



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Región Poza Rica -Tuxpan

Especialización en Gestión e Impacto Ambiental

Trabajo de intervención

Análisis de la calidad del agua del río Tuxpan en los municipios de Álamo Temapache y Tuxpan Veracruz.

PRESENTA:

Biól. Mar. Arizbeth Ramos Sánchez

Director:

Mtra. Blanca Esther Raya Cruz

Co-director:

Mtro. Roberto Santiago Bravo

Tuxpan, Veracruz

Mayo, 2017

Tuxpan de Rodríguez Cano Veracruz, Abril de 2017.

El presente trabajo de intervención titulado: "**Análisis de la calidad del agua del río Tuxpan en los municipios de Álamo Temapache y Tuxpan, Veracruz**", realizado por la C. **Arizbeth Ramos Sánchez**, bajo la Dirección de la Mtra. Blanca Esther Raya Cruz y asesoría del Mtro. Roberto Santiago Bravo, ha sido revisado y aprobado como requisito parcial para obtener el grado de:

ESPECIALISTA EN GESTIÓN E IMPACTO AMBIENTAL

Mtra. Blanca Esther Raya Cruz.
DIRECTORA

Mtro. Roberto Santiago Bravo.
CODIRECTOR



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN E IMPACTO AMBIENTAL

Revisión del trabajo de intervención de la alumna: Arizbeth Ramos Sánchez.

JURADO EXAMINADOR

NOMBRE	FECHA	DICTAMEN	FIRMA
<u>Osvaldo Juan Enaso Diaz</u>	<u>25/04/17</u>	<u>Aprobado.</u>	
<u>Jordan Gutiérrez Vivanco</u>	<u>25/04/17</u>	<u>Aprobada</u>	
<u>Mónica Rebeca Rojas Romagosa</u>	<u>25/04/17</u>	<u>Aprobada.</u>	

En la presente revisión se acordó que el trabajo de intervención denominado: "**Análisis de la calidad del agua del río Tuxpan en los municipios de Álamo Temapache y Tuxpan, Veracruz**" que presenta la sustentante para obtener el Título de Especialista, está terminado por lo que puede proceder a su inmediata impresión.

Agradecimientos

*Las siguientes líneas expresan mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial a mi directora la **Mtra. Blanca Esther Raya Cruz** así mismo a mi asesor el **Mtro. Roberto Santiago Bravo**, quienes a lo largo de esta etapa de posgrado, compartieron sus conocimientos y experiencias, pero sobre todo por la confianza que recibí de su parte.*

*Especial reconocimiento al coordinador de la Especialización en Gestión e Impacto Ambiental, **Dr. José Luis Alanís Méndez**, por todas las facilidades y apoyo recibido durante este tiempo, sin duda alguna siempre alentando a seguir adelante.*

*Sin olvidar a quienes formaron parte de mi Comisión Lectora, **Dra. Rebeca Rojas Ronquillo**, **Mtro. Oswaldo J. Enciso Díaz** y **Mtro. Jordán Gutiérrez Vivanco**, a ustedes por brindarme un espacio de su tiempo al revisar este escrito, ya que con sus excelentes observaciones y consejos hicieron de este un mejor trabajo.*

*A todos los **Catedráticos** que aportaron grandes conocimientos en cada una de las materias que impartieron durante esta formación, todos y cada uno de ustedes con gran dedicación.*

*Finalmente agradezco al **Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca otorgada.*

Dedicatorias

Este trabajo tiene una especial dedicatoria por toda la comprensión, paciencia y ánimo recibidos por parte de mis padres José Ramos y Gloria Sánchez, también de mis dos adoradas hermanas Zulema Anahí y Linda Miroslava por todo el amor, mi tío favorito Andrés por su apoyo incondicional, a mis padrinos quienes son como mis segundos padres Gustavo Partida y Norma González por estar al pendiente de mí todo el tiempo, a mi primo quien es como mi hermano Bismarck Yamil por alentarme día con día, a mi abuelita Bellita y tía Kory por su cariño y amor, y a toda mi familia y amigos por hacer más ameno esta experiencia.

También a quienes ya no están físicamente a mi lado, pero sin duda nunca me sentí sola, mis abuelitos Gloria González, Ciriilo Sánchez y Dionicio De Los Santos, y mucho amor para ti mi querido primo Hermes Ychante, hoy sé que están orgullosos de ver como he logrado llegar hasta este momento.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1 La calidad del agua	3
2.2 Contaminantes de aguas	3
2.3 Red nacional de monitoreo de la calidad del agua.....	4
2.4 Estudios realizados en México	6
III. OBJETIVOS	9
3.1 Objetivo general	9
3.2 Objetivos particulares.....	9
IV. ÁREA DE ESTUDIO	10
V. MATERIAL Y MÉTODOS	12
5.1 Análisis de la calidad del agua a lo largo del río Tuxpan en el año 2016.....	12
5.2 Determinar el estado de la calidad del agua con los criterios de CONAGUA	14
5.3 Comparación de la calidad del agua durante los años 2000-2014 y 2016... 15	
VI. RESULTADOS	16
6.1 Evaluación de la calidad del agua en el río Tuxpan durante los meses Julio y Agosto de 2016.....	16
6.2 Análisis la calidad del agua del río Tuxpan a partir del año 2000 al 2016....	23
VII. DISCUSIÓN	33
VIII. CONCLUSIONES	37
IX. APLICACIÓN PRACTICA DEL ESTUDIO	38
X. BIBLIOGRAFÍA	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de los puntos de muestreo en el río Tuxpan. ...	11
Figura 2. Clasificación de la demanda bioquímica de oxígeno en los siete sitios de muestreo durante julio del 2016.	17
Figura 3. Clasificación de la demanda química de oxígeno en los siete sitios de muestreo durante julio del 2016.	18
Figura 4. Clasificación de los sólidos suspendidos totales en los siete sitios de muestreo durante julio del 2016.	19
Figura 5. Clasificación de la demanda bioquímica de oxígeno en los siete sitios de muestreo durante agosto del 2016.	20
Figura 6. Clasificación de la demanda química de oxígeno en los siete sitios de muestreo durante agosto del 2016.	21
Figura 7. Clasificación de los sólidos suspendidos totales en los siete sitios de muestreo durante agosto del 2016.	22
Figura 8. Variaciones respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno durante los años 2000-2014 y 2016.	23
Figura 9. Variaciones respecto a la Demanda Química de Oxígeno durante los años 2000-2014 y 2016.	24
Figura 10. Variaciones respecto a los Sólidos Suspendidos Totales durante los años 2000-2014 y 2016.	25
Figura 11. Cantidad de clasificaciones obtenidas en muestreos respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno durante los años 2000-2014 y 2016.	26
Figura 12. Cantidad de clasificaciones obtenidas en muestreos respecto a la Demanda Química de Oxígeno durante los años 2000-2014 y 2016.	27
Figura 13. Cantidad de clasificaciones obtenidas en muestreos respecto a los Sólidos Suspendidos Totales durante los años 2000-2014 y 2016.	28
Figura 14. Índice de calidad del agua del río Tuxpan durante 16 años.	29
Figura 15. Prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov para los tres parámetros.	30
Figura 16. Prueba estadística Kruskal-Wallis para los tres parámetros de manera anual.	31

Figura 17. Prueba estadística Kruskal-Wallis para los tres parámetros respecto a cada sitio de muestreo. 32

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Coordenadas geográficas de los puntos muestreados. 11

Cuadro 2. Escala de clasificación de la calidad del agua. 13

Cuadro 3. Semáforo Calidad del Agua. 14

Cuadro 4. Promedios obtenidos en los muestreos durante el año 2016. 16

RESÚMEN

La calidad del agua, es una de las características más importantes para el recurso, esto sin importar del cuerpo de agua de que se hable. En este estudio, fue analizado el ICA (es el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de muestreo) del agua del río Tuxpan. Se planteó como objetivo el analizar la calidad del agua del río Tuxpan a través de los años en los municipios de Álamo Temapache y Tuxpan Veracruz. Para esto, se utilizó la base de datos de la calidad del agua a partir del año 2000 al 2014 emitida por CONAGUA, y para el año 2016, además se realizaron los muestreos correspondientes en 7 puntos a lo largo del río Tuxpan, las muestras fueron sometidas a los análisis fisicoquímicos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST). Durante los años 2000, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014, el índice se mantuvo en un rango menor de los 50 mg/L, catalogado como buena calidad, mientras que para los años 2002 y 2016, con valores por arriba de 200 mg/L, se ubicaron en la categoría “mala” de acuerdo al semáforo de calidad.

Palabras clave: ICA, CONAGUA, río Tuxpan, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento básico de suma importancia que ha acompañado al ser humano en toda su historia, no obstante el mayor problema del siglo XXI es el de la calidad y la gestión del recurso. En nuestro país según el uso consuntivo, el 4.1% del agua concesionada se destina a la industria auto-abastecida; el 5.6 % a la energía eléctrica, excluyendo hidroelectricidad; el 14.6% al abastecimiento público y el 75.7% a uso agrícola, (CONAGUA, 2015).

Sin embargo la constante necesidad por este recurso ha implicado la contaminación de grandes masas de agua modificando sus características físicas, químicas y biológicas, siendo un problema severo para la flora, fauna y familias que se abastecen del cuerpo de agua (Fuster *et al.*, 2010).

Las principales fuentes de contaminación del agua en el país son de carácter agrícola, urbanas, industriales, sector pecuario, uso turístico y de navegación (Castelán, 2001).

Ante esta problemática de contaminación, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), creó la Red de Monitoreo de la calidad del agua en todo el país. Para la evaluación utilizan tres indicadores principales: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO₅), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que son utilizados para la estimación de la materia orgánica en los cuerpos de agua y los Sólidos Suspendidos Totales (SST), los cuales miden todos aquellos sólidos que no se disuelven en el agua, y quedan suspendidos. El monitoreo de dichos parámetros es muy importante para medir los niveles de contaminación por aguas residuales tanto domésticas e industriales, así como desechos agrícolas y procesos erosivos en tierras de cultivo y zonas deforestadas (CONAGUA, 2012).

La implementación de metodologías que involucran parámetros fisicoquímicos permite reducir la información a una expresión sencilla y con interpretación más entendible, a lo que se le conoce como índice de calidad del agua (ICA) (Samboni *et al.*, 2007).

Por otro lado, respecto a la base de datos por parte de CONAGUA, la información del monitoreo en las estaciones correspondientes al río Tuxpan, se encuentra de libre acceso en la red, no obstante la mayoría de la población desconoce esa información. Por lo anterior surge la necesidad de realizar un documento con información explícita, para una mejor comprensión y utilidad como antecedente para futuros trabajos con el objetivo de estudiar el comportamiento de la calidad del recurso, además de tener una interpretación respecto al estado del recurso hídrico y en todo caso ser hincapié para tomar las medidas pertinentes para un buen manejo de este.

II. ANTECEDENTES

2.1 La calidad del agua

La calidad del agua es un factor que incide directamente en la salud de los ecosistemas y el bienestar humano, de este recurso depende la sustentabilidad de la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, etc. (Terry *et al.*, 2010).

Sin embargo, la contaminación está presente sin importar el tamaño e importancia de los cuerpos de agua. Los ríos en particular son principalmente impactados por las aguas residuales municipales, industriales y la escorrentía agrícola, esto debido a que su ubicación es en la mayoría de las veces aledaña a la presencia de grandes o pequeñas poblaciones (Samboni *et al.*, 2007).

