



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**“METAANÁLISIS DE ESTUDIOS DE CALIDAD
DEL AGUA EN CHIAPAS”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
DESARROLLO SUSTENTABLE Y
GESTIÓN DE RIESGOS**

PRESENTA

Gabriel Gómez González

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Noviembre 2025



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**“METAANÁLISIS DE ESTUDIOS DE CALIDAD
DEL AGUA EN CHIAPAS”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
DESARROLLO SUSTENTABLE Y
GESTIÓN DE RIESGOS**

PRESENTA

Gabriel Gómez González

DIRECTOR
Dr. Arturo Carillo Reyes

ASESORES
Dr. Eduardo Estanislao Espinoza Medinilla
Dr. Roberto Horacio Albores Arzate

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Noviembre 2025



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS

Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**“METAANÁLISIS DE ESTUDIOS DE CALIDAD
DEL AGUA EN CHIAPAS”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
DESARROLLO SUSTENTABLE Y
GESTIÓN DE RIESGOS**

PRESENTA

Gabriel Gómez González

DIRECTOR

Dr. Arturo Carillo Reyes

ASESORES

Dr. Eduardo Estanislao Espinoza Medinilla

Dr. Roberto Horacio Albores Arzate

REVISORES

Dr. Segundo Jordán Orantes Alborez

Mtra. Edali Camacho Ruiz

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Noviembre 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA ACADÉMICA

Dirección de Investigación y Posgrado

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 14 de noviembre de 2025

Oficio No. SA/DIP/1372/2025

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Gabriel Gómez González

CVU: 371386

Candidato al Grado de Maestro en Ciencias en
Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos

Facultad de Ingeniería

UNICACH

Presente

Con fundamento en la **opinión favorable** emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **METAANÁLISIS DE ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA EN CHIAPAS** y como Director de tesis el Dr. Arturo Carrillo Reyes (CVU: 101140) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo **autoriza** la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el **Grado de Maestro en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos**.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento, así como entregar en esta Dirección una copia de la *Constancia de Entrega de Documento Receptacional* que expide el Centro Universitario de Información y Documentación (CUID) de esta Casa de estudios, en sustitución al ejemplar empastado.

ATENTAMENTE
"POR LA CULTURA DE MI RAZA"
Dra. Dulce Karol Ramírez López
DIRECTORA



C.c.p. Dr. Segundo Jordán Orantes Alborez. Director de la Facultad de Ingeniería, UNICACH. Para su conocimiento.
Dr. Ángel Estrada Martínez. Coordinador del Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNICACH. Para su conocimiento.

Archivo/minutario.

EPL/DKRL/gp/gtr



2025, Año de la mujer indígena
Año de Rosario Castellanos



📍 Ciudad Universitaria, Libramiento Norte
Poniente 1150, Col. Lajas Maciel.
C.P. 29039 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
🕒 Tel: (961) 6170440 Ext. 4360
✉️ investigacionyposgrado@unicach.mx

RESUMEN

El agua es un elemento esencial para la vida de la flora y fauna, y su naturaleza tiene una relación intrínseca con el desarrollo de los pueblos y asentamientos al ser un elemento primordial para el desarrollo de actividades productivas y económicas; por otra parte, es indispensable que su explotación y uso se realice con la responsabilidad adecuada para no contaminar las fuentes de abastecimiento. El metaanálisis como herramienta para abordar temas de investigación ha funcionado exitosamente, dado que recopila, concentra y analiza información de un tema particular, facilitando la toma de decisiones de una manera informada e integral. El caso del agua y su manejo en Chiapas no es la excepción. En este trabajo se hizo una recopilación y análisis sobre los estudios más recientes sobre la calidad del agua en Chiapas, enfatizando áreas de oportunidad en la generación de información, así como las fortalezas actuales en los estudios disponibles. Se pretende que este análisis sea de utilidad a profesionistas del área, así como a tomadores de decisiones que requieren información actual y sintetizada sobre el manejo de este recurso fundamental para todas las actividades humanas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas UNICACH por darme la oportunidad y contribuir al desarrollo de mis competencias profesionales, de la misma forma a mis asesores y catedráticos que de forma desinteresada dirigieron y revisaron el desarrollo de este proyecto de investigación durante los semestres de la maestría, el cual representa la experiencia, esfuerzo y conocimientos aplicados en este documento.

A mi familia por enseñarme el valor de la unidad y la resiliencia como herramienta para el alcance de los objetivos personales, que han definido mi identidad personal en la estrechez de los valores morales y la educación.

Agradezco a mi director, y asesores académicos, quienes con su experiencia y dedicación me orientaron en cada etapa de esta investigación. Sus valiosas observaciones, críticas constructivas y recomendaciones enriquecieron este proyecto y me ayudaron a superar los desafíos que surgieron durante el proceso. Su apoyo fue clave para alcanzar los objetivos planteados en esta tesis.

Por tanto, este trabajo no solo representa para mí un logro académico, representa el logro de un desafío con diferentes etapas que se pueden lograr con la determinación por ello, tengo el deber de compartir lo aprendido y de dar lo mejor de mí mismo en cada aliento para transmitir a los demás todo lo que se nos ha dado.

Finalmente, quiero dedicar este logro a todos aquellos que creen en la importancia de la educación y el desarrollo profesional como herramientas para transformar vidas y contribuir al desarrollo social de nuestro país.

Gabriel Gómez González

*Reconozco la importancia del conocimiento
como herramienta para enfrentarme
a los desafíos de la vida.*

Contenido

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS DISEÑOS	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
I. ANTECEDENTES	20
II. MARCO TEÓRICO.....	22
II.1 EL AGUA	22
II.5 CALIDAD DEL AGUA.....	26
II.3 IMPORTANCIA DEL AGUA.....	27
II.4 CLASIFICACIÓN DEL AGUA	27
II.5 NORMATIVIDAD DEL AGUA EN MÉXICO	28
II.6 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA	31
II.7 INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA.....	31
II.8 IMPACTOS DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	34
II.9 METAANÁLISIS	36
II.9.1 CONCEPTO	36
III. OBJETIVOS.....	38
OBJETIVO GENERAL	38
OBJETIVO ESPECIFICOS.....	38
IV. HIPOTESIS	39
V. METODOLOGÍA.....	40
5.1 DEFINICION DEL PROBLEMA.....	40
5.2 DEFINIR OBJETIVOS.....	40
5.3 SELECCIONAR ENFOQUE DE LA INVESTIGACION	40
5.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	42
5.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	43
5.7 RECOLECCION DE DATOS	46
5.7.1 MOTORES DE BUSQUEDA	46

5.7.2	TERMINOS DE BUSQUEDA	46
5.8	CLASIFICACION DE PARAMETROS DE EXCLUSION E INCLUSION	47
5.8.1	CRITERIOS DE INCLUSIÓN PARA INVESTIGACIONES CUANTITATIVAS....	47
5.8.2.	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN PARA INVESTIGACIONES CUANTITATIVA	48
5.8.3	CRITERIOS DE INCLUSION PARA INVESTIGACIONES CUALITATIVAS.....	48
5.8.4	CRITERIOS DE EXCLUSION PARA INVESTIGACIONES CUALITATIVAS.....	48
5.9	DESARROLLO DE ANALISIS DE DATOS.....	49
5.9.1	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	49
VI	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
5.3.3	CLASISFICACIÓN DE DOCUMENTOS.....	53
5.4	DESARROLLO DE BASE DE DATOS.....	54
5.4.1	USO DE EXCEL.....	54
5.5	REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE MUESTREO DE INVESTIGACIONES ...	54
5.6	PARAMETROS REPORTADOS.....	56
5.7	AMBIENTAL	57
5.8	CALIDAD DEL AGUA.....	59
5.8.1	Parámetros de Calidad del Agua ICA	59
5.8.2	MUESTRA	59
5.8.3	CÁLCULO DE ÍNDICE DE COLIFORMES FETALES	62
5.8.4	CÁLCULO DE POTENCIAL DE HIDROGENA PH	63
5.8.5	CÁLCULO DE DEMANDA BIOLOGÍA DE OXÍGENO DB05.....	64
5.8.6	CÁLCULO DE NITRATOS NO ₃	65
5.8.7	CÁLCULO DE FOSFATOS	66
5.8.8	CÁLCULO DE LA TEMPERATURA °C	68
5.8.9	CÁLCULO DE TURBIDEZ	70

5.8.10 CÁLCULO DE SOLIDOS DISUELtos TOTALES (SDT).....	71
5.8.11 CÁLCULO DE OXÍGENO DISUELTO OD	71
5.8.12 CALCULO DE LA CALIDAD DEL AGUA	72
5.8.13 RESULTADO DEL ANÁLISIS CALIDAD DEL AGUA.....	76
7.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA	84
7.2 INVESTIGACIONES CUANTITATIVAS REALIZADAS EN EL ESTADO	85
7.3 CREACIÓN DE BASE DE DATOS	91
7.4 REPRESENTACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES CUANTITATIVAS EN EL MAPA DE CHIAPAS.....	91
7.5 CLASIFICACION DE DOCUMENTOS Y PORCENTAJES POR TIPO DE AGUA.....	92
VII. CONCLUSIONES.....	93
Referencias.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Enfoque de la Investigación	41
Ilustración 2. Diagrama de Metodología de la Investigación	42
Ilustración 3. Área de Estudio Chiapas.....	43
Ilustración 4. Grafico del Comportamiento de los estudios.	52
Ilustración 5. Gráfico Comportamiento socioeconómico.....	53
Ilustración 6. Mapa Subcuenca s investigadas.....	58
Ilustración 7. Grafica para la valoración de coliformes fecales	63
Ilustración 8 Corrientes de agua en Chiapas.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetro del Índice de Calidad del Agua.....	32
Tabla 2. Tabla de parámetros a considerar para el cálculo del	59
Tabla 3. Cálculo de muestra	61

INTRODUCCIÓN

La mejora en la gestión de los recursos hídricos es un componente esencial para que las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático tengan éxito, tal como se pide en el Acuerdo de París de 2015. De acuerdo a la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y el Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 considera que el agua también es un elemento clave para la consecución de los objetivos y las metas de transformar nuestro mundo: Por lo tanto, una gestión de los recursos hídricos resiliente al clima puede servir como mecanismo de coherencia entre estos marcos mundiales (Organización de Naciones unidas [ONU], 2019).

En la actualidad, ante el aumento gradual de la población mundial y a nivel nacional, requiere que los diferentes servicios y recursos disponibles tengan que ser mejor administrados. La optimización de los recursos ha alcanzado todos los niveles de la vida humana. En el caso del agua, dicha optimización adquiere gran importancia, ya que la disponibilidad del vital líquido disminuye cada vez más y por lo tanto su obtención se dificulta y encarece de manera importante (Rodríguez Ruiz, 2001).

La población mundial está creciendo a un ritmo de 80 millones de personas al año, lo que implica una demanda de agua dulce de aproximadamente 64 mil millones de metros cúbicos anuales. Se estima que el 90% de los 3 mil millones de personas que se espera se añadan a la población mundial de aquí al 2050 estará localizada en países en desarrollo, muchas de ellas en regiones donde la población actual no tiene un acceso sostenible al agua potable ni a un saneamiento adecuado (Organización de las Naciones Unidas para la Educacion, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2021).

De acuerdo con diferentes autores e investigaciones mencionan que la industria y la agricultura suelen ser grandes sectores que desechan contaminantes al agua, el uso no controlado de fertilizantes químicos, pesticidas y las aguas residuales no tratadas en el riego contaminan las aguas subterráneas y superficiales. La industria en muchas áreas aún descarga desechos directamente en los cursos del agua. Durante los últimos años, las sequias en el país han producido pérdidas económicas por miles de millones de dólares. De 2011 a 2013, México se vio severamente afectado por una sequía que cubrió el 90% del territorio (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2021).

Por otro lado, las aguas residuales no tratadas que se forman en grandes ciudades son un problema sanitario que está ligado a la salud de la sociedad por consiguiente una gran proporción de estas aguas residuales se vierten a arroyos sin ser tratadas. Los afluentes domésticos, los desechos humanos, los productos químicos tóxicos, los desechos médicos entre un sin número de desechos están expuestos al aire y contaminan el medio ambiente creando un riesgo ambiental y de salud.

Los datos sobre la calidad del agua no se recopilan de manera rutinaria en la mayoría de los países. Esto significa que más de 3 mil millones de personas están en riesgo porque se desconoce la salud de sus ecosistemas de agua dulce (UNESCO, 2021).

Las enfermedades diarreicas son la segunda causa de muerte de niños menores de cinco años, en todo el mundo se producen unos 1700 millones de casos de enfermedades diarreicas cada año. La diarrea suele ser un síntoma de infección del tracto digestivo, que puede estar ocasionado por diversos organismos bacterianos, víricos y parásitos (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2015). La infección se transmite por

el consumo de alimentos o agua contaminados, o bien de una persona a otra como resultado de una higiene deficiente por escases de agua.

Paradójicamente, dada la importancia del agua, este recurso es también vehículo para la transmisión de enfermedades tales como el cólera, la tifoidea, la disentería y la parasitosis intestinales. La salud humana depende no sólo de la cantidad de agua suministrada, sino también de la calidad de esta (OMS, 2018).

En el estado de Chiapas a pesar de que es un territorio con recursos naturales suficientes y un hábitat reconocido por la UNESCO, en 2020 el sector agropecuario reportó el mayor uso del agua con 76% del total concesionado para riego de cultivos y ganadería por su alta biodiversidad y extensa aportación de servicios ambientales existe la tendencia a carecer de los suministros adecuados si no existe una gestión temprana del recurso hídrico (Instituto Mexicano para la Competitividad [IMCO], 2020).

En Chiapas están dos de las regiones hidrológicas más importantes del país la de la costa y la de Grijalva- Usumacinta. (CONAGUA, 2010). En el uso del agua en el estado de Chiapas está distribuido con un 82% para uso agrícola 16% en abastecimiento público, 2% en la industria y del 40 al 50 % del agua en el estado se desperdicia en fugas por la red hidráulica. De acuerdo al (Instituto Estatal del Agua de Chiapas [INESA], 2013) (INESA, 2013) menciona la falta de plantas de tratamiento de aguas residuales en los hoteles, industrias, actividades agrícolas, pecuarias, y metrópolis dan como resultado grandes descargas de aguas contaminadas que hacen mucho daño a las aguas superficiales y el medio ambiente en general, la mayoría de las descargas desembocan en ríos, lagos, mares, en suelos a cielo abierto o en subsuelo, a través de los llamados pozos sépticos o rellenos sanitarios.

A su vez otras instituciones de orden público mencionan que todas las corrientes de la región existen algún grado de contaminación que generalmente se debe a las descargas de aguas residuales de uso doméstico y a la utilización de agroquímicos diversos en la producción agrícola y ganadera, y que el 30.6 % de la población se encuentra en riesgo por padecimientos por la calidad de agua (INESA, 2013).

El volumen y la capacidad de los ríos, lagos, lagunas y pantanos de la región se ha reducido considerablemente, al grado de quedar completamente secos como consecuencia de los desastres naturales, el deterioro ambiental, la tala inmoderada, quema de pastizales (especialmente la deforestación) y el calentamiento global. Es importante comentar que las cuencas de la región costa presentan un severo deterioro debido a la deforestación, la degradación de los suelos, la ampliación de la frontera agropecuaria y el azolvamiento se ha traducido en una reducción de la capacidad hidráulica de los ríos, lagos, lagunas y pantanos, e incluso en una disminución del caudal de estos (CONAGUA, 2014)

Cabe mencionar que a partir de la información recabada la interdependencia entre el agua, los ecosistemas y la sociedad es de necesidad primordial para mantener la vida de la flora y la fauna a su vez necesita mantener en equilibrio su ciclo natural es por eso la importancia, para ello es fundamental el diagnóstico y vigilancia de las presiones sociales, ambientales y económicas sobre el recurso que tienden a generar un estrés hídrico potencial a nivel mundial.

En contraste a la realidad que se vive en el estado de Chiapas el pensar que no existe un estrés hídrico por contar con una enorme riqueza natural, altas precipitaciones pluviales y cuatro grandes presas hidroeléctricas, el estado de Chiapas padece de una limitada infraestructura para la distribución y el tratamiento del agua que genera todo tipo

de problemas de salud y sociales, aporta el 30 % de agua dulce al país a lo que se suma una gigantesca reserva de agua subterránea, pero que no está convenientemente repartida e incluso se encuentra en parte contaminada.

El INESA (2013) menciona que el 70% de las aguas residuales no son tratadas y estas contaminan las fuentes de agua para abastecimiento público, solo en 9 municipios las aguas residuales o una fracción de ella reciben un tratamiento también menciona que el 70% de la población del estado de Chiapas no tiene acceso al agua potable y saneamiento y que solo el 26 % de los habitantes cuentan con agua entubada además menciona que del 2010 al 2018 la eficiencia de cloración ha disminuido de 80 a 50%.

Desde otra perspectiva y a partir de la observación de la realidad en nuestro estado de Chiapas se puede notar que existen estudios de diferentes instituciones de gobierno estatal a nivel municipal como lo es el sistema municipal de agua potable y alcantarillado (SMAPA) de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez o el sistema de agua potable y alcantarillado Municipal (SAPAM) de la ciudad de San Cristóbal de las Casas o en su defecto el Comité de agua potable y alcantarillado Municipal, (COAPAM) del municipio de Comitán de Domínguez y otras instituciones de otros municipios de importancia en el estado que realizan estudios y análisis de forma periódica a los sistemas de agua potable y saneamiento sin embargo existe dificultad en el acceso y continuidad de la información sobre los parámetros analizados que indican la calidad del agua, otra consideración es que los estudios realizados por los investigadores de diversas instituciones que desarrollan trabajo en campo e investigaciones sobre este tema no siempre están al alcance de todos los sectores de la población y también se puede mencionar que a partir

de esta dificultad de la divulgación de la información no existen la preocupación de gestionar el uso del recurso.

