla 3. Coordenadas de la ubicación de las estaciones de muestreo	23
Tabla 4. Metodología utilizada para los parámetros fisicoquímicos	26
Tabla 5. Temperatura de agua registrada en tres puntos de muestreo	29
Tabla 6. Parámetros encontrados en el punto 1 (ojo de agua)	30
Tabla 7. Parámetros encontrados en el punto 2 (pozo)	35
Tabla 8. Parámetros encontrados en el punto 3(Río).....	36
Tabla 9. Resultados de la caracterización fisicoquímica analizados en laboratorio.....	40
Tabla 10. Datos de la normal meteorológica el Boquerón	50

Índice de figuras

Figura 1. Agua en su estado natural	9
Figura 2. Determinación de pH	13
<i>Figura 3. Método microbiológico</i>	<i>13</i>
Figura 4. Acuicultura extensiva	17
Figura 5. Mapa del municipio de Suchiapa, Chiapas	21
<i>Figura 6. Diagrama de la metodología</i>	<i>22</i>
Figura 7. Recorrido en campo en la zona de muestreo	23
Figura 8. Muestreo de la conductividad y OD	24
Figura 9. Toma de muestras para análisis en laboratorio	25
Figura 10. Envases de agroquímicos en la	27
Figura 11. Cultivos de maíz en las zonas colindantes	27
Figura 12. Apariencia del agua de la vertiente (Ojo de agua).....	28
<i>Figura 13. Nivel del agua de un arroyo cercano a la zona</i>	<i>28</i>
Figura 14. Grafica de la evaporación mensual en el municipio de Suchiapa	29
Figura 15. Punto de muestreo 1 (Ojo de agua)	46
<i>Figura 16. Punto de muestreo 3 (Río).....</i>	<i>46</i>
Figura 17. Análisis de la conductividad y el OD en el ojo de agua	46
Figura 18. Punto de muestreo 2 (Pozo)	46
Figura 19. Recolección de muestras.....	47
Figura 20. Recolección de muestras de agua en el punto 1 (ojo de agua).....	47
Figura 21. Recolección de muestras en el punto 3 (Río).....	47

I. Resumen

En la acuicultura el agua es un constituyente importante para el desarrollo de las especies ya que cumplen su ciclo de vida total o parcialmente en el agua a través de diferentes sistemas y técnicas, dependen en gran parte de la calidad del agua del medio en el que habiten. Para lograr una buena producción es necesario mantener los parámetros fisicoquímicos dentro de los límites de tolerancia.

Por ello el presente estudio busca realizar un análisis sobre las características físicas y químicas en tres puntos de muestreo en el municipio de Suchiapa, Chiapas, para su posible utilización en un proyecto acuícola. Se realizó una visita de campo para determinar los sitios de muestreo mediante un sistema de información geográfica, posteriormente se hizo el muestreo los parámetros analizados in situ fueron los siguientes: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}/\text{cm}$) y oxígeno disuelto (OD, mg/L), para la fase de laboratorio se analizaron los siguientes: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, sólidos volátiles totales, sólidos totales, alcalinidad total, dureza total, pH, conductividad eléctrica, turbiedad, color, oxígeno disuelto, cloruros, coliformes totales y coliformes fecales. En el primer punto de muestreo (ojo de agua) no se tuvo presencia de dureza, sólidos sedimentables y coliformes fecales, por otra parte los parámetros óptimos encontrados para el desarrollo de la acuicultura fueron: pH, oxígeno disuelto, conductividad, color, turbidez, sólidos sedimentables y coliformes fecales. Para el punto de muestreo número 2 se encontraron fuera de los límites establecidos la alcalinidad, dureza total, DBO_5 , DQO, sólidos totales, sólidos volátiles totales, sólidos disueltos totales y coliformes totales. Para el punto de muestreo número 3 no se encontró dureza total, sólidos volátiles totales, sólidos disueltos totales, coliformes fecales tampoco se encontraron sólidos sedimentables.

II. Introducción

El agua es considerada una fuente de vida esencial en los procesos biológicos, el desempeño de la economía, el funcionamiento de los ecosistemas y un elemento fundamental en el desarrollo de la civilización humana (Monforte y Cantú, 2009); (Santos, 2014). Es un recurso escaso, pues se sabe que el 70% de la superficie del planeta esta cubierta por agua el 96.5% del agua existente en el planeta es salada y se concentra en mares y océanos, del 2.5% restante el 68.6 % aparece capturado en glaciares y otras áreas heladas y el 30 % es agua subterránea, de modo que apenas un 1% es agua fácilmente utilizable, si bien incluso una parte de esta se encuentra en humedales u otras zonas de difícil acceso (Santos, 2014).

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2019) México cuenta con una red hidrográfica de 633 mil kilómetros de longitud, donde destacan 51 ríos principales por los que fluye el 87% del escurrimiento superficial y cuyas cuencas cubren el 65% de la superficie nacional, por su superficie destacan las cuencas de los ríos Bravo y Balsas, y por longitud destacan los ríos Bravo y Grijalva-Usumacinta, los ríos Lerma y Nazas-Aguanaval los cuales pertenecen a la vertiente interior, tansolo en el estado de Chiapas se concentra el 30 % del agua superficial es uno de los estados con mayores recursos acuáticos e hídricos de México y cuenta con dos de los ríos más caudalosos, Usumacinta y Grijalva, tiene un extenso litoral con 10 sistemas lagunares y casi 80 mil km² de esteros (Barrera, 2013).

El agua ha sido fuertemente afectado por sustancias cada vez más agresivas y difíciles de tratar debido a su naturaleza química de sustancias presentes en desperdicios que caen a las corrientes derivada de las actividades antropogénicas y a su vez la disminución de los recursos hídricos como consecuencia del calentamiento global hacen que este recurso se encuentre constantemente amenazado (Gómez, 2018); (Samboni, Carvajal y Escobar, 2007).

En México las principales causas de contaminación del agua son: contaminación microbiológica por desechos de aguas municipales no tratadas; por sustancias químicas de desechos industriales; por fertilizantes y pesticidas; por intrusión salina, lo anterior provoca que el agua de las fuentes contaminadas no pueda ser

utilizada para fines humanos y que las especies que viven en los cuerpos de agua en esas condiciones se estén extinguiendo afectando el ciclo hidrológico (Monforte y Cantú, 2009).

En consecuencia se destaca la importancia de evaluar el impacto antrópico sobre los recursos hídricos a través del estudio de la naturaleza química, física y biológica del agua.

Para el caso de la acuicultura el agua es un constituyente importante para el desarrollo de las especies ya que cumplen su ciclo de vida total o parcialmente en el agua a través de diferentes sistemas y técnicas, dependen en gran parte de la calidad del agua del medio en el que habiten. Para lograr una buena producción es necesario mantener los parámetros fisicoquímicos dentro de los límites de tolerancia.

La pesca en los sistemas hídricos ha sido una fuente productora de recursos, generando con ello seguridad alimentaria y desarrollo económico (FAO, 2011). La acuicultura es una actividad que se encuentra en plena fase de crecimiento, esta actividad implica la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción, en operaciones como la siembra, la alimentación, la protección frente a depredadores (Rueda, 2011).

Actualmente, es una importante actividad económica de producción de alimentos, materias primas de uso industrial y farmacéutico, así como de organismos vivos para repoblación u ornamentación generando más de 12 millones de empleo a nivel mundial (FAO, 2014).

Los impactos acuáticos por la acuicultura emergen principalmente por excesos de alimento no ingerido, proporciona mayor cantidad nitrógeno (N), fósforo (P) y materia orgánica (MO) los cuales son considerados como dos de los más importantes agentes contaminantes del medio natural. Es por ello, que los compromisos de la acuicultura actual es el de convertirse en una actividad realmente sustentable, lo que equivale a ser: económicamente rentable, ecológicamente amigable y socialmente responsable (Buschmann y Fortt, 2005; Martínez, Córdova *et al.*, 2009).

Suchiapa es un municipio del estado de Chiapas que cuenta con una extensión territorial de 271.35 km y representa el 2.81% del territorio de la región centro, su hidrografía lo conforma el río Suchiapa y el arroyo San Joaquín, ambos importantes afluentes del Grijalva (INEGI, 2010). En la actualidad el río Suchiapa, también conocido como Pacú se enfrenta a una severa contaminación en consecuencia de los lixiviados de empresas generadoras de contaminantes, la inadecuada gestión de los residuos sólidos, las descargas de aguas residuales sin tratamiento y la utilización de agroquímicos diversos en la producción agrícola y ganadera.

El presente estudio tiene como objetivo determinar las características fisicoquímicas de 3 puntos en del Río, por medio de una caracterización fisicoquímica con el fin de conocer el estado en el que se encuentra para su posible utilización en un proyecto acuícola.

III. Planteamiento del problema

El problema de la contaminación del agua es muy complejo, dicho problema se ve en aumento debido al incremento de las actividades domésticas e industriales que por el manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos tienen implicaciones a nivel ecológico, socioeconómico y de salubridad. (Trujillo y Guerrero, 2015).

El Río Suchiapa es afluente del Río Santo Domingo y su subcuenca se encuentra en la depresión central del estado de Chiapas con un área de 1870 Km², a su vez forma parte de la cuenca del Río Grijalva la cuál concentra una alta diversidad biológica y sus ecosistemas albergan el 64% de la biodiversidad nacional conocida. (CONAGUA, 2018).