2.2 Contaminantes de aguas

La contaminación de los cuerpos de agua resulta de muy variados actos, desde derrames inadvertidos y accidentales hasta descargas tóxicas con intenciones delictivas. Cualquiera que sea la causa, la contaminación es un subproducto de las actividades económicas y sociales, tales como: cultivos, construcción de hogares, suministro de energía, transporte, manufactura de artículos, aprovechamiento de la energía atómica y nuestras funciones biológicas básicas (Echarri, 2002).

Los problemas de la contaminación se han vuelto más opresivos con los años a consecuencia del crecimiento demográfico como la expansión per cápita del consumo de materiales y energía aumentando las cantidades de desechos que van a los cuerpos de agua (Contreras-Espinosa y Warner, 2004).

La presencia en los cuerpos de agua de altas concentraciones de contaminantes, tanto biodegradables como no biodegradables, anula la capacidad de autodepuración, rompiéndose el equilibrio y dando lugar a la drástica degradación

de la calidad del agua, zonas contaminadas así mismo ocasionando daños como la muerte de organismos o alteraciones en el sistema, (Lara, 2011).

2.3 Red nacional de monitoreo de la calidad del agua

En 1996, la CONAGUA tuvo la tarea de rediseñar la Red de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNM), con el objetivo principal de generar información representativa y confiable de la calidad del agua de una manera costo-efectiva más eficiente que comprende el análisis de variables físicas, químicas y biológicas en los diferentes compartimentos del sistema acuático, (CONAGUA, 2015).

Actualmente, los objetivos de la RNM son (CONAGUA, 2015):

1. Realizar la evaluación de las tendencias de la calidad del agua, tanto a nivel nacional, como por regiones o localidades.
2. Apoyar y, en su momento, evaluar el desempeño y cumplimiento de la regulación para el control de la contaminación de los cuerpos de agua.
3. Identificar problemas asociados con contaminantes específicos (metales pesados o compuestos orgánicos) presentes en el medio acuático.
4. Iniciar el diseño de un sistema de detección oportuna de contaminantes para la protección de fuentes de abastecimiento.
5. Cumplir con acuerdos y compromisos internacionales.

Las operaciones de la RNM iniciaron en 1996 con una propuesta de 402 sitios, los cuales se dividieron en 202 sistemas acuáticos epicontinentales, 100 sistemas subterráneos y 100 sistemas costeros. Un año después se elaboró el procedimiento para la calibración de los sitios potenciales y se aplicó en 1998; en este mismo año se inició también la implementación de estos, pero durante los años 1999 y 2000, se completó la implementación. A partir del 2005 y hasta la actualidad se llevan a

cabo monitoreos biológicos en algunas regiones del país, que permiten evaluar la calidad del agua con métodos sencillos y de bajo costo (CONAGUA, 2005).

La Red Nacional de Monitoreo en 2013, dispuso de una infraestructura de 5, 025 sitios de monitoreo, distribuidos como se muestran en el siguiente cuadro, (CONAGUA, 2015).

Sitios de la Red Nacional de Monitoreo (2013)		
Red	Área	Sitios (número)
Superficial	Cuerpos de agua superficiales	2, 613
Subterránea	Cuerpos de agua subterráneos	1, 064
Estudios especiales	Cuerpos de agua superficiales	35
	Cuerpos de agua subterráneos	0
Costeros	Zonas costeras	1,106
Descargas superficiales		184
Descargas subterráneas		23
Total		5, 025

Los parámetros utilizados por la Comisión del Agua en el ICA, se caracterizan bajo los siguientes términos;

- **Sólidos suspendidos totales (SST):** es aquella materia en suspensión que está compuesta por diversos tipos de sólidos; flotantes, sedimentables y coloidales. Además por su composición pueden ser inorgánicos u orgánicos, radioactivos o contribuir al aumento de una sustancia en solución. El origen de los SST es muy amplio y diverso, casi todos los usos del agua los aportan al agua residual, es decir, las fuentes de sólidos suspendidos pueden ser domésticas, pecuarias, agrícolas e industriales, además de ocurrir en forma natural. Un incremento en los niveles de este parámetro, en los cuerpos de

agua provoca turbidez y reduce la penetración de la luz solar, impidiendo el desarrollo de la vegetación acuática y afectando al resto de la biodiversidad.

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅): es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días. Las condiciones en las que se lleva a cabo la prueba son tales que favorecen el desarrollo de los microorganismos, pero inhibe los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno. Dicha prueba indica la presencia de materia orgánica biodegradable, solo que presenta un inconveniente el tiempo de respuesta es de 5 días y no es un parámetro que permita acciones oportunas. Por ello, se usa con mayor frecuencia la DQO. El incremento de la DBO, provoca la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua, creando condiciones de “anoxia” que dañan las comunidades biológicas de los sistemas acuáticos.
- Demanda química de oxígeno (DQO): es una oxidación en medio ácido, en presencia de un oxidante fuerte (dicromato de potasio) y con aplicador de calor, en un equipo de reflujo, bajo tales condiciones se oxida toda la materia oxidable presente en la muestra, incluso aquella que los microorganismos no son capaces de degradar. Por ello la DQO es mayor que la DBO. La relación DQO-DBO es un indicador de que tan biodegradable es el agua residual. Este parámetro se utiliza como indicador de la presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales.

2.4 Estudios realizados en México

En nuestro país se han realizado distintos estudios que tienen como objetivo evaluar el ICA de distintos tipos de cuerpos.

Álvarez *et al.*, (2006), implementaron el ICA de la cuenca del Amajac en Hidalgo, la metodología utilizada se basó en la expresión cuantitativa de calidad del agua. Realizaron tres muestreos donde se determinó: oxígeno disuelto, coliformes

fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fósforo total, turbidez y sólidos totales disueltos. Los resultados obtenidos indicaron que la calidad del agua para uso urbano, agua de beber, piscícola y agrícola fue de calidad media (ICA = 50-69), en el 29% de los sitios muestreados dentro de la cuenca hidrológica del río Amajac, así mismo, el 59% de las localidades fue de mala calidad (ICA = 30-49), por último el 12% de los sitios se encontró altamente contaminado (ICA < 30).

Posteriormente Carrillo y Villalobos (2011), realizaron un análisis comparativo de los índices de calidad del agua (ICA) de los ríos Tecolutla y Cazones en el periodo marzo y diciembre 2010, establecieron ocho puntos de muestreo en el río Tecolutla y cuatro más en el río Cazones, realizaron la toma de muestras de acuerdo a lo establecido en la NMX-AA-014-1980. Respecto al río Tecolutla el monitoreo consto de 24 muestras, 8 en cada mes (abril, julio, octubre) mientras que para el río Cazones se tomaron un total de 12 muestras, 4 en cada mes (abril, julio, octubre). El ICA se determinó por el método propuesto por Brown donde se obtuvieron los resultados de 9 parámetros; pH, variación de la temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos, nitratos, sólidos totales y coliformes fecales. Los resultados obtenidos para el río Tecolutla en los 8 puntos de muestreo presentaron el mismo ICA, se le designó como agua regular resultado similar para el río Cazones donde el ICA fue determinado como regular.

En el estado de Chihuahua, Rubio *et al.*, (2014) realizaron el ICA en la presa La Boquilla, seis puntos de muestreo fueron elegidos aleatoriamente y colectaron muestras de agua mensualmente durante un año a distintas profundidades (0.30 m, 5.0 m, 10.0 m y 15.0 m). Los parámetros a cuantificar fueron de acuerdo al índice de Brown; potencial de hidrógeno, dureza total, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, temperatura, cloruros y turbidez. El ICA fue calculado con una formula universal para dos profundidades y como resultado obtuvieron que para la profundidad de 0.30 m fue de 2.7 que cataloga al agua como buena y el ICA calculado para la profundidad de 15.0 m fue de 2.45 que describe el agua de regular a buena. Finalmente se concluyó que el agua de la presa La

Boquilla se puede considerar adecuada para la producción agrícola, uso pecuario y producción piscícola.

En el río Cazonos se realizó un estudio de evaluación espacial y temporal del ICA, se utilizó el índice de Brown, se monitoreo el ICA del río Cazonos en tres estaciones ubicadas en el municipio de Coatzintla, durante un periodo anual comprendido de abril 2013 a marzo 2014, en dicho periodo el río presentó un índice promedio de 63.94, con lo cual se determinó que tiene una calidad media de acuerdo con lo establecido en el índice de calidad de Brown – NSF; asimismo, se mostraron diferencias significativas del índice de calidad tanto en las estaciones monitoreadas como entre las épocas climáticas, siendo los sólidos disueltos totales, la turbiedad y los coliformes fecales, los parámetros de mayor influencia sobre la calidad del agua (Chávez, 2015).

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Analizar la calidad del agua del río Tuxpan a través de los años en los municipios de Álamo Temapache y Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz.

3.2 Objetivos particulares

- Analizar la calidad del agua a lo largo del río Tuxpan durante los meses de julio y agosto del 2016.
- Determinar el estado de la calidad del agua con los criterios de CONAGUA.
- Comparar la calidad del agua durante los años 2000-2014 y 2016.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

El río Tuxpan está localizado en la zona norte del estado de Veracruz, pertenece a la región hidrológica No. 27, Tuxpan-Nautla, se ubica en el centro de la vertiente del Golfo de México y Mar Caribe, sus dos afluentes principales son el Vinazco, que nace en el estado de Hidalgo, y el Pantepec, que nace en el estado de Puebla, ambos penetran en territorio veracruzano y en el municipio de Temapache unen sus corrientes conformando este río, el cual tiene un escurrimiento natural medio superficial de 2 072 hm³/año, cuenta con un área de 5 899 km² y una longitud de 150 km por la cual es considerado un importante hábitat para muchas especies estuarinas y marinas (CONAGUA, 2015).

Los puntos de muestreo considerados por CONAGUA, están bajo las siguientes coordenadas (Cuadro 1), los puntos de muestreo se encuentran situados a lo largo del río Tuxpan, 2 de los puntos principales están ubicados en la cabecera municipal y zona conurbada de Tuxpan mientras que los 5 restantes se encuentran localizados en la zona rural y cabecera municipal de Álamo Temapache, y fueron seleccionados al ser considerados por CONAGUA, importantes puntos por la ubicación geográfica y la importancia para ambos municipios, estos mismos son utilizados en los análisis físico-químicos que se realizan desde hace más de 10 años por dicha dependencia.