El medio ambiente es un tema global que pretende el aseguramiento de los recursos para las nuevas generaciones a través de 16 objetivos aplicados a más tardar al 2030 para revertir los estragos del cambio climático, uno de estos objetivos de interés al proyecto de investigaciones es el numero 6 agua limpia y saneamiento que se enfoca en “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” y que menciona que lograr cada uno de los objetivos es una tarea en todos los sectores de la sociedad, la investigación y el desarrollo de los mapas de riesgos proporcionaremos información relevante del estado para sumar al objetivo de manera local.

El proyecto de investigación que comprende el metaanálisis en temas de la calidad del agua en el estado de Chiapas, tiene como objetivo poner en contexto el estado actual del agua, así como las principales investigaciones realizadas en el estado de Chiapas para dar apertura a líneas de investigación sobre el tema en el estado, tanto para otros investigadores como para los tomadores de decisiones, debido a la poca importancia que se le ha dado en los últimos años y los riesgos en los que la población se encuentra al desconocer las amenazas latentes que se encuentran en su consumo y el uso en sus sistemas productivos.

I. ANTECEDENTES

En marzo de 1965 se propuso el primer índice de calidad del agua, el Horton's índice, adoptado por la Fundación Nacional de Sanitización (NSF International por sus siglas en inglés) de los EUA (Lumb & Bibeault, 2011). Para 1974 la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), desarrolló criterios para los contaminantes y características físicas del agua, que define y permite sus principales usos, entre estos el agua potable y para uso recreacional (Vighi et al., 2006).

Posteriormente, en 1978 estos criterios fueron adaptados por la Comisión Consultiva Europea de Pesca Continental (EIFAC por sus siglas en inglés), y hasta 1994 la Comisión Europea incluyó criterios de toxicidad (BroRasmussen, 1994). A principios de la década del 2000, la Directiva Marco Europea del Agua consideró los efectos ecológicos con base en el control, y estableció que la calidad del agua debe definirse con base en el funcionamiento y estructura de los ecosistemas, en lugar de solo tomar en cuenta características químicas y físicas (Vighi et al., 2006).

En los años 1853 y 1854, Londres enfrentó una tercera epidemia de cólera. Los habitantes de ciertos distritos del sur de la ciudad extraían el agua directamente de pequeños afluentes del río Támesis o bien la obtenían a partir de numerosas bombas de agua de uso público. (Cerda & Gonzalo, 2007), interpretando el artículo de Cerda, el Dr. John Snow, el pionero de la epidemiología determinó el foco de cólera en el distrito de Soho, Londres. Realizó un mapeo que permitió localizar con precisión un pozo de agua contaminado como fuente causante del brote, que dio origen a la herramienta del uso de mapas y representaciones geográficas.

El agua, como recurso estratégico, depende del manejo sostenible de los ecosistemas, que por esta razón debería constituir una prioridad nacional. Ahora bien, los ecosistemas, como sistemas complejos, operan a través de múltiples procesos que se diferencian en escalas temporales y espaciales, y funciona como un sistema compuesto de procesos físicos-químicos-biológicos que operan como parte de una unidad espacio-temporal dando lugar a dinámicas funcionales diversas (Maas, José Manuel; Martínez-Yrízar, 1990) el agua es un eje conector y conductor en las cuencas, constituye uno de los ejemplos más notables. Es sabido que las variaciones en los caudales de los ríos modifican el almacenamiento en presas y la disponibilidad de agua para el riego; su registro continuo permite establecer sistemas de alerta temprana ante inundaciones. Sin embargo, hoy en día, la red hidrométrica de México cuenta con sólo 1,488 sitios de monitoreo Geobase de (CONAGUA, 2009).

Por otro lado, existen artículos académicos realizados en cuencas de México, el estudio “Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones” realizan un análisis de variables como degradación del suelo, pérdida de biodiversidad, deterioro de zonas y contaminación del cual son abordadas a partir del diseño de árbol de decisiones y la metodología multicriterio concluyendo con que 50% de las cuencas de México presentan un grado de alteración muy alto a extremo o un nivel de presión alto.

Luego de esta revisión no se encuentra ningún metaanálisis en el tema de calidad del agua en el estado de Chiapas, sin embargo, si se puede mencionar que se encuentran algunos estudios académicos con temas de metaanálisis en temas de carbono y temas socioeconómicos en contexto de países.

II. MARCO TEÓRICO

II.1 EL AGUA

Sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales (Ros Moreno, 2011), el agua de La Tierra se encuentra en constante movimiento, recirculando entre la hidrosfera, la atmósfera, la geosfera y la biosfera. Los responsables del movimiento cíclico del agua son la energía del Sol, que hace posible los cambios de estado del agua, y la fuerza de la gravedad terrestre, que hace que el agua circule desde las montañas hasta el mar (Martos López, 2015), el ciclo se inicia cuando por acción de la radiación solar el agua de los océanos o de la superficie terrestre se evapora. Parte del vapor de agua se eleva a la atmósfera donde se condensa y da lugar a precipitaciones en forma de agua o nieve. El agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación, otra parte puede convertirse en flujo superficial sobre el suelo, infiltrarse en él, transportarse por el suelo como flujo subsuperficial y descargar a los ríos como escorrentía superficial. El agua infiltrada también puede percolarse profundamente hasta recargar los acuíferos, los cuales a su vez pueden descargar en los manantiales o en los ríos (Estilita Ruiz Romera, 2004). Ahora por concepción propia el agua es un líquido vital para el funcionamiento de los asentamientos humanos tanto rurales como urbanos y por sus características una necesidad esencial para la

subsistencia del ser humano, la flora y la fauna demostrado por la historia como un elemento vital para el desarrollo de la vida.

II.2 CUERPOS DE AGUA

Se trata de elementos fundamentales del ciclo hidrológico, constituidos por cualquier acumulación natural de agua significativa, ya sea en estado líquido (como ríos, lagos, océanos), sólido (como glaciares y capas de hielo), o gaseoso (si se considera el vapor de agua atmosférico en el ciclo más amplio). Desde una perspectiva geográfica, geomorfológica e hidrológica, un cuerpo de agua es una masa de agua confinada que ocupa una depresión o cauce en la corteza terrestre, o una extensión vasta que cubre la superficie continental o oceánica, caracterizándose por sus propiedades físicas (temperatura, salinidad, densidad), químicas (pH, concentración de oxígeno disuelto y nutrientes) y biológicas (biodiversidad acuática). Estos ecosistemas son cruciales para el equilibrio climático global, la regulación de los flujos de energía y materia, y son reservorios esenciales para el mantenimiento de la vida acuática y terrestre. Su estudio se aborda desde disciplinas como la Hidrología, la Oceanografía, la Limnología y la Ecología Acuática (Cunningham et al. 2020).

11.3 CICLO HIDROLOGICO

Se trata del proceso biogeoquímico y físico-químico que describe la circulación continua del agua a través de la hidrosfera terrestre, impulsado primariamente por la energía solar y la fuerza de la gravedad. Este ciclo implica una serie de procesos interconectados que

transfieren el agua entre los principales reservorios: la atmósfera, la superficie terrestre (incluyendo océanos, lagos, ríos, y glaciares), y la subsuperficie (suelo y acuíferos).

Los procesos clave que componen el ciclo son:

Evaporación (transformación de agua líquida a vapor desde superficies acuáticas).

Transpiración (liberación de vapor de agua por las plantas), combinadas en el término Evapotranspiración.

Condensación (formación de nubes a partir del vapor atmosférico).

Precipitación (retorno del agua a la superficie en forma líquida o sólida).

Infiltración y Percolación (movimiento del agua desde la superficie hacia el suelo y subsuelo).

Esorrentía superficial y subterránea (flujo de agua sobre la superficie y a través del subsuelo que conduce a los cuerpos de agua).

El estudio riguroso de este ciclo es fundamental para la gestión de recursos hídricos, la modelización climática y la comprensión de los ecosistemas terrestres y acuáticos (Viessman et al. 2003).

11.4 IMPORTANCIA DEL AGUA EN LOS ECOSISTEMA Y SOCIEDADES

Desde una perspectiva ecológica y biofísica, el agua es el solvente universal y el principal medio de transporte y reacción que sustenta la vida.

Sustrato de la Vida: Es el componente principal de la biomasa y participa activamente en todas las reacciones bioquímicas intracelulares, incluyendo la fotosíntesis en productores primarios, que es la base de la cadena trófica terrestre y acuática.

Regulador Térmico y Climático: Su alto calor específico confiere al agua la capacidad de moderar las temperaturas a nivel global y local, influyendo en la distribución de los biomas y mitigando los extremos climáticos. En su forma gaseosa (vapor de agua), es el principal gas de efecto invernadero natural.

Estructurador de Ecosistemas: El agua define y mantiene los hábitats acuáticos (océanos, lagos, ríos, humedales) y los ecosistemas riparios, controlando los ciclos de nutrientes y la diversidad biológica al ser el medio ambiente para especies acuáticas y un factor determinante en la vegetación terrestre. Los flujos de agua (caudales ecológicos) son esenciales para la salud de los ríos.

Desde una perspectiva antropocéntrica y socioeconómica, el acceso al agua dulce es un capital natural crítico para el desarrollo humano y la estabilidad:

Suministro Sanitario y Doméstico: Es indispensable para el consumo humano directo, la higiene, el saneamiento y la prevención de enfermedades, constituyendo la base de la salud pública y el bienestar. El acceso a agua potable segura es reconocido como un Derecho Humano fundamental.

Producción de Alimentos: Es el insumo principal en la producción agrícola (riego, que consume la mayor parte del agua dulce extraída a nivel mundial) y en la ganadería, siendo un factor limitante en la seguridad alimentaria global.

Producción Industrial y Energía: El agua es crucial en casi todos los procesos industriales (refrigeración, disolución, limpieza) y para la generación de energía (hidroelectricidad y refrigeración en centrales termoeléctricas y nucleares).

Desarrollo y Conflicto: La gestión y distribución del agua influyen directamente en la planificación territorial, el crecimiento económico y, en casos de escasez o contaminación, pueden ser una fuente de tensión geopolítica y conflictos sociales (Gleick 2018).

II.5 CALIDAD DEL AGUA

Desde un punto de vista integral, definir la calidad del agua significa ir más allá de sus atributos físico-químicos o biológicos; implica tomar en cuenta el contexto ecológico, así como los usos y valores que la sociedad les otorga (Aguilar, 2010), el índice de Calidad de Agua "Water Quality Index" (WQI), fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la "Rand Corporation's" (Ball y Church, 1980). El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del "WQI" que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que, en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creo y diseño un índice estándar llamado Water Quality Index (WQI)(Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Naturales], 1970)

II.3 IMPORTANCIA DEL AGUA

De acuerdo con la Organización Mundial de las Naciones Unidas (ONU, 2023), el agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y para la supervivencia de los seres humanos. El agua también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es un decisivo vínculo entre la sociedad y el medioambiente.

La importancia del agua para uso y consumo humano con la calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades relacionadas con el agua, para lo cual se requiere establecer y mantener actualizados los límites permisibles en cuanto a sus características físicas, químicas, microbiológicas, y radiactivas, con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua que se entrega al consumidor por los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados (NOM-127-SSA1, 1994).

II.4 CLASIFICACIÓN DEL AGUA

De acuerdo con (A. Martos López, 2015) el agua en su estado natural en estado líquido; como ríos o torrentes, lagos o lagunas, aguas subterráneas, de acuerdo con su uso se pueden clasificar de uso agrícola ganadero, uso industrial, uso doméstico, uso urbano, uso energético.

Durante el uso del agua por las actividades humanas se generan las aguas residuales y estas a su vez contaminan a los cuerpos de agua.

En el ámbito agrícola y ganadero: el uso de fertilizantes, abonos y pesticidas pueden ocasionar la contaminación del agua, pues estos se filtran junto al agua de lluvia

hacia el suelo y pueden pasar hasta los acuíferos, que quedarán, por tanto, inutilizables como fuente de agua potable.

En el ámbito industrial: donde se vierten al agua sustancias químicas y contaminantes sólidos, como plásticos, metales, entre otros.

En la navegación y transporte de mercancías: los contaminantes producidos por la navegación, fundamentalmente los vertidos de petróleo provocan importantes daños ecológicos.

Por tanto, debemos mantener la gestión sostenible del agua por ser un elemento para la subsistencia del ser humano a través del consumo y por esto también existe el agua potable, se caracteriza por estar libre de microorganismos patógenos, es decir, nocivos para la salud, y de contaminantes; no tiene olor ni sabor desagradable ni presenta turbidez; y contiene una pequeña cantidad de sales minerales disueltas.

II.5 NORMATIVIDAD DEL AGUA EN MÉXICO

El control de calidad del agua en el país de México está regido por diferentes normas oficiales mexicanas (NOMS) y procedimientos que son regulados por las normas mexicanas (NMX) para la determinación de los parámetros permisibles que resguardan la salud humana y ecosistemas.

La NOMN-001-SEMARNAT, Establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Tiene por objeto establecer los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas

residuales, con el fin de proteger, conservar y mejorar la calidad de las aguas y bienes nacionales (Semarnat, 2022).

De esta forma, la NOM 002-SEMARNAT establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

Por otro lado, la NOM-003-SEMARNAT establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios públicos, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reúso.(Semarnat, 1998).

Al igual existen Normas que resguardan la Salud humana como lo es la NOM-127-SSA que establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional. Algunos valores de referencia se representan en la siguiente tabla para parámetros físicas y organolépticas.(NOM-127-SSA1, 1994)

De acuerdo con la organización mundial de la salud (OMS, 2021), más de 2000 millones de personas vivían en países con escasez de agua, situación que probablemente empeorará en algunas regiones como resultado del cambio climático y el crecimiento de la población. En 2022 había en el mundo al menos 1700 millones de personas que tomaban agua para consumo de fuentes contaminadas con heces. La contaminación microbiana del agua potable como resultado de la presencia de heces supone el mayor riesgo de toxicidad.

Los parámetros físicos-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca de los contaminantes o los contaminantes responsables por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Orozco et al., 2008)

Entre los múltiples casos de transmisión de enfermedades relacionadas con la calidad microbiológica del agua para consumo humano se destaca los brotes por *Cryptosporidium* vinculados a defectos en el proceso de tratamiento y por *E. Coli* entero-hemorrágico relacionados con el reemplazo de medidores de agua y roturas de red de distribución(Rojas, 2002)

II.6 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA

Por lo general, las fuentes de contaminación de origen natural son muy dispersas y no provocan altas concentraciones de contaminantes, excepto en lugares muy concretos, relacionados con yacimientos minerales específicos

Las principales fuentes de contaminación de origen antrópico de las aguas son: los vertidos en aguas residuales urbanas, como son las domiciliarias, las negras y las de la limpieza, fundamentalmente, Los vertidos de explotaciones ganaderas. Aportan estiércol y orines con contaminantes como microrganismos patógenos, sólidos en suspensión, materia orgánica, nitrógeno y fosforo, Los vertidos de aguas agrícolas, incluyen fertilizantes orgánicos, estiércol, orines otros abonos, plaguicidas diversos (DDT), herbicidas, sales de agua de riego. Los vertidos industriales. Las industrias utilizan agua para varios fines (procesado, refrigeración, transporte, disolvente, etc.) Algunas industrias son especialmente contaminantes: la del refinado del petróleo, que genera agua con cianuros, grasas, fenoles, sólidos, tóxicos diversos y álcalis, las industrias metalúrgicas, que generan vertidos similares a los de la industria petrolífera, además de agua caliente; la industria papelera, textil y de curtidos, que generan residuos químicos orgánicos, sólidos detergentes y sustancias tóxicas y las industrias químicas y farmacéuticas que vierten metales pesados, materia químico tóxico y biológico (Rodríguez, 2009)

II.7 INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA

De acuerdo a lecturas de documentos académicos los parámetros relacionados para determinar la calidad del agua (ICA) que respeta los límites permisibles permitidos de

grandes organismos a nivel global el cual existe la evaluación a partir de una muestra de determinado cuerpo de interés.

Para calcular el índice de calidad del agua (Índice de Brown) se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAa) o una función ponderada multiplicativa (ICAm). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

$$ICA_m = \prod_{1}^9 (Sub_i w_i)$$

Donde: w_i : Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno. Sub_i : Subíndice del parámetro i.

i	Sub _i	W _i
1	Coliformes fecales	0.15
2	Ph	0.12
3	DBO5	0.1
4	Nitratos	0.1
5	Fosfatos	0.1
6	Temperatura	0.1
7	Turbidez	0.8
8	Solidos disueltos totales	0.8
9	Oxígeno disuelto	0.17

Tabla 1. Parámetro del Índice de Calidad del Agua.
Fuente: Norma Oficial Mexicana 127-SSA

El índice de calidad del agua (ICA) adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del cuerpo de agua o muestra del agua para el estudio.

Por otro lado, existen características de los parámetros básicos del agua que deben considerarse como medidas generales en cuerpos de agua. Tal como especifica el libro calidad del agua que la presencia de iones específicos como calcio, magnesio o plomo se relaciona con las características químicas. Existen medidas burdas de las características del agua como la alcalinidad, la dureza y la conductividad, que también se utilizan como medidas generales de la calidad del agua. Las mediciones químicas más comunes (Tchobanoglous y Schroeder, 1985) son las siguientes:

Iones mayores en agua. Incluyen los cationes calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}), sodio (Na^{+}) y potasio (K^{+}), y los aniones bicarbonato (HCO_3^-), cloruros (Cl^-) y nitratos (NO_3^-). Las interacciones entre iones determinan muchas características químicas.