La producción mundial sigue aumentando a un ritmo más rápido y la acuicultura se mantiene como uno de los sectores de producción de alimentos de más rápido crecimiento. En 2012, la acuicultura estableció otro máximo histórico de producción y ahora proporciona casi la mitad del pescado destinado a la alimentación humana. Se prevé que esta proporción aumente un 62 % para el 2030, debido a la estabilización del rendimiento de la pesca de captura salvaje y al aumento considerable de la demanda de una nueva clase media mundial. Si se desarrolla y practica responsablemente, la acuicultura puede generar beneficios duraderos para la seguridad alimentaria mundial y el crecimiento económico, (FAO 2014; Salazar, 2018).

La organización mundial de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) estima que el 70 % de los recursos marinos se han sobreexplotado, la explotación excesiva conduce a un colapso económico, debido a la explotación de los recursos hídricos surge la necesidad de llevar a cabo proyectos acuícolas como una medida viable que contribuyan a la situación actual de las actividades pesqueras.

De manera que la acuicultura es una de las actividades económicas mas importantes en todo el mundo al igual que en el estado de Chiapas, en donde se producen 61, 232.27 toneladas al año lo que equivale a 1, 330,180 pesos. El estado cuenta con zonas aptas para el desarrollo de la acuicultura pero debido al incremento de las descargas de contaminantes derivado de las actividades

industriales y domesticas, ponen en riesgo la salud de los cuerpos acuíferos, la concentración de estos contaminantes influyen en la calidad del agua y las especies acuáticas se ven afectadas. Dentro de los aspectos esenciales que hay que cuidar en un sistema de producción acuícola es el agua, ya que es el medio en donde habitan; por este motivo la caracterización fisicoquímica es una herramienta importante para determinar la calidad del agua de una vertiente.

IV. Marco teórico

El agua es el constituyente más importante; tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza, también es considerado un solvente universal debido a que tiene la capacidad de disolver o dispersar las sustancias con las que tiene contacto sean sólidas, líquidas o gaseosas y de formar con ellas partículas dispersas de diferente tamaño y peso. La calidad del agua es una condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos; esta calidad es determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología (Bautista y Marcial, 2011).

4.1. Antecedentes

Graniel y Carrillo (2006), realizaron un estudio acerca de la calidad del agua del Río Zanatenco en el estado de Chiapas, muestrearon once puntos en el cauce del río, estos sitios se seleccionaron de acuerdo a las condiciones del lugar, accesibilidad y las actividades que desarrollan en la zona circundante. Los resultados para los coliformes fecales arrojaron valores por encima de la NOM-127-SSA1-1994 indicando que existe una gran contaminación bacteriológica, las concentraciones de detergentes, cadmio y zinc encontraron muy por debajo de lo que establece la norma, al igual que las grasas y aceites, aunque esta última no está considerada dentro de la norma y de acuerdo con el ICA se obtuvieron 5 muestras que presentaron un valor de 49 % en la parte alta del río indicando que se encuentran contaminado, la parte media y baja presentó un porcentaje < 15 % indicando que se encuentra altamente contaminado, en conclusión determinaron que el río se encuentra contaminado y no debe usarse para consumo humano y de utilizarse se requeriría de un tratamiento que reduzca las sustancias químicas.

Vence, Rivera, Osorio y Castillo (2012), desarrollaron un estudio microbiológico y fisicoquímico de las aguas subterráneas de los municipios de la Paz y San Diego, Cesar, Colombia, se determinaron propiedades microbiológicas (*Pseudomonas aeruginosa* y protozoos patógenos) propiedades fisicoquímicas (conductividad, pH, temperatura, sólidos disueltos totales, salinidad, acidez, alcalinidad, turbidez,

cloruros, amonio, nitritos, nitratos, hierro, magnesio, sodio y calcio. Para el monitoreo se tomaron muestras puntuales de 93 alebijes, los resultados que obtuvieron fueron los siguientes: de las 93 muestras realizadas el 83.87 % presentó *P. aeruginosa*, se identificaron 5 géneros de protozoos siendo *Giardia sp* el patógeno con mayor prevalencia, para los parámetros fisicoquímicos encontraron los siguientes resultados, los valores para la acidez se encontraron en rangos moderados, el amonio, el calcio, cloruros y dureza total se dieron bajas concentraciones que de acuerdo con la normatividad colombiana se encontraron dentro de los rangos establecidos al igual que el color , en conclusión solo un 4.3 % resulto ser apta para su uso.

Salazar (2018), realizó un estudio sobre la posible utilización del agua del subsuelo para el cultivo de tilapia en la playa Santa Rosa, frontera Perú-Chile, utilizaron una metodología de tipo descriptiva para la investigación y se acondiciono un ambiente para el cultivo de tilapia alimentado con agua del subsuelo, evaluaron la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos los cuales se encontraron dentro del rango permitido en la normatividad, valores como la temperatura se encontraron entre 21.8 °C y 24.4 °C, el oxígeno se encontró en 5.78 mg/l y el pH con un promedio de 7.69. Estos valores resultaron ser aptos para el cultivo de tilapia.

4.2 Clasificación de los cuerpos de agua

Los cuerpos de agua se clasifican en 3 grupos y presentan una estrecha interconexión desde la atmósfera hasta los océanos mediante en ciclo hidrológico.

Ríos: Son cuerpos de agua denominados corrientes que se caracterizan por presentar flujo unidireccional con velocidades que oscilan entre 0.1 y 1 m/s. Este flujo es altamente variable y esta relacionado con las condiciones climáticas, por esta razón los ríos se consideran permanentemente mezclados y comúnmente, la calidad de agua se asocia al sentido del flujo (Durán, 2016).

Lagos: Estos sistemas acuáticos presentan velocidades relativamente bajas que oscilan en 0.01 y 0.001 m/s, debido a esto el agua permanece durante varios años en el sistema y la calidad del agua esta determinada por el estado trófico y los

períodos de estratificación (Durán, 2016).

Aguas subterráneas: En este sistema el régimen del flujo es relativamente estable con respecto a la velocidad y dirección, el flujo presenta velocidades entre 10-10y 10-3 m/s, estando regido por la porosidad y la permeabilidad del estrato (Durán, 2016).

4.3. Agua cruda

El termino de agua cruda o en estado natural se refiere al agua que se encuentra en el ambiente (lluvia, superficial, subterránea, océanos, etc.) que no ha recibido ningún tratamiento ni modificación en su estado natural; se puede afirmar que la calidad del agua que se encuentra en forma natural depende de la posición geográfica, origen (mar, subterránea, superficial) y hábitos de los pobladores, las fuentes principales de abastecimiento son las aguas superficiales y subterráneas (Ramírez, 2021).

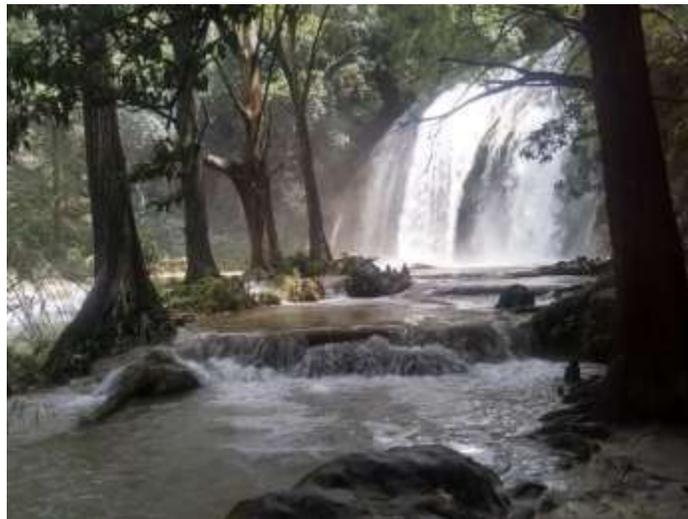


Figura 1. Agua en su estado natural.

4.4 Calidad del agua

La calidad del agua es un atributo que mide las propiedades físicas, químicas y biológicas de la fuente, la calidad de un cuerpo de agua depende de múltiples factores, entre los que destacan la calidad y cantidad de las descargas directas de agua o de residuos sólidos provenientes de las actividades domésticas,

agropecuarias o industriales, así como la disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos o peligrosos que pueden, a través de los escurrimientos superficiales y lixiviados contaminar los cuerpos de agua, entre otros. Los contaminantes que llegan a los cuerpos superficiales dañan tanto a los ecosistemas acuáticos (en ríos, canales, lagos y mares) como a la salud humana. Aun cuando los ecosistemas acuáticos y terrestres son capaces de procesarlos y diluirlos hasta cierto grado, en altas concentraciones y sin tratamiento pueden, además de causar la desaparición de la vegetación y fauna, impedir el aprovechamiento de los recursos hídricos de los cuerpos afectados (CONAGUA, 2014).

4.5 Índice de calidad del agua (ICA)

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2019), Un índice de Calidad de Agua (ICA) es una herramienta que permite diagnosticar la calidad de este recurso natural, surgió ante la necesidad de encontrar un método que permitiera dar a conocer la calidad del agua de manera accesible para la población.