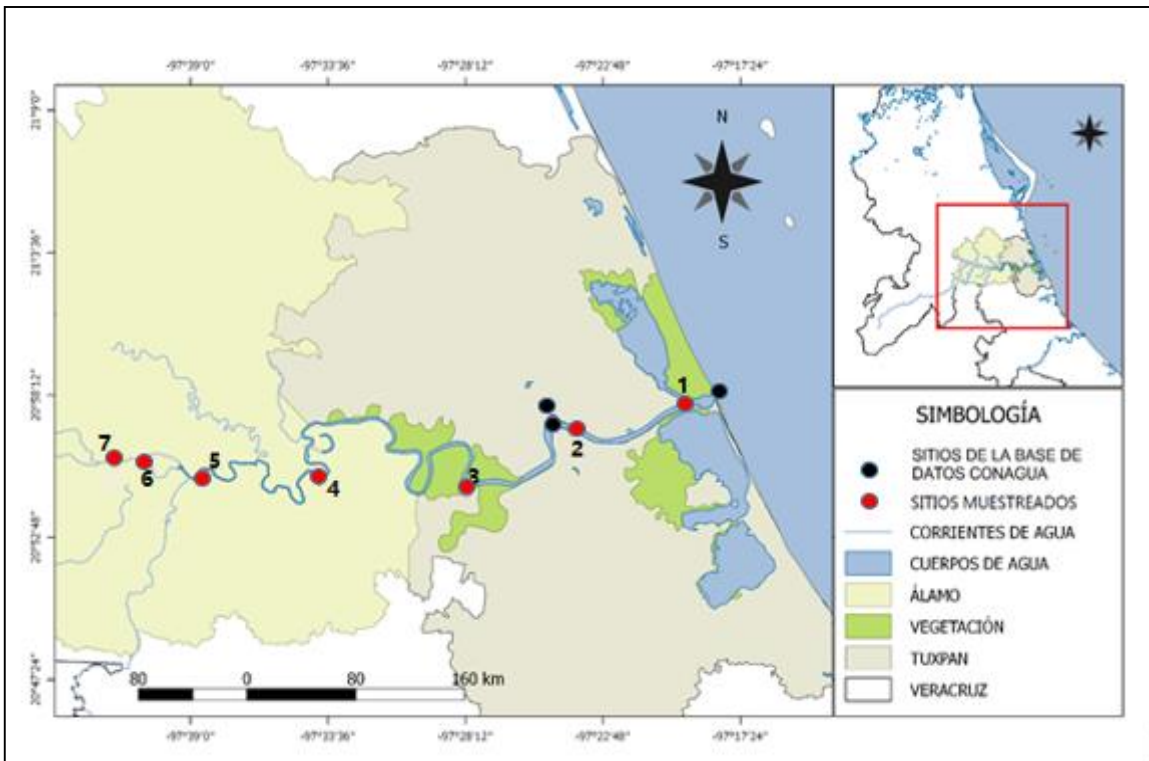


Figura 1. Localización geográfica de los puntos de muestreo en el río Tuxpan.

Cuadro 1. Coordenadas geográficas de los puntos muestreados.

Punto muestreado	Coordenadas Geográficas
1. Puente Laguna Tampamachoco	-97.32664 O, 20.96838 N
2. Puente Tuxpan	-97.39919 O, 20.9479 N
3. Chijolar	-97.46937 O, 20.90945 N
4. El Suchilt	-97.5658 O, 20.91688 N
5. Álamo Temapache	-97.64194 O, 20.91927 N
6. Puente López Portillo	-97.68047 O, 20.92819 N
7. Puente Las Fuentes 5 Poblados	-97.71731 O, 20.92546 N

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Análisis de la calidad del agua a lo largo del río Tuxpan durante los meses de julio y agosto del 2016

Se realizó un muestreo durante julio y agosto, ambos meses seleccionados por razones administrativas, se optó por un ajuste de tiempo y temporada, logrando llevar a cabo los muestreos correspondientes en cada uno de los 7 puntos considerados por CONAGUA, bajo el criterio de la norma NMX-AA-014-1980, la cual establece los lineamientos para realizar muestreos en cuerpos receptores.

Las condiciones de muestreo que fueron solicitadas por parte del laboratorio certificado del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), fueron las siguientes:

Para el parámetro de DQO, requirieron 50 mL en frasco de vidrio, mientras que para los parámetros de DBO₅ y SST, las cantidades aumentaron a 3 litros en un envase de polipropileno liso, todos los recipientes fueron etiquetados con información detallada (hora, día, mes y origen de la muestra), esto para evitar confusiones y un mejor manejo de resultados, fueron conservados en hielo hasta llegar a las instalaciones del laboratorio acreditado del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), ubicado Jiutepec, Morelos. Posteriormente fueron sometidas a los siguientes análisis bajo la normatividad establecida: demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) NMX-AA-028.SCFI-2001, demanda química de oxígeno (DQO) NMX-AA-030-SCFI-2001 y sólidos suspendidos totales (SST) NMX-AA-034-SCFI-2001.

Los resultados obtenidos fueron catalogados bajo la escala de clasificación, emitida por CONAGUA (Cuadro 2).

Cuadro 2. Escala de clasificación de la calidad del agua.

INDICADOR	CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	$DBO_5 \leq 3$	EXCELENTE No contaminada	AZUL
	$3 < DBO_5 \leq 6$	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	VERDE
	$6 < DBO_5 \leq 30$	ACEPTABLE Con presencia de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	AMARILLO
	$30 < DBO_5 \leq 120$	CONTAMINADA Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	NARANJA
	$DBO_5 > 120$	FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	ROJO
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	$DQO \leq 10$	EXCELENTE No contaminada	AZUL
	$10 < DQO \leq 20$	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable	VERDE
	$20 < DQO \leq 40$	ACEPTABLE Con presencia de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	AMARILLO
	$40 < DQO \leq 200$	CONTAMINADA Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	NARANJA
	$DQO > 200$	FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	ROJO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	$SST \leq 25$	EXCELENTE Clase de excepción, muy buena calidad	AZUL
	$25 < SST \leq 75$	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto	VERDE
	$75 < SST \leq 150$	ACEPTABLE Aguas superficiales con presencia de contaminación. Con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Condición regular para peces. Riego agrícola restringido	AMARILLO
	$150 < SST \leq 400$	CONTAMINADA Aguas superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales crudas. Agua con alto contenido de material suspendido	NARANJA
	$SST > 400$	FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante. Mala condición para peces	ROJO

5.2 Determinar el estado de la calidad del agua con los criterios de CONAGUA

Una vez obtenida la escala para cada indicador, se utilizó la tabla “Semáforo de la Calidad del Agua” emitida por CONAGUA, para determinar si el recurso es viable o no respecto a cada punto de muestreo, la justificación para cada categoría es la siguiente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Semáforo Calidad del Agua.

SEMAFORO DE CALIDAD DEL AGUA		
INDICADOR	NO CUMPLE	CUMPLE
Demanda bioquímica de oxígeno ₅	ROJO	VERDE
Demanda química de oxígeno	ROJO	VERDE
Sólidos suspendidos totales	AMARILLO	VERDE

- VERDE; requiere una ligera purificación, es aceptable para cualquier deporte acuático, organismos y actividad humana.
- AMARILLO; necesita una mayor necesidad de tratamiento, es aceptable más no recomendable para algunas actividades, no apta a especies sensibles.
- ROJO; no es aceptable, se recomienda no tener ningún tipo de contacto, se recomienda someter a distintos procesos de purificación, uso muy restringido.

5.3 Comparación de la calidad del agua durante los años 2000-2014 y 2016

La comparación de la calidad del agua durante los años 2000 al 2014, fue realizada mediante la consulta de la base de datos publicada por la CONAGUA, considerando los puntos de muestreo correspondientes al río Tuxpan.

Con los resultados obtenidos de los muestreos en el río Tuxpan, durante los meses de julio y agosto se generó una estimación de la base de datos del año 2016.

La parte estadística se realizó utilizando el programa estadístico IBM SPSS Statistic Versión 21, realizando las siguientes pruebas:

- Kolmogorov-Smirnov; es una prueba de significancia estadística no paramétrica utilizada para determinar la bondad del ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí. Esta prueba se aplica para contrastar la hipótesis de normalidad de la población es decir si los datos son normales o anormales (esta prueba fue aplicada a la base de datos en general) (Martínez, 2012).
- Kruskal-Wallis; es una prueba de significancia no paramétrica para contrastar la hipótesis nula cuando los parámetros de localización de dos o más grupos son iguales, es decir es una alternativa a la prueba F del análisis de varianza para diseños de clasificación simple, en este caso se comparan varios grupos pero usando la mediana de cada uno de ellos, en lugar de las medias (esta prueba fue aplicada a nivel de sitio de muestreo y a nivel de año) (Martínez, 2012).

VI. RESULTADOS

6.1 Evaluación de la calidad del agua en el río Tuxpan durante los meses Julio y Agosto de 2016

La evaluación de la calidad del agua correspondiente a los meses de julio-agostos de 2016, indicó que el promedio respecto a la DBO₅, fue de 115.87 mg/L lo que según la clasificación de CONAGUA se encuentra fuertemente contaminada, mientras que el promedio de la DQO fue de 120.50 mg/L considerada como contaminada al igual para los SST catalogados en la misma clasificación de contaminada con un promedio de 365.74 mg/L, determinándose así que la calidad del agua del río Tuxpan es considerada como fuertemente contaminada con un valor de 200.70 mg/L de acuerdo al semáforo de la calidad del agua emitido por CONAGUA, (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedios obtenidos en los muestreos durante el año 2016.

PUNTO DE MUESTREO	MES DE MUESTREO	Demanda bioquímica de oxígeno MG/L	Demanda química de oxígeno MG/L	Solidos suspendidos totales MG/L
1	JULIO	115.6	157	135
2	JULIO	125.9	183.3	354
3	JULIO	128.9	90	443
4	JULIO	115	119.3	401.9
5	JULIO	109	147	320
6	JULIO	89.3	129.4	407
7	JULIO	116	98.3	421
1	AGOSTO	100.1	143.6	148.9
2	AGOSTO	128.3	120	392
3	AGOSTO	115	93	469.3
4	AGOSTO	123.4	103.4	465
5	AGOSTO	128	89.6	381
6	AGOSTO	118	112	415
7	AGOSTO	109.7	101.1	367.3
PROMEDIO por parametro		115.87	120.50	365.74
ICA		200.70 mg/L		

En la siguiente figura, se muestra la representación gráfica de las clasificaciones obtenidas respecto a la DBO₅, dichos valores obtenidos durante el mes de julio del 2016, puede observarse que en los puntos de muestreo 2 y 3 los valores fueron catalogados como fuertemente contaminados (color rojo), mientras que los puntos restantes se identificaron como contaminados (color naranja), esto respecto a la escala de clasificación del ICA, (Figura 2).

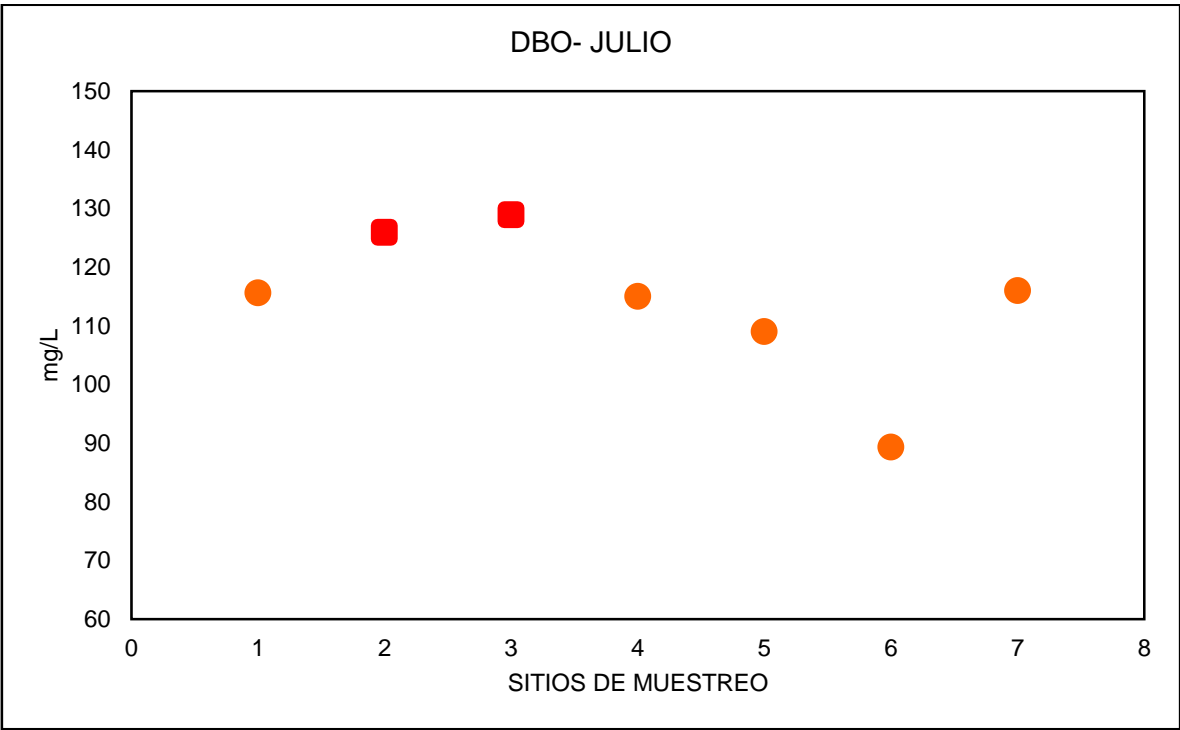


Figura 2. Clasificación de la demanda bioquímica de oxígeno en los siete sitios de muestreo durante julio del 2016.