Iones menores en agua. Comprenden cationes como aluminio (Al^{+3}), amonio (NH_4^+), arsénico (As^+), bario (Ba^{+2}), borato (BO_4^{-3}), cobre (Cu^{+2}), hierro (Fe^{+3}) y manganeso (Mn^{+2}), al igual que aniones como bisulfato (HSO_4^-), bisulfito (HSO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}), flúor (F^-), hidróxido (OH^-), monofosfatos ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$), difosfatos (HPO_4^{-3}), trifosfatos (PO_4^{-3}), sulfuro (S^{2-}) y sulfito (SO_3^{-2}).

Especies inorgánicas. Principalmente metales pesados, entre ellos: arsénico (As^{+3}), bario (Ba^{+2}), cadmio (Cd^{+2}), cromo (Cr^{+3} y Cr^{+6}), plomo (Pb^{+2}), mercurio (Hg^{+2}), selenio (Se), plata (Ag^{+2}), zinc (Zn^{+2}) y cianuro (CN^-).

Nitrógeno y fósforo. Especies inorgánicas aportadas a los sistemas terrestres por las actividades humanas. Se identifican en fertilizantes para las plantas y se vierten con aguas residuales o de retorno agrícola a cuerpos de agua. Algunos de estos compuestos son: amonio (NH_4^+), nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-), nitrógeno total (Ntotal), ortofosfatos (Na_3PO_4 o Na_2HPO_4) y fósforo total (Ptotal).

El potencial del ion hidrógeno (PH), que brinda las condiciones de neutralidad, acidez o alcalinidad del agua. Es relevante porque determina las reacciones químicas.

Alcalinidad. Capacidad del agua de neutralizar ácidos. g) Conductividad. Parámetro que permite caracterizar la habilidad de una solución para conducir una corriente eléctrica; se determina por los iones en solución.

Dureza. Representa la suma de las concentraciones de calcio y magnesio.

Otro tipo de compuestos importantes de mencionar son los orgánicos, formados por combinaciones de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre, al igual que los inorgánicos. Existen varios parámetros para evaluar la materia orgánica presente en agua, ya sean compuestos naturales u orgánicos sintéticos sintetizados por el hombre (Aguilar, 2010)

II.8 IMPACTOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

El agua constituye una de las principales fuentes de abastecimiento; en diferentes épocas del año, la precipitación pluvial afecta a los mantos freáticos con el movimiento de contaminantes a través del suelo, influyendo en su uso futuro como fuente de consumo

humano. Aún sin la intervención humana, el agua de lluvia se infiltra al suelo, fluye en la superficie o se evapora de acuerdo a los patrones naturales (Piguave-Reyes et al., 2019)

Dentro de las revisiones documentales Piguave-Reyes y colaboradores (2019) menciona que, cada año, el agua potable contaminada contribuye a la muerte de millones de las personas más pobres del mundo por enfermedades prevenibles.

El agua como elemento primordial para la flora y la fauna también afecta en otros ámbitos tal como se pueden presentar problemas medioambientales asociados a la contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos son:

- (1) Acidificación de ríos y lagos con baja o reducida alcalinidad;
- (2) Eutrofización de las aguas dulces y marinas (con el problema adicional de las algas tóxicas); y
- (3) Toxicidad directa de los compuestos nitrogenados para los animales acuáticos. Además, la contaminación por nitrógeno inorgánico podría inducir efectos perjudiciales sobre la salud humana (Camargo & Alonso, 2007)

A partir de las lecturas y análisis de los textos académicos en la revisión podemos acercarnos a conceptualizar al agua como un recurso esencial para la economía global, partiendo de su uso en la producción primaria, secundaria y terciaria por lo tanto comprende los impactos económicos de forma negativa y pueden resultar de una mala gestión del recurso como por ejemplo la disminución de producción agrícola y ganadera o incremento de los costos de producción de energía.

Con el objetivo fundamental de prevenir el fenómeno de la eutrofización cultural en los ecosistemas acuáticos, investigadores y organismos han sugerido o establecido

una serie de criterios de calidad del agua con relación a la carga de nutrientes, sugieren límites superiores de nitrógeno total y fósforo total, dentro de los rangos 1260-1500 μg NT/l y 71-75 μg PT/l, para evitar eutrofización

Swedish EPA (2000) ha considerado que niveles superiores a 440 μg NT/l y 30 μg PT/l pueden resultar en eutrofización de las zonas costeras. Similarmente, US EPA (2002, 2006) ha considerado que niveles superiores a 760 μg NT/l y 40 μg PT/l pueden resultar en eutrofización de ríos y lagos en muchas ecorregiones del país. Además, la agencia europea para el medioambiente (EEA, 2000, 2005) considera que, en general, una concentración de nitrógeno total al menos diez veces superior a la concentración de fósforo total (la cual no debería exceder el rango 10-25 μg PT/l) puede prevenir la proliferación de cianobacterias fijadoras de nitrógeno en ríos y lagos.

II.9 METAANÁLISIS

II.9.1 CONCEPTO

El primer texto que combinó las evidencias de diferentes fuentes fue realizado en 1861 por el astrónomo inglés George Biddell Airy. En el área médica, el estadístico inglés Karl Pearson, en 1904, agrupó las estadísticas de instalaciones médicas y militares de Sudáfrica e India, y concluyó que la vacuna contra la fiebre intestinal no era eficaz, pero no fue hasta 1976 cuando el término metaanálisis fue empleado por primera vez por el psicólogo G.V. Glass, en un artículo titulado Primaria, secundaria y metaanálisis de la investigación (Nabzo, 2020). El metaanálisis ha surgido como una metodología capaz de integrar cuantitativamente los resultados de las investigaciones sobre un determinado

tema para poder establecer qué es lo que la evidencia empírica, hasta ese momento, ha demostrado (Arias et al., 2008), desde nuestro punto de vista nos ayudara a aumentar la precisión de los resultados al elevar el número de documentos a analizar entendiendo que respeta la teoría de la normal en cuanto mayor sea el grupo de a analizar la confiabilidad de los resultados aumentara.

En la etapa de selección de los estudios, puede además hablarse de un sesgo no intencionado, cuando solamente se analizan estudios publicados (experimentos y análisis que no llegan a un resultado estadísticamente significativo ni siquiera se publican) (Morales, 1981), esto puede referirse a que el investigador dentro de los criterios de selección ocupa información en beneficio a su investigación por lo cual existirá un sesgo involuntario y los resultados se verán de alguna manera con un porcentaje menor de confiabilidad.

Las conclusiones del metaanálisis no dependen de un único experimento o de un único estudio (con frecuencia valido y de interés para un situación dada), sino del análisis y la cuantificación de los resultados obtenidos en circunstancias distintas, de esta manera, es posible descubrir con mayor seguridad tendencias generales (Morales, 1981).

III. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un metaanálisis para el estado de Chiapas respecto al tema de calidad del agua.

OBJETIVO ESPECIFICOS

- Definir criterios de inclusión y exclusión para cada documento a analizar dentro de los enfoques cuantitativos y cualitativos mediante la revisión documental.
- Clasificar los documentos en las principales temáticas de los estudios encontrados con el tema de calidad del agua realizados en el estado de Chiapas
- Extracción de datos de cada uno de los artículos encontrados para la generación de base de datos.
- Desarrollar un análisis de los resultados presentados en los artículos encontrados con el tema de calidad de agua realizados en el estado de Chiapas.

IV. HIPOTESIS

Es posible realizar un metanálisis sobre el tema del agua y su calidad para el estado de Chiapas, en donde se muestre que el agua tiene un nivel de contaminación elevado considerando que los diferentes parámetros físicos, biológicos y químicos son poco evaluados y que la actividad agrícola y asentamientos humanos están en crecimiento constante.

V. METODOLOGÍA

5.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

De acuerdo a la real academia de la lengua española el problema lo define como un conjunto de hechos o circunstancias que dificultan la consecución de algún fin. para definir el problema en la siguiente investigación se planteó a partir de la necesidad de conocer el estado actual del agua en estado de Chiapas.

El paso de la idea al planteamiento del problema puede ser inmediato o bien tardar un tiempo considerable; depende de cuan familiarizado este el investigador con el tema de estudio, la complejidad misma de la idea, la existencia de estudios antecedentes, el empeño del investigador y sus habilidades personales (Roberto Hernandez Sampieri, Carlos Fernández Collado, 2014).

5.2 DEFINIR OBJETIVOS

Los objetivos deben expresarse con claridad y ser específicos, medibles, apropiados y realistas; es decir susceptibles de alcanzarse a lo que se aspira en la investigación (Tucker, 2004).

5.3 SELECCIONAR ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

A lo largo de la historia de la ciencia han surgido diversas corrientes de pensamiento (como el empirismo, el materialismo dialéctico, el positivismo, la fenomenología, el estructuralismo) y diversos marcos interpretativos, como el realismo y el constructivismo, que han abierto diferentes rutas en la búsqueda del conocimiento (Roberto Hernandez Sampieri, Carlos Fernández Collado, 2014).

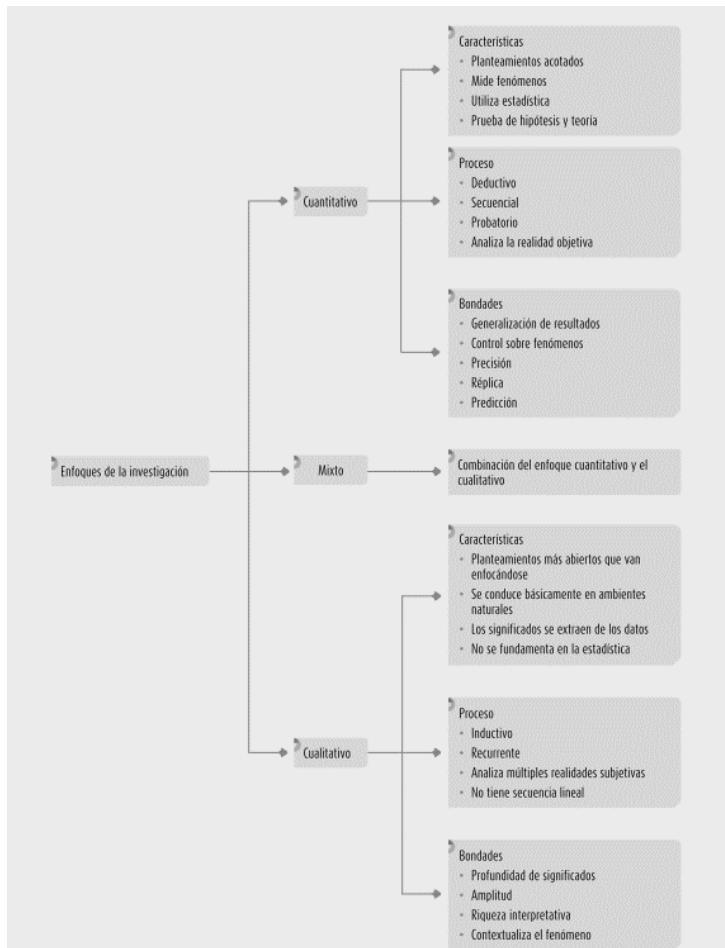


Ilustración 1. Enfoque de la Investigación.

Fuente: Roberto Hernandez Sampieri, Carlos Fernández Collado, P. B. L. (2014).

5.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

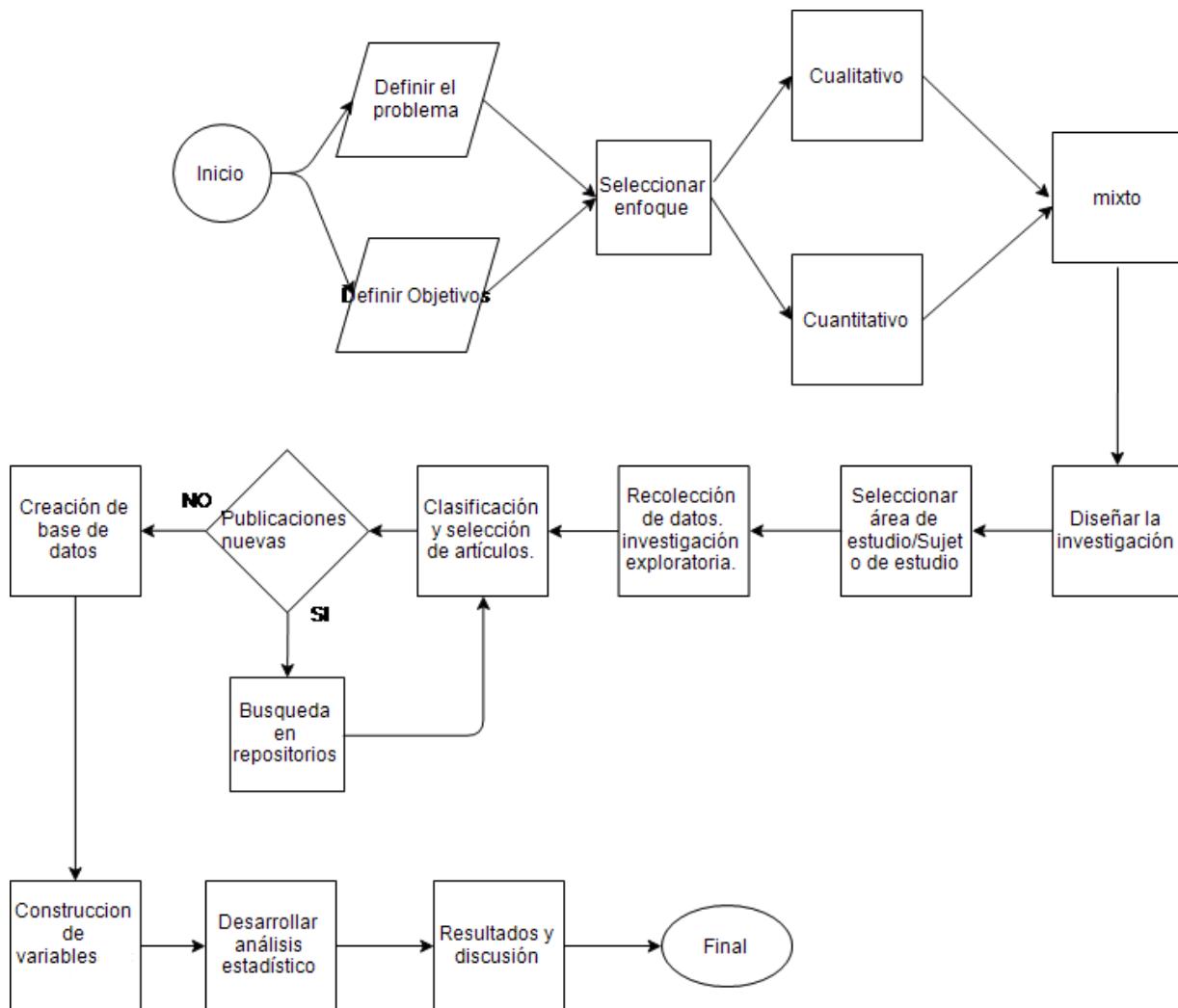


Ilustración 2. Diagrama de Metodología de la Investigación

Fuente: Elaboración propia.

5.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

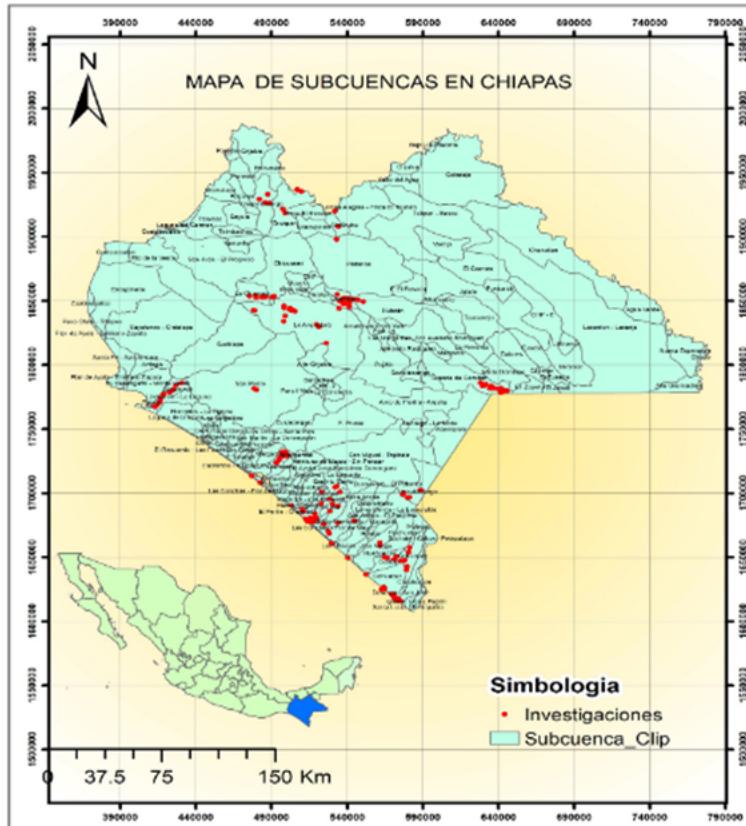


Ilustración 3. Área de Estudio Chiapas

Fuente: Elaboración propia.

El estado de Chiapas se caracteriza por una enorme diversidad geográfica, económica social y cultural, de tal forma que paisajes humanos sumamente contrastados pueden estar separados unos de otros por tan solo unos cuantos kilómetros (Ruz, 1995), el territorio chiapaneco presenta una morfología muy compleja, formada por extensas zonas montañosas. La depresión central es una gran cuenca que mide más de 200 kilómetros de largo y que tiene entre 30 y 60 de ancho, el río Grijalva que riega gran parte de sus

tierras se alimenta de las aguas de lo Cuchumatanes y de los macizos montañosos de Chiapas (Ruz, 1995), por otra parte el (INEGI, 2022) menciona que el 54%, presenta clima Cálido húmedo, el 40% clima Cálido subhúmedo, el 3% Templado húmedo y el 3% restante tiene clima Templado subhúmedo. La temperatura media anual, varía dependiendo de la región, de 18°C en los Altos de Chiapas, a 28°C en la Llanura Costeña. La temperatura promedio más alta es de 30°C y la mínima de 17.5°C.