Se requiere de la medición física de los parámetros de contaminación del agua y el uso de una escala estandarizada de medición para expresar la relación entre la existencia de varios contaminantes en el agua y el grado de impacto entre los diferentes usos de la misma.

En este índice se consideró 18 parámetros para su cálculo (Tabla 1)

Tabla 1. Indicadores de calidad de agua

Parámetro	Peso (Wi)	Parámetro	Peso (Wi)
Demanda bioquímica de oxígeno	5.0	Nitrógeno en nitratos	2.0
Oxígeno disuelto	5.0	Alcalinidad	1.0
Coliformes fecales	4.0	Color	1.0
Coliformes totales	3.0	Dureza total	1.0
Sustancias activas al azul de metileno (Detergentes)	3.0	Potencial de hidrogeno (pH)	1.0
Conductividad eléctrica	2.0	Sólidos suspendidos	1.0
Fosfatos totales	2.0	Cloruros	0.5
Grasas y aceites	2.0	Sólidos disueltos	0.5
Nitrógeno amoniacal	2.0	Turbiedad	0.5

Fuente: (SEMARNAT, 2019). Indicadores de calidad de agua. Gerencia de calidad del agua. Disponible en:

http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AGUA05_01%26IBIC_user=dgeia_mce%26IBIC_pass=dgeia_mce

4.5.1 Calidad del agua superficial

Las aguas superficiales están constituidas por quebradas ríos, lagos, embalses, etc. Los fenómenos naturales como la erosión arrastran sedimentos que hacen variar la calidad del agua, pero la causa más importante de la variación de la calidad del agua de una fuente superficial es la actividad humana; actividades como la industria, el uso extensivo de pesticidas y abonos en la agricultura, la explotación minera, las descargas de aguas residuales y el vertimiento de sustancias peligrosas son las causantes del deterioro en que se encuentran actualmente (Ramírez, 2021).

4.5.2 Calidad del agua subterránea

Las aguas subterráneas presentan condiciones de calidad más uniformes y distintas que las de las fuentes superficiales, generalmente son más claras porque no reciben la misma cantidad de contaminantes que se vierten a las superficiales, además al infiltrarse los contaminantes gran parte del material suspendido queda retenido en el suelo; las aguas subterráneas también son más mineralizadas debido a que tienen la capacidad de disolver los estratos del suelo principalmente si hay presencia de hierro y manganeso (Ramírez, 2021).

4.6 Métodos para determinar la calidad del agua

Los métodos para determinar la calidad del agua tienen como objetivo conocer las características físicas, químicas y biológicas para determinar sus usos, sean domésticos, agrícolas, recreacional, industrial etc. De esta manera se pueden aplicar los métodos adecuados para su caracterización y tratamiento. Los métodos son los siguientes:

4.6.1 Método biológico

Basado principalmente en la composición de comunidades de especies específicas, hace uso de organismos vivos como indicadores de la calidad del agua, los más utilizados son las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en estudios de la calidad del agua en ríos. Estos macroinvertebrados son identificados con los índices bióticos. Este método es complementario al método fisicoquímico debido a que los seres vivos pueden integrar periodos largos en el tiempo, a diferencia de los métodos fisicoquímicos que son más puntuales (Yungán, 2010).

4.6.2 Método fisicoquímico

Este método es el único en determinar los contaminantes presentes en el agua, se refiere a la medida de parámetros fisicoquímicos del agua. La valoración de la calidad del agua solamente por este método no ofrece datos sobre la alteración biótica del agua (Yungán, 2010).



Figura 2. Determinación de pH

4.6.3 Método microbiológico

El agua puede contener una gran variedad de microorganismos patógenos que pueden generar enfermedades en los seres vivos, la mayoría de los microorganismos que se encuentran en el agua tienen potencial patógeno, los coliformes fecales se utilizan para indicar cambios en la localización biológica del agua indicando que el cuerpo de agua ha sido contaminado con materia orgánica (Durán, 2016).



Figura 3. Método microbiológico.

4.7 Características fisicoquímicas en el agua de importancia en la acuicultura

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa

de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, una de sus ventajas a diferencia de los parámetros biológicos se debe a que son métodos en cual se obtienen resultados rápidos (Durán, 2016).

Turbiedad: La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua (Bautista, Marcial y Velasco, 2011).

Color: Esta característica se atribuye a la presencia de taninos, ligninas, ácidos húmicos y ácidos grasos el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas; la extracción acuosa de sustancias de origen vegetal, la descomposición de la materia, la materia orgánica del suelo, la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos (Bautista, Marcial y Velasco, 2011).

Olor y sabor: El sabor y el olor están estrechamente relacionados, la falta de olor puede ser un indicio de indirecto de la ausencia de contaminantes tales como compuestos fenólicos, por otra parte de la presencia de olor puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua. Las sustancias generadoras de olor y sabor pueden provenir de los compuestos orgánicos derivados de la actividad de microorganismos y algas o provenir de descargas industriales (Bautista, Marcial y Velasco, 2011).

Temperatura: Es uno de los parámetros físicos mas importantes en el agua 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, sedimentación, y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente (Bautista, Marcial y Velasco, 2011)

Amonio: Es el producto final de la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas y debe su origen a los siguientes factores: El nitrógeno atmosférico, por fijación química, Las proteínas animales o vegetales, por putrefacción mediante acción bacteriana y la reducción de nitritos. Se le considera un constituyente normal de las aguas superficiales y está íntimamente relacionado con descargas recientes de desagües. Cuando su concentración es mayor de $0,1 \text{ mgL}^{-1}$, podría constituirse como un indicador de contaminación por aguas residuales domésticas o industriales (Bautista, Marcial y Velasco, 2011).

Nitratos y nitritos: Debido a sus propiedades físicas, no pueden olerse ni sentirse y su presencia en concentraciones potencialmente peligrosas, es detectada cuando se manifiesta un problema de salud. La entrada de los nitratos a las aguas subterráneas es un resultado de procesos naturales y del efecto directo o indirecto de las actividades humanas. Los procesos naturales incluyen la precipitación, el constante movimiento de los minerales y descomposición de la materia orgánica (Bautista, Marcial y Velasco, 2011).

Oxígeno: Durante la época seca, el caudal de un río disminuye, por lo que también lo hace la cantidad total de oxígeno disponible y, por tanto, el consumo de este por los seres vivos acuáticos aumenta por unidad de volumen, asimismo la temperatura influye en relación inversa con el oxígeno (Bautista, Marcial y Velasco, 2011).

pH: Es una variable básica que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua. Esta variable tiene mucha influencia en una serie de reacciones que ocurren en el agua. Dentro de la calidad del agua el pH interviene determinando si un cuerpo de agua es dura o blanda (Bautista, Marcial y Velasco, 2011).

2.7. Relación entre los factores fisicoquímicos y la fauna acuática:

Los parámetros fisicoquímicos del agua determinados por factores ambientales influyen de manera directa en la diversidad de las comunidades de los macroinvertebrados. Algunos factores como la profundidad, pH, alcalinidad, dureza, iones de calcio, materia orgánica, contaminantes de tipo industrial y doméstico, determinando la abundancia relativa de las comunidades. La turbiedad,

el color y los sólidos suspendidos afectan a los organismos que requieren directamente de las plantas para su alimentación debido a que estos reducen la entrada de los rayos solares suprimiendo la producción primaria (Bautista, Marcial y Velasco, 2011).

4.8 Acuicultura

La acuicultura se refiere al cultivo de organismos acuáticos, animales y vegetales, que cumplen su ciclo de vida total o parcialmente en el agua a través de diferentes sistemas y técnicas. Dichos cultivos son generalmente destinados al consumo humano, esparcimiento, conservación y repoblamiento de ambientes naturales, en este último caso, para especies nativas. El cultivo de peces es una alternativa que los productores han incorporado a sus sistemas productivos, con el objeto de diversificar su producción.

La acuicultura contribuye al crecimiento y estabilidad del sistema alimentario, conservación de especies acuáticas, incremento de niveles de nutrición, disminución de impactos ambientales, manufactura de materias primas de uso industrial y farmacéutico, fomento del autoempleo y erradicación de la pobreza.

Las técnicas acuícolas permiten producir diversos alimentos de alta demanda como: camarón de cultivo, bagre, tilapia, trucha, entre muchos otros. Estas técnicas se practican bajo tres sistemas: el extensivo, se realiza en estanques de cinco o más hectáreas; y los semi-intensivos e intensivos, aquellos que se realizan en estanques pequeños, de alrededor de una hectárea

A nivel mundial, se considera al sector acuícola un gran generador de empleos para pescadores, y una de las más sanas fuentes alimenticias. Es importante destacar además que dentro de este ámbito la pesca impulsa el desarrollo de comunidades pobres alrededor del mundo (SADER, 2019).



Figura 4. Acuicultura extensiva. Fuente: (FAO, 2014).

4.8.1 Panorama de la acuicultura

La acuicultura es una de las actividades que, a nivel productivo, ha tenido un mayor crecimiento económico a nivel nacional, además de ser una alternativa de producción que brinda resultados a mediano plazo (4 meses y medio) y que garantiza la inversión de los productores.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), por sus siglas en inglés, advierte que la pesca y la acuicultura siguen siendo importantes fuentes de alimentos, nutrición, ingresos y medios de vida para cientos de millones de personas en todo el mundo y que gracias al desarrollo de la actividad acuícola se logra proporcionar gran parte del pescado destinado al consumo humano, incidiendo en el mejoramiento de la alimentación de muchas personas (FAO, 2016).