Mientras que para la DQO del mismo mes, en los siete puntos de muestreo los valores sobrepasaron los 90 mg/L por lo cual fueron clasificados como contaminados, identificados con color naranja, como lo señala la escala de CONAGUA, (Figura 3).

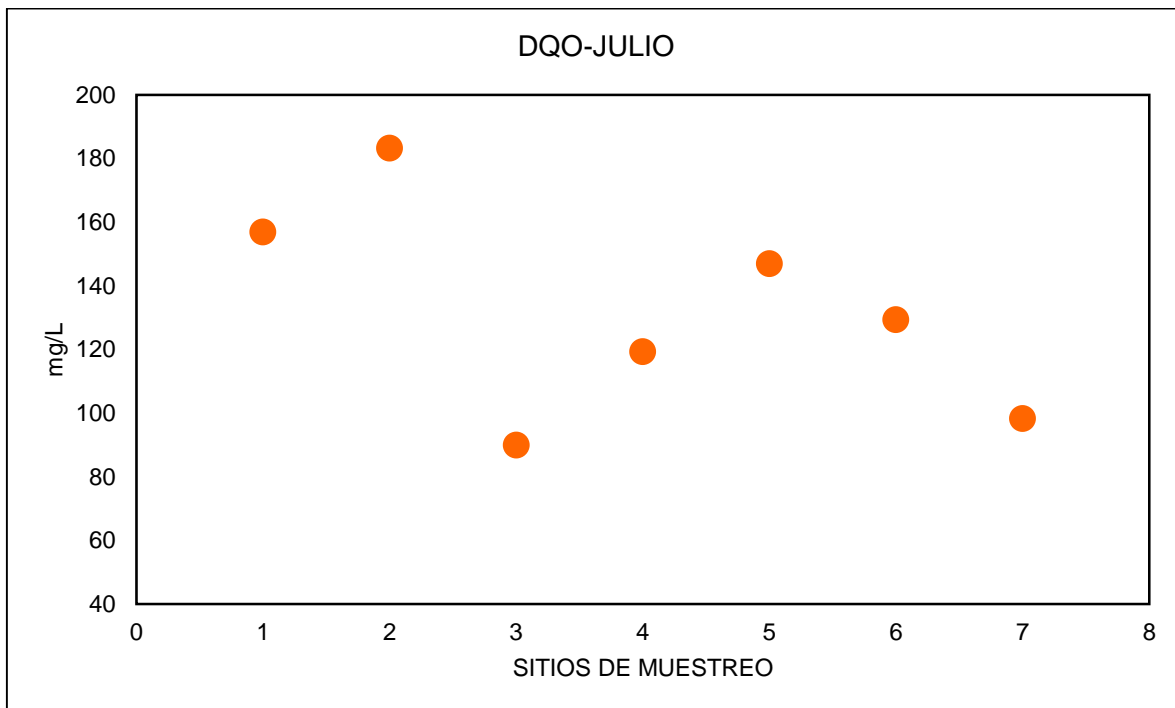


Figura 3. Clasificación de la demanda química de oxígeno en los siete sitios de muestreo durante julio del 2016.

Y correspondiendo a las cantidades de los SST, los cuales presentaron tres clasificaciones en el mes de julio, respecto al punto de muestreo 1 se consideró aceptable (amarillo), como contaminados los sitios 2 y 5 (naranja) y en color rojo los sitios 3, 4, 6 y 7 clasificados como fuertemente contaminados, (Figura 4).

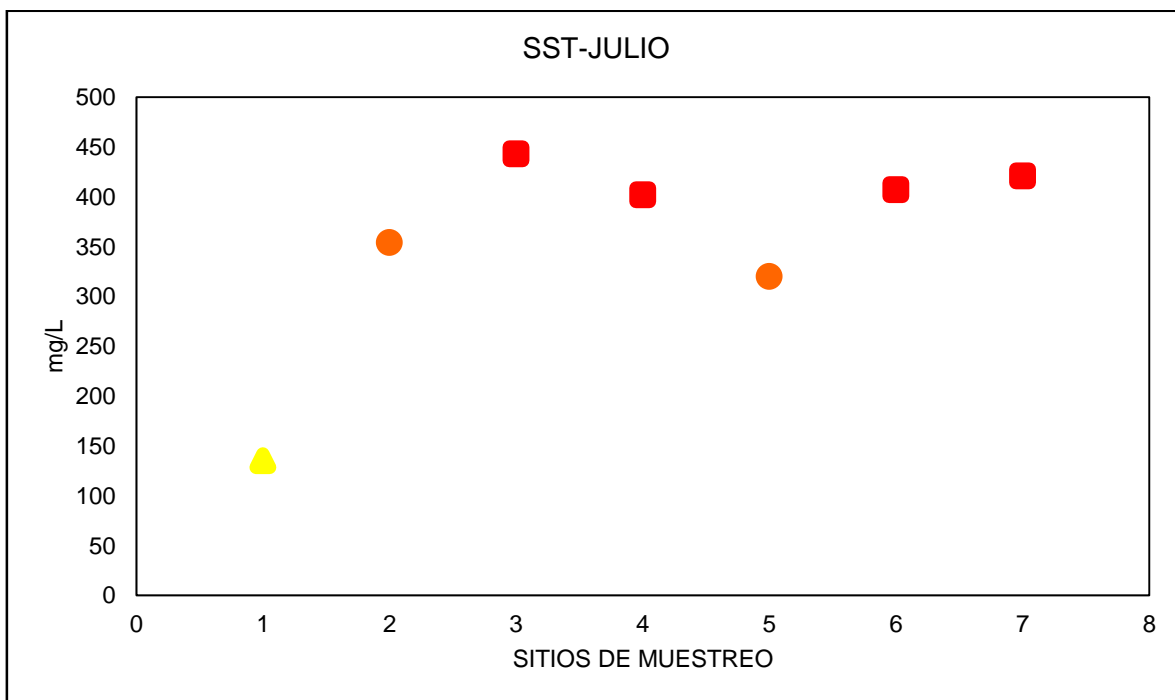


Figura 4. Clasificación de los sólidos suspendidos totales en los siete sitios de muestreo durante julio del 2016.

Para el mes de agosto la clasificación respecto a la DBO_5 , se encuentra en color naranja para los sitios 1, 3, 6 y 7 clasificándolos como contaminados, mientras que para los sitios restantes (2, 4 y 5) en color rojo lo que los clasifica como contaminados, (Figura 5).

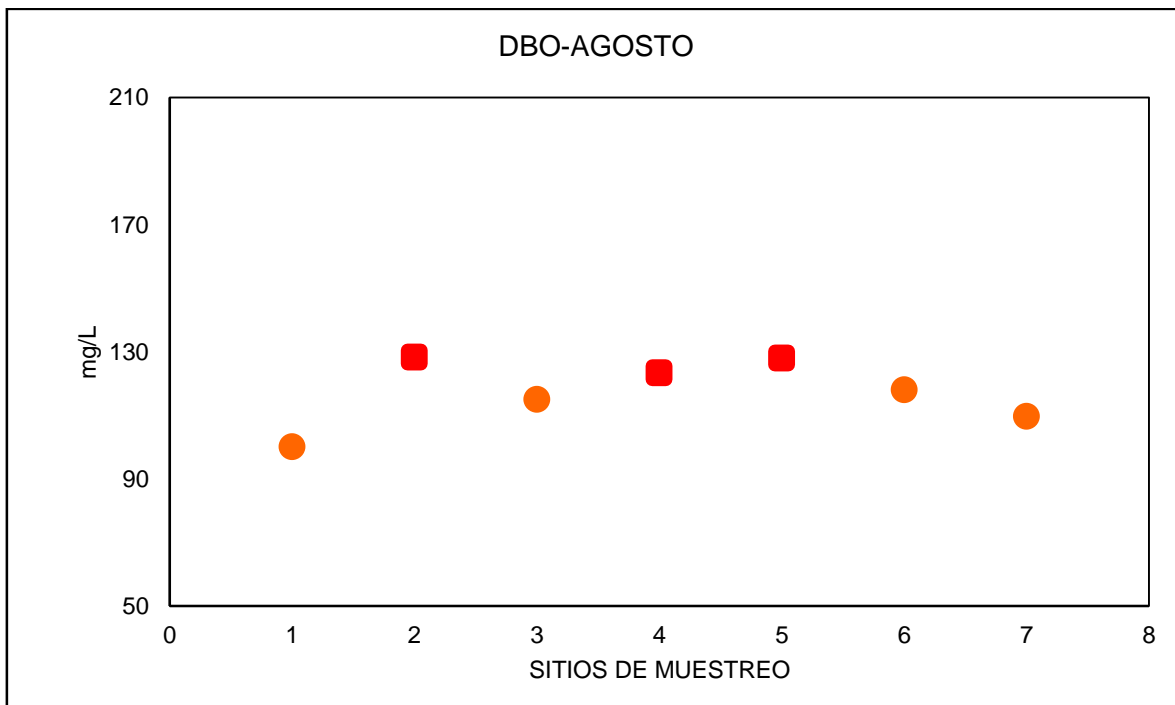


Figura 5. Clasificación de la demanda bioquímica de oxígeno en los siete sitios de muestreo durante agosto del 2016.

Respecto a la DQO, nuevamente los siete puntos de muestreo, indicaron una clasificación en color naranja, por lo que se fueron considerados sitios contaminados con valores que sobrepasan los 90 mg/L, (Figura 6).