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO 2023), las comunidades vegetales terrestres de Chiapas integran una de las mayores riquezas florísticas de México. De acuerdo con diversos estudios, para Chiapas se reconocen 17 tipos de vegetación o principales formaciones vegetales divididos dos series principales: las “formaciones óptimas”, que no tienen una estación seca apreciable, y las “formaciones estacionales”, con una estación seca de uno a seis meses de duración. También hay otras dos series que se reconocen como artificiales: una serie de formaciones no arboladas y otra de formaciones arboladas de áreas inundables.

De acuerdo con (CONABIO, 2023) la fauna se representa las siguientes características. En la selva húmeda: nutria de río, murciélagos pescador, jaguarundí, colibrí, sapo excavador, lagarto alicate y rana. En bosques de coníferas y encinos: ardilla voladora, murciélagos y musaraña. En el manglar, caimán. En ambientes acuáticos: mojarra del Petén, cacomixtle y ballena jorobada. Animales en peligro de extinción: tlacuache acuático, armadillo, oso hormiguero, pavón, águila arpía, mono aullador, saraguato, mono araña, ocelote, jaguar, quetzal, mojarra panza colorada, tortuga golfinas, manatí y tapir.

Por otro lado el Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Chiapas, (CEIEG 2023) en el estado de Chiapas dentro de las superficies dedicadas a las actividades agrícolas, pecuarias, forestales u otras utilizadas para la explotación de especies con fines de aprovechamiento representan 43.259 % del uso del suelo, por otro lado la vegetación no afectada por factores antrópicos o naturales representan el 22.80 % del territorio del estado y su vegetación afectada por factores antrópicos o naturales son del 31.010 %. La hidrología del estado de Chiapas en la región norte del estado presenta lluvias todo el año, en el resto de la entidad, abundantes lluvias en verano. La precipitación total anual varía, dependiendo de la región, de 1 200 mm a 4 000 mm (Soconusco). La región está conformada por diez cuencas hidrográficas divididas en doce subcuenca. Los principales ríos son el Usumacinta (1045 km²) y el Grijalva (832 km²). Otros ríos importantes de la cuenca del Usumacinta, son: Lacantún (y sus afluentes, Negro, Azul, Tzenles, y San Pedro), Perlas, Jataté, Chacamax y Euseba (Mora P. et al., 2016).

De acuerdo a la (Secretaría de Economía, 2015) entre las principales actividades se encuentran: agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (7.2%); comercio (19.5%); construcción (7.4%); servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles (15.8%) y servicios educativos (8.2%). Juntas representan el 58.1% del PIB estatal.(Economía, 2015). De acuerdo con INEGI (2020) en Chiapas existen 1,351,023 viviendas particulares habitadas, el 54 % de estas viviendas cuenta con servicio de agua potable dentro de la vivienda, el 57.3% de la población cuenta con sistema de alcantarillado.

5.7 RECOLECCION DE DATOS

5.7.1 MOTORES DE BUSQUEDA

Durante el proceso de búsqueda es preciso evaluar en qué medida la información encontrada es adecuada y suficiente. La búsqueda de información es un proceso cíclico donde continuamente se evalúa la adecuación y pertinencia de la información que se obtiene en función de los objetivos de la búsqueda.(Garzón, 2009).

Esta etapa consiste en una investigación exploratoria en repositorios institucionales, bases de datos académicas, de artículos científicos, informes técnicos, tesis universitarias en la modalidad de acceso abierto con apoyo de motores de búsqueda de información científica y académica, se desarrollará una revisión para artículos cuantitativos y cualitativos con el tema de calidad del agua y el área de estudio definido en el estado de Chiapas en repositorios de universidades locales y del país así como instituciones extranjeras se revisaran artículos en español e inglés que nos proporcionaran información clave que nos aproxime al objetivo de la investigación, esta búsqueda se realizará en repositorios como el Centro Universitario de Información y Documentación (CUID) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas así como el Sistema de información Bibliotecario de ECOSUR (SIBE) por sus siglas que pertenece a la El Colegio de La Frontera Sur también dentro del buscador de Google Académico, igualmente utilizaremos la página de web Science.

5.7.2 TERMINOS DE BUSQUEDA

La mayoría de los buscadores permite incluir y excluir ciertos términos, esta posibilidad es muy útil cuando se requiere excluir ciertos aspectos que usualmente se presentan en

los resultados de búsqueda. Generalmente esta estrategia se utiliza cuando se conoce mucho sobre el tema que se está buscando, o bien como estrategia para refinar una búsqueda ya realizada.(Garzón, 2009).

Se llevó una búsqueda documental de diversos textos científicos de accesos abierto, que nos brindaron información cuantitativa y cualitativa, con los términos de búsqueda (Agua superficial, Agua subterránea, Agua potable, Agua embotellada, Suministros de agua, Calidad del agua, Contaminación del agua, Índice de calidad del agua, Parámetros físico-químicos en los diferentes tipos de agua, parámetros microbiológicos, metales en agua, plaguicidas en agua , organoclorados en agua, órgano fosforados en agua, piretroides en agua, carbamatos en agua, herbicidas en agua, fármacos en agua, micro plásticos en agua, cada uno de estos temas que se realizaran la busque con otra palabra clave que es Chiapas, posteriormente se buscaran conceptos en inglés para identificar artículos como wáter quality, parameters wáter Chiapas, wasted wáter Chiapas.

5.8 CLASIFICACION DE PARAMETROS DE EXCLUSION E INCLUSION

5.8.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN PARA INVESTIGACIONES CUANTITATIVAS

En la etapa de búsqueda los criterios de inclusión y exclusión a considerar se describen en la siguiente lista para obtener información la selección de nuestra investigación para obtener datos confiables y realizar un análisis adecuado.

1. Que el documento académico tenga como área de estudio el estado de Chiapas.
2. Que la investigación cuente con georreferenciación.

3. Que el tema central de la investigación sea calidad del agua.
4. Que el documento este dentro de las últimas dos décadas.

5.8.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN PARA INVESTIGACIONES CUANTITATIVA

1. Que el documento sea tesis.
2. Que la investigación se encuentre en otro estado que no sea Chiapas.
3. Que el documento cuente con información de dudosa confiabilidad.
4. Que el documento sea de fechas 20 años atrás.

5.8.3 CRITERIOS DE INCLUSION PARA INVESTIGACIONES CUALITATIVAS

2. Que el área de estudio sea en el estado de Chiapas.
3. que el documento contenga un análisis en la percepción del agua contaminada
4. que el documento este entre las fechas de 20 años a la fecha.

5.8.4 CRITERIOS DE EXCLUSION PARA INVESTIGACIONES CUALITATIVAS

1. Que el documento no tenga información de la ubicación del área de estudio
2. Que el documento académico no presente información confiable
3. Que el estudio ...

5.9 DESARROLLO DE ANALISIS DE DATOS

5.9.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El concepto de análisis documental ha sido tratado por muchos autores y ha evolucionado al ritmo de la documentación, pudiéndose afirmar que existen dos tendencias respecto a su concepción, una que considera que el análisis documental comprende varias fases, la descripción bibliográfica es una de ellas, y otra que estima que el análisis documental debe considerarse exclusivamente como descripción del contenido y no como descripción formal (Garcia, 1993).

La presente investigación analizó investigaciones en repositorios de instituciones académicas e instituciones gubernamentales que fueron desarrolladas dentro del estado de Chiapas con la temática de Calidad de agua de índole cuantitativo y cualitativo que permita realizar un análisis a la tendencia del agua.

Para los estudios realizados para muestreo de calidad de agua en el estado se aprecia una tendencia en las investigaciones en 3 regiones económicas importantes del estado de Chiapas como un numero de 4 estudios realizados en XV Meseta Comiteca Tojolabal, un numero de 10 artículos académicos por la X Soconusco y 5 artículos realizados en la I Metropolitana y para otras regiones existe un número muy limitado en los estudios realizados.

VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este apartado del proyecto de investigación desarrollaremos y discutiremos los resultados de la aplicación de la metodología propuesta para abordar como un primer resultado a partir de la búsqueda en repositorios se determinó los variables de inclusión y exclusión para cada uno de los tipos de evaluación cualitativa y cuantitativa a partir de la consideraciones se encuentran en los diferentes repositorios un total de 30 artículos publicados en el estado de Chiapas en cuencas del río Sabinal y Grijalva en términos de investigación cuantitativas para los artículos cuantitativos se encontraron un número de 23 artículos aplicados a zonas marginadas del estado de Chiapas.

Conforme a los parámetros de inclusión y exclusión aplicados se seleccionaron los siguientes artículos, anexos en la base de datos. En la imagen se recopila una muestra de dicha información:

Número de artículo	Referencia bibliográfica	Región Socioeconómica	Municipio	localidad	Cuerpo de agua	
1	Najera, H., Rojas, M., Vazquez, R., Gutiérrez, R., & Mendoza, R. (2011). Physicochemical treatment (coagulation-flocculation-Fenton) of mature leachates from Tuxtla Gutierrez, Chiapas landfill.	I Metropolitana	Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla	Relleno sanitario de Tuxtla Gutierrez	2011
2	Barrios, I., & Castro, V. (2015). PROPUESTA DE ZONACIÓN AMBIENTAL DE LAS AGUAS DE PUERTO CHIAPAS, MÉXICO. Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH, 99–103.	X Soconusco	Suchiapa	Puerto Chiapas	Agua de la zona portuaria	2015
3	Vera, P., Nájera, H., & Escobar, D. (2011). Impacto del sitio de disposición final de residuos sólidos de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y su relación con la calidad del agua subterránea en el ejido Emiliano Zapata. Lacandonia, 123–130.	I Metropolitana	Tuxtla Gutiérrez	Emiliano Zapata	Ponanza	2007
4	Granier, C. E., & Carrillo, Y. (2006). Calidad del agua del río Zanatenco en el estado de Chiapas. Ingeniería, 35–42.	IX Istmo Costa	Tonalá	Zanatenco	Río Zanatenco	2006
5	Díaz, C., Castañón, I., Villalobos, J., Ruiz, V., Bález, R., & Trejo, R. (2018). Quantification of pesticides and heavy metals in sediments of the “Enchanted” lake of the National park ponds of Montebello, Chiapas, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 34, 99–104. https://doi.org/10.20937/2018.34.MGISM	XV Meseta Comiteca La Trinitaria		San Rafael el La Encantada		2018
6	Hernández, J. (2014). Caracterización de uso de suelo y evaluación de la calidad riparia del río Cacaluta, Acacoyagua, Chiapas, México. 125.	X Soconusco	Acacoyagua	Reforma	Río Cacaluta	2014
7	Gómez, R. ,; Tovilla, C. ,; Barba, E. ,; Castañeda, O. ,; Valle, F. J. ,; Romero, E. I. ,; Ramos, E. (2014). Índices tróficos de importancia ecológica y su relación con algunas variables físico-químicas en el sistema lagunar estuarino Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras, 31, 47–57.	IX Istmo Costa	Mapastepec	Union Santa	Lago Chantuto	2014
8	Galdos-Balzategui, A., Carmena, J., Sánchez-Pérez, H. J., Morales-López, J. J., Torres Dosal, A., & Gómez-Urúa, S. (2017). Evaluación cuantitativa del riesgo microbiológico por consumo de agua en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. Tecnología y Ciencias Del Agua, 8(1), 133–153.	V Altos Tsotsil-Tzeltal/San Cristóbal de las Casas		San Cristóbal Kisst		2017
9	Escalona-Domenech, R. Y., Infante-Mata, D., García-Alfaro, J. R., Ramírez-Marcial, N., Ortiz-Arrona, C. I., & Barba Macías, E. (2022). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DE LA RIBERA EN LA CUENCA DEL RÍO MARGARITAS, CHIAPAS, MÉXICO. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 38, 37–56.	IX Istmo Costa	Pijijiapan	El Ciprés	Loco uno (L1)	2022
10	Maya, V.-F., Patricia, H.-V., Javier, A., Vilma, A.-G., & Luis, O. (2015). Concentración y distribución vertical de la clorofila a fitoplancton en los lagos de Montebello, Chiapas.	XV Meseta Comiteca La Trinitaria		San Rafael el Agua Tinta		2015
11	Hernández, A., Mercedes, M., Mendoza, M., Jaruín, A., & Ramo, R. (2023). Cambios en el uso del suelo afectan la calidad del agua y la concentración de clorofila en arroyos tropicales. Hidrobiología, 33, 59–72.	VIII Norte	Ixtacomitán	El Chiapanec	Arroyo Chiapaneco	2023
12	Rodolfo, J., Vargas, N., Erickdel, J., Solis, C., María, J., & Salgado, D. O. (2019). DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL SUELO Y EL AGUA EN UNA PARCELA DE CACAO EN HUICHUETAN, CHIAPAS. www.riego.mx	X Soconusco	Huichuetán	Cantón La Lir	Pozo 1	2019
13	Musalem-Castillejos, K., Laino-Guánes, R., Bello-Mendoza, R., González-Espinoza, M., & Ramírez-Marcial, N. (2018). Calidad del agua del Río Grijalva en la frontera de Chiapas y Tabasco. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 5(13), 55–64. https://doi.org/10.19136/era.azb13.1334	VII De Los Bosques	Huitiupan	Quince de Ag	Río Almandros	2018
14	Toledo, M. (2017) Estudio preliminar de la calidad del agua en pozos localizados en el tramo comprendido entre la C.H. Belisario Domínguez y la C.H. Manuel Moreno Torres	IV De Los Llanos	Venustiano Carranza	El Bajío	Belisario Domínguez	2017
15	Enrizo, A & Márquez, M (2020) Caracterización físicoquímica y microbiológica del río Sabinal en dos épocas del año (lluvia y estiempo) para la determinación de la calidad del agua por medio de la aplicación de Índices de Calidad (ICA)	I Metropolitana	Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla	Río Sabinal	2020
16	Castañón González, J. H., & Abrájan Hernández, P. (2009). Análisis de la calidad del agua superficial del río Sabinal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Lacandonia, 67–77.	I Metropolitana	Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla	Río Sabinal	2009
17	Becerra-Tapia, N., & Botello, A. (1995). Bacterias coliformes totales, fecales y patógenos en el sistema laguna Chantuto-Panzacola, Chiapas. Hidrobiología, 87–94.	X Soconusco	Villa Comaltitlán	La Concepción	Panzacola	1995
18	Favel Cortez, E., Infante Mata, D., & Molina Rosales, D. O. (2019). PERCEPCIÓN Y CALIDAD DE AGUA EN COMUNIDADES RURALES DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA LA ENCRUCIJADA, CHIAPAS, MÉXICO. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 35(2), 317–334. https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.205	X Soconusco	Mazatlán	Barra San Jo	Pozo 1 de Barra San José	2019
19	Cabrera, J. (2021). Análisis de la calidad del agua a través de parámetros físicoquímicos en tres puntos de muestreo para un proyecto acuícola.	I Metropolitana	Suchiapa	Suchiapa	Pozo	2021
20	Díaz, A. (2021). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LLUVIA CAPTADA EN LA COMUNIDAD EL CORRALITO 1 Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA CONSUMO HUMANO.	V Altos Tsotsil-Tzeltal/Tenejapa		El Corralito	Olla de agua	2021
21	Candón, M. (2021). ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA PURIFICADA EN EL BARRIO SAN RAMÓN DEL MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS CHIAPAS, ACORDE A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1- V Altos Tsotsil-Tzeltal/San Cristóbal de las Casas			San Cristóbal	Purificadora a	2021
22	Hernández-Romero, A. H., Tovilla-Hernández, C., Malo, E. A., & Bello-Mendoza, R. (2004). Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico. Marine Pollution Bulletin, 48(11–12), 1130–1141. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.01.003	X Soconusco	Suchiapa	Brisas del Mi	Río Cahacan	2004
23	Laino-Guánes, R., González-Espinoza, M., Ramírez-Marcial, N., Bello-Mendoza, R., Jiménez, F., Casanovas, F., & Musalem-Castillejos, K. (2016). Human pressure on water quality and water yield in the upper Grijalva river basin in the Mexico-Guatemala border. Ecohydrology & Hydrobiology, 16, 149–159.	XI Sierra Mariscal	Motzintla	Plan Grande	Río Allende	2016
24	Siu, Hermila. (2006). Metales pesados en aguas del procesamiento húmedo de café y en ríos de la región del Mèrida, P. (2017). Evaluación de endosulfán, DDT, dieldrín y metales pesados en sedimentos de los lagos La Encantada y Agua Tinto del Parque Nacional Lagunaos de Montebello, Comitón de Dominguez, Chiapas en temporada de lluvias.	X Soconusco	Huehuetán	Huehuetán	Río Huehuetán	2006
25	Mejía, Y. (2017). Caracterización de Agua y Sedimentos de dos lagos del Parque Nacional Lagunaos de Montebello, Comitán de Dominguez Chiapas.	XV Meseta Comiteca La Trinitaria		San Rafael el	La Encantada	2017
26	Cruz, S. (2013). Fármacos y disruptores endocrinos en cuerpos de agua superficial impactados por descargas de aguas residuales de Tapachula Chiapas, México.	XV Meseta Comiteca La Trinitaria		San Rafael el	Agua Tinta	2017
27	Rivas Robles, E., Espinosa-Niño, F., Hernández Cruz, F., Guzmán-monterrosa, H., Pérez Hernández, H., & Pérez-hernández, H. (2017). Caracterización físicoquímica y bacteriológica del agua subterránea del municipio de Villa de Acatapahua, Chiapas, México. Higiene y Sanidad Ambiental, 17(3), 1541–1545.	X Soconusco	Tapachula	Tapachula	Río Coatán	2013
28	Magdaleno, C. O., Aguilar, F. R., & López, J. C. (2008). Caracterización físicoquímica y bacteriológica de aguas subterráneas de pozos artesianos y efuentes hidráticos en la Costa de Chiapas (Méjico). Higiene y Sanidad Ambiental, X Soconusco	Acatapahua	Acatapahua	Acatapahua	Villa de Acatapahua	2017
29	Estrada, J., Trucios, R., Villanueva, J., Cerano, J., & Constante, V. (n.d.). Manejo sustentable de los recursos naturales en la cuenca de San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria En Relación Agua	Tapachula	Tapachula	Tapachula	Arroyo Colorado	2008
30		V Altos Tsotsil-Tzeltal/San Cristóbal de las Casas		San Cristóbal	Río Chamula	2011

Tabla. Investigaciones de tipo cuantitativo
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la lectura de cada uno de los documentos encontrado en las plataformas de busque se realizó la selección de los artículos que en la siguiente tabla se presentan.