La producción pesquera mundial¹ alcanzó un máximo de aproximadamente 171 millones de toneladas en 2016, de los cuales la acuicultura representó un 47% del total y un 53% El valor total de la primera venta de la producción pesquera y acuícola en 2016 se estimó en 362 000 millones de USD, de los cuales 232 000 millones de USD procedían de la producción acuícola (FAO, 2016).

La acuicultura sigue creciendo más rápido que otros sectores principales de producción de alimentos, aunque ya no muestra las elevadas tasas de crecimiento anuales de las décadas de 1980 y 1990 (11,3% y 10,0%, excluidas las plantas acuáticas) (FAO, 2016).

En los últimos 40 años la tasa de crecimiento de las exportaciones de los países en desarrollo ha sido significativamente más rápida que la de las exportaciones de los países desarrollados. La producción mundial de peces comestibles cultivados se apoya cada vez más en la acuicultura continental, que suele practicarse en un entorno de agua dulce en la mayoría de países. La cría de peces de aleta sigue predominando en la acuicultura continental y representa el 92,5% (47,5 millones de toneladas) del total de la producción procedente de este tipo de acuicultura. (FAO, 2016).

4.9 Importancia de la calidad del agua en proyectos acuícolas

En el cultivo de peces el crecimiento depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar. Algunos estudios reportan que la concentración de minerales influye principalmente en la calidad del agua y los peces se ven afectados a nivel de branquias reduciendo su capacidad respiratoria y metabólica, provocando lento crecimiento que se expresa en bajos rendimientos (Bautista, Marcial y Velasco, 2011)

4.10 Importancia de la caracterización fisicoquímica en la acuicultura

La calidad del agua es una condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos. Esta calidad es determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia.

Las variables fisicoquímicas son de gran importancia para los ecosistemas acuáticos debido a que son indicativos de la composición y dinámica de los agentes contaminantes y contribuyen en la evaluación de la calidad de agua de los

cuerpos loticos (Gualdrón, 2016).

En la acuicultura los parámetros fisicoquímicos deben ser mantenidos dentro de los rangos aceptables para el buen desarrollo de los organismos, de lo contrario la población en cultivo podría tener bajo crecimiento, proliferación de patógenos con brotes de enfermedad, eventuales mortalidades y baja calidad del producto final (Gutiérrez, 2014)

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos para Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Parámetro	Rango optimo	Limites
Temperatura	24 °C - 29 °C	< 22 °C - < 32°C
Oxigeno disuelto	< 5 mg/l	< mg/l
pH	7.5	< 6.5 - 8.5
CO2	< 30	<50
Amonio	0.1	< 0.1 mg/l
Nitritos	4.6	< 5 mg/l
Salinidad	< 20	<20
Turbidez	25	<30

Fuente: Instituto nacional de pesca (2018). Acuicultura comercial. Disponible en: <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia>

V. Objetivos

5.1 *Objetivo general:*

Realizar un análisis sobre las características físicas y químicas en tres puntos de muestreo en el municipio de Suchiapa, Chiapas, para su posible utilización en un proyecto acuícola.

5.2 *Objetivos específicos:*

- Realizar un recorrido en campo para definir las estaciones de muestreo mediante un GPS.
- Recolectar muestras de agua en tres puntos para su análisis en laboratorio para la determinación de los parámetros fisicoquímicos.
- Procesar y analizar los datos obtenidos del laboratorio para su interpretación. .

VI. Metodología

Delimitación del área de estudio

El municipio de Suchiapa se localiza en la depresión central del estado de Chiapas, su extensión territorial de 271.35 km² representa el 2.81 % del territorio de la región centro y el 0.46% de la superficie estatal, con una altitud de 530msnm; se encuentra al norte con el municipio de Tuxtla Gutiérrez, al sur con Villaflores, al este con Chiapa de Corzo y al Oeste con el municipio de Ocozocoautla de Espinosa. Cuenta con 21,045 habitantes.



Figura 5. Mapa de los tres puntos de muestreo Fuente: Google Earth (2021)

Para evaluar la calidad físicoquímica del agua del Río Pacú, municipio de Suchiapa, Chiapas, se desarrollo la siguiente metodología:

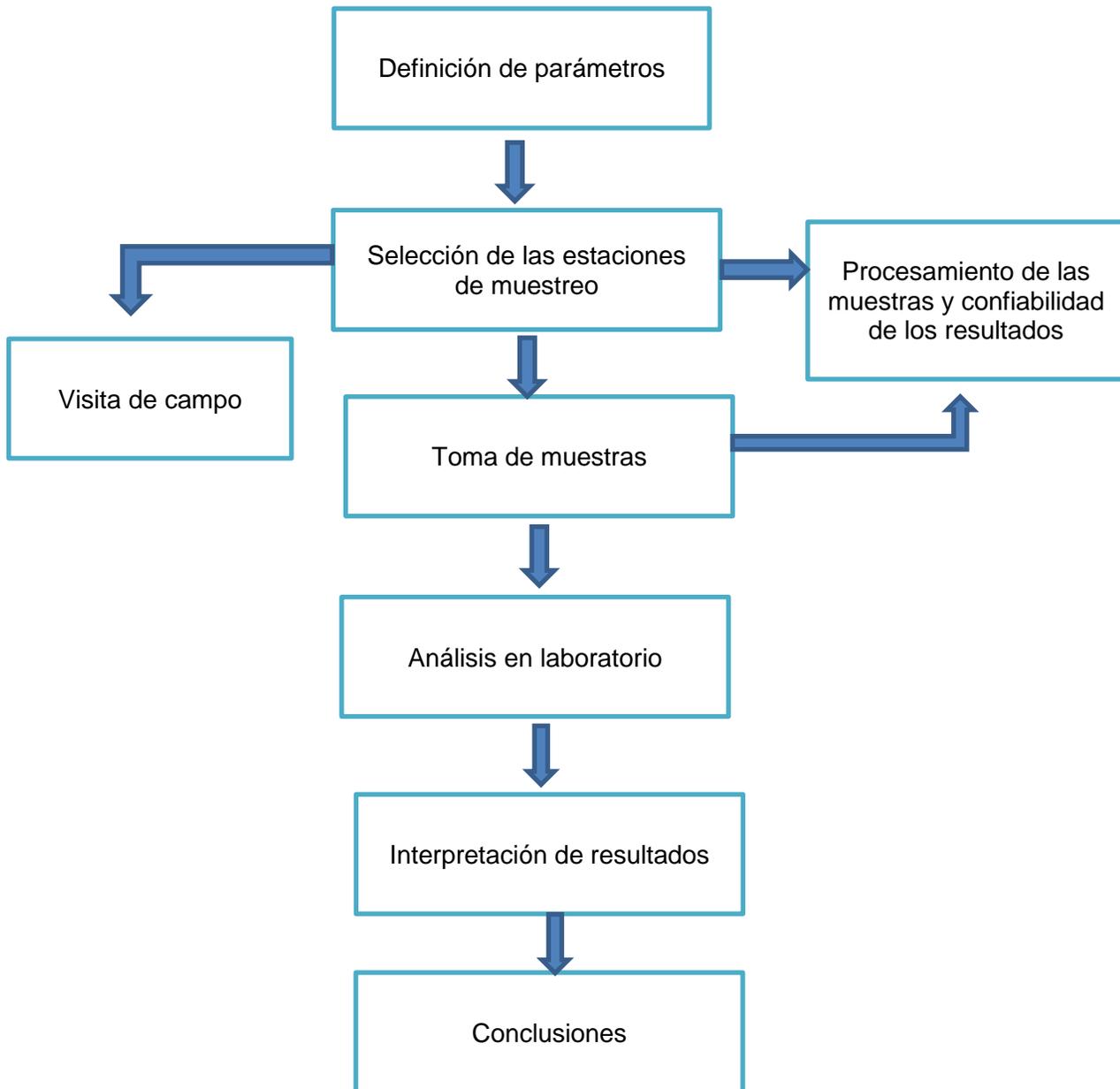


Figura 6. Diagrama de la metodología

6.1 Visita de campo y selección de los sitios de muestreos

Se realizó una visita de campo para definir las estaciones de muestreo, en la visita se tomaron las coordenadas mediante un sistema de información geográfica (GPS), se seleccionaron 3 puntos de muestreos, las coordenadas se presentan en la tabla 3, el mapa con los puntos se presenta en el.



Figura 7. Recorrido en campo en la zona de muestreo

Tabla 3. Coordenadas de la ubicación de las estaciones de muestreo

Sitio	Coordenadas	
	X	Y
Pozo	16° 6' 18.6" N	93° 11' 8.5" NE
Río	16° 6.2' 17" N	93° 11.4' 10.6" NE
Ojo de agua	16° 6.1' 55.3" N	93° 11.5' 58.89" NE

6.2 Análisis de la calidad del agua (Fase de campo)

El muestreo se realizó el 13 de mayo del 2021, para la recolección de las muestras de agua, se utilizaron frascos de polietileno estériles con tapa de rosca,

obteniéndose muestras de 100 ml.