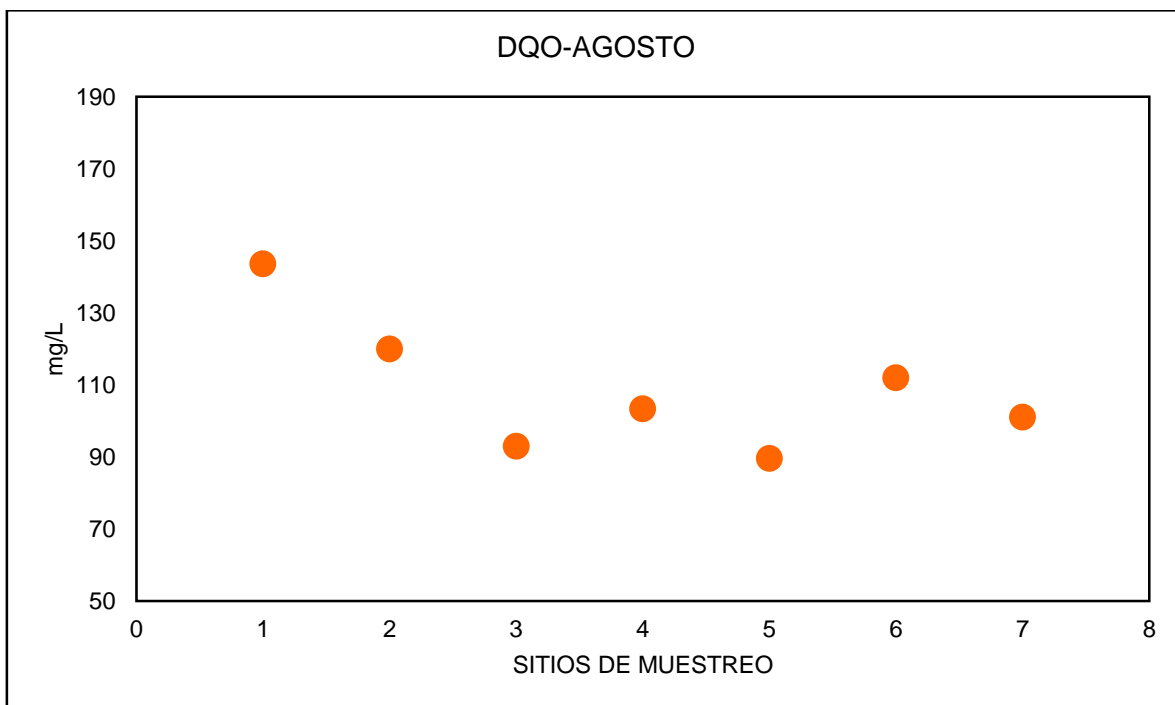


Figura 6. Clasificación de la demanda química de oxígeno en los siete sitios de muestreo durante agosto del 2016.

Y finalmente para el parámetro de SST, se obtuvieron tres clasificaciones en los distintos puntos de muestreo, el punto 1 se consideró aceptable (color amarillo), los puntos 2, 5 y 7 fueron clasificados como contaminados (color naranja) y con color rojo indicando que están fuertemente contaminados los puntos 3, 4 y 6, (Figura 7).

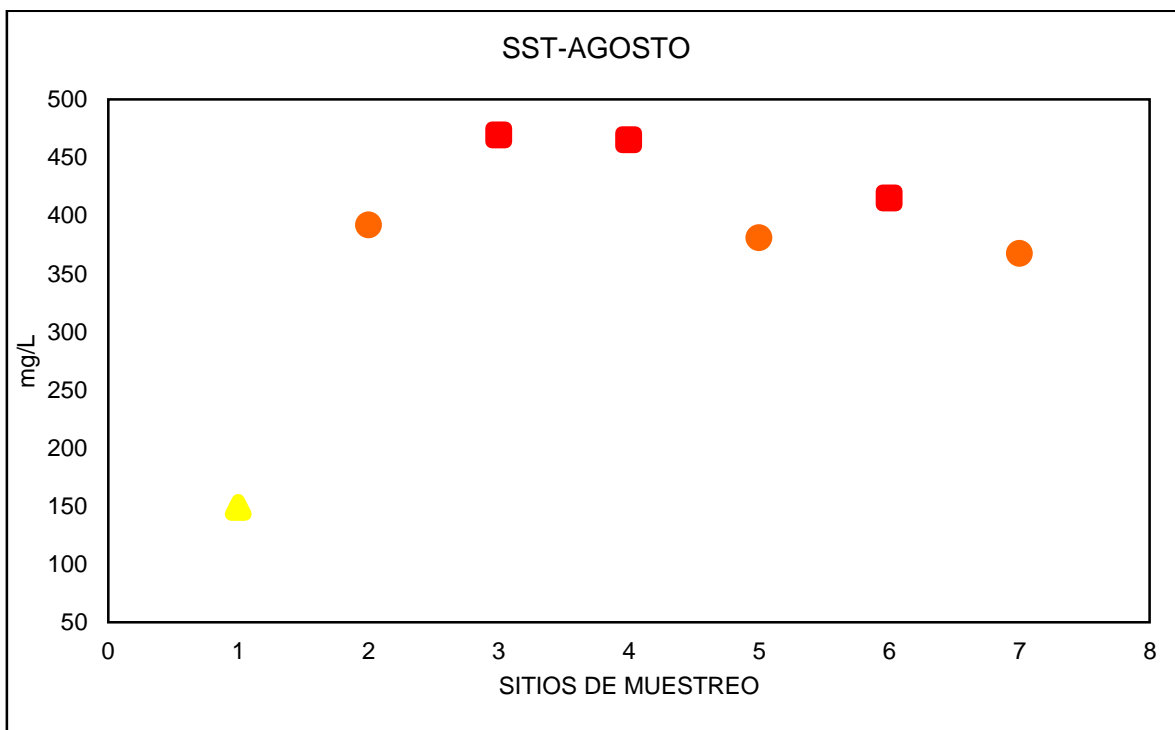


Figura 7. Clasificación de los sólidos suspendidos totales en los siete sitios de muestreo durante agosto del 2016.

6.2 Análisis la calidad del agua del río Tuxpan a partir del año 2000 al 2016

Para la información respecto a la DBO₅, esta se mantuvo dentro del rango de 0 a 100 mg/L esto respecto a la media para los años 2000, 2001 y del año 2003 al 2014, sin embargo en el año 2002 se observó un aumento sobrepasando los 250 mg/L y respecto a los muestreos realizados en los meses de julio y agosto de 2016 la media sobrepasa los 100 mg/L, (Figura 8).

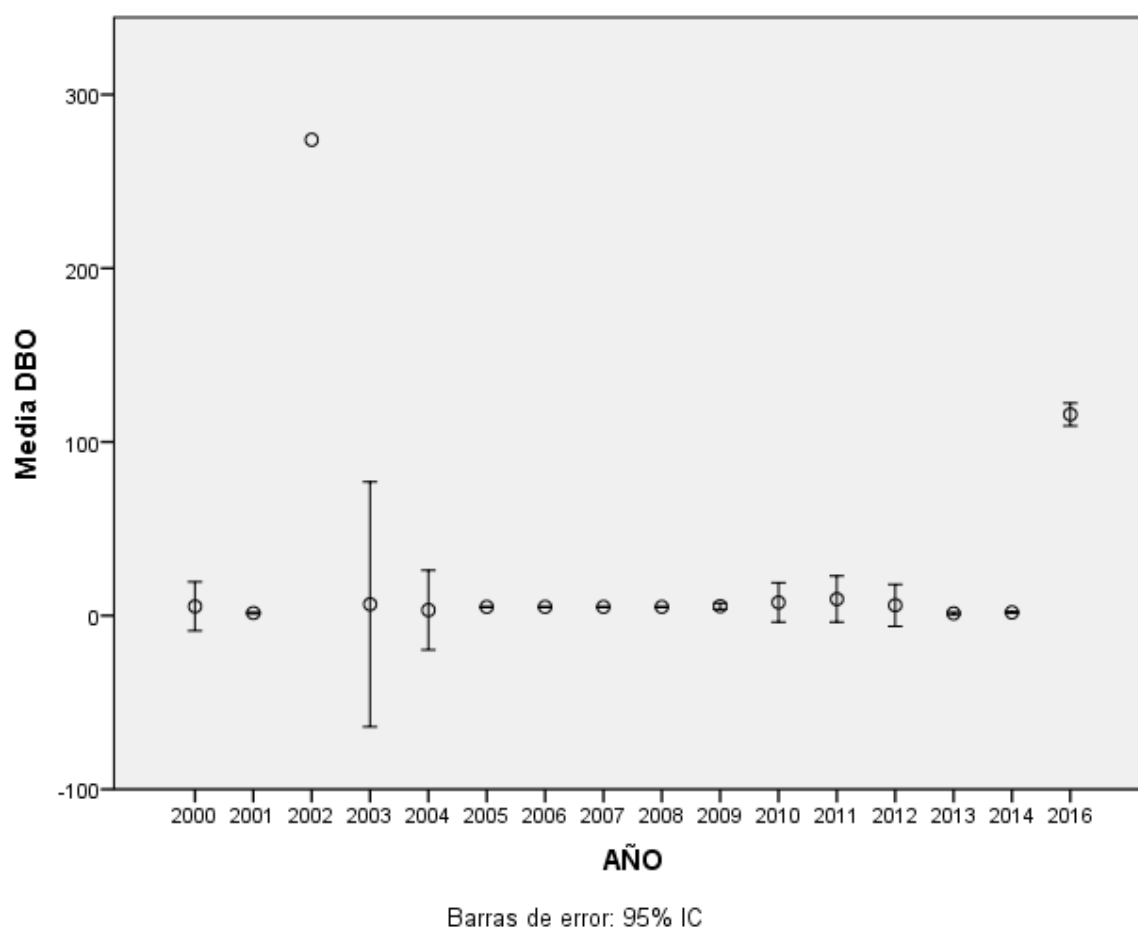


Figura 8. Variaciones respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno durante los años 2000-2014 y 2016.

Respecto a la DQO, el resultado de los análisis mostro similitud a la DBO₅, ya que el comportamiento de este parámetro se concentra en el rango de 0-100 mg/L para la mayoría de los años comprendidos en el estudio mientras que únicamente para los años 2002 y 2013 se muestra un aumento significativo en la media sobrepasando los 100 mg/L para ambos, (Figura 9).

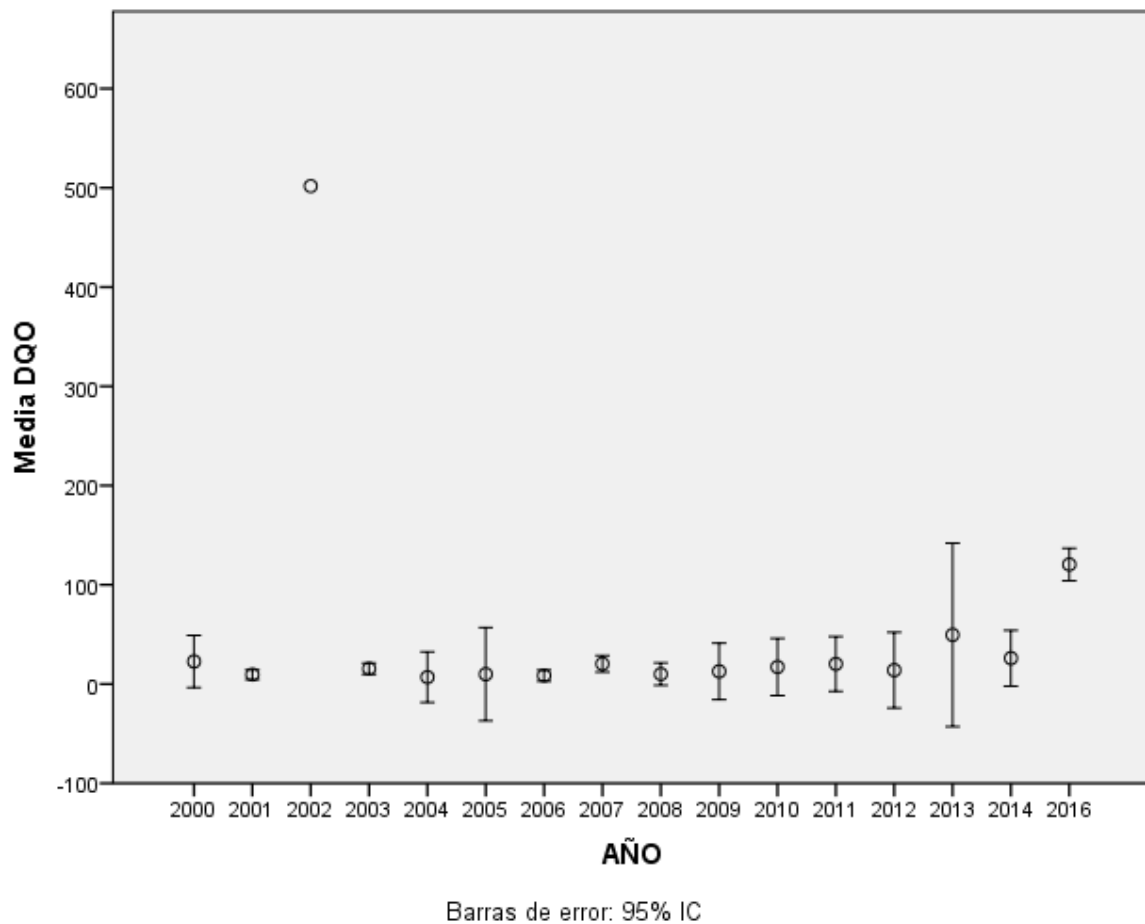


Figura 9. Variaciones respecto a la Demanda Química de Oxígeno durante los años 2000-2014 y 2016.