Una vez identificado, se realiza un análisis de los parámetros identificados y la clasificación de los apartados y se encuentran las siguientes temáticas encontrada la

gráfica siguiente especifica que en 9 regiones socioeconómicas de las 15 regiones existente se han realizado investigaciones.



Ilustración 4. Grafico del Comportamiento de los estudios.

Fuente: Elaboración propia

Para las investigaciones cualitativas se repite el patrón en las regiones socioeconómicas atendidas o de interés para las instituciones académicas que abarcan cuerpos de agua similares a diferencia que existe un número muy pequeño de investigaciones realizadas

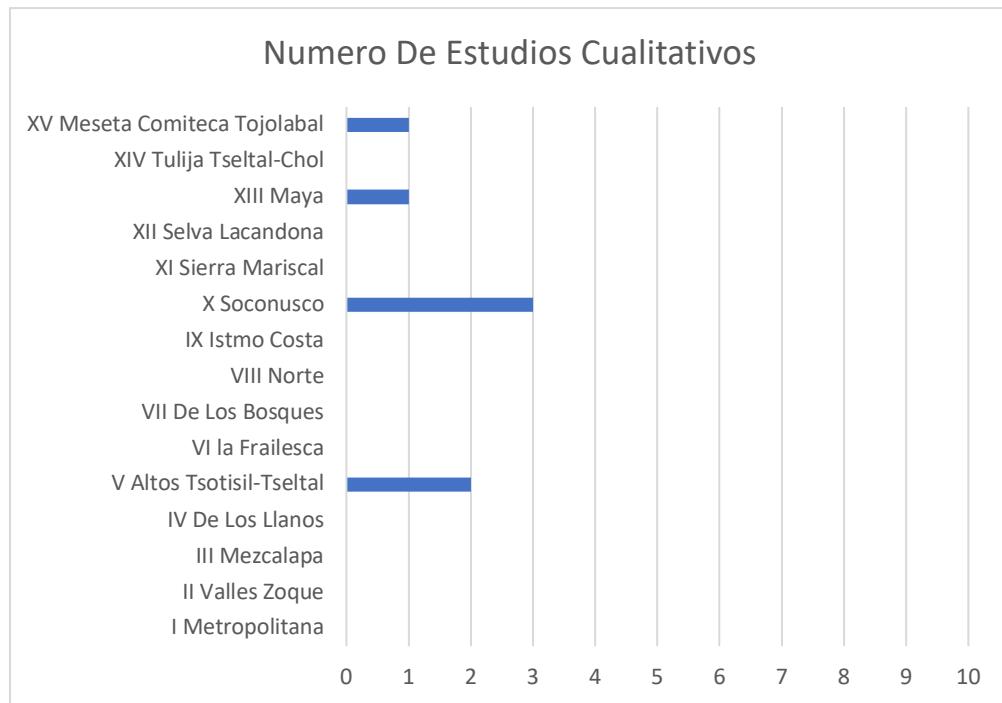


Ilustración 5. Gráfico Comportamiento socioeconómico.

Fuente: Elaboración propia

5.3.3 CLASIFICACIÓN DE DOCUMENTOS

La gran disponibilidad de información, recursos y materiales en Internet plantea la necesidad de analizarlos y seleccionarlos siempre.(Garzón, 2009), a partir de los criterios de selección de los documentos se clasificaron los documentos por tipo de investigación cuantitativa y cualitativo.



Cuadro Sinóptico 1. Clasificación de los documentos

5.4 DESARROLLO DE BASE DE DATOS

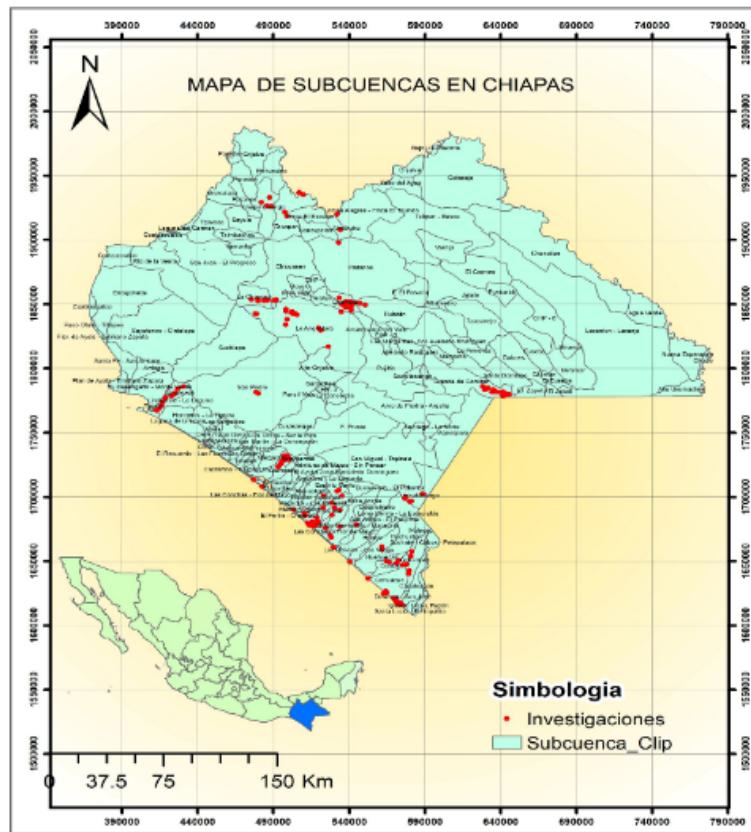
El uso de base de datos es un conjunto ordenado y estructurado de datos que representan una realidad objetiva y que están organizados, puede considerarse una colección de datos variables en el tiempo. (Pisco Gómez et al., 2017), para construir la base de datos utilizamos los parámetros reportados en los documentos académicos como son temperatura, oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno demanda biológica de oxígeno, coliformes totales, nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos, demanda química de oxígeno y otros parámetros de importancia para la determinación de la calidad del agua.

5.4.1 USO DE EXCEL

Con el apoyo de la herramienta Excel se elaboró las bases de datos recabando información de los parámetros reportados en las investigaciones cualitativas y cuantitativas.

5.5 REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE MUESTREO DE INVESTIGACIONES

Con apoyo de la herramienta de ArcGIS se proyectaron la ubicación en un mapa del estado de Chiapas, en la siguiente imagen se ven la distribución de los puntos de muestreo donde se han realizado la mayor parte de las investigaciones.



Mapa 1. Representación espacial de los muestrados realizados en las investigaciones cuantitativas.
Fuente: Elaboración propia.

5.6 PARAMETROS REPORTADOS

Los parámetros reportados en las investigaciones que cumplen con sus criterios de selección destacan pH, temperatura, Conductividad, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Oxígeno Disuelto (OD) Solidos Suspendidos Totales (SST), para los otros parámetros se encuentra debajo del 50% analizados en las investigaciones.



Gráfico 3. Parámetros reportados en las investigaciones.
Fuente: Elaboración propia.

5.7 AMBIENTAL

En una cuenca hidrográfica se ubican los recursos naturales suelo, agua, vegetación y otros (Jorge Faustino, 2000), por lo tanto estos parámetros se refieren a la degradación de los recursos y de los efectos socioambientales que pueden impactar de manera negativa a la salud de la cuenca, se deben considerar la degradación del suelo, perdida de vegetación, cambio en la calidad y disponibilidad de agua, por estas razones se optó considerar estas variables para generar el análisis de las variables en las cuencas.

Existen componentes importantes que mantienen la salud de la cuenca, de acuerdo con la revisión documental se identificaron los siguientes parámetros reportados en cada una de las cuencas, en la variable de agua se considerara la cantidad de agua que dispone la cuenca con respecto a los habitantes, en la variable de suelo se refiere a la degradación del suelo y la vegetación es el análisis de la mancha urbana con respecto a deforestación.

En las investigaciones se ve una tendencia en el lugar de aplicación de las investigaciones que se ve una afluencia en las investigaciones de las Subcuenca de Meseta Comiteca Tropical, Alto Tsotsil-Tseltal, Metropolitana, Soconusco, Istmo Costa y otras de menor interés, que a pesar de que existen otros cuerpos de agua de gran importancia para el estado no han sido evaluadas por alguna institución

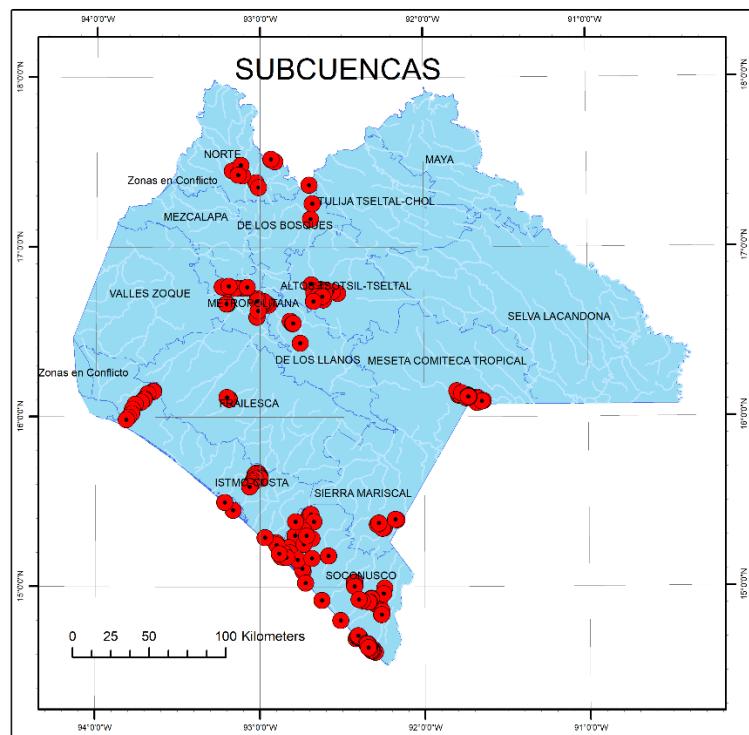


Ilustración 6. Mapa Subcuencas investigadas

Fuente: Elaboración propia

5.8 CALIDAD DEL AGUA

5.8.1 Parámetros de Calidad del Agua ICA

Para el análisis estadístico de los parámetros recabados es importante conocer los parámetros del agua que nos servirían para determinar la calidad del agua, de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA 2018), los indicadores básicos de calidad de agua superficial, cuerpos de agua loticos (ríos, arroyos y corrientes), los indicadores básicos son:

i	Sub _i	W _i
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO5	0.1
4	Nitratos	0.1
5	Fosfatos	0.1
6	Temperatura	0.1
7	Turbidez	0.8
8	Solidos disueltos totales	0.8
9	Oxígeno disuelto	0.17

Tabla 2. Tabla de parámetros a considerar para el cálculo del índice de calidad del agua

Fuente: CONAGUA 2018

5.8.2 MUESTRA

Para continuar y abordar cada uno de los parámetros para el análisis de la información recabada es importante calcular la muestra, la muestra que es definida por diferentes autores como una porción representativa de una población, al igual es definida como un subconjunto de la población y menciona que para ser representativa debe tener las mismas características de la población Martin-Pliego F.J. (2011). Es decir que se utilizó

la formula estandar para poblaciones finitas que recomienda la estadistica probabilistica para calcular el tamaño de la muestra, en otras palabras calcular la muestra nos ayudará a tener un mayor nivel de confianza que le de validez a los resultados obtenidos en el análisis de los parametros recabados de los artículos academicos seleccionados, para esto es importante mencionar que en primer paso es obtener el promedio de cada uno de los parametros fisicos, quimicos y biologicos que recomienda CONAGUA para determinar el nivel de aceptabilidad del agua, en segundo paso sera analizar cada uno de los parametros bajo las ponderaciones establecidas por la normatividad e instituciones para determinar la calidad del agua, por ultimo presentamos la siguiente formula para poblaciones finitas.

$$n = \frac{Z^2 p^2 q^2}{E^2}$$

$$n = \frac{N Z^2 p^2 q^2}{(N-1) E^2 + Z^2 p^2 q^2}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra.

Z = Factor de confiabilidad al 90%.

E = Margen de error máximo permisible.

N = Población de estudio.

p = Probabilidad de que ocurra el suceso esperado.

q = Complemento de p .

En resumen sustituyendo valores en la formula para el cálculo de la muestra con una población finita y poder determinar la muestra e identificar los parametros a considerar para el desarrollo de la formula por consiguiente tenemos que una población de 30 para este caso articulos academicos con un nivel de confianza del 90% con un margen de error del 15% obtenemos una muestra de 6 articulos, en resumen 6 articulos de los 30 deberan de haber abordado el analisis del parametro fisico, quimico o biologico en cuestion para considerarlo como importante en el calculo de la calidad del agua.

CALCULO DE LA MUESTRA		
DATOS	CONCEPTO	VALORES
N	Tamaño de la población	30
Z	Valor Z para el nivel de confianza	1.645
p	Proporción esperada de éxito	0.5
q	1-p	0.5
E	Margen de error permitido	0.25
Numerador	$N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q$	20.2951875
Denominador	$(N - 1) \cdot E^2 + Z^2 \cdot p \cdot q$	2.48900625
Muestra		8.15393192

Tabla 3. Cálculo de muestra

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, una vez que obtuvimos el tamaño de la muestra, se abordó el cálculo del índice de calidad del agua abordando la formula que recomienda la normatividad e instituciones como CONAGUA, en específico por otro lado existen distintas metodologías para determinar un parámetro que cuantifique la calidad del agua a continuación se desarrollara una recomendada por (SNET, 2022), para el caso de la investigación de las investigaciones de tipo cuantitativo se utilizarán promedio de cada parámetro de los

diferentes estudios académicos en ya representados anteriormente en los mapas, bajo la fórmula aritmética y geométricas tal y como propone el índice de Brown.

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i w_i)$$

La metodología propone abordar cada uno de los parámetros y analizar de acuerdo a las gráficas que a continuación se presentan, en cada uno de los parámetros a analizar la metodología indica del valor del resultado del análisis o en este caso el reportado se buscar el subíndice que le corresponde de acuerdo a la gráfica y posteriormente se aplicara la fórmula de Brown para calcular el índice de calidad del agua.

5.8.3 CÁLCULO DE ÍNDICE DE COLIFORMES FÉCALES

Para el caso el primer subíndice denominado coliformes fécales del total de artículos seleccionados ocho artículos contemplaron el análisis que en comparación al número mínimo de artículos que debieron considerar el artículo es 4 artículos está por arriba de nivel artículos para que se obtenga un valor confiable, de los coliformes totales y el promedio nos da un resultado de 15730.82 el cual se encuentra en el eje x ubicamos el valor e identificamos el valor del Sub_i que este caso sería el valor de 9.5, de acuerdo a la fórmula de Brown se realizó la multiplicación de $(Sub_i * w_i)$ y obtenemos un valor de 1.425 y en esta explicación para las demás pesos y ponderaciones.