Las muestras se taparon inmediatamente, se etiquetaron, con identificación de la fuente, fecha y hora de muestreo y otros adicionales referentes al punto de muestreo y se depositaron en una hielera (temperatura inferior a 10 °C) para su conservación y posterior traslado al laboratorio.

6.2.1 Parámetros analizados in situ:

Temperatura (°C), conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}/\text{cm}$) y oxígeno disuelto (OD, mg/L), para la determinación de estos parámetros se utilizó un Instrumento Profesional Plus de la marca YSI (precisión de 0.1°C y 0.01 mg/l respectivamente), para la determinación del potencial hidrógeno (pH) se utilizó un equipo pH100 marca YSI.



Figura 8. Muestreo de la conductividad y OD

6.2.2 Fase de laboratorio

Los parámetros determinados en el laboratorio fueron los siguientes: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, sólidos volátiles totales, sólidos totales, alcalinidad total, dureza total, pH, conductividad eléctrica, turbiedad, color, oxígeno disuelto, cloruros, coliformes totales y coliformes fecales.

Se tomaron muestras de agua mediante una botella Van Dor para la determinación de los análisis de sólidos suspendidos totales.



Figura 9. Toma de muestras para análisis en laboratorio

La determinación de oxígeno disuelto se realizó en base a la NMX-AA-012-SCFI-2001 con la modificación de acida por tratarse de aguas con gran contenido de materia orgánica; los nutrientes se analizaron por las técnicas espectrofotométricas,

La determinación de coliformes totales y fecales se llevará a cabo por la técnica de tubos de fermentación múltiple según lo recomendado en la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-102-SCFI-2006. Para los sólidos suspendidos totales se utilizó el método gravimétrico.

Tabla 4. Metodología utilizada para los parámetros fisicoquímicos

Parámetros	Metodología
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) mg/L	NMX-AA-028-SCFI-2001
Demanda química de oxígeno (DQO) mg/L	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
pH	NMX-AA-008-SCFI-2011
Turbiedad (NTU)	NMX-AA-038-SCFI-2001
Alcalinidad (mg de CaCO ₃ /L)	NMX-AA-036-SCFI-2001
Color (mg PtCo/L)	NMX-AA-045-SCFI-2001
Oxígeno disuelto	NMX-AA-012-SCFI-2001
Cloruros (mg Cl/L)*	NMX-AA-093-SCFI-2000
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)*	MÉTODO ARGENTOMÉTRICO.4500-CI B. METODOS ESTANDARIZADOS
Sólidos sedimentables	MÉTODO EDTA TITULOMÉTRICO 2340MÉTODOS ESTANDARIZADOS
Sólidos Suspendidos Totales(mg/L)	NMX-AA-004-SCFI-2013
Sólidos Totales (mg/L)	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos volátiles Totales(mg/L)	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos disueltos totales(mg/L)	NMX-AA-034-SCFI-2001
Coliformes totales (UFC)	NMX-AA-102-SCFI-2006
Coliformes fecales (UFC)	NMX-AA-102-SCFI-2006

6.2.3 Etapa de análisis de datos

Los datos correspondientes a los análisis físico-químicos serán capturado y procesados en Excel, se realizará el correspondiente análisis de los datos obtenidos en el laboratorio y posteriormente será discutido.

Se realizará un diagnostico de la zona en base a lo que se observe en campo, además se analizará el comportamiento mensual de la evaporación en base a las normales meteorológicas con el fin de determinar cuáles son los meses donde se presenta mayor evaporación del agua.

VII. Resultados

7.1 Diagnostico de la zona

Para determinar las estaciones de muestreo se realizo una visita campo, en el recorrido se encontró envases de agroquímicos para la agricultura y se observo que en la zona se practica la ganadería y la agricultura.



Figura 10. Envases de agroquímicos en la zona colindante al punto de muestreo



Figura 11. Cultivos de maíz en las zonas colindantes

La agricultura se practica en las zonas colindantes a los sitios de muestreo, estas actividades pueden contribuir de manera significativa a los cambios en las propiedades físicas y químicas del agua, debido al uso de plaguicidas y fertilizantes aplicados anualmente ya sea por el desecho de envases vacíos, lavado de quipos o derrames accidentales. De acuerdo con Abarca y Mora (2007), mencionan que en el caso de los fertilizantes frecuentemente hay un volumen de nitrógeno residual que no es asimilado por las plantas y por efecto de la lixiviación se conducen hasta la zona de saturación del agua donde se acumula en forma de nitratos, al igual que los lixiviados de estiércol de ganado los cuales contribuyen a la contaminación del agua subterránea.

Pérez y Aguilar (2012), mencionan que se estima que solo el 1 % alcanza los cultivos, mientras que el resto contamina el suelo el aire y principalmente el agua,

el uso de fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo, sodio y potasio causan eutrofización en los cuerpos de agua y efectos nocivos en la salud por la infiltración hacia fuentes de abastecimiento de agua.

En algunas zonas del sitio de muestreo se observó agua estancada debido a la falta de recirculación del agua lo que le daba mal aspecto, así mismo se encontraron pequeños arroyos con bajo nivel del agua debido a la época de estiaje (Figura 12 y 13).

El agua para la acuicultura es importante debido a que es el medio en donde se desarrollan las especies por lo tanto es importante mantener las características químicas del agua en niveles óptimos.



Figura 12. Apariencia del agua de la vertiente (Ojo de agua)



Figura 13. Nivel del agua de un arroyo cercano a la zona

Durante el recorrido se observó que el nivel del agua bajo significativamente debido a la época de estiaje lo cual provocó que el caudal del río disminuyera. Para determinar en que temporada comenzaba la época de estiaje y cuáles eran los meses en donde se presentaba mayor pérdida por evaporación se consultaron los datos de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional y se pudo observar el comportamiento de la evaporación en temporada de estiaje, en la estación el Boquerón municipio de Suchiapa.

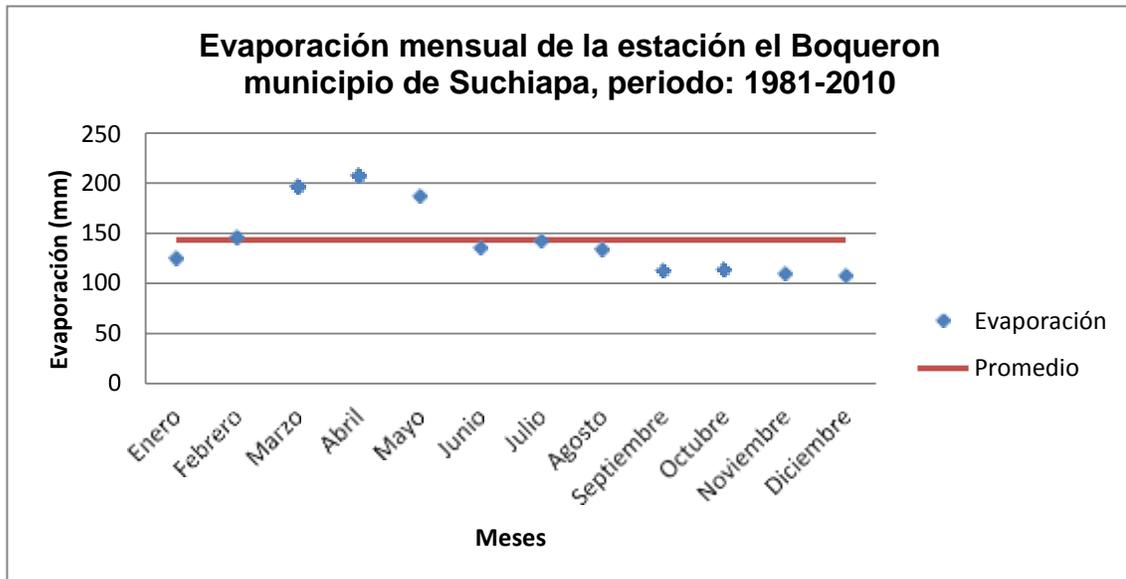


Figura 14. Grafica de la evaporación mensual en el municipio de Suchiapa

7.2 Análisis de temperatura del agua

La temperatura del agua fue medida en campo los resultados obtenidos de los 3 puntos de muestreo se presentan a continuación:

Tabla 5. Temperatura del agua registrada en tres puntos de muestreos.

Ojo de agua	Pozo	Río
27.4 °C	25.7 °C	30.1 °C

- La temperatura resulta ser uno de los parámetros más importantes en cuestión de proyectos acuícolas debido a que influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos así como la formación de depósitos, sedimentación y filtración.
- El punto1 (ojo de agua) presento una temperatura de 27.4 °C, de acuerdo con Saavedra, (2006) el rango óptimo es de 28-32 °C, cuando disminuye a los 15 °C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12 °C

no sobreviven mucho tiempo, en este caso el valor obtenido se encuentra dentro del rango, lo mismo sucede con el agua de pozo cuya temperatura no sobrepasa los 30 °C.

- En el caso del punto 3 (Río) la temperatura fue de 30.1, Saavedra (2006), menciona que cuando la temperatura es mayor a 30 °C los peces consumen más oxígeno.
- Marmolejo y Salazar (2018), plantea que en el caso de las aguas subterráneas mantienen una temperatura estable a lo largo del año, estas temperaturas se encuentran de 21.8 °C a 24. 4 °C, similar a la temperatura del punto 2 (Agua de pozo).