Finalmente los datos analizados respecto a la cantidad de SST, muestran una gran diferencia en los años comprendidos, obteniendo cantidades por arriba de los 200 mg/L, esto para los años 2000, 2004, 2005 y los meses de julio-agosto de 2016, mientras que para los años 2001, 2002, 2003, 2006-2014 la cantidad de solidos suspendidos no sobrepasaron los 200 mg/L, (Figura 10).

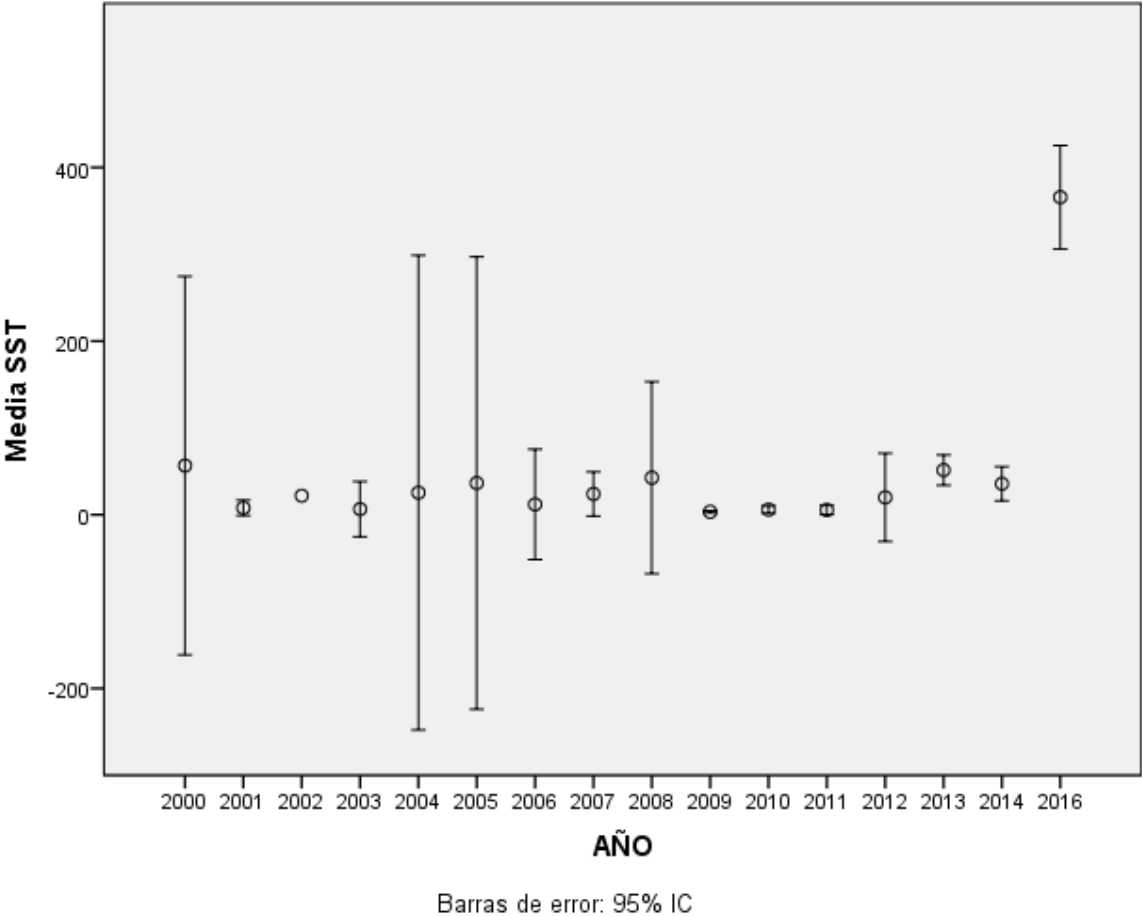


Figura 10. Variaciones respecto a los Solidos Suspendidos Totales durante los años 2000-2014 y 2016.

Como se observa, durante los años 2000-2014 y 2016 se catalogaron 21 muestreos con una calidad excelente, seguida de 17 muestreos que indicaron tener buena calidad, 9 muestreos fueron catalogados contaminados, posteriormente con una calidad fuertemente contaminada se identificaron 7 muestreos y finalmente solo cinco indicaron a estar dentro de la categoría de aceptable, todo esto respecto al parámetro de la DBO₅, (Figura 11).

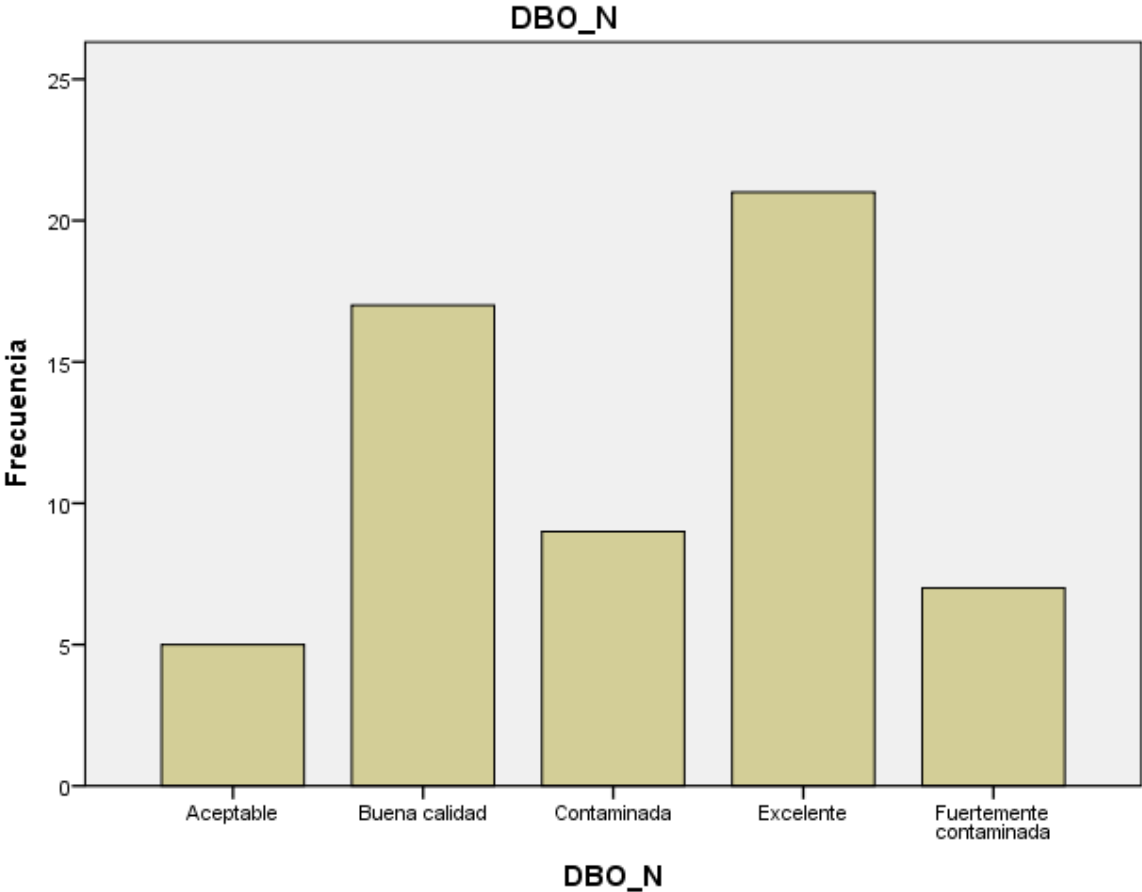


Figura 11. Cantidad de clasificaciones obtenidas en muestreos respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno durante los años 2000-2014 y 2016.

Para la DQO durante los 16 años de muestreos se encontraron 18 muestreos con una calidad excelente, seguidos de la categoría contaminada con 16 muestras, mientras que con una buena calidad solo 15 presentaron mostraron características de una buena calidad, para la categoría de aceptable solamente 8 muestreos indicaron estar dentro del rango establecido y únicamente dos muestras a lo largo de los años se catalogaron como fuertemente contaminados, (Figura 12).

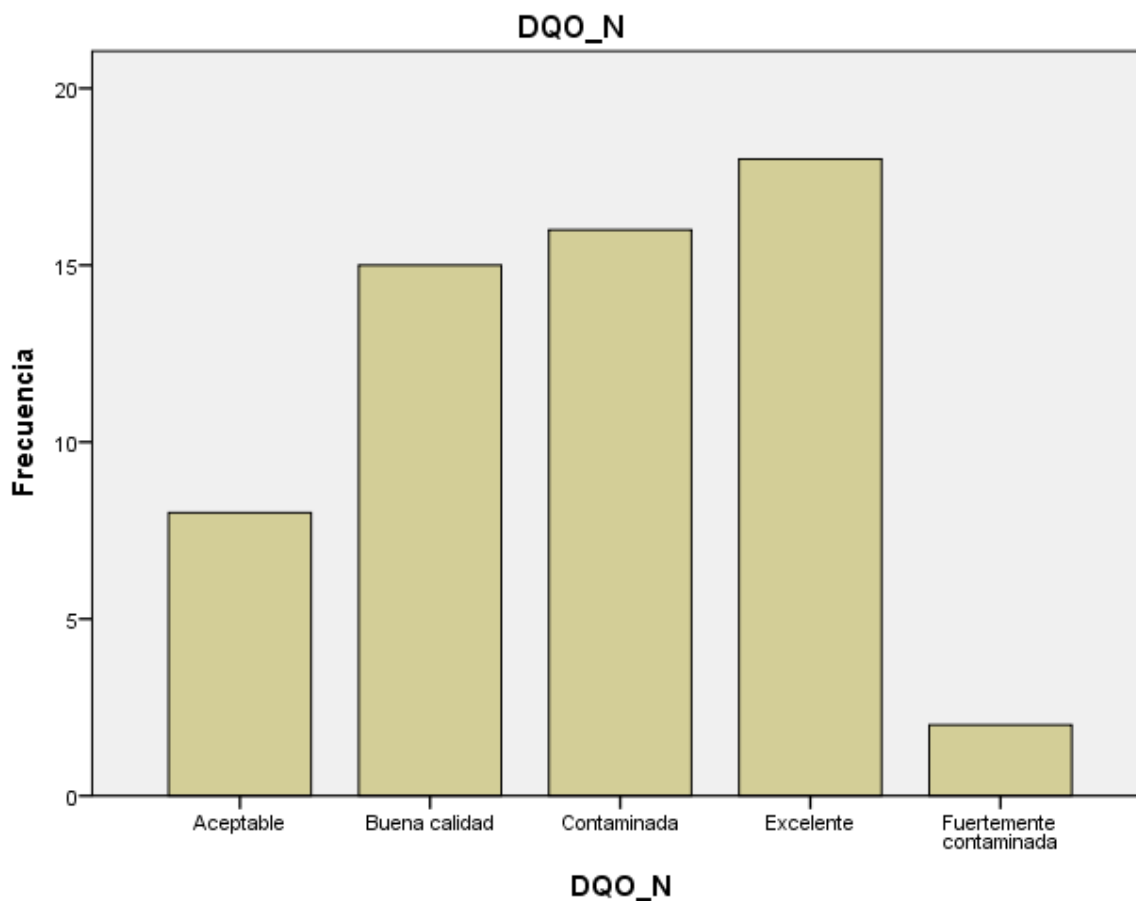


Figura 12. Cantidad de clasificaciones obtenidas en muestreos respecto a la Demanda Química de Oxígeno durante los años 2000-2014 y 2016.