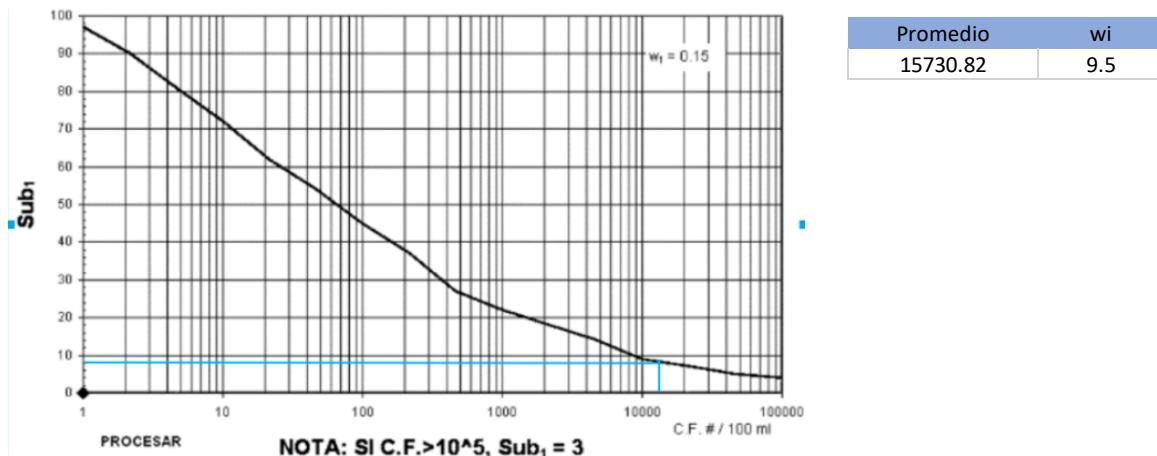


Ilustración 7. Grafica para la valoración de coliformes fecales
 Fuente: Elaboración propia

5.8. 4 CÁLCULO DE POTENCIAL DE HIDROGENA PH

Analizaremos el potencial de hidrogeno (pH) el subíndice número dos, 27 artículos y tomando en cuenta del número de muestra tomado de 4 artículos como mínimo para el nivel de confianza de los resultados realizaron el análisis del parámetro de pH del agua del total de artículos, el valor mínimo de la muestra es de 3.5 es un parámetro acido y su valor máximo de las muestras tomadas alcanzo un valor de 10.84 un valor alcalino y en su promedio que es un valor de 7.81 que es ligeramente alcalino, el valor promedio encuentra en el eje x ubicamos el valor e identificamos el valor del Subi que este caso sería el valor de 86 que se interpretaría como un valor que representaría que el agua estaría dentro de los parámetros de calidad del agua, de acuerdo a la fórmula de Brown se realizó la multiplicación de (Subi * wi) y obtenemos un valor 10.32

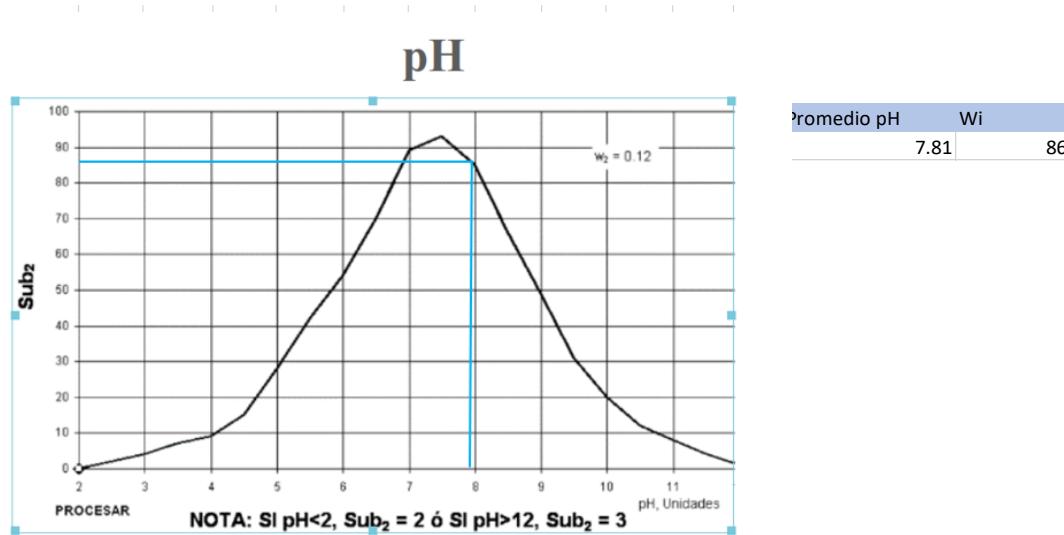


Figura. Valoración de la calidad del agua en función al pH.
Fuente: Elaboración propia.

5.8.5 CÁLCULO DE DEMANDA BIOLOGÍA DE OXÍGENO DBO5

Continuando con la metodología en este apartado analizaremos la demanda bioquímica de oxígeno DBO5 este parámetro representa la cantidad de oxígeno que se consume por la descomposición de materia orgánica en un periodo de 5 días este indicador fue analizado en 10 artículos académicos del total de la base que tenemos seleccionadas y que estas realizaron el análisis de DBO5 y su valor mínimo 0.5 en un artículo que fue ubicado en la costa de Chiapas y su valor máximo en la ciudad de San Cristóbal de las Casas en el río de San Felipe, de los parámetros analizados en las muestras tienen un promedio de 17.84 aplicando el mismo procedimiento identificamos el valor en el eje para obtener el valor de w_i que en este caso sería 15, de acuerdo a la fórmula de Brown se realizó la multiplicación de $(Sub_i * w_i)$ y obtenemos un valor de 1.5 realizando el valor del promedio y el peso de acuerdo a la tabla de pesos recomendado para el cálculo del ICA.

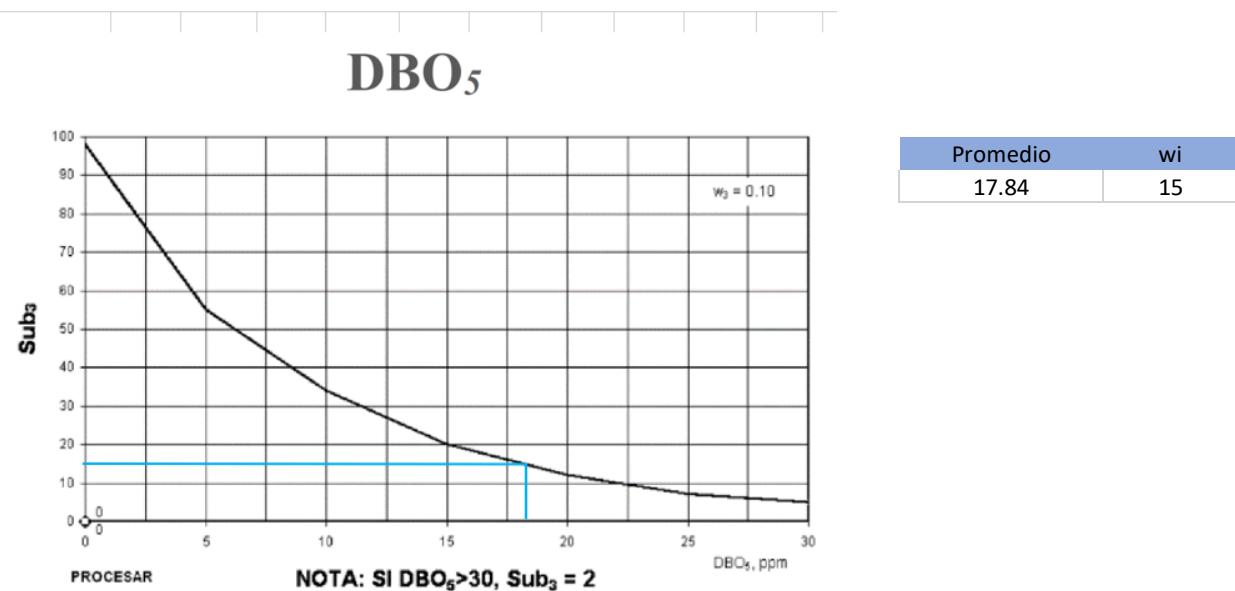


Figura. Valoración de la calidad del agua en función a la DB05.
Fuente: Elaboración propia.

5.8.6 CÁLCULO DE NITRATOS NO₃

El indicador de nitratos (NO₃) a partir de la investigación de los fundamentos teóricos esta característica del agua puede contribuir a la eutrofización de la misma, los nitratos también pueden ser causantes de problemas en la salud, si el agua fuera utilizada para consumo, 10 artículos realizaron el análisis de este parámetro en valor mínimo de los resultados es 0 que representaría la ausencia total de los nitratos en el agua , para su valor máximo es de 379.04 que corresponde el valor más alto al río Grijalva entre Tabasco y Chiapas el cual por el valor de los resultados el artículo concluye en el proceso de eutrofización, por otro lado el promedio de los parámetros es de 36.94 que de acuerdo a la OMS se encuentra en los parámetros de calidad regular, aplicando la fórmula de Brown

para el cálculo del ICA procedemos a identificar los valores en el representación graficas en el eje X y el eje Y

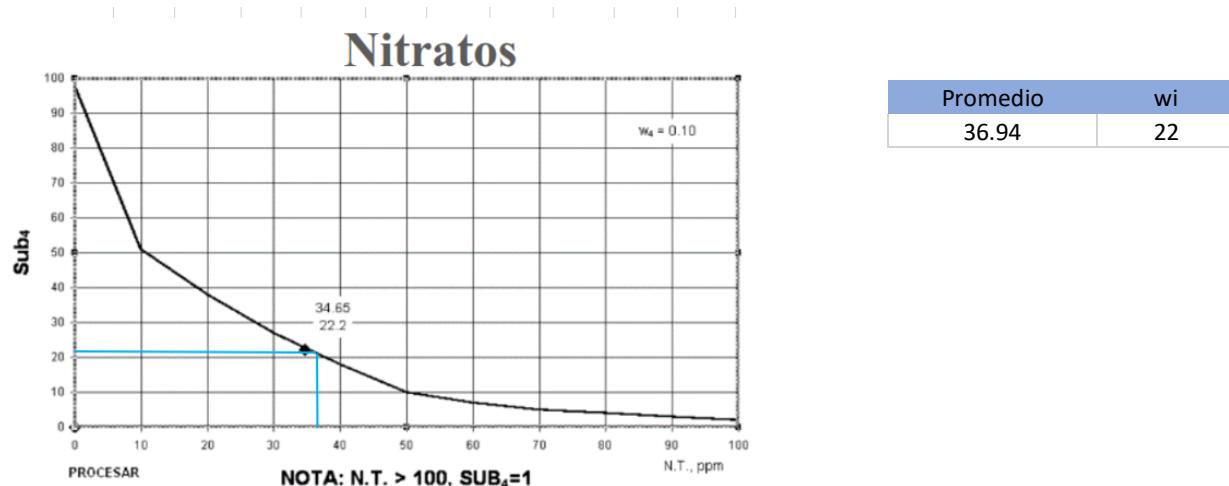


Figura. Valoración de la calidad del agua en función a Nitratos
Fuente: Elaboración propia.

5.8.7 CÁLCULO DE FOSFATOS

Continuando con la metodología para determinar la calidad del agua se analizó el indicador de fosfatos, en la investigación en diferentes repositorios y de los artículos seleccionados este parámetro es el menos atendido por los investigadores e instituciones ya que del número total de artículos académicos, únicamente 4 artículos realizaron el análisis y de acuerdo a la muestra con una población de 30 artículos el de esta característica del agua en su valor mínimo tiene un valor de 0.03 y su valor máximo de 3.68 y el valor promedio es de 1.35



Promedio	wi
1.35	36

Figura. Valoración de la calidad del agua en función a los fosfatos

Fuente: Elaboración propia.

5.8.8 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA °C

La temperatura del agua puede representar muchos factores pero cuando se analiza desde una comparativa entre la diferencia entre la temperatura del entorno y la temperatura del agua ese cambio podía representar contaminación si es más elevada de la temperatura del medio ambiente, de esto derivaría menos organismos vivos en el agua e impactar la vida acuática en cuerpos de agua pero hay que considerar que la variabilidad del resultado también está relacionado con la ubicación geográfica del cuerpo de agua, este parámetro lo analizan 27 artículos de los artículos seleccionados, con un valor mínimo en la temperatura de 3.55 °C es realizada de un pozo de agua lo cual es comprensible que su temperatura se encuentre muy por debajo del promedio esta investigación fue realizada en la ciudad de Chiapa de Corzo, por otro lado el valor máximo de la temperatura de agua reportada es de 37.9 °C que se encuentra en Acacoyagua en el río Cacaluta en la región costa del estado de Chiapas, es importante mencionar que los estudios no presentan el análisis del cambio de temperatura solo reportan la temperatura del cuerpo de agua y para este estudio es importante y tener resultados confiables y no exista un valor determinante en el resultado es por eso que del promedio que reporta que es de 26.52 °C consideramos un cambio de temperatura de 2.5 grados centígrados para que no exista variación en el resultado tal como se presenta en la siguiente gráfica para su análisis e identificar los parámetros en el eje X y el eje Y.

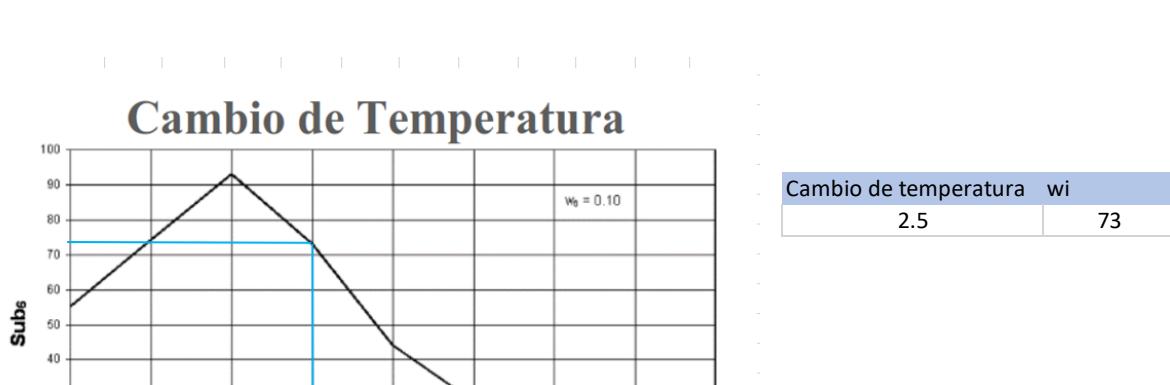


Figura. Valoración de la calidad del agua en función al cambio de temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

5.8.9 CÁLCULO DE TURBIDEZ

La turbidez otro de los indicadores importantes para medir la calidad del agua ya que representa el nivel de claridad del agua y puede interpretarse como sedimentos o partículas flotando en el cuerpo de agua, por otro lado un alta turbidez en el agua puede impedir el paso de los rayos del sol y dificultar el proceso de fotosíntesis e impactar en la vida acuática en los artículos seleccionados 8 artículos abordan el análisis de la turbidez del agua y en sus valores mínimos se encuentra el valor -0.1 ubicado en el municipio de Acala realizado en un cuerpo de agua subterráneo y su valor máximo 1106.67 y el valor es alto por ser una análisis en un cuerpo de agua que recibe descargas de aguas residuales, y obteniendo el promedio de los valores rescatados se tiene el valor de 72.10 y respetando la metodología identificaremos en la siguiente grafica los valores de w_i .

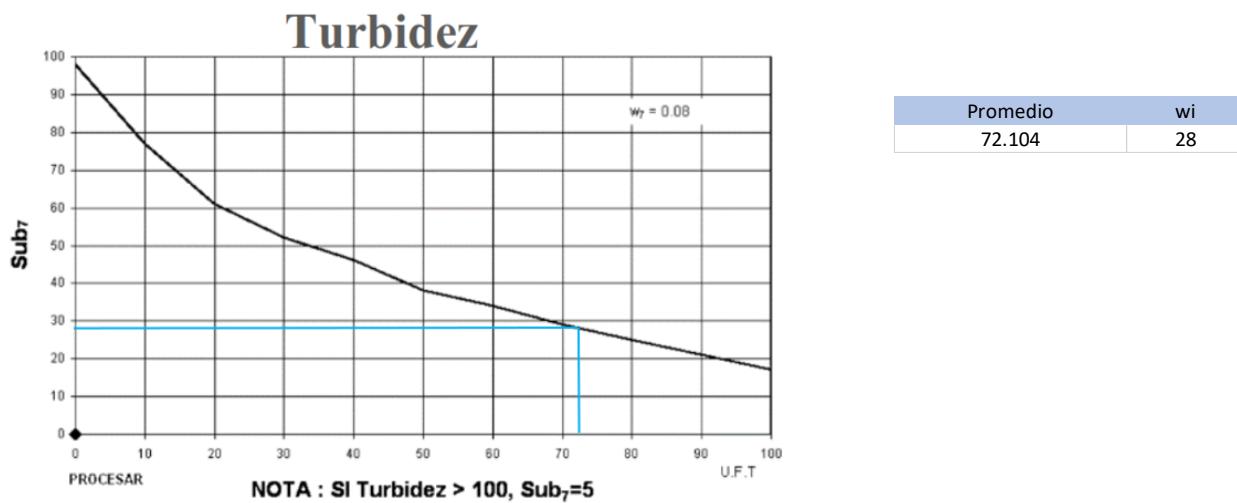


Figura. Valoración de la calidad del agua en función a la Turbidez
Fuente: Elaboración propia.

5.8.10 CÁLCULO DE SOLIDOS DISUELtos TOTALES (SDT)

Los sólidos disueltos totales se interpreta a la cantidad de sustancias o sólidos que se encuentran disueltas en el agua y tiene relación directa con la turbidez del agua, tal y como se ve en la siguiente grafica si existe un mayor número de sólidos en el agua su calidad disminuirá ya que dependería de la cantidad de residuos que pueden afectar a la salud si esta llegara a consumirse, continuando con la metodología para el cálculo de la calidad del agua, identificaremos que del total de estudios académicos que abordaron el análisis de este parámetro 8 artículos lo realizaron del cual su valor mínimo es de 45.9 muestra tomada del río el Sabinal en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y un valor máximo de 1122.5 en la ciudad de Chiapa de Corzo con un dato promedio de 372.0 2.

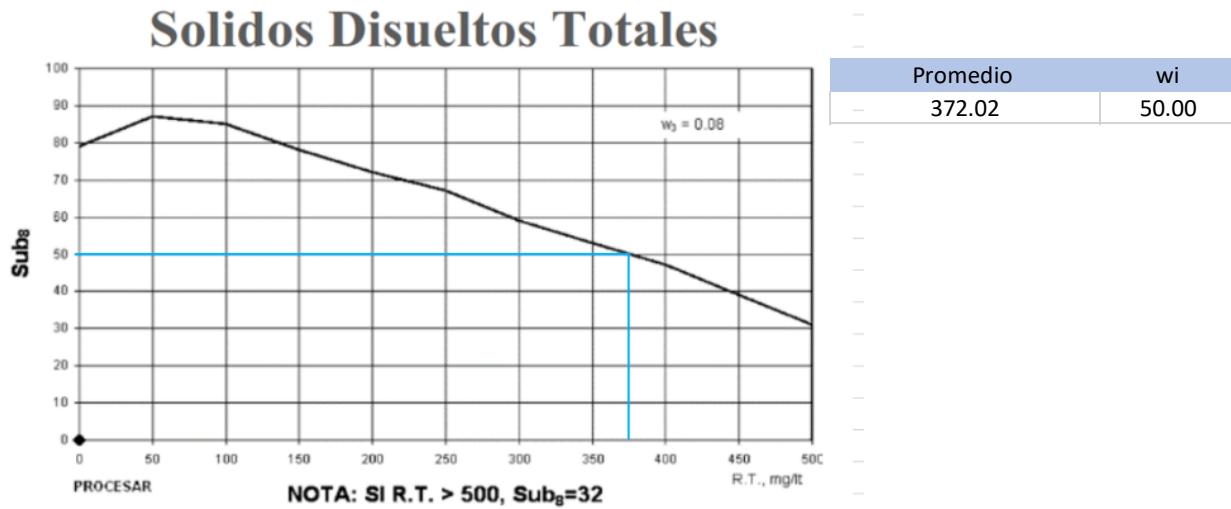


Figura. Valoración de la calidad del agua en función a los

Solidos disueltos totales

Fuente: Elaboración propia.