7.3 Análisis de parámetros fisicoquímicos

Se ubicaron 3 puntos de muestreo, en los cuáles se tomaron muestras simples que fueron trasladadas al laboratorio mediante las condiciones requeridas, para su posterior análisis en base a las especificaciones de las NMX (Ver anexos). Los resultados obtenidos para llevar a cabo la evaluación de la calidad del agua se mencionan a continuación:

Tabla 6. Parámetros encontrados en el punto 1 (Ojo de agua)

Parámetro	Resultado
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) mg/L	55 mg/L
Demanda química de oxígeno (DQO) mg/L	6 mg/L
pH	7.25
Turbiedad (NTU)	1.15
Alcalinidad (mg de CaCO ₃ /L)	217
Color (mg PtCo/L)	1
Oxígeno disuelto	2.96
Conductividad	2.43

Cloruros (mg Cl/L)*	27.54
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)*	0
Sólidos sedimentables	0
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	3
Sólidos Totales (mg/L)	86
Sólidos volátiles Totales (mg/L)	273
Sólidos disueltos totales(mg/L)	883
Coliformes totales (UFC)	>200
Coliformes fecales (UFC)	0

- De acuerdo a la tabla 7 en el punto numero 1(Ojo de agua) el pH se encontró en un rango optimo de 7.25, de acuerdo a lo reportado por Luchinni (2006), en donde menciona que el rango aceptable para proyectos acuícolas deben de estar entre 6.5 y 8.5, ya que un pH de entre 2.0 a 4.0 pueden presentar muertes de especies en cuestión de horas mientras que en pH elevados puede potenciar problemas de toxicidad debido al amoniaco, la conductividad eléctrica fue de 2.43 mS/cm, por su parte Marmolejo y Salazar (2018), indican que en su caso de estudio el valor mínimo y máximo de fue de 1.94 - 4.50 mS/cm respectivamente, mencionaron que estos rangos están dentro de los niveles óptimos
- El oxígeno disuelto se presento con un valor de 2.96 mg/L, para este caso Vega (2005) indica que el oxigeno disuelto no debe ser menor a 3 mg/L, por otra parte Lucchini (2006), menciona que algunas especies son tolerantes a bajas concentraciones, por ejemplo para alevines de entre 10 y 25 gramos de peso pueden tolerar concentraciones de 0.4 a 0.7 mg/l durante 3 a 5 horas, sin embargo al estar sometidas a estas bajas concentraciones son mas susceptibles a desarrollar enfermedades y su crecimiento se ve afectado propiciando que sea menor al crecimiento normal, a diferencia de las concentraciones de oxígeno en el agua mejoran el crecimiento y la conversión alimentaria sin que los niveles de amoniaco alcancen a ser

limitantes, por lo que para el caso del estudio el valor obtenido resulto ser un poco bajo, sin embargo dadas la condiciones en las que se tomo la muestra al ser época de estiaje resulta ser un valor normal debido a que el caudal del rio disminuye y por lo tanto el oxigeno también, Bautista y Marcia (2011), indican que esto se debe a que debido a esta disminución el consumo de oxigeno disuelto por los seres vivientes acuáticos aumenta por unidad de volumen de la misma forma influye en la temperatura en relación inversa con el oxígeno.

- En el caso de la Alcalinidad (mg de CaCO_3/L). Saavedra (2006), reporta que la alcalinidad total debe estar entre 50-150 mg de CaCO_3/L . Por lo tanto el valor obtenido en el estudio se encuentra por encima del rango óptimo, para el cultivo de especies acuáticas es recomendable que los valores de dureza total y alcalinidad sean similares, si la alcalinidad es más alta que la dureza el pH puede incrementarse a niveles muy altos durante periodos de alta fotosíntesis.
- Saavedra (2006), expresa que en el caso de la dureza total los valores deben de estar entre 80 a 110 mg/L, en el presente estudio la dureza total tuvo un valor de 0 mg/L. Soto (2009), deduce que las aguas que contienen mayor cantidad de bicarbonato de calcio y magnesio representan la principal forma de alcalinidad y en algunos casos la dureza, su ablandamiento depende de la ebullición que consiste en la precipitación del bicarbonato desprendiendo dióxido de carbono y disminuyendo el valor del pH, en el caso de tener > 0 se tendrá precipitación de CaCO_3 finalmente se encontrara saturada y los contaminantes tenderán a disolverse, en el caso de que el agua sea igual a 0 estará en equilibrio con CaCO_3 .
- El color del agua del punto 1 (ojo de agua) presento 1 mg PtCo/L y la turbiedad de 7.25 NTU, estos parámetros pueden estar ligados entre sí o

- presentarse independientemente de cada una. Esta característica del agua esta atribuida a los niveles de lignina, ácidos húmicos y ácidos grasos, mientras que la turbidez es originada por las partículas en suspensión que por su tamaño reducen la transparencia del agua. Cáceres (2018), señala que el valor más alto para el color es de 20 mg PtCo/L, de acuerdo con los datos que nos muestra la tabla 5 podemos determinar que el agua es clara, sin embargo la turbidez obtuvo un valor más alto que el color pero como se ha mencionado antes estas características pueden presentarse independientemente de la otra, para el color Cáceres menciona que el valor más alto es de 15 NTU, por lo tanto el valor de la turbidez del estudio se encuentra dentro de los limites permisibles.
- La concentración del cloruro se encuentra elevado ya que de acuerdo con SAGARPA (2009), el intervalo adecuado debe ser < 5 , los niveles altos de cloro pueden causar en los peces dificultades respiratorias y en algunos casos la muerte.
- No hay presencia de coliformes fecales pero sí de coliformes totales (UFC) > 200 , en los estanques acuáticos los valores de 10^4 y 10^5 por 100 ml de coliformes totales pueden producir elevadas concentraciones de agentes patógenos en las vías digestivas (Liberal, Arenas y Cuevas, 2007).
- No se encontraron solidos sedimentables y de solidos suspendidos totales se encontraron 3 mg/L, a diferencia de los solidos volátiles totales y los solidos disueltos totales con valores de: 273 y 883 mg/L.
- La DBO_5 Y DQO presento valores de 55 mg/L y 6 mg/L, en su estudio Urbano (2019), indicó que los rangos mínimos y máximos encontrados para la DBO_5 fueron de 11.20 a 28.04 mg/L estos parámetros se consideraron altos, por otra parte SEMARNAT establece que los parámetros ideales se encuentran entre 6 y 30 mg/L, para la DQO reporta que se encontraron

concentraciones de entre 25 mg/L a 108.8 mg/L, para ambos casos los parámetros rebasaron los límites permisibles.

Tabla 7. Parámetros encontrados en el punto 2 (Pozo)

Parámetro	Resultado
Demanda bioquímica de oxígeno(DBO ₅) mg/L	61 mg/L
Demanda química de oxígeno (DQO) mg/L	13 mg/L
pH	6.88
Turbiedad (NTU)	0.59
Alcalinidad (mg de CaCO ₃ /L)	175
Color (mg PtCo/L)	1
Oxígeno disuelto	5
Conductividad	2.40
Cloruros (mg Cl/L)*	30.51
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)*	0
Sólidos sedimentables	0
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	0
Sólidos Totales (mg/L)	92
Sólidos volátiles Totales (mg/L)	313
Sólidos disueltos totales(mg/L)	922
Coliformes totales (UFC)	184
Coliformes fecales (UFC)	0

- El pH se encontró en un rango óptimo, de igual forma que la turbidez y el color cuyos rangos fueron de 0.59 NTU y 1 mg PtCo/L, sin embargo algunos estudios afirman que en aguas muy claras las especies podrían presentar estrés, el oxígeno disuelto se encuentra en un nivel idóneo de acuerdo con lo mencionado por Cáceres (2018), indica que el oxígeno disuelto debe ser de 5 mg/L, mismos que se encontraron en el presente estudio.

- La alcalinidad y la dureza total presentan los siguientes resultados: 175 y 0 mg CaCO₃/L, podemos observar que el valor de la dureza total es el mismo que en el punto 1 (tabla 6) en este caso también se destaca que la alcalinidad es menor al punto anterior mencionado, aun así Saavedra (2006), reporta que la alcalinidad total debe estar entre 50-150 mg de CaCO₃/L para ser considerado óptimo para el desarrollo de las especies a cultivar para este caso el resultado de la alcalinidad fue ligeramente alto al rango óptimo.
- La conductividad eléctrica para el punto 2 (Pozo) arrojó una concentración de 2.40, similar a lo encontrado en el punto 1 (ojo de agua) de acuerdo con los datos de Marmolejo y Salazar (2018), este parámetro se encuentra en un rango aceptable.
- Las concentraciones de cloruro se encuentran por encima de lo encontrado en el punto 1 con 30.51 mg Cl/L, debido a que la concentración de cloruros para el caso de proyectos acuícolas según lo reportado por SAGARPA, (2009), debe ser > 5, por lo tanto este parámetro no se encuentra dentro de los límites permisibles.
- No hay presencia de sólidos sedimentales y suspendidos totales, pero al igual que en el punto 1 se encontró sólidos volátiles totales, sólidos disueltos totales y sólidos suspendidos totales con valores de: 92, 313 y 922 mg/L. La presencia de sólidos en altas concentraciones podrían causar efectos si estos se diluyen pueden transferir nitrógeno amoniacal, residuos orgánicos disueltos, ortofosfatos entre otros, que pueden impactar negativamente al desarrollo de los peces (Hoyos, 2011).
- No se encontraron coliformes fecales pero sí coliformes totales en concentraciones de 184 UFC, la presencia de coliformes es un indicador de que el agua puede estar contaminada por materia fecal u otro tipo de

desechos en descomposición, estas bacterias pueden causar grandes mortalidades en los peces debido al estrés osmótico (Ramírez, 2015).