Respecto a la cantidad de SST, en relación con el número de muestreos que se realizaron durante los 16 años, se observa una frecuencia de 30 muestras con una excelente cantidad de estos, seguida de la categoría de buena calidad la cual se hizo presente en 12 muestreos, sin embargo para este parámetro 7 muestras indicaron estar fuertemente contaminadas, 6 contaminadas y finalmente 4 dentro de una categoría aceptable, (Figura 13).

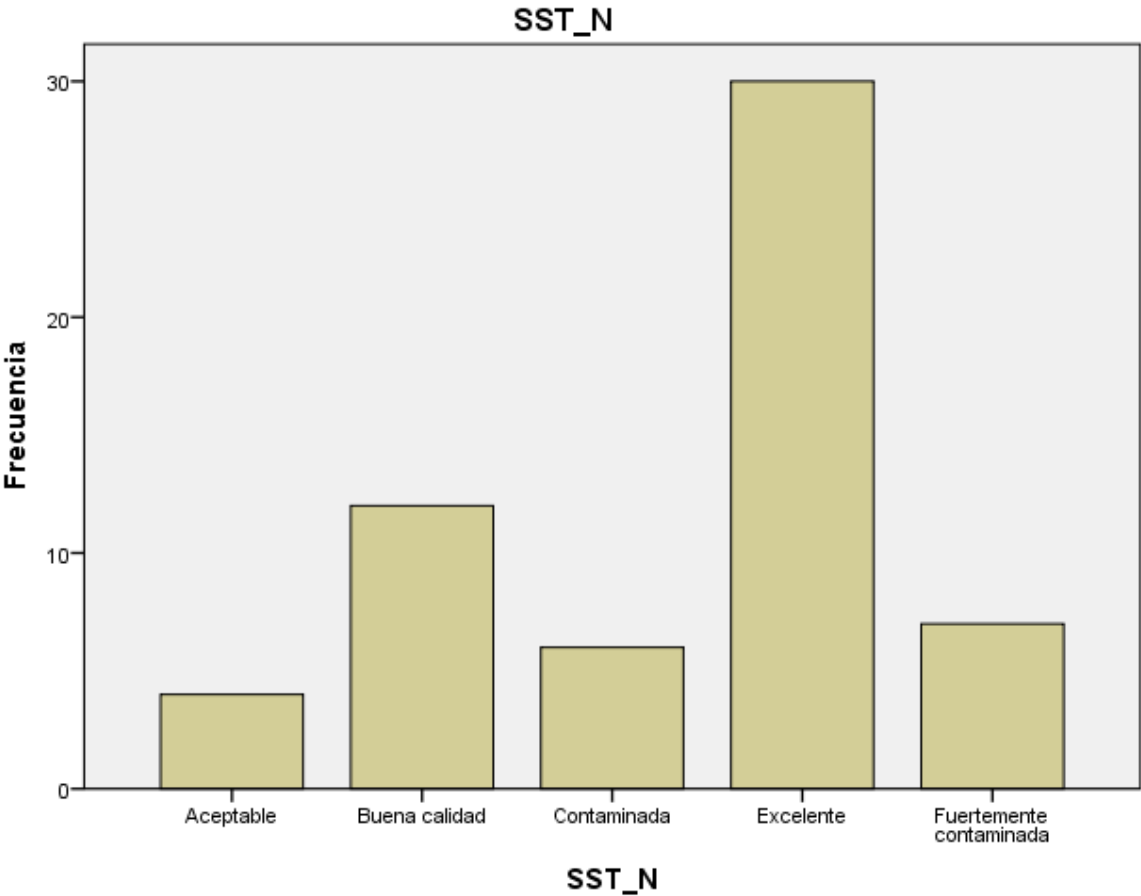


Figura 13. Cantidad de clasificaciones obtenidas en muestreos respecto a los Solidos Suspendidos Totales durante los años 2000-2014 y 2016.

La siguiente figura nos indica el monitoreo de los años 2000-2014 y 2016 respecto a la calidad del agua en el río Tuxpan, como se observa en la mayoría de los años el índice se mantiene en un rango menor de los 50 mg/L por lo cual se catalogan según el semáforo de la calidad verde, a diferencia del año 2002 y 2016 donde los valores aumentaron de manera drástica mostrando valores por arriba de los 200 mg/L ubicándose en la categoría rojo de acuerdo al semáforo de calidad, (Figura 14).

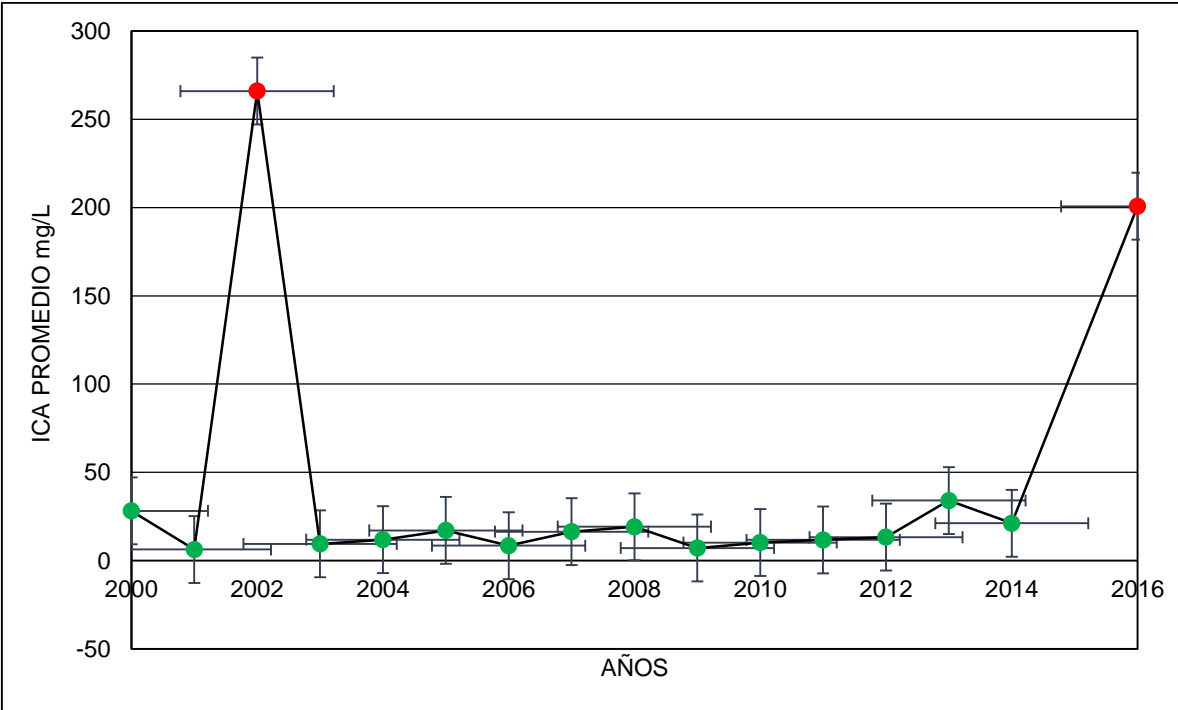


Figura 14. Índice de calidad del agua del río Tuxpan durante 16 años.

De acuerdo a la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la hipótesis de normalidad en los datos. Los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Solidos Suspendidos Totales presentaron valores por debajo del nivel de significancia rechazando así la hipótesis y obteniendo que los datos no presentan normalidad, (Figura 15).

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de DBO es normal con la media 35.302 y la desviación típica 57.61.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	.000	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de DQO es normal con la media 53.315 y la desviación típica 82.33.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	.000	Rechazar la hipótesis nula.
3	La distribución de SST es normal con la media 107.931 y la desviación típica 155.35.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	.000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05.

Figura 15. Prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov para los tres parámetros.

Respecto a los valores obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis estos indicaron valores por debajo del nivel de significancia por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los valores de los parámetros (DBO, DQO y SST) por año no son iguales, (Figura 16).

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	Las medianas de DBO son las mismas entre las categorías de AÑO.	Prueba de medianas de muestras independientes	.000	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de DBO es la misma entre las categorías de AÑO.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	.000	Rechazar la hipótesis nula.
3	Las medianas de DQO son las mismas entre las categorías de AÑO.	Prueba de medianas de muestras independientes	.004	Rechazar la hipótesis nula.
4	La distribución de DQO es la misma entre las categorías de AÑO.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	.001	Rechazar la hipótesis nula.
5	Las medianas de SST son las mismas entre las categorías de AÑO.	Prueba de medianas de muestras independientes	.001	Rechazar la hipótesis nula.
6	La distribución de SST es la misma entre las categorías de AÑO.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	.000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05.

Figura 16. Prueba estadística Kruskal-Wallis para los tres parámetros de manera anual.

Mientras que los valores respecto a cada sitio de muestreo si presentaron un nivel de significancia para los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno, sin embargo para los Solidos Suspendidos Totales fue rechazada la hipótesis nula, (Figura 17).

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	Las medianas de DBO son las mismas entre las categorías de Sitio.	Prueba de medianas de muestras independientes	.897	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de DBO es la misma entre las categorías de Sitio.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	.994	Retener la hipótesis nula.
3	Las medianas de DQO son las mismas entre las categorías de Sitio.	Prueba de medianas de muestras independientes	.139	Retener la hipótesis nula.
4	La distribución de DQO es la misma entre las categorías de Sitio.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	.161	Retener la hipótesis nula.
5	Las medianas de SST son las mismas entre las categorías de Sitio.	Prueba de medianas de muestras independientes	.002	Rechazar la hipótesis nula.
6	La distribución de SST es la misma entre las categorías de Sitio.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	.005	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05.

Figura 17. Prueba estadística Kruskal-Wallis para los tres parámetros respecto a cada sitio de muestreo.

VII. DISCUSIÓN

En el presente estudio, se evaluó el índice de calidad del agua en el río Tuxpan, durante los meses de julio y agosto del año 2016, se determinó un ICA de 200.70 mg/L, según el semáforo de la calidad del agua (CONAGUA) dicho valor corresponde a la categoría de contaminado. Cabe señalar que los muestreos realizados se interpretaron como un valor del ICA anual, este valor es totalmente distinto si lo comparamos con la base de datos correspondiente a los mismos sitios de muestreo en los años 2000, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 donde las cifras del ICA se mantuvieron en un rango de 0 - 50 mg/L mostrando una variación mínima y un comportamiento normal en cada uno de los parámetros.