5.8.11 CÁLCULO DE OXÍGENO DISUELTO OD

El oxígeno disuelto es un parámetro de importancia para determinar la calidad del agua ya que el oxígeno disponible en un cuerpo de agua es importante para mantener la vida de organismos acuáticos por lo tanto un nivel bajo del oxígeno disuelto podría indicar un nivel bajo de agua tal y como se interpreta en la siguiente gráfica, 18 artículos de los seleccionados reportaron el análisis del oxígeno disuelto y dentro de sus valores reportados tenemos el valor mínimo 0.1 realizado en la costa de Chiapas en la región de soconusco el valor se podría interpretar que existen zonas de cultivo muy próximos al cuerpo de agua, para su valor máximo 9.41 y un promedio de 5.75 continuando con la metodología ubicaremos en el eje Y el valor de w_i .

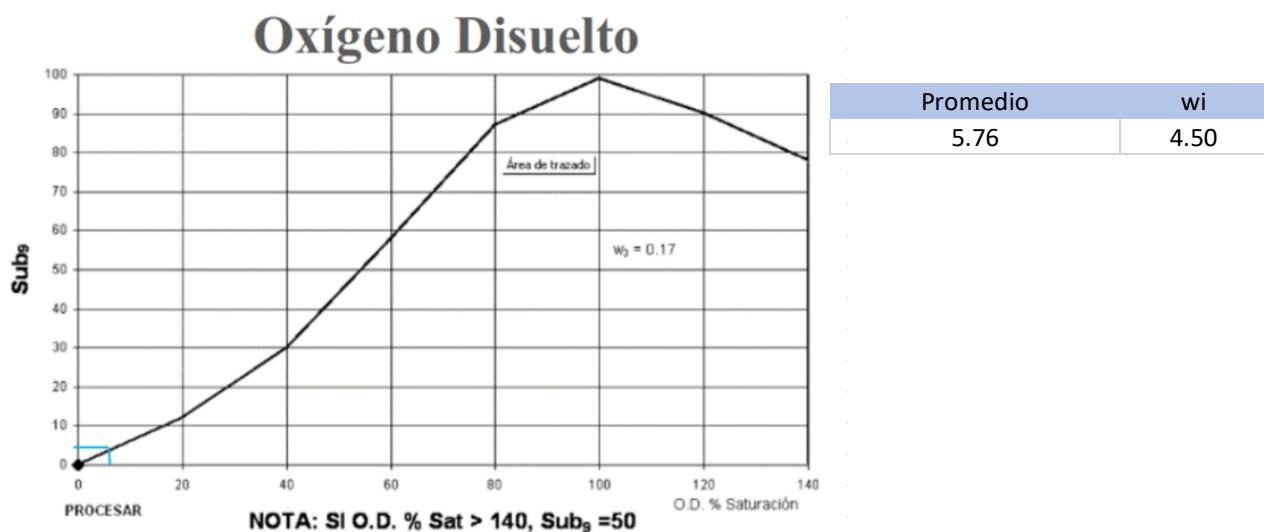


Figura. Valoración de la calidad del agua en función al oxígeno disuelto
 Fuente: Elaboración propia.

5.8.12 CALCULO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Una vez realizado la metodología para identificar los pesos (w_i) e identificar los valores del ICA como siguiente paso de la metodología, Se desarrollo la siguiente tabla que representa los valores encontrados en el análisis anterior presentado en las gráficas.

i	Parametro	Valores	Sub i	Wi	Sub i * wi	Sub i ^wi
1	Coliformes Fecales	16062.00	9.5	0.15	1.425	1.40171119
2	pH	7.81	86	0.12	10.32	1.70663172
3	DBO5	17.84	15	0.1	1.5	1.31101942
4	Nitratos	36.94	22	0.1	2.2	1.36220437
5	Fosfatos	1.35	36	0.1	3.6	1.43096908
6	Cambio de Temperatura	2.50	73	0.1	7.3	1.53579159
7	Turbidez	72.10	28	0.08	2.24	1.30548727
8	Solidos Disueltos Totales	372.02	50	0.08	4	1.36746935
9	Oxigeno Disuelto	5.76	4.5	0.17	0.765	1.29135642

Figura. Calidad del agua en función sus parámetros
Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que desarrollaremos las siguientes fórmulas de Brown para el cálculo del índice de calidad con la siguiente formula de promedio aritmético y promedio geométrico respectivamente se presentan las fórmulas a aplicar durante el desarrollo de la metodología

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

$$ICA_m = \prod_{1}^9 (Sub_i w_i)$$

por lo tanto, $ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$ sería la sumatoria del valor del Sub 1 *wi + Sub 2 *wi+Sub 3 *wi...+Sub 9 *wi en este caso sustituyendo valores de la tabla anterior se

obtiene un resultado de 33.35 como índice de calidad del agua tal como se representa en la siguiente tabla.

i	Parametro	Subi* wi
1	Coliformes Fecales	1.425
2	pH	10.32
3	DBO5	1.5
4	Nitratos	2.2
5	Fosfatos	3.6
6	Cambio de Temperatura	7.3
7	Turbidez	2.24
8	Solidos Disueltos Totales	4
9	Oxigeno Disuelto	0.765
Total		33.35

Figura. Valoración de la calidad del agua en función a los coliformes fecales.

Fuente: Elaboración propia

Para la aplicación de la siguiente formula $ICA_m = \prod_{i=1}^9 \text{Subi}^{\text{wi}}$ desarrollaríamos e interpretando

se resuelve de la siguiente forma el primer indicador de la elevación del valor del Sub1 se multiplica por el valor de wi y se obtiene el valor de Subi^wi la formula nos dice que el Subi^wi1 * Subi^wi2 * Subi^wi3 * Subi^wi4... hasta el Subi^wi9 es un resultado más estricto por lo que nos da un resultado con un valor más bajo para este caso nos arroja 21.64 tal y como se muestra la siguiente tabla.

i	Parametro	Subi^wi
1	Coliformes Fecales	1.40171119
2	pH	1.70663172
3	DBO5	1.31101942
4	Nitratos	1.36220437
5	Fosfatos	1.43096908
6	Cambio de Temperatura	1.53570150

Figura. Calculo de Valor geométrico multiplicativo
Fuente: Elaboración propia

Una vez desarrollado la metodología que propone Brown para el cálculo del Índice de Calidad del agua a partir de la evaluación de los 9 parámetros básicos y haber obtenido los siguientes resultados, el siguiente paso es identificar el valor obtenido en la siguiente tabla para determinar la clasificación a partir del resultado para este caso con la aplicación de la formula aritmética obtenemos un valor de 33.35 que se encuentra en la clasificación de mala y con el desarrollo de la siguiente formula la geométrica obtenemos una clasificación de agua Pésima.

5.8.13 RESULTADO DEL ANÁLISIS CALIDAD DEL AGUA

Desarrollando la siguiente formula $ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$ $ICA= 33.25$ Mala

Desarrollando la siguiente formula $ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i w_i)$ $ICA= 21.62$ Pésima

ICA	Clasificación	Color
0-25	Pésima	Red
26-50	Mala	Yellow
51-70	Regular	Grey
71-90	Buena	Blue
91-100	Excelente	Dark Blue

Figura. Valoración de la calidad del agua en función a sus parámetros básicos

Fuente:

Para comprender mejor los resultados de los indicadores y las tablas se representan en la siguiente tabla la comparación del agua como clasificación buena y mala en comparación a los promedios de cada uno de los parámetros analizados en los estudios académicos, para poder graficar estos parámetros se construyó la siguiente tabla.

Comparacion de la calidad del agua a la real							
i	Parametro	wi	sbi 25%	Subi70%	Muy mala	Buena	Valor real
1	Coliformes Fecales	0.15	25	90	3.75	13.5	1.425
2	pH	0.12	25	90	3	10.8	10.32
3	DBO5	0.1	25	90	2.5	9	1.5
4	Nitratos	0.1	25	90	2.5	9	2.2
5	Fosfatos	0.1	25	90	2.5	9	3.6
6	Cambio de Temperatura	0.1	25	90	2.5	9	7.3
7	Turbidez	0.08	25	90	2	7.2	2.24
8	Solidos Disueltos Totales	0.08	25	90	2	7.2	4
9	Oxigeno Disuelto	0.17	25	90	4.25	15.3	0.765
					25	90	33.35

Figura. Tabla de comparación de parámetros reales vs calidad muy mala y buenas del agua.

Fuente: Elaboración propia

Cada uno de los parámetros en la metodología para calcular la calidad del agua van de acuerdo a los parámetros en la escala del 0 al 100 de acuerdo a su calidad por lo que la tabla se elaboró de acuerdo a la figura de clasificación se tomó el porcentaje de mala y buena y se calcularon el valor de cada uno de los parámetros multiplicados por el peso wi que marca la metodología para poder ser graficados y da como resultado la siguiente grafica la línea de color verde representa los parámetros para la clasificación de agua de calidad buena con un 90% de calidad del agua la línea verde representa el agua en la clasificación de mala calidad con un 25% de calidad y la línea de color gris representa los promedios de los parámetros de los estudios realizados en diferentes cuerpos de agua del estado de Chiapas.

Calidad del agua



Gráfica. Comparación del valor de los parámetros del agua.
Fuente: Elaboración propia

6.9 SOCIOECONÓMICAS

Por otra parte, el tema socioeconómico y la actividad económica tiene una estrecha relación entre la población y el uso del agua, las actividades socioeconómicas y el consumismo son elementos claves para mantener una relación responsable sostenible entre la población y la disponibilidad de los recursos naturales. De acuerdo al Consejo Nacional de Evaluación de la Política y Desarrollo Social (CONAPO 2018) para el estado de Chiapas en la siguiente tabla se ve reflejado un aumento de la pobreza en varios indicadores dentro de estos los espacios de vivienda y servicios básicos.

Medición de la pobreza, Chiapas, serie 2008-2018						
Porcentaje, número de personas y carencias promedio por indicador de pobreza, 2008-2018						
Indicadores		Miles de personas				
		2008	2010	2012	2014	2016
Pobreza						
Población en situación de pobreza		3,682.3	3,866.3	3,782.3	3,961.0	4,114.0
Población en situación de pobreza moderada		1,831.5	1,980.9	2,153.1	2,306.6	2,615.3
Población en situación de pobreza extrema		1,850.8	1,885.4	1,629.2	1,654.4	1,498.6
Población vulnerable por carencias sociales		760.5	641.4	869.7	793.3	736.4
Población vulnerable por ingresos		70.6	116.7	87.6	129.8	145.5
Población no pobre y no vulnerable		268.2	301.9	324.5	313.5	341.2
Privación social						
Población con al menos una carencia social		4,442.8	4,507.7	4,652.1	4,754.3	4,850.4
Población con al menos tres carencias sociales		2,960.3	2,817.2	2,519.7	2,492.9	2,168.7
Indicadores de carencia social						
Rezago educativo		1,815.6	1,724.9	1,695.5	1,593.9	1,548.4
Carencia por acceso a los servicios de salud		2,444.4	1,743.3	1,263.1	1,073.4	802.6
Carencia por acceso a la seguridad social		4,084.5	4,057.8	4,217.8	4,301.4	4,328.4
Carencia por calidad y espacios de la vivienda		1,833.8	1,638.0	1,476.1	1,398.3	1,309.0
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda		2,541.9	2,990.0	2,878.6	2,982.4	2,791.6
Carencia por acceso a la alimentación		1,253.0	1,493.3	1,252.4	1,430.5	1,036.9
Bienestar						
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza extrema por ingresos		2,306.0	2,507.1	2,365.2	2,518.6	2,662.4
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos		3,752.9	3,983.0	3,869.9	4,090.8	4,259.5
						4,311.4

Tabla. Medición de la pobreza

Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2008, 2010, 2012, 2014 y el MEC del MCS-ENIGH 2016 y 2018.

Por otra parte, diferentes artículos académicos consideran a una cuenca como un sistema del medio ambiente que está compuesta por las interacciones del subsistema social, económico demográfico y biofísico. (Jorge Faustino, 2000), y que sin duda representa un riesgo económico la falta de conocimiento del estado actual de las cuencas de las cuales se abastecen los asentamientos que dependen directamente de la disponibilidad y la calidad del agua.

1. NÚMERO DE VIVIENDAS QUE DEPENDEN DE LA CUENCA

De acuerdo al Programa Regional de Desarrollo Región XIV Meseta Comiteca Tojolabal (2010) la región representa el 8.70% de la población estatal haciendo un total de 417,522 habitantes de los más poblados Comitán de Domínguez y Margaritas, El Programa Regional de Desarrollo Región Metropolitana (2010) menciona que cuenta con un numero 705,201 habitantes y estas dependen de este cuerpo de agua, Menciona El Programa Regional de Desarrollo Región Soconusco (2010) donde reside el cuerpo de agua con mismo nombre comprende una población de 710,716 habitantes, la región del Istmo-Costa comprende una población de 80,316 habitantes de acuerdo a El Programa Regional de Desarrollo Región Istmo-Costa (2010), entre otras poblaciones de importancia en el estado estas dependen directamente de un cuerpo de agua para la realización de actividades domésticas y económicas.

2. INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

A pesar de que la Comisión del Agua Estatal y Saneamiento (2006) menciona que se destinan 34 millones 557 mil 267 pesos para realizar la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario (2^a etapa); construcción de humedales para el saneamiento, plantas de tratamiento de aguas residuales, en el estado se ve la vulnerabilidad de muchas regiones por no contar con dicho servicio a pesar de que la Instituciones Gubernamentales mencionan que las plantas tratadoras de agua trabajan en su totalidad, por otra parte la Secretaria de Protección Civil del Estado de Chiapas (comunicado 2023) presento un mapa de riesgos por contaminación del agua, el cual identifican 323 plantas de tratamiento, de las que pertenecen activas solo 116, se estima que tiene un caudal de

9549 litros por segundo y que solo 1045 son tratadas de forma adecuada, el cual representa un riesgo para el estado.

El consejo nacional de Evaluación de la política y Desarrollo social (CONAPO 2020), presenta datos de acuerdo a las siguientes tablas para el estado de Chiapas dentro de ellos como ejemplo los municipios con mayor índice de personas sin el servicio de agua entubada y saneamiento.

Clave Municipio	Municipio	Ocupantes en viviendas sin agua entubada en el ámbito de la vivienda
64	Oxchuc	70.05
22	Chalchihuitán	48.64
10	Bejucal Ocampo	41.43
82	Sitalá	39.77
24	Chanal	34.39
007	Amatenango del Valle	27.52
112	San Juan Cancuc	27.05
111	Zinacantán	26.31
102	Tuxtla Chico	25.88
056	Mitontic	24.50

Tabla 3. Habitantes sin servicios de agua entubada

3. NIVEL DE MARGINACIÓN

En 1993 el CONAPO publicó el documento Indicadores socioeconómicos e índice de marginación municipal 1990, define a el índice de marginación como una medidaresumen que permite diferenciar los estados y municipios del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas.

De acuerdo al Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Chiapas (2020) a nivel nacional el estado se encuentra en la segunda posición del índice de marginación más alto para indicadores como ocupantes en viviendas particulares sin agua entubada, ocupantes en viviendas particulares sin drenaje ni sanitario, población analfabeta de 15 años o más, entre otros indicadores que representan una debilidad sanitaria y calidad de vida.

4. USO DE SUELO

El suelo es un bien heterogéneo, finito e inamovible, aunque sustituible vis a vis otros factores (trabajo y/o capital) bajo ciertas condiciones y, por tanto, ciertos terrenos o lugares son más deseables que otros y las actividades que allí se realizan o se localizan pueden obtener mayores rentas y minimizar costos en función de su accesibilidad y su cercanía relativa a los mercados (Bish, R.1998), en el estado de Chiapas existe actividades principales que se ejercen y la mayor parte de sus actividades radican en la producción primaria. De acuerdo a Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI 2014) presenta las actividades principales en el estado, estas actividades demandan grandes cantidades de agua para poder llevarse a cabo.

ESTRUCTURA DEL USO DE SUELO POR PRINCIPALES USOS 2014		
USO DE SUELO	km2	%
Superficie con bosques y selvas primarios	11,467.98	15.58
superficie con bosques y selvas secundarios	22,024.58	29.92
superficie dedicada a la agricultura	16,003.67	21.74
superficie con pastos y uso ganadero	19,327.41	26.26
total, principales usos	68,823.64	93.50

Tabla 4. Uso de suelo en el Estado de Chiapas

7.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA

Durante el proceso de revisión documental se realizó la búsqueda para estructurar este documento de análisis en repositorios institucionales base de datos de instituciones públicas del estado, bases de datos académicas, de artículos científicos, informes técnicos, tesis universitarias en la modalidad de acceso abierto, profundizando en documentos en español e inglés, con apoyo de motores de búsqueda de información científica y académica, por otro lado se documentó sobre temas del Agua, Su importancia, Calidad del agua, Normatividad, Cálculo del índice de calidad (ICA), Uso del ArcGIS.