- La DBO₅ y DQO analizadas en este estudio arrojaron valores de 61 mg/L y 13 mg /L respectivamente. Conociendo que para el caso de la DBO₅ los rangos son de 6 - 30 mg/L y para la DQO de 25 mg/L a 108.8 mg/L que son consideradas concentraciones altas, en el estudio el primer parámetro estaría fuera del rango y en el segundo caso estaría en niveles óptimos para el desarrollo de acuicultura.

Tabla 8. Parámetros encontrados en el punto 3 (Río)

Parámetro	Resultado
Demanda bioquímica de oxígeno(DBO ₅) mg/L	87 mg/L
Demanda química de oxígeno (DQO) mg/L	79 mg/L
pH	7.25
Turbiedad (NTU)	1.11
Alcalinidad (mg de CaCO ₃ /L)	198
Color (mg PtCo/L)	13
Oxígeno disuelto	6.70
Conductividad	48.5
Cloruros (mg Cl/L)*	25.31
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)*	252
Sólidos sedimentables	0
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	56
Sólidos Totales (mg/L)	198
Sólidos volátiles Totales (mg/L)	370
Sólidos disueltos totales(mg/L)	198
Coliformes totales (UFC)	>200

- Para el punto 3 (Río) los valores de pH se encontró en un nivel óptimo, al igual que la turbidez y el color con rangos de 1.11 NTU y 13 mg PtCo/L, estos valores no repasan los límites reportados por Cáceres (2018), sin embargo es notable la diferencia entre el color encontrado en el punto 1 y 2 ya que en este caso se analizó agua superficial, mientras que en el caso del punto 2 se trataba de agua subterránea y el punto 1 de una vertiente.
- La alcalinidad y la dureza para este punto de muestreo arrojó valores de 198 y 252 mg de CaCO_3/L . En este punto tanto la alcalinidad y la dureza se encontraron en concentraciones mayores a diferencia del punto de muestreo 1 y 2.
- El oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica mostró concentraciones de 6.70 y 48.5 el oxígeno disuelto no debe rebasar los 5 ppm en el cultivo, en base a lo que menciona Vega (2005) y Lucchini (2006), sin embargo otros autores como Saavedra mencionan que algunas especies toleran rangos de 5.0 a 9.0 mg/L si se toma este último dato para evaluar el oxígeno disuelto en esta muestra se puede concluir que está dentro de los valores permisibles. La conductividad en base a lo que Marmolejo y Salazar (2018) señalan se encuentra fuera de los niveles óptimos.
- En el caso de los cloruros estos se encontraron en concentraciones de 25.31 mg Cl/L. que de acuerdo a lo reportado por SAGARPA, (2009), se encuentra en niveles muy altos, si tomamos en cuenta los valores de los otros puntos podemos observar que en el punto 3 (Río) la concentración de cloruro es mayor que en el punto 1 (Ojo de agua) pero menor que en el punto 2 (Pozo).
- No se encontraron sólidos sedimentables, los sólidos suspendidos totales,

solidos volátiles totales y solidos disueltos se encontraron en valores de: 56, 198,370 y 198 mg/L. A diferencia de los sólidos encontrados en el punto 1 y 2, las concentraciones de sólidos fueron menores en este caso, sin embargo aún siendo así su uso para un sistema acuícola podría afectar al desarrollo de las especies en el cultivo.

- En el caso del punto 3 los resultados indicaron presencia de coliformes totales y coliformes fecales en concentraciones de > 200 y 20 UFC respectivamente.
- La DBO₅ y la DQO en este punto de muestreo presento valores de 87 y 79 mg/L, en comparación con el punto 1 y 2 esta estación obtuvo mayor concentración de estos parámetros.

VIII. Conclusiones

Los parámetros fisicoquímicos analizados en este estudio dan a conocer un panorama general de la calidad del agua para su potencial uso en proyectos acuícolas, a continuación se presentan las siguientes conclusiones:

Comenzando con el primer punto de muestreo (ojo de agua) no se tuvo presencia de dureza, sólidos sedimentables y coliformes fecales, por otra parte los parámetros óptimos encontrados para el desarrollo de la acuicultura fueron: pH, oxígeno disuelto, conductividad, color, turbidez, sólidos sedimentables y coliformes fecales, mientras que los parámetros fuera de los rangos óptimos destaca : la DBO₅, DQO, alcalinidad, cloruros, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, sólidos volátiles totales, sólidos disueltos totales y coliformes totales.

El segundo punto de muestreo (pozo) los parámetros que cumplen con los rangos óptimos para acuicultura son: pH, turbidez, color, oxígeno disuelto y conductividad, los parámetros que se encontraron fuera de los límites establecidos fue la alcalinidad, dureza total, DBO₅, DQO, sólidos totales, sólidos volátiles totales, sólidos disueltos totales y coliformes totales. No se encontró dureza total, sólidos volátiles totales, sólidos disueltos totales, coliformes fecales.

En el tercer punto (Río) no se encontraron sólidos sedimentables, los parámetros óptimos fueron los siguientes: pH, turbidez, color, oxígeno disuelto, mientras que los parámetros que no cumplen con los rangos óptimos fueron: la alcalinidad, dureza total, DBO₅, DQO, conductividad, cloruros, sólidos totales, sólidos volátiles totales, sólidos disueltos totales, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y coliformes fecales y totales.

Se determinó que de febrero a mayo los niveles de evaporación del agua aumentan y a partir de septiembre a diciembre se disminuye.

La temperatura del agua del punto de muestreo 1 y 2 resultaron ser óptimos, en cuanto al punto 3 de acuerdo con los rangos establecidos por diferentes autores resultó estar fuera de los límites permisibles.

Mediante el recorrido en campo se pudo observar que en las zonas cercanas se practica la agricultura y ganadería, y que hacen uso de abonos y agroquímicos.

Por último mencionar que los parámetros fisicoquímicos fueron analizados en base a lo que diversos autores reportan y en base a las características de los sitios de muestreo, no obstante puede haber otros autores que manejen otros rangos diferentes a los utilizados para este proyecto.

IX. Referencias bibliográficas

Barrera, M. I., (2013). Determinación de contaminantes orgánicos persistentes en Tilapia (*Oreochromis sp*) de diferentes presas del país. (Tesis de maestría) Universidad autónoma de San Luis Potosí.

Bautista, J. C., Ruiz, J., y Marcial, J. (2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. CONACYT. Recuperado de: <http://dspace.uan.mx:8080/handle/123456789/568>

Buschmann A; Fortt A. 2005. Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Ambiente y Desarrollo*. 21(3): 58-64, Santiago Chile.

Cedep (2009) Manual de crianza de Trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Ragash —Peru. pp. 25.

Comisión nacional del agua. (2018). Sistema nacional de información del agua. *Monitoreo de las principales presas de México*. Recuperado de: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/almacenamientoPresas.php>

Comisión nacional del agua. (2019). Situación de los recursos hídricos. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/situacion-de-los-recursos-hidricos>

Comisión nacional del agua (2013). *Estadísticas del Agua en México*. Recuperado de: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_aqua/6_2_1.html

Durán, L. E. G. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Dinamica ambiental*, (1), 83-102. Recuperado de: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593>

FAO (2011). Desarrollo de la acuicultura, enfoque ecosistémico a la acuicultura.

Departamento de Pesca y Acuicultura de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/i1750s/i1750s.pdf>

FAO (2014). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3720s.pdf>

FAO, (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 pp.

García, G. M., y Martínez, P. C. C. (2015). Escenario del agua en México. *Cultura Científica y Tecnológica*. 6 (30), 31-40. Recuperado de: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/356>

García, G. M., y Martínez, P. C. C. (2015). Escenario del agua en México. *Cultura Científica y Tecnológica*, (30). Recuperado de: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/356>

Graniel, C. E., y Carrillo, C. M. E. (2006). Calidad del agua del río Zanatenco en el Estado de Chiapas. *Ingeniería*, 10(3), 35-42. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46710304.pdf>

Instituto nacional de estadística y geografía. (2010). *Censo de población y vivienda*. Recuperado de: <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=nacion&ent=07&mun=086>

Liberal, V., Arena, A., y Cuevas, C. M. (2007). Evaluación de efluentes cloacales tratados en un sistema combinado para reúso en agricultura y acuicultura. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 11.

Llanes, O., y Norzagaray, M., y Muñoz, S., y Ruiz, R. (2013). Agua subterránea: alternativa acuícola en el Noroeste de México. *AquaTIC*, (38),10-20.[fecha de Consulta 13 de Mayo de 2021]. ISSN: 1578-4541. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49428034002>

Luchini, L. (2006). Tilapia: su cultivo y sistemas de producción. Secretaría de

Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Panorama Acuícola, Argentina. 14p.