En contraste, en los resultados del año 2002 se observó un valor elevado de índice de calidad del agua sobrepasando los 250 mg/L, en los reportes de CONAGUA (2003), donde señala que la temporada de Ciclones Tropicales dio inicio el 1 de junio del año 2001 en la cual se generaron 17 ciclones, registrándose así una gran cantidad de lluvias en la ciudad de Tuxpan, y una mayor actividad ciclónica en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2001 y enero, febrero y marzo del 2002 (CONAGUA, 2003), señalando que estas actividades dejaron a su paso gran cantidad de basura y partículas suspendidas, arrastrando químicos y fertilizantes utilizados en ejidos aledaños. Por lo cual se consideró que el valor del ICA correspondiente a ese año fue justificable.

Tomando en cuenta que en el presente trabajo, los meses de muestreo (julio y agosto) forman parte de la temporada de lluvias, el resultado del ICA fue catalogado como “mala”, ya que los valores obtenidos fueron muy altos. A comparación de Chávez (2015), quien en la temporada de lluvias registró un ICA de calidad “media” para el río Cazonos (evaluado con nueve parámetros fisicoquímicos), y observando diferencias a lo largo de las tres temporadas, evidenciando que la temporalidad en los estudios es de gran importancia, debido a los cambios meteorológicos, los cuales tienen gran influencia sobre los parámetros que se evalúan en un índice de calidad del agua.

Respecto a la medición de cada uno de los parámetros durante los últimos dieciséis años, la DBO₅, se encontró dentro del rango de 0-100 mg/L y únicamente se mostró un incremento para el año 2002 y 2016. Esto demuestra que en el cuerpo de agua existe una gran cantidad de materia orgánica susceptible a descomponerse por distintos medios biológicos, es decir, es biodegradable. El mismo parámetro (DBO), fue medido por Álvarez *et al.*, 2006, quienes reportaron valores correspondientes a la cuenca del Amajac en Hidalgo, los cuales no sobrepasaron los 21 mg/L. Los valores del presente estudio se muestran elevados ya que por la ubicación del río, se tiene impacto de gran escala incluyendo pesticidas y productos químicos de uso agrícola, y a consecuencia una reducción del oxígeno en el área generando un severo impacto en la flora y fauna de este.

Para la cantidad de DQO, los valores para el año 2002 y 2016 indicaron una gran materia orgánica que es degradada por medios químicos esto con valores que van por arriba de los 100 mg/L en cualquiera de los dos casos, al presentarse este aumento por ende existe una reducción en el contenido de oxígeno disuelto en el agua, lo cual afectara considerablemente a los organismos del sitio.

Finalmente, la medición de cantidad de SST, estuvieron en un rango de 0-200 mg/L para el año 2000, 2004, 2005 y 2016 respectivamente, mientras que para los años restantes el valor sobrepaso el rango, indicando así que también tienen su origen por contaminación con aguas residuales o en su caso por procesos de erosión hídrica, estos aumentos sin duda alguna ocasionan turbiedad en el agua, bloquean el paso de luz solar a través de ella lo que ocasiona una reducida actividad fotosintética de distintos organismos para la producción de oxígeno disuelto.

La medición de los tres parámetros fisicoquímicos que se encuentran establecidos en la metodología de CONAGUA, para el año 2016 en la mayoría de los sitios muestreados se obtuvieron resultados dentro de la categoría de contaminado y fuertemente contaminado, este resultado puede que se vea afectado por una parte a la influencia de la población ya que según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se ha presentado un aumento, ya que en el año 2010 en el municipio de Álamo Temapache la población era de 104 499 y la cifra

más actualizada (2015) es de 104 694, mientras que para el municipio de Tuxpan la población oscilaba entre los 143 362 habitantes para el año 2010, posteriormente para el año 2015 según el Intercensal es de 161 829 habitantes (INEGI, 2015), aumentando así sus necesidades y obteniendo como impacto un deterioro en la calidad del agua, por otro lado sin olvidar que el río Tuxpan es la unión de dos vertientes distintas las cuales tras su paso traen ciertas cantidades de partículas suspendidas en el agua generando una cantidad mayor en el cuerpo de agua, obteniendo así valores altos para cada uno de los parámetros.

Respecto a la ubicación de cada sitio de muestreo, 2 de los puntos principales están ubicados en la cabecera municipal y zona conurbada de Tuxpan, cabe señalar que en el municipio no se encuentran en funcionamiento las plantas tratadoras desde hace varios años, incitando así un mayor impacto en el sitio. Mientras que los 5 puntos de muestreo restantes se encuentran localizados en la zona rural y cabecera municipal de Álamo Temapache, lo que hace referencia a que la contaminación tiene mayor influencia de todos los habitantes que se encuentran situados a la orilla del cuerpo de agua, relacionando esto a que la mayoría de las familias se dedican a la agricultura utilizando agroquímicos para obtener mejores resultados en sus cosechas.

De los puntos muestreados a lo largo del río Tuxpan durante los dos meses, quien presentó un rango mayor de contaminación fue el punto 3, el cual por su ubicación se presume que se debe al tener contacto directo con la zona centro del municipio de Tuxpan, el cual es caracterizado por estar formado tanto de viviendas como de comercios y zona hotelera, estando en un rango con mayor impacto de vertimiento de aguas residuales. El punto 4 también presentó características de contaminación muy elevadas, sin embargo la ubicación de este punto queda en la zona conurbada, en donde la principal actividad para el sustento de las familias es la agricultura, no obstante, se presume que la localidad a la que pertenece no cuenta con sistema de drenaje y alcantarillado, obligando al cuerpo de agua el tener contacto directo con todos los desechos generados por los habitantes del lugar.

Una vez analizados los datos obtenidos en los muestreos independientes y al ser comparados con la base de datos publicada por CONAGUA, se observa una incongruencia respecto a unos años, donde quizá la causa haya sido la manera de la toma de muestras o un mal manejo de estas al momento de trasladarlas al laboratorio o simplemente a que el muestreo realizado fue llevado a cabo únicamente en dos meses del año siendo estos caracterizados por ser periodo vacacional así mismo en temporada de lluvia, obteniendo así valores sumamente altos con respecto a los publicados.

De acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996, los límites máximos permisibles para contaminantes básicos en un río en promedio mensual, son aceptados para la demanda bioquímica de oxígeno, y rechazados para la cantidad de sólidos suspendidos, esto respecto al año 2016, ya que son datos que se obtuvieron mensualmente.

Finalmente con este estudio se generó la interpretación de información de gran importancia, sin embargo, existe una escasa información, en lo que se refiere a trabajos que evalúan la calidad del agua en la región, es por eso que se recomienda hacer estudios a largo plazo, esto para tener mayor conocimiento. Por otro lado estos estudios pueden llevarse a cabo con distintas metodologías, esto con el fin de obtener valores más precisos respecto al ICA y con esto proponer planes de mejora para el recurso hídrico.

VIII. CONCLUSIONES

Se obtuvo un aproximado de la calidad del agua del río Tuxpan correspondiente al año 2016, el cual indicó que el cuerpo de agua está contaminado con un valor de 200.70 mg/L.

En quince años la calidad del agua del río Tuxpan ha tenido un comportamiento estable.

El agua del río Tuxpan no es óptima para el consumo humano, pesca y ninguna otra actividad

IX. APLICACIÓN PRACTICA DEL ESTUDIO

Con el presente trabajo se obtuvo información que puede ser utilizada para crear conciencia ante la población sobre el uso del recurso hídrico, particularmente en la toma de decisiones ante la problemática encontrada por los altos valores registrados en este estudio.

- Una posible solución, puede llegar a ser como una evidencia para solicitar la reactivación de las plantas tratadoras de aguas residuales municipales.
- Crear conciencia “Educación ambiental” en los distintos niveles escolares.
- Implementación de planes de manejo de residuos generados por el municipio, todo esto con el fin de crear conciencia sobre la importancia biológica y económica del cuerpo de agua.
- Realizar monitoreos mensuales en el sitio, para evitar un declive en la flora y fauna.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez A., Rubiños J., Gavi F., Alarcón J., Hernández E., Ramírez C., Mejía E., Pedredo J., Nicolas E., Salazar E. 2006. Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo México: Diagnostico y predicción. Revista Internacional de Botánica Experimental. N° 75. 72-83 pp.
- Carrillo C. A.G. y Villalobos A. R. 2011. Análisis comparativo de los índices de calidad del agua (ICA) de los ríos Tecolutla y Cazones en el periodo marzo-diciembre 2010. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Poza Rica, Veracruz, México. 86 pp.
- Castelán C. 2001. “La situación del recurso hídrico en México”, en Innovaciones mexicanas en el manejo del agua. Centro de Ecología y Desarrollo de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 45-60 pp.
- Chávez M. L. N. 2015. Evaluación espacial y temporal del índice de calidad del agua del rio Cazones en Coatzintla, Ver. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Tuxpan. Veracruz. México. 48 pp.
- CONAGUA. 2000. Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales. Serie autodidactica de medición de la calidad del agua. Comisión Nacional del Agua. 73 pp.
- CONAGUA. 2003. Temporada de Ciclones Tropicales. Comisión Nacional del Agua. 98 pp.
- CONAGUA. 2005. Atlas de los inicios del agua en México. Comisión Nacional del Agua. 98 pp.
- CONAGUA. 2012. Red de Monitoreo de la Calidad del Agua. Atlas Digital del agua. México. Comisión Nacional del Agua. SNIA. 3 pp.
- CONAGUA. 2015. Atlas del agua en México. Comisión Nacional del Agua. México. 138 pp.
- CONAGUA. 2015. Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. México. 162 pp.

- CONAGUA. 2016. Red Nacional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Nacionales. Base de datos. Comisión Nacional del Agua. México. 20 pp.
- Contreras-Espinosa y Warner, B. G. 2004. Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. *Hydrobiology*. 511: 233-245.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2005. Norma Oficial Mexicana, NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México, D.F: 8 pp.
- Echarri L. 2002. Contaminación del agua. 5 pp. En *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Teide (ed). España. 432 pp.
- Fuster G., De la Fuente., Sabando G. y Pérez Q. 2010. Clasificación de cuerpos de agua. Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 115 pp.
- Garcés V. J. D. y Flórez V. A. A. 2014. Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua en la Ciénaga de Betancí. 94-100 pp. En *Libro de Memorias VII Seminario Internacional Gestión Ambiental*. UNESCO/SOT (ed). Colombia.
- INEGI. 2015. Censo de Población y Vivienda INTERCENSAL. Resultados Definitivos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 102 pp.
- Lara Domínguez, A.L. 2011 Recursos Hídricos. Resumen Vol. I: 285-287. In: *La Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C.
- Martínez B. C. 2012. Estadística y muestreo. ECOE EDICIONES. 13ª edición. Bogotá Colombia. 898 pp.
- NMX-AA-014-1980. Norma Mexicana para Muestro en cuerpos receptores. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. 8 pp.
- Rubio A., Ortiz R., Quintana R., Saucedo R., Ochoa J., Rey N. 2014. Índice de calidad de agua (ICA9 en la presa La Boquilla en Chihuahua México. *Ecosistemas y Recursos Naturales*. Vol. 1. (2). 139-150 pp.

- Samboni, N. Carvajal, Y. Escobar, J. 2007. Parámetros Físicoquímicos como Indicadores de Calidad y Contaminación del Agua, Estado del Arte.” Ingeniería e Investigación, 27, pp. 172 – 181.
- Terry, C.C., Gutiérrez J.B., Albó M., 2010. Impactos ambientales de los constituyentes de las aguas residuales. Manejo de aguas residuales en la gestión ambiental. CIGEA. ISBN. 32 pp.