7.2 INVESTIGACIONES CUANTITATIVAS REALIZADAS EN EL ESTADO

Se revisaron 50 artículos de índole cuantitativa encontradas en las plataformas de instituciones y gubernamentales, se revisaron 20 artículos de índole cualitativo de cuales 7 investigaciones cumplen con los criterios de inclusión y un documento que fue abordado por una institución extranjera y está redactado en inglés.

NO	TITULO INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA	DOCUMENTO	AÑO
1	Acceso, abasto y control del agua en una comunidad indígena Chamula en Chiapas, Un análisis a través de la perspectiva de género, ambiente y desarrollo.	Artículo de investigación	2007
2	Análisis de la calidad del agua superficial del río Sabinal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	Artículo de investigación	2009
3	Bacterias coliformes totales, fecales y patógenos en el sistema laguna Chantuto-Panzacola, Chiapas.	Artículo de investigación	1995
4	Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas.	Artículo de investigación	2000
5	Calidad de agua del río Grijalva en la frontera de Chiapas y Tabasco.	Artículo de investigación	2018

6	Calidad del agua del río Zanatenco en el estado de Chiapas.	Artículo de investigación	2006
7	Cambios en el uso del suelo afectan la calidad del agua y la concentración de clorofila en arroyos tropicales.	TESIS MAESTRIA	2023
8	Caracterización de uso de suelo y evaluación de la calidad riparia del río Cacaluta, Acacoyagua, Chiapas.	TESIS MAESTRIA	2014
9	Concentración y distribución vertical de la clorofila-anfitoplanctonica en los lagos de Montebello Chiapas.	Artículo de investigación	2015
10	Diagnóstico de la calidad del suelo y el agua en una parcela de cacao en Huehuetán, Chiapas.	Artículo de investigación	2019
11	Dinámica de la calidad de agua y variación de los nutrientes en los ríos Vado Ancho y Despoblado en Chiapas.	Artículo de investigación	2015
12	El agua en la frontera Chiapas-Guatemala.	Artículo de investigación	2020
13	El estudio de las percepciones de la gestión de la calidad del agua, una herramienta para fortalecer la participación pública	Artículo de investigación	2010

14	Evaluación cuantitativa del riesgo microbiológico por consumo de agua en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México	Artículo de investigación	2016
15	Evaluación de la calidad del agua y de la Ribera en la cuenca del río Margaritas, Chiapas, México	Artículo de investigación	2022
16	Hidroquímica y calidad del agua para riego de las RH 21 y 23 costa Oaxaca y costa Chiapas	Artículo de investigación	2023
17	Impacto del sitio de disposición final de residuos de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y su relación con la calidad del agua subterránea	Artículo de investigación	2007
18	Índices tróficos de importancia ecológica y su relación con algunas variables físico-químicas en el sistema	Artículo de investigación	2014
19	Percepciones ambientales de la calidad de agua superficial en la microcuenca del río Fogótico	Artículo de investigación	2010
20	Percepciones de la calidad y de la gestión de las aguas superficiales de la cuenca de San Cristóbal, Chiapas	Tesis Doctorado	2010

21	Percepciones y calidad de agua en comunidades rurales del ANP la encrucijada	Artículo de investigación	2019
22	Caracterización de Agua y Sedimentos de dos lagos del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Comitán de Domínguez Chiapas.	Tesis Licenciatura	2017
23	Caracterización de los lixiviados en las dos lagunas de evaporación del relleno sanitario de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.	Artículo de investigación	2008
24	Caracterización fisicoquímica y microbiológica del río Sabinal en dos épocas del año (lluvia y estiaje) para la determinación de la calidad del agua por medio de la aplicación de Índices de Calidad (ICA)	Tesis Licenciatura	2020
25	Diagnóstico de la calidad del agua en la cuenca baja del río cuxtepeques, La Concordia, Chiapas.	Tesis Licenciatura	2012
26	Estudio preliminar de la comunidad bentónica de los Lagos de Montebello, Chiapas, México	Artículo de investigación	2015

27	Evaluación de endosulfan, DDT, dieldrín y metales pesados en sedimentos de los lagos La Encantada y Agua Tinta del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Comitán de Domínguez, Chiapas en temporada de lluvias	Proyecto Licenciatura	2017
28	Evaluación de la calidad del agua del río lagartero (Arriaga, Chiapas, México)	Residencia Profesional	2015
29	Evaluación microbiológica del arroyo San Roque de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	Artículo de investigación	2013
30	Fármacos y disruptores endócrinos en cuerpos de agua superficial impactados por descargas de aguas residuales de Tapachula Chiapas, México	Tesis Maestría	2013
31	Metales pesados en aguas del procesamiento húmedo de café y en ríos de la región del Soconusco, Chiapas	Tesis Maestría	2006
32	Human pressure on water quality and water yield in the upper Grijalva river basin in the México-Guatemala border	Artículo de investigación	2011

Tabla 5. Investigaciones que cumplen criterios de selección

NO.	TITULO INVESTIGACIÓN CUALITATIVA	TIPO DOCUMENTO	AÑO
1	El estudio de las percepciones de la gestión de la calidad del agua una herramienta para fortalecer la participación publica	Artículo de investigación	2010
2	Estudio de la percepción ambiental geográfica de la contaminación de un arroyo urbano, Tonalá, Chiapas.	Artículo de investigación	2021
3	Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida la encrucijada, Chiapas, México	Artículo de investigación	2019
4	Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río fogótico, Chiapas	Artículo de investigación	2009
5	Impacto diferenciado de la normativa hídrica gubernamental en función de la posición geográfica de dos localidades en la subcuenca del río grande y parque nacional lagunas de Montebello, Chiapas, México	Artículo de investigación	2023

6	Cambios en el uso del suelo afectan la calidad del agua y la concentración de clorofila en arroyos tropicales	Artículo de investigación	2023
7	Caracterización de uso de suelo y evaluación de la calidad raparía del rio Cacaluta, Acacoyagua, Chiapas México.	Tesis Maestría	2014

Tabla 6. Investigaciones que cumplen criterios de selección

7.3 CREACIÓN DE BASE DE DATOS

Para todos los casos se generó la base de datos en Excel con información necesaria para ubicar las investigaciones y numero de muestras en el mapa de Chiapas. con el apoyo de la base de datos podremos generar estadísticas sobre los parámetros.

7.4 REPRESENTACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES CUANTITATIVAS EN EL MAPA DE CHIAPAS.

A partir de la creación de base de datos en Excel, se proyectaron las ubicaciones de los estudios realizados dentro del territorio del estado de Chiapas.

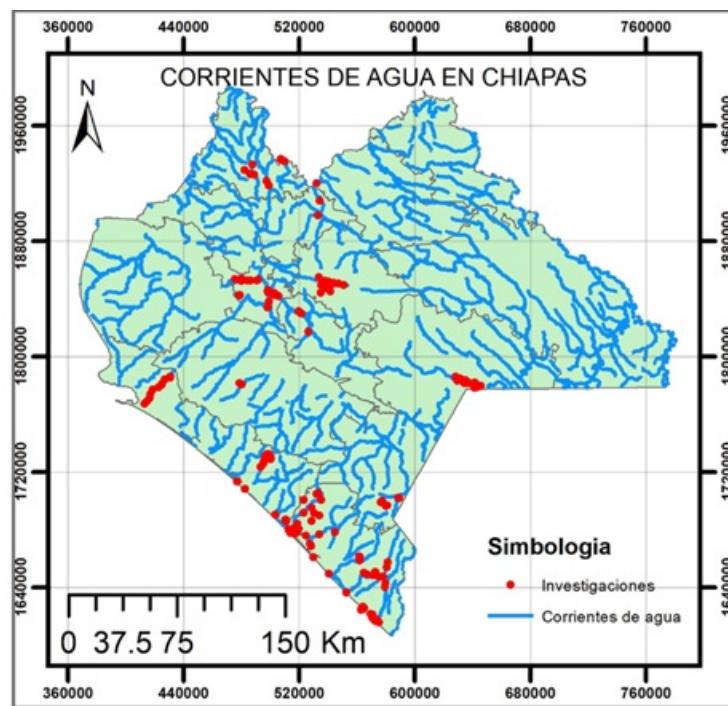


Ilustración 8 Corrientes de agua en Chiapas

7.5 CLASIFICACION DE DOCUMENTOS Y PORCENTAJES POR TIPO DE AGUA.

El 34% de los documentos encontrados son documentos académicos y en su mayor porcentaje encontramos documentos abordando aguas superficiales.

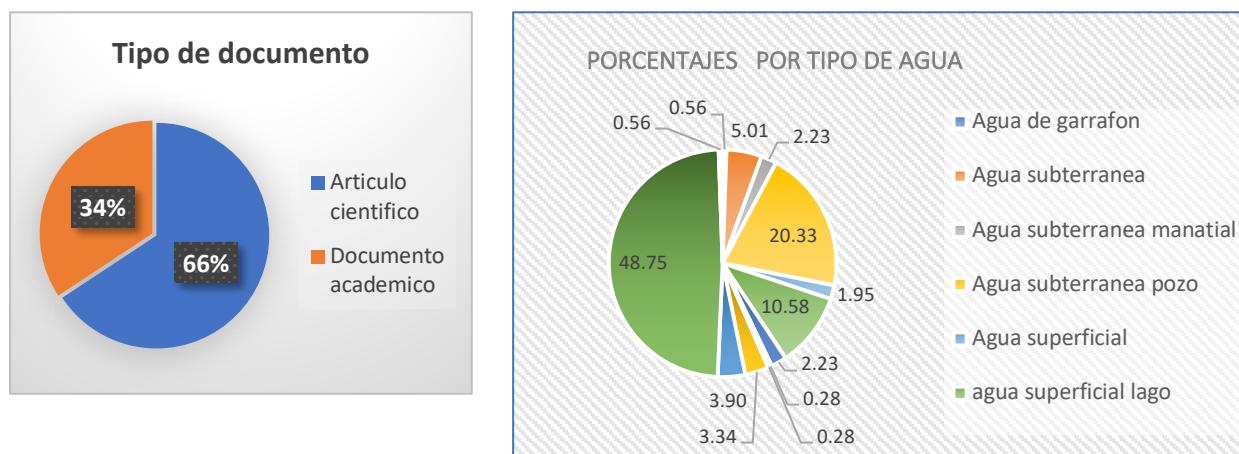


Gráfico 3. Representación por tipo de documento

VII. CONCLUSIONES

El estado de Chiapas es reconocido a nivel nacional por la abundancia de sus recursos naturales uno de sus recursos como el agua representa un elemento importante para la sostenibilidad de asentamientos urbanos y rurales, y dentro de la búsqueda de información diferentes autores coinciden en la disminución del recursos en relación al aumento del crecimiento de las ciudades y población en general, anteriormente considerado como un recurso renovable el agua en la actualidad debido a la explotación y mala gestión de los sistemas públicos se está convirtiendo en un recurso con dificultad para regenerarse debido a la mala explotación y la eutrofización que actualmente existe en diferentes cuerpos de agua, el siguiente proyecto de investigación recopila información de diferentes repositorios y del total de documentos seleccionados se concluye que de 26 municipios del estado de Chiapas, han sido reportados en los documentos analizados, estos representan el 21% de los 125 municipios que cuenta Chiapas sin embargo la distribución de los estudios se presenta principalmente en cuencas de la región Metropolitana, Altos, Soconusco y Meseta Comiteca, aunque predominan los estudios en agua superficial en un 49%, hasta el momento se dificulta encontrar investigaciones en otros cuerpos de agua y otras corrientes de agua de importancia económica en el estado como lo es la Cuenca del río Usumacinta, por otro lado al calcular una aproximación para el cálculo del índice de calidad del agua ICA bajo la metodología y fórmulas de Brown al analizar cada uno de los parámetros están por debajo del valor de los parámetros recomendados para la clasificación de calidad y en general los resultados que son 33.35 está en la clasificación de mala calidad a partir de los artículos recabados.

Referencias

- Aguilar, A. et al. (2010). Calidad del agua: Un enfoque multidisciplinario. In Instituto de Investigaciones Económicas UNAM. <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/65>
- Arias, B., Badía, M., Crespo, M., Sánchez Meca, J., & Verdugo, M. A. (2008). Metodología en la investigación sobre discapacidad. Introducción al uso de las ecuaciones estructurales VI. In Metodología en la investigación sobre discapacidad. Introducción al uso de las ecuaciones estructurales VI. http://riberdis.cedd.net/bitstream/handle/11181/3270/Metodologia_en_investigacion_sobre_discapacidad.pdf?sequence=2#page=76+
- Camargo, J. A., & Alonso, A. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Revista Ecosistemas*, 16(2), 98–110. <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/457>
- Cerda, J., & Gonzalo, L. (2007). John Snow , la epidemia de cólera y el nacimiento de la epidemiología moderna. 24(4), 331–334.
- CONAGUA. (2021). Estadísticas del agua en México. 360.
- Economía, S. de. (2015). Chiapas.
- Estilita Ruiz Romera, M. Ma. S. (2004). *Hidrología aplicada* (pp. 1–10).
- Garcia, A. C. (1993). Análisis documental : el análisis formal. 3, 11–19.
- Garzón, M. (2009). Investigación , gestión y búsqueda de información en Internet.
- Gleick, P. H. (2018). *Water in crisis: A guide to the world's freshwater resources*. Oxford University Press.
- IMCO. (2020). Aguas en México, ¿ escasez o mala gestión ? 1–42.

INESA. (2013). El agua en Chiapas. Conagua, 1–8.

<http://www.aguas.org.mx/sitio/publicaciones/el-agua-en-chiapas/el-agua-en-chiapas.pdf>

Jorge Faustino, F. J. (2000). Manejo de cuencas hidrográficas.

Lumb, A., & Bibeault, T. C. S. J. (2011). A Review of Genesis and Evolution of Water Quality Index (WQI) and Some Future Directions. 11–24.
<https://doi.org/10.1007/s12403-011-0040-0>

Maas, José Manuel; Martínez-Yrízar, A. (1990). Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto (p. 10).

Martos López, Á. (2015). "LA IMPORTANCIA DEL AGUA EN NUESTRO PLANETA".

Mora P., L., Bonifaz, R., & López-Martínez, R. (2016). Unidades geomorfológicas de la cuenca del Río Grande de Comitán, Lagos de Montebello, Chiapas-Méjico. Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana, 68(3), 377–394.
<https://doi.org/10.18268/bsgm2016v68n3a1>

Morales, P. (1981). Líneas actuales de investigación en métodos cuantitativos: el. 1011(1993), 191–221.

Nabzo, C. F. S. (2020). Metaanálisis: bases conceptuales, análisis e interpretación estadística. 94(6), 260–273. <https://doi.org/10.24875/RMO.M20000134>

Naturales, M. de M. A. y R. (1970). ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL "ICA." 503.

NOM-127-SSA1, N. oficial M. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

ONU. (2019). UNWater PolicyBrief Water Climate-Change (ES). Onu-Water and Climate Change, 1(1), 28.

Orozco, C., Ramírez, F., & Cruz, J. (2008). Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de aguas subterráneas de pozos artesanales y efluentes hídricos en la Costa de Chiapas (México). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 8, 348–354.

[http://www.ugr.es/~dpto_prev/revista/pdf/Hig Sanid Ambient 8 348-354 \(2008\).pdf](http://www.ugr.es/~dpto_prev/revista/pdf/Hig Sanid Ambient 8 348-354 (2008).pdf)

Piguave-Reyes, J., Castellano-González, M., Macias-Avia, A., Vite-Solórzano, F., Ponce-Pibaque, M., & Ávila-Ávila, J. (2019). Calidad microbiológica del agua subterránea como riesgo epidemiológico en la producción de enfermedad diarreica infantil. *Redalyc*, 47(2), 22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3556>

Pisco Gómez, Á., Regalado Jalca, J. J., Gutiérrez García, J., Quimis Sánchez, O., Marcillo Parrales, K., & Marcillo Merino, J. (2017). Fundamentos sobre la gestión de base de datos. In *Fundamentos sobre la gestión de base de datos*. <https://doi.org/10.17993/ingytec.2017.23>

Roberto Hernandez Sampieri, Carlos Fernández Collado, P. B. L. (2014). *METODLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (M.-H. E. S. DE CV (ed.); 6 EDICION).

Rodríguez, M. G. (2009). La hidrosfera. El ciclo del agua. La contaminacion del agua. Métodos de análisis y depuración, El problema de la escacez del agua. December.

Rodríguez Ruiz, P. (2001). Abastecimiento De Agua. Ucam.Edu, 1(Abastecimiento de agua), 1–499.
https://www.academia.edu/7341842/Abastecimiento_de_Agua_Pedro_Rodríguez_Completo

Rojas, R. (2002). Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Organización Mundial de La Salud, VII(14), 140.
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/vigilancia/vigilancia.pdf>

Ros Moreno, A. (2011). El Agua. In Colección Encuentros (Vol. 5).

<https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/253/1/495.pdf>

Ruz, J. P. V. M. H. (1995). Chiapas y sus regiones (p. 25).

Semarnat. (1998). Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997. 1–8.

Semarnat, N. O. M. (2022). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. 5, 1–17.

UNESCO. (2021). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: El valor del agua en la agricultura. Organización de Las Naciones Unidas Para La Educación, La Ciencia y La Cultura., 28.

Viessman, W., Jr., Lewis, G. L., & Knapp, J. W. (2003). Introduction to hydrology (5th ed.). Prentice Hall.

Vighi, M., Finizio, A., & Villa, S. (2006). The Evolution of the Environmental Quality Concept: From the US EPA Red Book to the European Water Framework Directive. 13(1), 9–14.