Luna M. A., Campos, F., y Medina, O. (2016). Evaluación de las aguas residuales del lavado de estanques multipropósito con cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(2), 191-202.

Márquez, L. V., González, M. R., Bayter, Y. O., y Sarabia, A. B. C. (2012). Caracterización microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas de los municipios de La Paz y San Diego, Cesar, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(2), 27-35. Recuperado de. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/953>

Martínez-Córdova, L.R., Martínez-Porchas, M., Cortés-Jacinto, E. (2009) Camaronicultura Mexicana y mundial: ¿Actividad sustentable o industria contaminante?. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 25, 181-196.

Mazarí, M. (2014). Agricultura y contaminación del agua. Problemas del desarrollo, 45(177), 199-201. Recuperado en 09 de junio de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362014000200011&lng=es&tlng=es.

Mazarí, M. (2014). Agricultura y contaminación del agua. Problemas del desarrollo, 45(177), 199-201.

Monge, S. A., y Brenes, B. M. (2007). Contaminación del agua. *Biocenosis*, 20(1-2).

Orozco, C., Pérez, A., Gonzáles, M. N., Rodríguez, F., Alfayate, J. (2005) Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. Tercera edición, Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A.

Ramírez, C. A. S. (2021). Calidad del agua: evaluación y diagnóstico. Ediciones de la U.

Rueda González, F, M, (2011). Breve historia de una gran desconocida: la Acuicultura, revista Eubacteria, N° 26, vol 2, 1-2 pp.

Saavedra, M. (2006). "Manejo del cultivo de tilapia", USAID, Coastal Resources

Center, University of Hawai HILO, CIDEA. Managua, Nicaragua. 24 p.

Salazar. E. (2018). Utilización de las aguas de subsuelo, para el cultivo de tilapia (*oreochromis niloticus*) en la playa Santa Rosa, frontera Perú–Chile, distrito la Yarada los Palos, como alternativa de desarrollo del pescador artesanal.

Samboni R. N., Carvajal, Y., y Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e investigación*. 27(3), 172-181. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>

Samboni, N., Carvajal, Y., y Escobar, J. (2007.). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ingeniería.

Santos, O. R. (2014). El agua en un mundo en crisis. *Revista de Estudios Estratégicos*. 1, 85-92. Recuperado de: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/gsd/collect/cu/cu022/index/assoc/D13706.dir/Art5.pf>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Fundación Produce Veracruz (FUNPROVER). Gobierno del estado de Veracruz y Alianza para el Campo. Manual de producción de tilapia con especificaciones de calidad e inocuidad. Recuperado de: <http://www.funprover.org/formatos/cursos/manual%20buenas%20practicas%20acuicolas.Pdf> (consultado septiembre, 2012).

Soto F. (2010). La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 11(2), 167-177.

Trujillo, G., y Guerrero, A. (2015). Caracterización físico-química y bacteriológica del agua marina en la zona litoral costera de Huanchaco y Huanchaquito, Trujillo, Perú. *ReBlol*, 35(1), 23-33. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/267888159.pdf>

Urbano M., C. P. (2019). Impacto ambiental de la acuicultura en jaulas en los componentes agua y sedimentos en el embalse del Guajaro departamento del

Atlántico. (Tesis) Facultad de ciencias contables, económicas y administrativas Universidad de Manizales, Colombia.

Vence M, Rivera M, Osorio B. y Castillo, S. (2012). Caracterización microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas de los municipios de La Paz y San Diego, Cesar, Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. Volumen 3 (2).

Yungán, Z. (2010). “Estudio de la calidad del agua en los afluentes de la microcuenca del río Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo”. (Tesis) Facultad de Recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba.

X. Anexos

Anexo I

10.1 Fotografías de la toma de muestras



Figura 15. Punto de muestreo 1 (Ojo de agua)



Figura 16. Punto de muestreo 3 (Río)



Figura 17. Análisis de la conductividad y el OD en el ojo de agua.



Figura 18. Punto de muestreo 2 (Pozo)



Figura 19. Recolección de muestras



Figura 20. Recolección de muestras en el punto 1 (ojo de agua)



Figura 21. Recolección de muestras en el punto 3 (Río)

10.2 Tabla de los resultados de la caracterización fisicoquímica

Tabla 9. Resultados de la caracterización fisicoquímica

PARAMETRO	REFERENCIA	RESULTADO	
Demanda bioquímica deoxígeno (DBO ₅) mg/L	NMX-AA-028-SCFI-2001	Ojo de agua	55
		Pozo	61
		Río	87
Demanda química deoxígeno (DQO) mg/L	NMX-AA-030/2-SCFI-2011	Ojo de agua	6
		Pozo	13
		Río	79
pH	NMX-AA-008-SCFI-2011	Ojo de agua	7.25
		Pozo	6.88
		Río	7.25
Turbiedad (NTU)	NMX-AA-038-SCFI-2001	Ojo de agua	1.15
		Pozo	0.59
		Río	1.11
Alcalinidad (mg de CaCO ₃ /L)	NMX-AA-036-SCFI-2001	Ojo de agua	217
		Pozo	175
		Río	198
Color (mg PtCo/L)	NMX-AA-045-SCFI-2001	Ojo de agua	1
		Pozo	1
		Río	13
Oxígeno disuelto	NMX-AA-012-SCFI-2001	Ojo de agua	2.96
		Pozo	5
		Río	6.70
Conductividad	NMX-AA-093-SCFI-2000	Ojo de agua	2.43
		Pozo	2.40
		Río	48.5
Cloruros (mg Cl/L)*	MÉTODO ARGENTOMÉTRICO. 4500-Cl B. MÉTODOS ESTANDARIZADOS	Ojo de agua	27.54
		Pozo	30.51
		Río	25.31
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)*	MÉTODO EDTA TITULOMÉTRICO 2340 MÉTODOS ESTANDARIZADOS	Ojo de agua	0
		Pozo	0
		Río	252
Sólidos sedimentables	NMX-AA-004-SCFI-2013	Ojo de agua	0
		Pozo	0

		Río	0
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	NMX-AA-034-SCFI-2001	Ojo de agua	3
		Pozo	0
		Río	56
Sólidos Totales (mg/L)	NMX-AA-034-SCFI-2001	Ojo de agua	86
		Pozo	92
		Río	198
Sólidos volátiles Totales(mg/L)	NMX-AA-034-SCFI-2001	Ojo de agua	273
		Pozo	313
		Río	370
Sólidos disueltos totales(mg/L)	NMX-AA-034-SCFI-2001	Ojo de agua	883
		Pozo	922
		Río	198
Coliformes totales (UFC)	NMX-AA-102-SCFI-2006	Ojo de agua	>200
		Pozo	184
		Río	>200
Coliformes fecales (UFC)	NMX-AA-102-SCFI-2006	Ojo de agua	0
		Pozo	0
		Río	20

Anexo II

10.3 Datos de la normal meteorológica de la estación el Boqueron municipio de Suchiapa

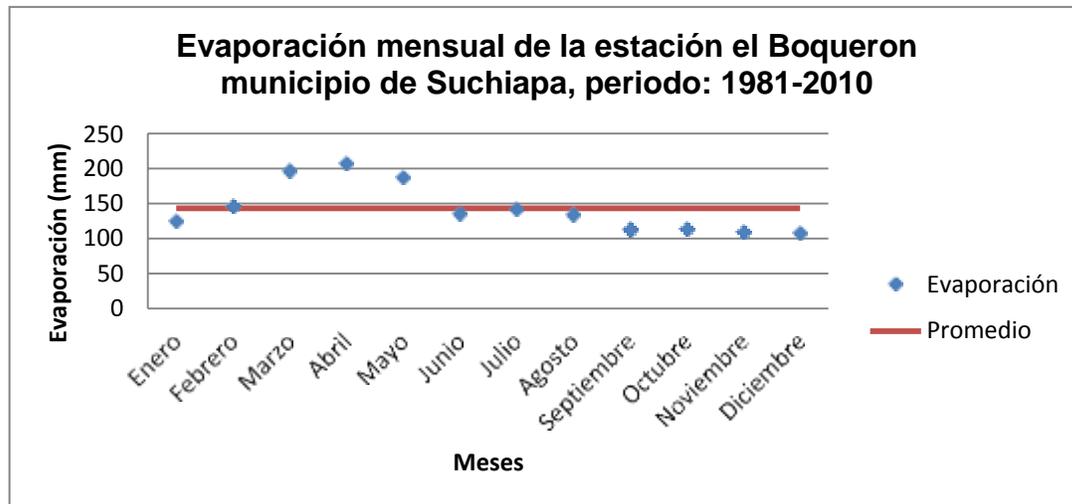


Tabla 10. Datos de la normal meteorológica de la estación el Boquerón

Mes	Evaporación (mm)
Enero	124.9
Febrero	146.0
Marzo	196.5
Abril	207.4
Mayo	187.3
Junio	135.5
Julio	142.5
Agosto	134.3
Septiembre	112.6
Octubre	113.8
Noviembre	109.6
Diciembre	107.7
Promedio	143.175

